

ODREĐIVANJE SREDNJE DISTANCE PRIVLAČENJA PRIMJENOM GIS-A U NIZIJSKO-BRDSKIM USLOVIMA

DETERMINATION OF SKIDDING DISTANCE WITH GIS IN THE LOWLAND AND HILLY TERRAIN CONDITIONS

Vladimir Petković^{1*}, Dane Marčeta¹, Slavko Španjić², Mihajlo Kosović²

¹ Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Stepe Stepanovića 75a, 78000 Banja Luka, BiH

² JP Šume Republike Srpske, ŠG Gradiška, Vladete Radića 10, 78400 Gradiška, BiH

* e-mail: vladimir.petkovic@sfbl.org

Izvod

Transport sortimenata, prije svega oblog drveta, je najskuplji proces u proizvodnji. On se sastoji iz tri faze: primicanje, privlačenje i prevoz kamionima. Sa stanovišta troškova transporta najvažnije su prve dvije faze transporta. One u prvom redu zavise od udaljenosti mjesta sječe stabala od šumskog puta ili srednje transportne distance privlačenja i zato je određivanje njene vrijednosti veoma važno sa stanovišta planiranja otvorenosti šuma. Srednja transportna distanca je jedan od pokazatelja otvorenosti. Vrijednost srednje transportne distance privlačenja može se dobiti na više načina: mjerenjem na terenu ili pomoću programskih paketa zasnovanih na GIS-u. Srednja transportna distanca dobijena u Izvođačkim projektima za odjele 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1 u Privrednoj jedinici „Prosara“, iznosi 600 m. Primjenom ArcGIS 10 programskog paketa dobijena je prvo geometrijska transportna distanca privlačenja koju smo množili sa faktorom korekcije koji za date terenske uslove iznosi 1,38. Na taj način smo dobili stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja koja je 590 m. Između ove dvije daljine privlačenja nema statistički značajne razlike i prema tome srednja stvarna transportna distanca privlačenja koja je određena pomoću ArcGIS-a 10, može biti korišćena za određivanje učinka skidera. Uporedili smo stvarnu i geometrijsku srednju transportnu distancu privlačenja i dobili da faktor korekcije iznosi 1,57. Prema tome prosječni faktor korekcije za nizijsko-brdske terene iznosi 1,475.

Glavne riječi: faktor korekcije, privlačenje, srednja transportna distanca privlačenja, transport

1. UVOD / INTRODUCTION

Sječom i izradom dobijaju se šumskodrvni sortimenti, proizvodi koje je potrebno transportovati do prerađivačkih kapaciteta ili krajnjih potrošača. Transport