

Ocjena modificirane poludeblovne metode listača s dijelovima krošnje

Milorad Danilović, Dragomir Grujović, Boban Milovanović, Slavica Karić

Nacrtak – Abstract

U radu su prikazani rezultati istraživanja učinkovitosti primjene privlačenja drva skiderom, modificiranom poludeblovnom metodom listača s dijelovima krošnje u proredama obične bukve u Srbiji. Učinkovitost je primijenjene metode izradbe drva ocijenjena kvantitativnim i kvalitativnim pokazateljima. Ta je metoda izradbe drva prilagođena potrebama upotrebe šumskoga ostatka (neizrađenoga drva) u brdsko-planinskim uvjetima Republike Srbije. Učinci ostvareni primjenom modificirane poludeblovne metode izradbe listača s dijelovima krošnje očituju se u povećanju za oko 8 % privučenoga drva na pomoćno stovarište u odnosu na količinu drva koja se pridobije primjenom sortimentne metode. Oštećenja na ostalim stablima u sastojini nakon sječe nisu mnogo veća u odnosu na oštećenja koja nastaju primjenom sortimentne metode izradbe drva. Predloženom metodom izradbe drva rješava se problem privlačenja jednometarskoga prostornoga drva, bez potrebe za angažiranjem tovarnih konja (samarice).

Ključne riječi: metoda izradbe drva, brdsko-planinski uvjeti, obična bukva, šumski ostatak, oštećenja

1. Uvod – Introduction

Upotreba šumskoga ostatka u brdsko-planinskim uvjetima tehnološki je, ekonomski i ekološki problem. Potreba za tim izvorom sirovine za proizvodnju energije sve je veća, a pronalaženje optimalnih tehnoloških rješenja za njezino korištenje izazov je za šumarsku struku.

Metode izradbe drva koje su do sada opisane, promatrane s ekonomskoga i ekološkoga aspekta, nisu primjenjive kada je u pitanju iskorištavanje šumskoga ostatka u brdsko-planinskom području Srbije, ali i šire. U šumarstvu Republike Srbije najčešće se primjenjuju sortimentna metoda i inačica deblovne metode – tzv. metoda dijelova debala.

Primjenom tih metoda izradbe drva u šumi ostaje neiskorišten šumski ostatak, što se s ekološkoga gledišta može opravdati, ali ne i sa stajališta energetskih potreba.

Slična je situacija i u slučaju primjene deblovne metode izradbe drva, gdje su oštećenja u sastojini veća nego pri primjeni sortimentne metode (Picchio i dr. 2011). Stablovna je metoda izradbe drva, s tehnološkoga i ekološkoga motrišta neprimjenjiva s obzirom na to

da se cijelo stablo privlači iz šume uz nastanak velikih oštećenja na ostalim stablima i pomlatku (Laitila i Väättäinen 2012, Spinelli i dr. 2014).

Prema preporukama Švedske šumarske agencije broj oštećenih stabala nakon sječe ne bi trebao prelaziti 5 % od preostalog broja stabala u sastojini (Bäcke 1998). Vrsta, pojava i veličina oštećenja po završetku pridobivanja drva ovisi o sastojinskim i stanišnim prilikama, metodi izradbe drva, stupnju mehaniziranosti šumskih radova, gustoći sekundarne mreže šumskih prometnica, vremenskim prilikama, vještini izvršitelja šumskih radova (Doležal 1984, Vasilias 2001, Lageson 1997, Poršinsky i Ožura 2006, Petreš 2006, Nikooy 2007, Košir 2008, Bobik 2008, Tsioras i Lamas 2010, Kuramoto i dr. 2010, Nikooy i dr. 2010, Tavankar i Bodaghi 2011). U navedenim je istraživanjima analiziran utjecaj različitih čimbenika te obavljani izračuni u ovisnosti o uvjetima rada. Nagib je terena jedan od mogućih čimbenika za nastanak većih oštećenja u brdsko-planinskim područjima (Stampfer i dr. 2001). Osim toga na pojavu i veličinu razine oštećenja u sastojini utječe osposobljenost, ali i motivacija rukovatelja mehaniziranim sredstvima za rad (Lageson 1997).

Oštećenja pri privlačenju drva bitno su manja pri dobroj pripremi rada, koja se u prvom redu odnosi na dobro isplaniranu mrežu sekundarnih šumskih prometnica te obvezno usmjereno rušenje stabala (Armstrong 2000, Bertault i Sist 1997, Sist i dr. 1998). Značenje usmjerenoga rušenja stabala na smanjenje razine oštećivanja sastojine, ali i na podizanje razine proizvodnosti privlačenja drva ističu u svojim istraživanjima Han i Kellogg (2000) te Pinard i dr. 1955.

Oštećenja sastojine tijekom pridobivanja drva nije moguće u potpunosti izbjeći, ali se određenim mjerama (postupcima) mogu uvelike smanjiti. Yilmaz i Akay (2008) predlažu zaštitu do 2 m visine debla stabla. Han i Kellogg (2000) ističu prednost zimske sječe u odnosu na ljetnu, kada je u pitanju pojava sastojinskih oštećenja. Primjenom određenih mjera zaštite nedoznačenih stabala smanjuje se mogućnost za pojavu fitopatoloških bolesti, koja u budućnosti utječu na kakvoću izrađenoga drva (Tsioras i Liamas 2010).

Izborom pogodnih tehnoloških rješenja u sastojinama različita uzgojnoga oblika i namjene šuma može se značajno utjecati na razinu oštećenja koja se javljaju na tlu, pomlatku te na ostalim stablima nakon sječe.

2. Problem i cilj istraživanja – *Problem and aim of research*

Ukupna površina šuma i šumskoga zemljišta u Srbiji iznosi 2 429 642 ha. Tekući (godišnji) volumni prirast iznosi oko 9,08 milijuna m³ (Banković i dr. 2009). Planirani sječivi etat iznosi približno 60 %, a ostvareni oko 39 % od tekućega volumnoga prirasta (Republički zavod za statistiku, Bilten 567, 2013).

U brdsko-planinskim uvjetima, gdje se primjenjuje sortimentna metoda izradbe drva listača, ostaje u šumi (kod panja) dio neiskorištenoga drva (granjevina, nadzemni dio panja, isječki, obrupci, porupci, brada, koljena grana, odresci sljepica, rašlje, gule i kratice). Radi se o količini drva koja nije zanemariva i koja može biti značajna sirovina za proizvodnju energije. Osim toga šumski ostatak (drvo < 7 cm promjera s korom) nije obuhvaćen planovima sječa jer ga ne sadrže ni tarife (jednoulazne tablice). Sitna granjevina u ukupnom obujmu nadzemnoga dijela listača sudjeluje s oko 13 %. U šumarskoj praksi računa se da šumski ostatak iznosi od 10 do 20 % od obujma krupnoga drva stabla (Nikolić i Bajić 1992). Količina šumskoga ostatka koju je moguće iskoristiti ovisi o većem broju čimbenika, a ponajprije o vrsti drveća, koja je predmet pridobivanja, ali i o utjecaju sastojinskih i stanišnih prilika. U nizinskim šumama, promatrano s proizvodnoga i ekonomskoga aspekta, moguće je iskoristiti veću količinu šumskoga ostatka u odnosu na šume u brdsko-planinskim područ-

čjima koje su izložene velikim nagibima terena, nedovoljnoj primarnoj otvorenosti mrežom šumskih cesta te potrebnom zaštitom tla od moguće erozije.

Cjelokupnu sitnu granjevinu nije poželjno u potpunosti iznijeti iz šume u prvom redu zbog biološkoga razloga. Naime, dijelove tanjih grana zajedno s folijarnim dijelom stabla (list, iglica) treba ostavljati u šumi jer se u tim dijelovima nadzemne biomase stabala nalazi najviše hraniva, čime bi njihovim iznošenjem iz šume izazvali osiromašivanje (degradaciju) staništa.

Šumski ostatak (dijelovi sitnih grana, isječki, obrupci, porupci, brada, koljena grana, odresci sljepica, rašlje, gule i kratice) promatran s biološkoga aspekta može biti predmet pridobivanja drva za energiju, međutim njegovo je korištenje u brdsko-planinskim područjima problematično zbog tehnoloških ograničenja.

Imajući na umu problem s kojim se šumarska struka suočava kada je u pitanju pridobivanje šumskoga ostatka iz sastojina listača u brdsko-planinskim područjima, 2010. godine započela su istraživanja na pronalaženju pogodnih tehnoloških rješenja pridobivanja šumske biomase u brdsko-planinskim uvjetima u Srbiji.

Razvijena je modificirana poludeblovna metoda listača s dijelovima krošnje radi pridobivanja drva većega od 3 cm promjera s korom i njegova privlačenja skiderom do pomoćnoga stovarišta. Drvo manje od 3 cm promjera s korom, kao i lisni dio stabala, ostavljeno je u šumi radi zadržavanja hraniva u staništu.

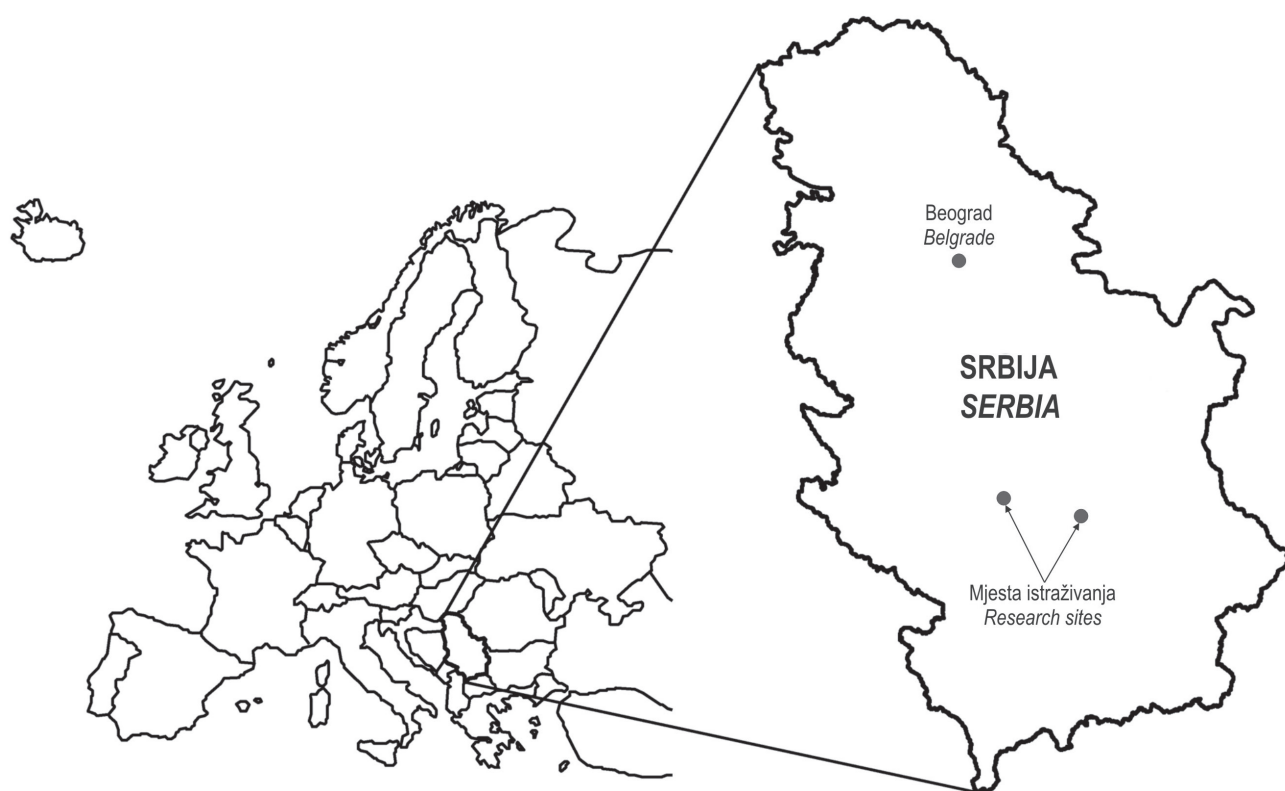
Ova su istraživanja zasnovana na ocjeni predložene metode izradbe drva da bi se povećala iskorištenost drva pri sječi i izradbi, ali i smanjilo oštećenje na ostalim stablima nakon sječe.

Cilj je istraživanja utvrđivanje količine šumskoga ostatka u sastojinama obične bukve nakon prorede, uz primjenu modificirane poludeblovne metode listača s dijelovima krošnje. Osim toga cilj je bio da se ocijeni učinkovitost primijenjene metode izradbe drva s aspekta pojave oštećenja na ostalim stablima nakon sječe.

Osnovna je hipoteza istraživanja da oštećenja izazvana primjenom modificirane poludeblovne metode listača s dijelovima krošnje nisu mnogo veća od oštećenja nastalih primjenom sortimentne metode izradbe drva, koja je prema svim dosadašnjim istraživanjima najprihvatljivija s okolišnoga stajališta.

3. Materijal i metode – *Material and Methods*

Istaživanja za potrebe ovoga rada obavljena su na dvije pokusne i dvije kontrolne plohe u visokim čistim

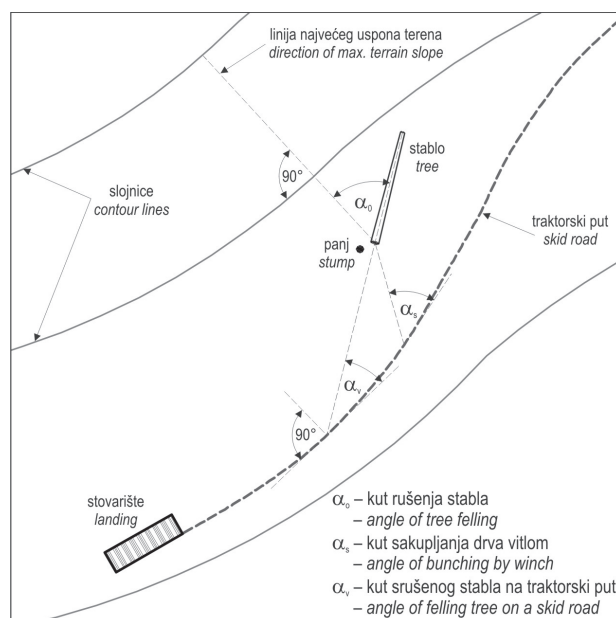
**Slika 1.** Mjesta istraživanja**Fig. 1** Research sites

sastojinama obične bukve u brdsko-planinskom području središnje Srbije (slika 1).

Svi radovi geodetske izmjere pokusnih ploha obavljani su mjerenjem pomoću GPS-ova prijamnika. Granice pokusnih i kontrolnih ploha snimljene su pri postavljanju pokusa, a prostorni raspored panjeva te smjer srušenih stabala snimljen je po završetku sječe stabala, dok su ostala dubeca stabla nakon sječe snimljena po završetku privlačenja drva. Snimano je RTK metodom pozicioniranja, koja zahtijeva kratku udaljenost GPS-ova rovera od bazne točke, što je postiglo centimetarsku točnost pozicioniranja panjeva, kao i točaka za računanje smjera rušenja stabala. Za mjerenje je korišten rover i bazni prijamnik Topcon »HiPer Pro«. Njihova međusobna udaljenost pri pozicioniranju nije prelazila 400 m od bazne stanice. Za određivanje prostornoga rasporeda dubelih stabala upotrijebljen je GNSS-ov prijamnik Trimble »GeoExplorer XT 6000«.

Podaci GPS-ove izmjere pokusnih površina obrađeni su u softveru Topcon Tools (v 8.2) i dopunjeni slojnicama s topografskih karata mjerila 1 : 25 000.

Kutovi rušenja stabala (α_0) i kutovi sakupljanja drva vitlom (α_s) određeni su mjerenjem na digitalnim kar-

**Slika 2.** Shematski prikaz kuta rušenja stabla i kuta sakupljanja drva vitlom**Fig. 2** Scheme of tree felling angle and angle of bunching by winch

tama pokusnih ploha u aplikaciji AutoCAD 3D Map 2010. Izmjereni su kutovi analizirani u tabličnom kalkulatoru Excel 2007 i prikazani kao histogrami frekvencija za smjer rušenja stabala i za kutove sakupljanja drva vitlom na pokusnim plohama. Za izradu kartografskih prikaza pokusa korištena je aplikacija ESRI ArcMap 9.3.

Na pokusnim plohama primijenjena je modificirana poludeblovna metoda listača s dijelovima krošnje, dok je na kontrolnim plohama primijenjena sortimentna metoda izradbe drva.

Stabla su posječena motornom pilom u organizaciji rada 1 MP + 1 R. Pri sječi stabala posebna je pozornost dana određivanju smjera rušenja stabala jer on značajno utječe na pojavu i veličinu oštećenja na dubećim stablima. Opći smjer rušenja stabala ovisio je o terenskim prilikama i o smjeru sakupljanja i privlačenja drva te je u ovom istraživanju opći smer rušenja bio prema traktorskim putovima, a individualni je bio u funkciji sigurnosti radnika te mogućnosti rušenja stabala u općem smjeru.

Kvalitativna podjela oborenih stabala bez grana tanjih od 3 cm promjera s korom obavljena je prema odredbama nacionalnih normi za razvrstavanje obloga drva po kakvoći (Anon. 1989). U šumi (kod panja) stabla su prvo prikrojena i prerezana na jednom ili više mjesta da bi se dobili dijelovi stabla manji od 3 cm promjera s korom približno optimalnoga obujma, s obzirom na sredstvo i način privlačenja drva, te da bi moguće štete na ostalim (nedoznačenim) stablima i na tlu bile što manje. Nakon privlačenja drva na pomoćnom stovarištu izrađeni su sortimenti određena razreda kakvoće. Mjesta trupljenja koja su obilježena pri prethodnom prikrajanju bila su i konačna mjesta preretka na pomoćnom stovarištu.

Sječa, rušenje i obrada stabala sastojala se od sljedećih radnih operacija: prijelaz od stabla do stabla, izbor smjera rušenja stabla, priprema radnoga mjesta, obrada žilišta, izrada zasjeka, potpiljivanje stabla, navođenje stabla u pad, odsjecanje grana tanjih od 3 cm promjera s korom te zarezivanje grana.

Pri sječi i izradbi drva korištene su dvije motorne pile. Motorna pila manje snage upotrijebljena je za prerezivanje grana tanjih od 3 cm promjera s korom te za zarezivanje grana, a motorna pila veće snage korištena je za trupljenje debla stabala. Na taj se način ostvaruje ušteda potrošnje goriva i maziva te je opterećenje radnika sjekača manje.

Zarezivanje je grana bit predložene metode izradbe drva iz krošnja listača s obzirom na to da se tako znatno utječe na pojavu i veličinu oštećivanja dubećih stabala u sastojini, a što je osnovni nedostatak deblovne,

odnosno stablovne metode izradbe drva. Dubina je zarezivanja grana vrlo važna i ovisi o više čimbenika: debljine grane, kuta insercije grane, duljine grane, mase komada i dr. Dubina zarezivanja iznosi od 1/2 do 2/3 promjera grane u području reza i s povećanjem promjera grane raste dubina zarezivanja (slika 3). Zarezivanje tanjih grana koje se račvaju od plašta debla stabla i grana koje se račvaju izvan područja debla stabla iznosi do 1/2 promjera u koljenu grane. Osim toga dubina zarezivanja ovisi i o kutu koji zatvara ravnina presjeka i uzdužna os stabla. Položaj reza u odnosu na os stabla utječe na otpor koji se javlja pri privlačenju dijelova koji su izrađeni iz krošnje stabla, kao i na kidanje grana tijekom sakupljanja, odnosno privlačenja drva. Veličina kuta insercije i debljina grane osnovni su elementi za određivanje položaja reza u odnosu na os grane. U specifičnim slučajevima zarezivanje treba obaviti s unutrašnje strane grane, i to s dva reza, odnosno isjecanjem klina.

Zarezivanjem se grana povećava elastičnost između grana i debla stabla te između grana. Učinak zarezivanja pri privlačenju smanjene krošnje ili dijelova krošnje očituje se tako da se dio drva, izrađen iz krošnje, sakuplja da bi zauzeo manji prostor tijekom sakupljanja i privlačenja drva. Osim toga na mjestima gdje dolazi do dodira između dubećih stabala i zarezanih grana dijelova krošnje trenje je manje pa se u najvećem broju slučajeva javljaju ogrebotine.

Uvjet koji je postavljen u prorednim sječama jest da u strukturi tovara koji se privlači ne bude više od jedne krošnje ili jednoga dijela krošnje u slučaju ako su stabla većih dimenzija.

Dijelovi stabla bez grana tanjih od 3 cm promjera s korom privučeni su skiderom LKT 81 s ugrađenim



Slika 3. Zarezane grane

Fig. 3 Notched branches



Slika 4. Sakupljanje dijelova stabla manjih od 3 cm promjera s korom vitlom skidera LKT 81

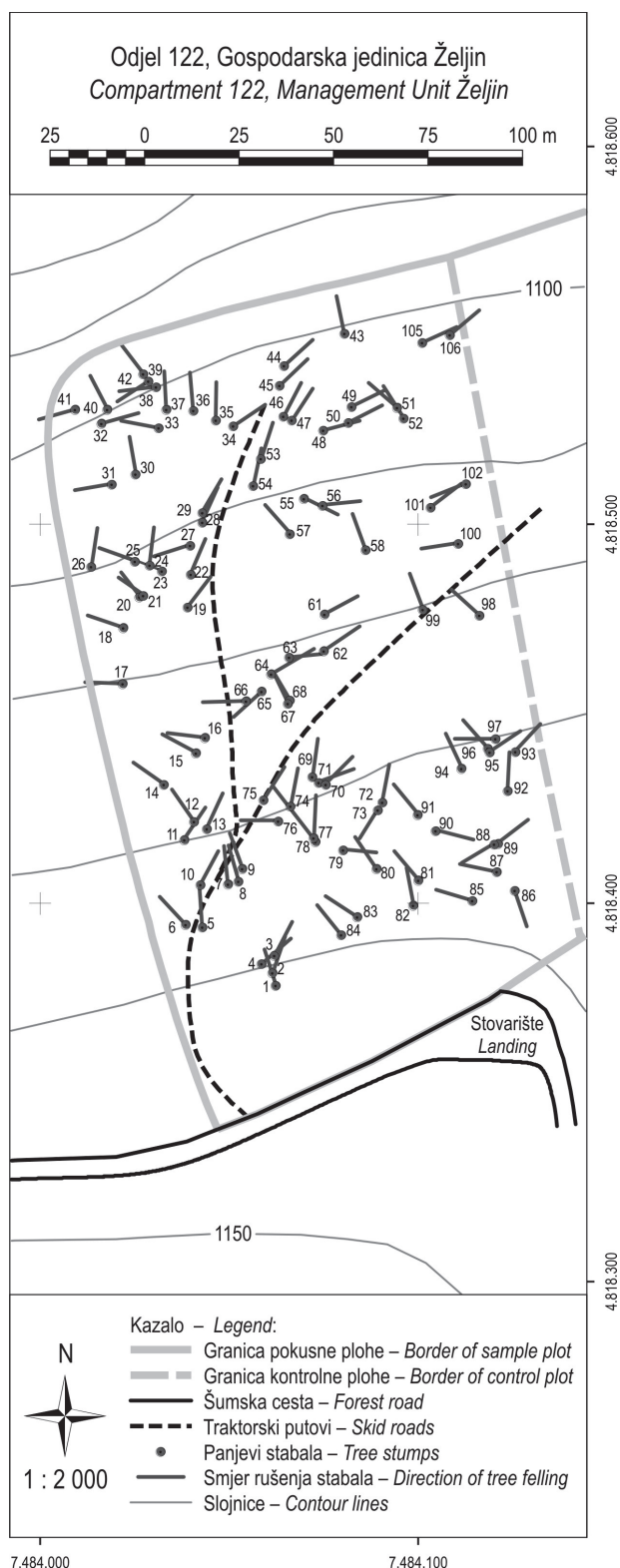
Fig. 4 Bunching tree parts up to 3 cm in diameter with bark by winch LKT 81 skidder

dvobubanjским vitlom. Drvo je sakupljano vitlom do traktorskoga puta, a zatim vučom skiderom po traktorskom putu do pomoćnoga stovarišta (slika 4). Pomoćno stovarište nalazilo pored šumske ceste.

Na pomoćnom je stovarištu izrađena tehnička obločina i prostorno drvo, odnosno razdvojeni su trupci, prostorno drvo i šumski ostatak (granjevina od 3 do 7 cm promjera s korom, rašlje, gule, koljena grana, odresci sljepica, porupci, kratice).

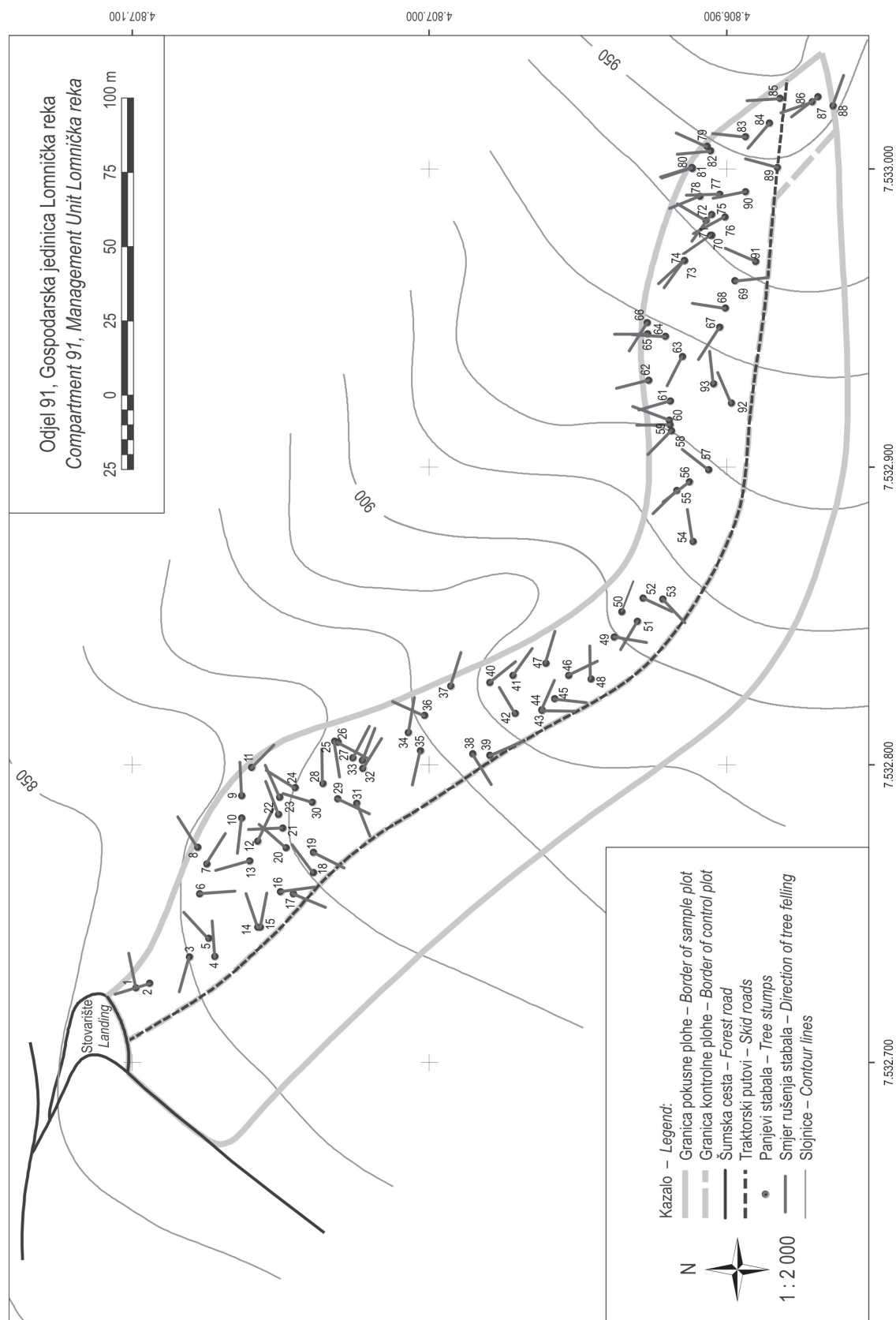
Na kontrolnim je ploham pored panja obavljena potpuna izradba tehničkoga obloga i klasičnoga jednometarskoga prostornoga drva u organizacijskom obliku 1 MP + 1 R. Nakon izradbe drvnih sortimenata u sječini je ostao šumski ostatak. Količina šumskoga ostatka koji je ostao u sječini nakon sječe stabala i izradbe drvnih sortimenata nije se razlikovala značajno od one količine koja ostaje u sličnim sječinama u kojima se primjenjuje sortimentna metoda izradbe drva. Tehnička je obločina privučena također skiderom LKT 81 kao na pokusnim ploham, a jednometarsko ogrjevano drvo tovarnim konjima (samaricom).

Broj stabala za analizu određen je po debljinskim stupnjevima. Na srušenim je stablima izmjerjen obujam drva manjega od 3 cm promjera s korom, točnošću na dvije decimale. Svaka je grana posebno mjerena, odnosno promjer i duljina mjereni su za svaki segment (sekciju). Broj sekcija ovisio je od oblika grane. Zatim je izračunat obujam sekcija i na kraju su podaci zbrojeni. Isti je postupak primjenjivan i za kraće komade, odnosno obavljen je velik broj mjerenja radi utvrđivanja što točnijega obujma. Za mjerenje je duljine korištena mjerna vrpca, a za mjerenje je promjera korištena promjerka.



Slika 5. Prostorni raspored panjeva i smjer srušenih stabala na pokusnoj plohi 1

Fig. 5 Spatial distribution of tree stumps and direction of fallen trees on sample plot 1



Slika 6. Prostorni raspored panjeva i smjer srušenih stabala na pokusnoj plohi 2

Fig. 6 Spatial distribution of tree stumps and direction of fallen trees on sample plot 2

Tablica 1. Osnovne sastojinske značajke pokusnih i kontrolnih ploha**Table 1** Basic stand characteristics of sample and control plots

Sastojinske značajke <i>Stand characteristics</i>	Pokusne i kontrolne plohe – <i>Sample and control plots</i>			
	Pokusna ploha 1 <i>Sample plot 1</i>	Kontrolna ploha 1 <i>Control plot 1</i>	Pokusna ploha 2 <i>Sample plot 2</i>	Kontrolna ploha 2 <i>Control plot 2</i>
Gospodarska jedinica i namjena šuma <i>Management unit and forest purpose</i>	GJ »Željina« proizvodno-zaštitna funkcija MU »Željina«, production-protective function		GJ »Lomnička reka«, proizvodno-zaštitna funkcija MU »Lomnička reka«, production-protective function	
Porijeklo sastojine – <i>Stand origin</i>	visoka čista bukova sastojina – <i>high pure beech stand</i>			
Nagib terena, % – <i>Terrain slope, %</i>	20 – 40			
Način sječe – <i>Method of harvesting</i>	selektivna proreda – <i>selective thinning</i>			
Tip zemljišta – <i>Type of soil</i>	smeđe šumsko tlo – <i>brown forest soil</i>			
Dob sastojine, godina – <i>Stand age, years</i>	80		70	
Drvena zaliha, m³/ha – <i>Growing stock, m³/ha</i>	280,22		355,07	
Površina, ha – <i>Area, ha</i>	2,22	1,68	1,38	1,39
Broj sabala po ha – <i>Number of trees per hectar</i>	226	227	427	432
Broj stabala na pokusnoj plohi – <i>Number of trees in sample plot</i>	502	382	590	600
Broj stabala na pokusnoj plohi nakon sječe <i>Number of trees in sample plot after harvesting</i>	396	305	497	513
Intenzitet prorede po broju stabala, % <i>Intensity of thinning by number of trees, %</i>	21,1	20,2	15,8	14,5
Broj analiziranih stabala – <i>Number of analyzed trees</i>	106	77	93	87

Tablica 2. Prosječne vrijednosti mjerenih parametara na pokusnim ploham**Table 2** Average values of measured parameters on sample plots

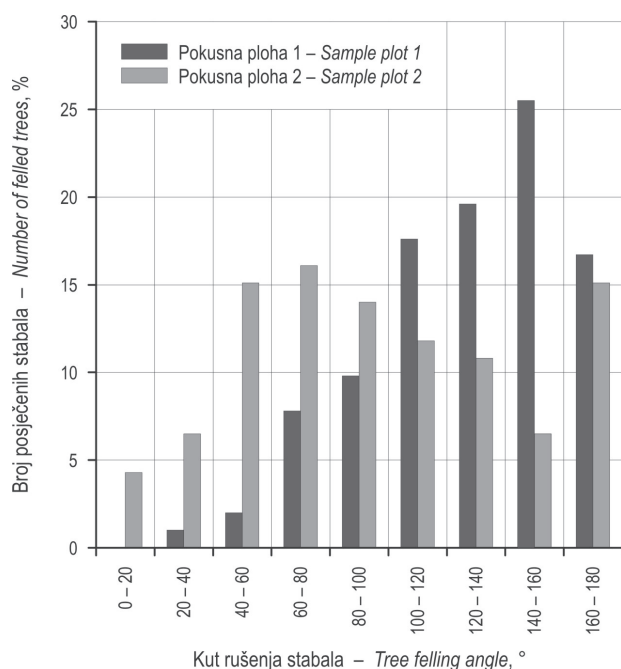
Mjereni parametri – <i>Measured parameters</i>	Pokusna ploha 1 <i>Sample plot 1</i>	Kontrolna ploha 1 <i>Control plot 1</i>	Pokusna ploha 2 <i>Sample plot 2</i>	Kontrolna ploha 2 <i>Control plot 2</i>
Sred. promjer analiziranoga stabla, cm <i>Average diameter of analyzed tree, cm</i>	35,4	37,5	35,5	31,5
Prosječna visina stabla, m – <i>Average tree height, m</i>	26,6		28,1	
Obujam tehničke oblovine, m ³ – <i>Volume of technical roundwood, m³</i>	99,71	81,34	70,00	38,82
Obujam prostornoga drva, m ³ – <i>Volume of stacked wood, m³</i>	–	35,54	–	44,21
Obujam prostornoga drva do 7 cm promjera s korom, m ³ <i>Volume of stacked wood up to 7 cm in diameter with bark, m³</i>	67,64	–	75,81	–
Obujam grana od 3 do 7 cm promjera na tanjem kraju s korom, m ³ <i>Volume of branches on thinner end 3 to 7 cm in diameter with bark, m³</i>	5,23	–	3,06	–
Obujam šumskoga ostatka bez grana od 3 do 7 cm promjera na tanjem kraju, m ³ <i>Volume of residues without branches 3 to 7 cm in diameter with bark, m³</i>	6,58	–	5,66	–
Ukupan obujam privučenoga drva na pomoćno stovarište, m ³ <i>Total volume of wood skidded to roadside landing, m³</i>	169,17	116,88	154,52	83,03

**Slika 7.** Pokusna ploha 1**Fig. 7** Sample plot 1**Slika 8.** Pokusna ploha 2**Fig. 8** Sample plot 2**Tablica 3.** Funkcije ovisnosti obujma određene kategorije izrađenoga drva o prsnom promjeru stabla**Table 3** Function of dependence of volume of specific wood categories on DBH

Kategorija izrađenoga drva <i>Category of processed wood</i>	Pokusna ploha 1 <i>Sample plot 1</i>	Pokusna ploha 2 <i>Sample plot 2</i>
	Funkcija ovisnosti – <i>Function of dependence</i>	Funkcija ovisnosti – <i>Function of dependence</i>
Tehnička oblovina <i>Technical roundwood</i>	$V = (-0,523 + 0,039 D)^2$ $R^2 = 0,891$, SE = 0,091	$V = (-0,272 + 0,032 D)^2$ $R^2 = 0,598$, SE = 0,211
Prostorno drvo i šumski ostatak > 7 cm s korom <i>Firewood and forest residues > 7 cm with bark</i>	$V = (0,266 + 0,0134 D)^2$ $R^2 = 0,533$, SE = 0,168	$V = (0,396 + 0,0141 D)^2$ $R^2 = 0,372$, SE = 0,187
Sitna granjevina > 3 cm promjera s korom <i>Small branchwood > 3 cm in diameter with bark</i>	$V = \exp(-1,724 + 47,17 / D)$ $R^2 = 0,575$, SE = 0,470	$V = (0,0097 + 0,0043 D)^2$ $R^2 = 0,340$, SE = 0,049

Tablica 4. Funkcije ovisnosti obujma izrađenoga drva i prsnoga promjera bukovih stabala**Table 4** Functions of dependence of the volume of processed wood on DBH

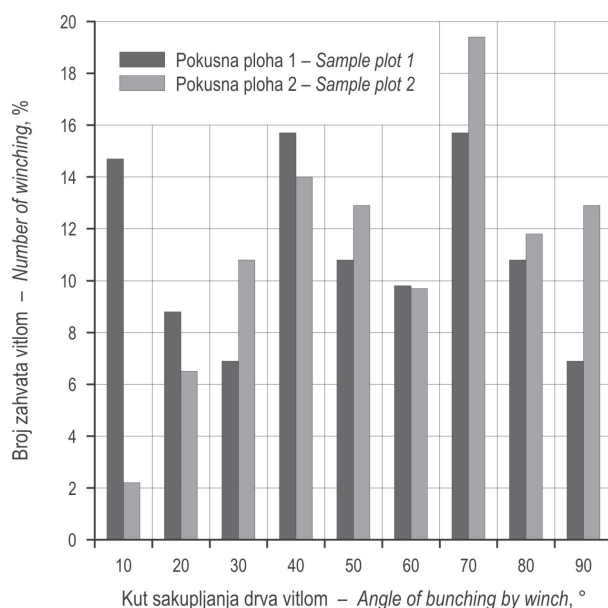
Plohe – <i>Plots</i>	Funkcija ovisnosti – <i>Function of dependence</i>	R^2	SE
Pokusna ploha 1 – <i>Sample plot 1</i>	$V = (-0,289 + 0,040 D)^2$	0,977	0,084
Kontrolna ploha 1 – <i>Control plot 1</i>	$V = (-0,294 + 0,037 D)^2$	0,888	0,189
Pokusna ploha 2 – <i>Sample plot 2</i>	$V = (-0,188 + 0,039 D)^2$	0,982	0,108
Kontrolna ploha 2 – <i>Control plot 2</i>	$V = (-0,253 + 0,038 D)^2$	0,862	0,111



Slika 9. Analiza kuta rušenja stabla u odnosu na liniju najvećega uspona terena

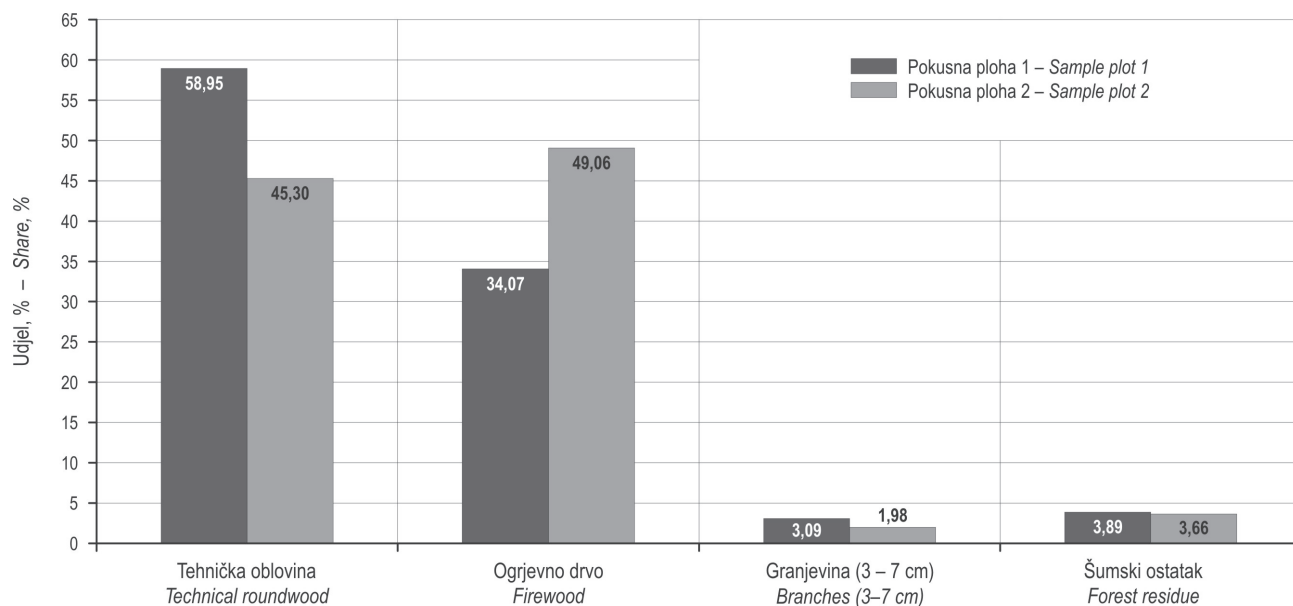
Fig. 9 Analysis of felling angle with respect to the steepest terrain slope

Oštećenja na dubećim stablima mjerena su neposredno nakon svakoga zahvata sakupljanja drva vitlom skidera te poslije vuče formiranoga tovara traktorskim putem. Na oštećenim dubećim stablima mjerena je



Slika 10. Analiza frekvencija kuta sakupljanja drva na traktorski put
Fig. 10 Frequency analysis of the angle of bunching by winch on skid road

površina oštećenja unakrsno milimetarskom točnošću. Mjerena je i visina na kojoj je nastalo oštećenje, s obzirom na to da je raspon visine u kojem se javljaju oštećenja veći u slučaju primjene modificirane poludeblovne metode izradbe drva u odnosu na raspon visine u kojem se pojavljuju oštećenja pri primjeni sor-



Slika 11. Udjel različitih kategorija drva u ukupnom obujmu izrađenoga drva

Fig. 11 Share of different wood categories in total volume of processed wood

Tablica 5. Usporedni pregled rezultata pojedinih parametara analiziranih metoda izradbe drva**Table 5** Comparison overview of results of individual parameters of analyzed wood processing methods

Parametri – Parameters	Pokusna ploha 1 Sample plot 1	Kontrolna ploha 1 Control plot 1	Pokusna ploha 2 Sample plot 2	Kontrolna ploha 2 Control plot 2
Prosječni broj komada po jednom stablu, kom. <i>Average number of pieces per tree, pcs.</i>	5,17	2,48	3,81	1,02
Prosječni broj komada po jednom zahvatu vitla, kom. <i>Average number of pieces per winching operation, pcs.</i>	2,4	2,29	1,7	1,64
Prosječni broj zahvata vitla po jednom stablu, kom. <i>Average number of winching operations per tree, pcs.</i>	2,13	1,07	2,31	0,61
Najveća duljina izrađenoga sortimenta, m <i>Maximum length of assortment, m</i>	12,0	6,0	14,0	9,4
Prosječna duljina izrađenoga sortimenta, m <i>Average length of processed assortment, m</i>	4,9	3,6	6,7	4,6
Minimalna dužina izrađenoga sortimenata, m <i>Minimum length of processed assortment, m</i>	2,2	2,0	2,8	2,0
Prosječni obujam zahvata vitla, m ³ <i>Average volume of winching operation, m³</i>	0,75	0,99	0,72	0,73
Prosječni broj oštećenja guljenja kore po jednom zahvatu vitlom <i>Average number of bark removal damage per winching operation</i>	1,47	1,87	1,03	1,14
Prosječna ploština jednoga oštećenja na preostalim stablima, cm ² <i>Average surface of a damage on remaining trees, cm²</i>	75,4	35,7	55,6	16,9
Prosječni broj oštećenja guljenja kore po oštećenom stablu <i>Average number of bark removal damage per damaged tree</i>	3,14	2,01	2,34	2,64
Prosječna ploština oštećenja na preostalim stablima, cm ² <i>Average surface of damage on remaining trees, cm²</i>	237	72	130	42
Broj oštećenih stabala na pokusnoj plošini, kom. <i>Number of damaged trees on sample plot, pcs.</i>	39	24	44	50

timentne metode. To je vrlo značajno s obzirom na to da veći rizik od truljenja imaju stabla s oštećenjima bliže razini tla (Vasiliauskas 2001). Svako oštećenje koje je nastalo u smjeru sakupljanja drva vitlom i vuče drva skiderom, nakon mjerenja obilježeno je sprejom kako ne bi bilo mjereno više puta. Nastala oštećenja izražena su brojem i površinom oštećenja po zahvatu sakupljanja drva vitlom, prosječnom površinom oštećenja na dubecim stablima i postotkom oštećenih stabala u odnosu na broj preostalih dubecih stabala u sastojini po završetku sječe.

Prostorni raspored panjeva i položaj srušenih stabala u odnosu na traktorski put i nagib terena prikazan je na slikama 5 (pokusna ploha 1) i 6 (pokusna ploha 2).

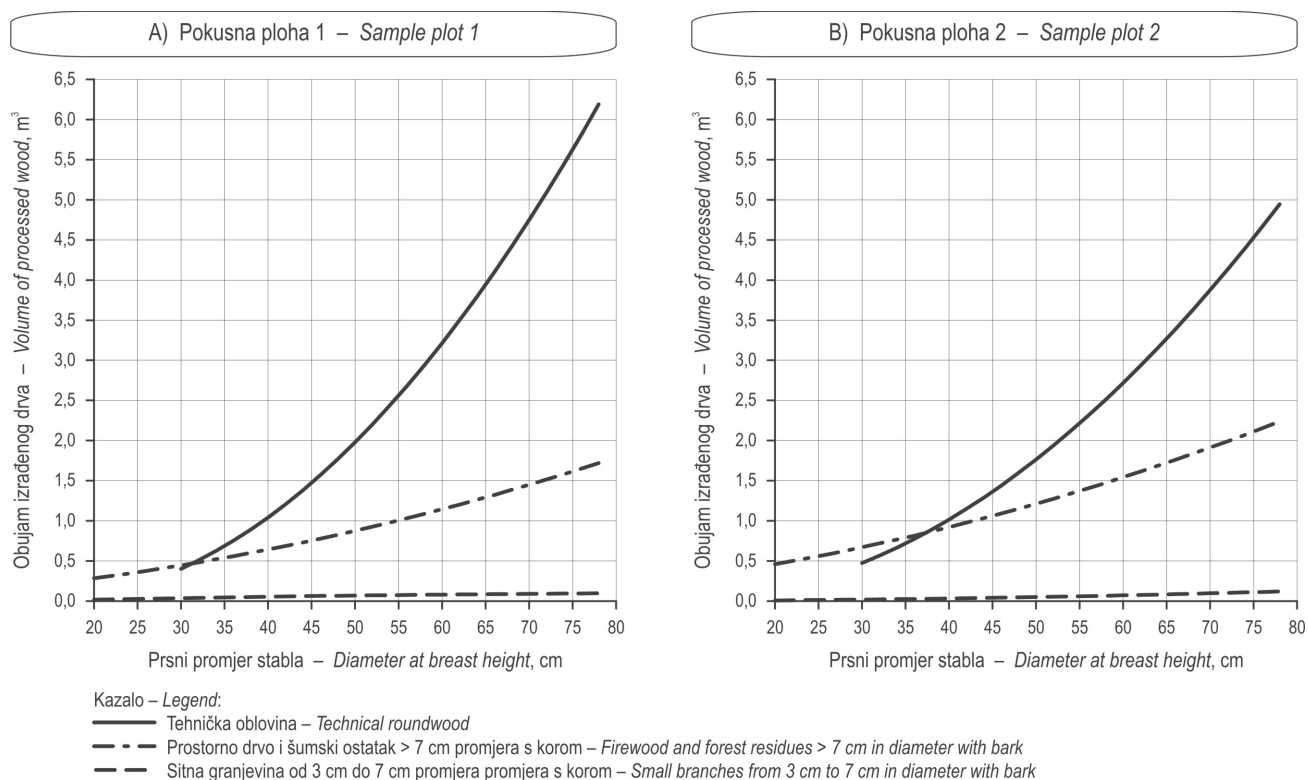
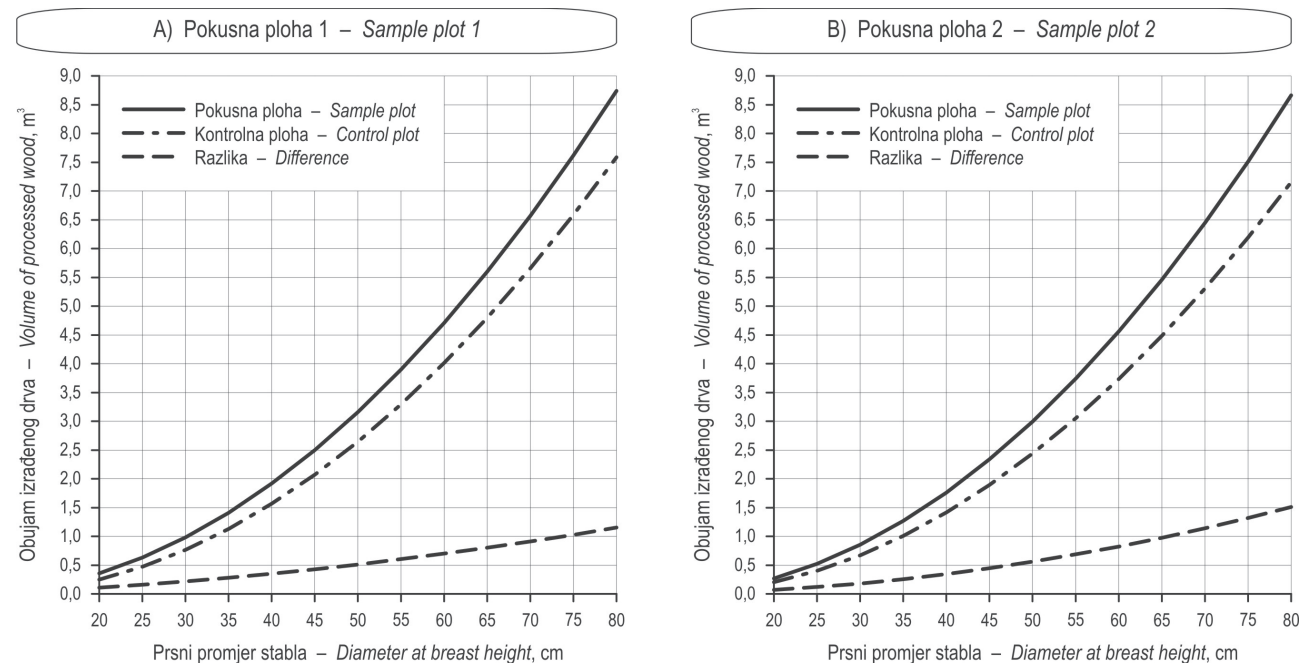
Pri obradi podataka primijenjene su standardne matematičke i statističke metode (deskriptivna statistika, korelacijska i regresijska analiza).

Pokusna ploha 1 (slika 7) nalazi se u odjelu 122 u gospodarskoj jedinici »Željin«, a pokusna ploha 2 (slika 8) nalazi se u odjelu 91 u gospodarskoj jedinici »Lomnička reka« kojima gospodari Šumsko gospodarstvo »Rasina« Kruševac. Osnovne su sastojinske značajke pokusnih ploha prikazane u tablici 1.

4. Rezultati istraživanja – Research results

Ukupna količina drva, privučena s pokusnih i kontrolnih ploha na pomoćno stovarište, iznosi 523,6 m³. Prosječne vrijednosti mjerenih parametara na pokusnim i kontrolnim plohama prikazane su u tablici 2.

Intenzitet sječe po broju stabala nije se značajno razlikovao na pokusnim i kontrolnim plohama. Razlike su u tehnološkoj strukturi između kontrolne i pokusne plohe na istom lokalitetu male, dok su između pokusnih i kontrolnih ploha na različitim lokalitetima mnogo veće.

**Slika 12.** Ovisnost obujma pojedinih kategorija izrađenoga drva o prsnom promjeru stabla**Fig. 12** Dependence of different wood categories on DBH**Slika 13.** Ovisnost obujma izrađenoga drva primjenom dviju metoda izradbe o prsnom promjeru stabla**Fig. 13** Dependence of the volume of wood processed by two different methods on DBH

Na pokusnoj plohi 1 kut rušenja najvećega broja stabala bio je u rasponu od 140° do 160°, dok je na pokusnoj plohi 2 kut rušenja najvećega broja stabala bio u rasponu od 60° do 80° (slika 9).

Kut sakupljanja drva (dijelova stabla većih od 3 cm promjera s korom) vitlom (α_s) na traktorski put u prikazanoj analizi jednak je kutu koji srušeno stablo zatvara s traktorskim putem (α_v) u točki sakupljanja drva vitlom skidera, čime se izbjegava rotiranje drva (Danilović i dr. 2011). Najčešći kutovi sakupljanja drva vitlom na traktorski put na pokusnoj plohi 1 su 40° i 70°, a na pokusnoj plohi 2 najčešći je kut od 70° (slika 10).

Rezultati analize pokazuju da je riječ o malom broju stabala koja su srušena paralelno sa slojnicama. Uglavnom se rušilo tako da je rotiranje i zakretanje izrađenih dijelova stabla bez grana tanjih od 3 cm promjera s korom bilo minimalno, odnosno kut rušenja stabla i kut sakupljanja vitlom izrađenih dijelova stabla na traktorski put nisu se značajno razlikovali. To pokazuje da je velika pažnja posvećena izboru smjera rušenja stabala.

Udjel pojedinih kategorija drva u ukupnoj količini izrađenoga drva na pokusnim ploham prikazan je na slici 11.

Na slici 12 prikazana je ovisnost obujma pojedinih kategorija izrađenoga drva o prsnom promjeru bukovih stabala, gdje porastom prsnoga promjera stabla

na različit način raste obujam pojedinih kategorija izrađenoga drva. Funkcije koje najbolje opisuju ovisnost zavisnih i nezavisnih varijabli prikazane su u tablici 3.

Na slici 13 prikazana je ovisnost ukupne količine izrađenoga drva na pokusnim i kontrolnim ploham o prsnom promjeru bukovih stabala. S povećanjem prsnoga promjera bukovih stabala raste razlika između količine izrađenoga drva primjenom dviju različitih metoda izradbe drva (slika 13). U ukupnoj količini drva privučenoga iz sječine na pomoćno stovarište, gdje je primijenjena modificirana poludeblovna metoda listača s dijelovima krošnje, nalazi se tehnička oblovina, prostorno drvo i šumski ostatak (sitna granjevina od 3 do 7 cm, isječci, porupci, koljena grana, odresci sljepica, rašlje, gule i kratice), a u ukupnoj količini drva na pomoćnom stovarištu, gdje se primjenjuje sortimentna metoda izradbe drva, nalazi se tehnička oblovina i prostorno (ogrjevno) jednometarsko drvo.

Obujam drva privučen na pomoćno stovarište s pokusne plohe 1 veći je za 8,5 % od obujma drva privučenoga s kontrolne plohe 1, a kod pokusne plohe 2 veći je za 8,17 % u odnosu na kontrolnu plohu 2. Obujam je iskazan kao ponderirana srednja vrijednost. Ta količina drva nije zanemariva i u budućnosti će svakako biti značajan izvor sirovine za dobivanje energije.

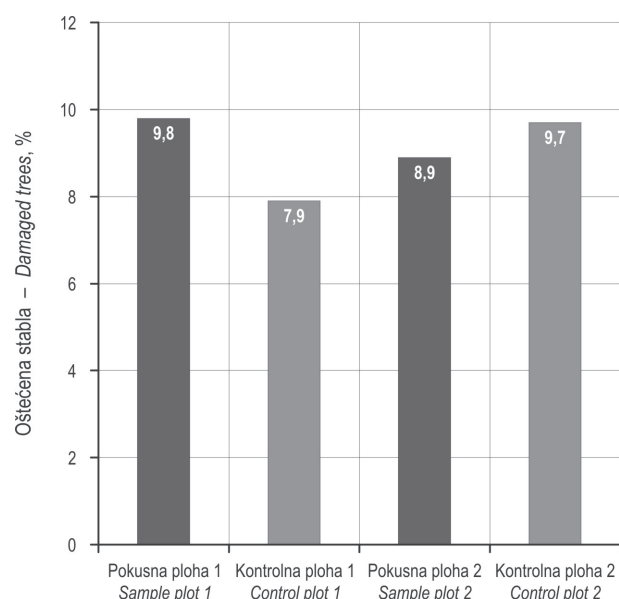
Oblikovanje je tovara skiderom obavljeno s jedne ili više točaka sakupljanja drva vitlom uzduž traktorskoga puta. Ono je s više stajališnih točaka bilo potrebno s obzirom na uvjet o privlačenju najviše jednoga dijela izrađenoga iz krošnje stabala većih dimenzija, kao i smanjivanja troškova formiranja optimalnoga tovara.

Pregled rezultata privlačenja dijelova stabala bez grana tanjih od 3 cm promjera s korom po pojedinim parametrima prikazan je u tablici 5.

Oštećenja na dubećim stablima razvrstana su na ogrebotine i oguljotine kore. Prema mjestu nastanka dijele se na oštećenja nastala na korijenu i oštećenja nastala na prizemnom dijelu stabla. Prema Mengu (1978) oštećenja na dubećim stablima na pokusnoj plohi 1 pripadaju IV. kategoriji, na pokusnoj plohi 2 i kontrolnoj plohi 1 ubrajaju se u III. kategoriju i na kontrolnoj plohi 2 II. kategoriji oštećenja.

Razlike su u intenzitetu sječe na pokusnim i kontrolnim ploham izražene brojem stabala minimalne, što je vrlo značajno za uspoređivanje pokusnih i kontrolnih ploha (slika 14).

Prosječan broj komada izrađenih iz jednoga stabla veći je na pokusnim u odnosu na kontrolne plohe s obzirom na to da je predmet privlačenja bilo cjelokupno drvo stabla do 3 cm promjera s korom, a što nije bio slučaj na kontrolnim ploham. Na pokusnoj plohi



Slika 14. Postotak oštećenih dubećih stabala na pokusnim i kontrolnim ploham nakon privlačenja

Fig. 14 Percentage of damaged standing trees on sample and control plots after skidding

1 broj je komada izrađenih iz stabla veći u odnosu na pokusnu plohu 2, uglavnom zbog većeg udjela rašljivih stabala. Razlike na kontrolnim plohama potječu zbog različitoga udjela prostornoga drva. Na pokusnoj plohi 2 nije bilo racionalno oblikovanje tovara s više stajališnih točaka imajući na umu udaljenost sakupljanja drva vitlom i utrošak vremena premještanja skidera uzduž traktorskoga puta, zbog čega se javlja manji broj zahvata vitlom i manji prosječan obujam tovara. Prosječna duljina izrađenih dijelova stabla bez grana tanjih od 3 cm promjera s korom veća je za oko 30 % od prosječne duljine drvnih sortimenata izrađenih na kontrolnim ploham. Na prosječno povećanje duljine najviše je utjecala duljina dijelova izrađenih iz krošnji stabala.

Prosječna je površina oštećenja na dubećim stablima najveća na pokusnoj plohi 1 te je za oko 50 % veća u odnosu na kontrolnu plohu. Od ukupnoga broja oštećenja nastalih u obliku guljenja kore na deblu se nalazi 70,2 %, a na korijenu 29,8 %, dok se na kontrolnoj plohi oko 65 % oštećenja odnosi na guljenje kore korijena. Na pokusnoj plohi 2 prosječna je površina oštećenja manja, što se i očekivalo s obzirom na to da je riječ o mlađoj sastojini i manjem udjelu rašljivih stabala. Osim navedenoga na pokusnoj plohi 2 broj oštećenih stabala nije mnogo veći, iako je za oko 90 % veći broj stabala po hektaru. Prosječna površina ozljede na dubećim stablima nije velika, međutim na oštećenim stablima javljale su se u prosjeku od dvije do tri ozljede. Prosječna površina ozljeda na pokusnim ploham pripada III. kategoriji oštećenja prema Mengu, a na kontrolnim ploham II. kategoriji oštećenja.

5. Rasprava – Discussion

Rezultati provedenoga istraživanja pokazuju da u bukovim šumama koje rastu u brdsko-planinskom području Republike Srbije, u kojima se obavljaju prorede primjenom sortimentne metode izradbe drva, ostaje neiskorišteno oko 8 % drvne biomase nadzemnoga dijela bukovih stabala bez sitne granjevine tanje od 3 cm promjera s korom i nadzemnoga dijela panja. Posrijedi je drvo koje je i po količini i po kakvoći značajna sirovina za proizvodnju energije.

Pitanje koje se stalno postavlja u stručnoj javnosti Srbije, ali i šire, jest kako tehnološki riješiti upotrebu šumskoga ostatka bez ekoloških i ekonomskih štetnih posljedica.

U prebornim sastojinama i proredama iskorištavanje je šumskoga ostatka mnogo složenije u odnosu na oplodne sječe (pripremni, naplodni i dovršni sijek) zbog velikoga broja stabala po jedinici površine i zbog pomladnih jezgara u prebornim sastojinama (grupimično

preborno gospodarenje). Osim navedenoga riječ je o sitnijim izrađevinama (sitna granjevina od 3 do 7 cm s korom, kraći komadi debljih grana, rašlje i dr.) na koje nepovoljno utječe zakonitost obujma komada (Speidel 1952).

Imajući na umu značenje biomase kao energetske sirovine i okolnosti vezane uz upotrebu šumskoga ostatka, istražena je učinkovitost primjene modificirane poludeblovne metode listača s dijelovima krošnje kao alternative do sada primjenjivanim metodama izradbe drva u pridobivanju drva u brdsko-planinskim uvjetima u Srbiji te su dobiveni rezultati na osnovi kojih su izvedeni zaključci značajni za šumarsku struku.

Prednosti nove metode izradbe drva ogledaju se u povećanoj količini privučenoga drva na pomoćno stovarište po završetku pridobivanja drva. Količina sitne granjevine od 3 do 7 cm promjera s korom kreće se oko 3 % na pokusnoj plohi 1 i oko 2 % na pokusnoj plohi 2, što ne odstupa značajno od količine koju navode drugi autori (Pašičko i dr. 2009). Ti autori daju podatak da sitno energijsko drvo (promjera od 3 do 7 cm) iznosi oko 4 % od bruto posječenoga drva. Količina šumskoga ostatka u obujmu krupnoga drva iznosi oko 4 %, što također ne odstupa značajnije u odnosu na istraživanja drugih autora za običnu buku.

Prema Nikoliću i Bajiću (1992) obujam drva isječaka, brada, obradaka, koljena grana, gula i kratica iznosi 2,79 % obujma krupnoga drva, odnosno oko 5,06 % ako se uračuna i obujam nadzemnoga dijela panja. Ta količina drva uglavnom ostaje u sastojini neiskorištena.

Rezultati ovih istraživanja pokazuju da obujam sitne granjevine od 3 do 7 cm promjera s korom iznosi u obujmu drva srušenoga stabla do 3 %.

Značajna je ocjena primjenjivosti nove metode izradbe drva s obzirom na pojave ozljeda (oštećenja) na dubećim stablima u sastojini. Prema svim dosadašnjim istraživanjima sortimentna je metoda mnogo povoljnija ako se uzmu u obzir pojave oštećenja u sastojini od stablovne i deblovne metode izradbe drva (Doležal 1984, Kellogg i Betinger 1994, Syunev i dr. 2009).

Intenzitet je sječe po broju stabala na pokusnim i kontrolnim ploham bio približno isti, što je omogućilo da se usporede oštećenja nastala na pokusnim i kontrolnim ploham. Broj oštećenja izražen po zahvatu sakupljanja drva vitlom bio je veći na pokusnoj plohi 2, što je i očekivano s obzirom na veći broj stabala po jedinici površine, dok je prosječna površina oštećenja (guljenje kore) na pokusnoj plohi 2 manja za oko 45 % od površine oštećenja na pokusnoj plohi 1. Jedan od razloga jest i veća granatost stabala na pokusnoj plohi 1. Prosječna površina oštećenja dobivena u ovim istraživanjima ne odstupa značajnije od rezultata do

kojih su došli drugi autori. Na osnovi dosadašnjih istraživanja izlazi da ima najviše oštećenja iznad 200 cm² kada se primjenjuje sortimentna metoda izradbe drva (Solgi i Najafi 2007, Ficklin i dr. 1997, Tsorias i Liamas 2010, Nikooy i dr. 2010).

Broj oštećenih stabala u sastojini u odnosu na broj dubećih stabala na pokusnim i kontrolnim plohama iznosi od 7,9 do 9,8 %. U bukovoj sastojini starosti 80 godina postotak je oštećenih stabala na pokusnoj plohi veći za 25,4 % od postotka oštećenih stabala na kontrolnoj plohi. U bukovoj sastojini starosti 70 godina postotak je oštećenih stabala na pokusnoj plohi manji za 10,1 % u odnosu na postotak oštećenih stabala na kontrolnoj plohi. Do sličnih su rezultata došli Tavan- kar i Bodaghi (2011) u sastojini obične bukve, graba i johe, gde je obavljena selektivna sječa motornom pilom, a privlačenje skiderom Timberjack 450C. Oni iznose da je 12 % dubećih stabala oštećeno i 1,2 % uništeno, od čega je 68 % oštećenja stabala nastalo pri privlačenju drva. Prosječna površina oštećenja koja se javila na dubećim stablima nakon privlačenja izrađenih dijelova veća je na pokusnim površinama, što se može protumačiti kao nedostatak, međutim kada se uspoređi s rezultatima drugih autora, nisu velika opasnost za sastojinu promatrano s ekološkoga aspekta. Za primjenu ove metode izradbe drva vrlo je bitna ekonomska analiza koja će biti osnova za konačnu ocjenu istraživane metode izradbe drva. Prema dosadašnjim rezultatima, koji će biti objavljeni u idućem razdoblju, izlazi da se primjenom ove metode ostvaruje značajna financijska ušteda u odnosu na sortimentnu metodu izradbe drva.

Za primjenu poludeblovne metode listača s dijelovima krošnje potrebno je osigurati odgovarajuću veličinu pomoćnoga stovarišta, što je često problem kada su u pitanju brdsko-planinska područja. Uz to treba posebno istaknuti da se primjenom modificirane poludeblovne metode rješava i problem iznošenja prostornoga drva iz šume. Buduća će istraživanja dati odgovore na niz nepoznanica koje se danas postavljaju kada je u pitanju modificirana poludeblovna metoda listača s dijelovima krošnje.

6. Zaključci – Conclusions

Na osnovi rezultata provedenoga istraživanja zaključeno je:

- ⇒ Količina drva privučena na pomoćno stovarište s pokusnih ploha veća je za oko 8 % od količine drva koje je privučeno s kontrolnih ploha.
- ⇒ Broj oštećenih dubećih stabala u sastojini na pokusnim i kontrolnim plohama iznosi od 7,9 % do 9,7 %. U sastojini starosti 80 godina postotak

je oštećenih stabala na pokusnoj plohi veći za 25,4 % od postotka oštećenih stabala na kontrolnoj plohi, a u bukovoj sastojini starosti 70 godina postotak je oštećenih stabala na pokusnoj plohi manji za 10,1 % u odnosu na postotak oštećenih stabala na kontrolnoj površini.

- ⇒ Kada se primjenjuje modificirana poludeblovna metoda listača s dijelovima krošnje, nema potrebe za angažiranjem tovarnih konja (samarice) jer se skiderom privlači drveni obujam stabala većih od 3 cm promjera s korom.
- ⇒ Za primjenu modificirane poludeblovne metode listača s dijelovima krošnje potrebna je dobra organizacija rada, dobro položena sekundarna mreža šumskih prometnica, ali i odgovarajuća veličina pomoćnih stovarišta.

7. Literatura – References

- Armstrong, S., 2000: RIL for real: introducing reduced impact logging techniques in to a commercial forestry operation in Guyana. *International forestry review* 2(1): 17–23.
- Anon., 1989: Zbirka Jugoslovenskih standarda za drvo. Novinsko-izdavačka ustanova Službeni list SFRJ, Beograd, 1–682.
- Backe, J., 1998: Gallringsundersökning 1997. Skogsstyrelsen, meddelande 8, 26 str.
- Banković S., M. Medarević, D. Pantić, N. Petrović, B. Šljukić, S. Obradović, 2009: The growing stock of the Republic of Serbia – state and problems (Šumski fond Republike Srbije – stanje i problemi). *Bulletin of the Faculty of Forestry* 100: 7–30.
- Bertault, J., P. Sist., 1997: An experimental comparison of different harvesting intensities with reduced impact and conventional logging in east Kalimantan, Indonesia. *Forest ecology and management* 94: 209–218.
- Bobik, M., 2008: Damages to residual stand in commercial thinnings. Swedish University of Agricultural Sciences Master Thesis no. 127. Southern Swedish Forest Research Centre, 32 str.
- Danilović M., D. Grujović, V. Čorbić, B. Letica, 2011: Techniques and Technologies of Forest Residue Utilization in Hilly and Mountainous Conditions. 19th European Biomass Conference and Exhibition, June 6–10, 2011, Berlin, Germany, Proceeding, 379–386.
- Doležal, B., 1984: Štete u šumi izazvane primenom mehanizacije. Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu. Jugoslovenski poljoprivredni šumarski centar 81: 1–47.
- Ficklin, R. L., J. P. Dwyer, B. E. Cutter, T. Draper, 1997: Residual tree damage during selection cuts using two skidding systems in the Missouri Ozarks. *Proceedings of the 11th Central Hardwood forest conference*, MO, 36–46.

- Han, H. S., L. D. Kellogg, 2000: Damage Characteristics in Young Douglas-fir Stand from Commercial Thinning with Four Timber Harvesting Systems. *Western journal of Applied Forestry* 15(1): 1–7.
- Košir, B. 2008: Damage to young forest due to harvesting in shelterwood systems. *Croatian Journal of Forest Engineering* 29(1): 141–153.
- Lageson, H., 1997. Effects of thinning type on the harvester productivity and on the residual stand. *J. For. Eng.* 8(2): 7–14.
- Laitila, J., K. Väättäin, 2012: Truck Transportation and Chipping Productivity of Whole Trees and Delimbed Energy Wood in Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering* 33(2): 199–210.
- Meng, W., 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte – Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. *Schriftenreihe der LFV Baden-Württemberg*, knj. 53, 159 str.
- Nikolić, S., V. Bajić, 1992: Istraživanje količine šumskog otpatka kao aktora ekonomske i tehnološke opravdanosti njegovog korišćenja (Investigation the quantity of forest residue as a factor of economical and technological justification of its utilization). *Šumarstvo* 5–6: 9–15.
- Nikooy, M., 2007: Production optimization and reduction impact on forest by preparing harvest planning in Nav, Iran. Doctoral thesis, Tehran University, 165 str.
- Nikooy, M., R. Rashidi, G. Kochehi, 2010: Residual trees injury assessment after selective cutting in broadleaf forest in Shafaroud. *Caspian J. Env. Sci.* 8(2): 173–179.
- Pašičko, R., D. Kajba, J. Domac, 2009: Konkurentnost šumske biomase u Hrvatskoj u uvjetima tržišta CO₂ emisija. *Šumarski list* 133(7–8): 425–438.
- Petreš, S., 2006: Oštećivanje ponika i pomlatka pri privitlavanju i privlačenju oblovine traktorom LKT 81 T iz dovršne sječine hrasta lužnjaka. *Šumarski list* 130(3–4): 87–100.
- Picchio, R., F. Neri, M. Maesano, S. Savelli, A. Sirna, S. Blasi, S. Baldini, E. Marchi, 2011: Growth effects of thinning damage in a Corsican pine (*Pinus laricio* Poir.) stand in central Italy. *Forest Ecology and Management* 262: 237–243.
- Pinard, M. A., F. E. Putz, J. Tay, T. E. Sullivan, 1955: Creating timber harvesting guidelines for a reduced impact logging project in Malaysia. *Journal of Forestry* 39(10): 41–45.
- Poršinsky, T., M. Ožura, 2006: Damage to standing trees in timber forwarding. *Nova mehanizacija šumarstva* 27: 41–49.
- Sist, P., T. Nolan, J.-G. Bertault, D. Dykstra, 1998: Harvesting Intensity versus Sustainability in Indonesia. *Journal of Forest Ecology and Management* 108: 251–260.
- Speidel, G., 1952: Das Stückmassegesetz und seine Bedeutung für den internationalen Leistungsvergleich bei der Forstarbeit. Dissertation. Universität Hamburg, 1–66.
- Spinelli R., C. Lombardini, N. Magagnotti, 2014: The effect of mechanization level and harvesting system on the thinning cost of Mediterranean softwood plantations. *Silva Fennica* 48(1), 15 str.
- Stampfer, K., T. Steinmüller, R. Svaton, 2001: Grenzen der Steigfähigkeit, *Österreichische Forstzeitung (Arbeit im Wald)*, 112: 1–3.
- Syunev, V., A. Sokolov, A. Konovalov, V. Katarov, A. Seliverstov, Y. Gerasimov, S. Karvinen, E. Väliky, 2009: Comparison of ood harvesting ethods in the Republic of Karelia. *Finnish Forest Research Institute*, Jonesu, 117 str.
- Tavankar, F., A. I. Bodaghi, 2011: Logging damages on residual trees during ground based skidding system in the Caspian forests of Iran. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol. 6, IACSIT Press, Singapore.
- Tsioras, P. A., D. K. Liasmas, 2010: Huling damages in a mixed beech oak stand. U: FORMEC 2010, Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment, 1–8.
- Vasiliauskas, R., 2001: Damage to trees true to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry* 74(4): 320–336.
- Yilmaz, M., A. Akay, 2008: Stand Damage of a Selection Cutting System in an Uneven Aged Mixed Forest of Cimendagi in Kahramanmarz-Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 2(1): 77–82.
- *Posebna osnova gazdovanja šumama za GJ »Lomnička reka« (2006–2015).
- *Posebna osnova gazdovanja šumama za GJ »Željin« (2011–2020)

Abstract

Evaluation of Modified Half-Tree Length Method of Broadleaves with Crown Parts

This paper presents the research results of the efficiency of timber (broadleaves) extraction by skidder, using a modified half-tree length method with crown parts in thinning beech stands in the Republic of Serbia. The effectiveness of this method is assessed by quantitative and qualitative indicators. The modified method has been developed with the

goal of using forest residues (unprocessed wood) in hilly and mountainous areas of the Republic of Serbia. This modified half-tree length method of broadleaves with crown parts resulted in an increase of 8% of the volume of timber extracted to the road landing when compared to the assortment method. Stand damages caused to the remaining standing trees after felling were not much higher than damages caused by using the assortment (CTL) method. With this proposed modified method, the extraction of one-meter fire-wood can be carried out without using horses (derrick method).

Keywords: method of wood processing, hilly-mountainous conditions, beech, forest residues, tree damage.

Adrese autorâ – *Authors' addresses:*

Izv. prof. dr. sc. Milorad Danilović*
e-pošta: milorad.danilovic@sfb.bg.ac.rs
Mr. sc. Dragomir Grujović
e-pošta: dragomir.grujovic@sfb.bg.ac.rs
Mr. sc. Slavica Karić
e-pošta: slavica.karic@sfb.bg.ac.rs
Univerzitet u Beogradu
Šumarski fakultet
Kneza Višeslava 1
11030 Beograd
SRBIJA

Boban Milovanović, dipl. inž.
e-mail: bobanmilovanovic71@yahoo.com
JP »Srbija šume« Beograd
11000 Beograd
SRBIJA

*Glavni autor – *Corresponding author*

Primljeno (*Received*): 20. 1. 2014.

Prihvaćeno (*Accepted*): 18. 3. 2014.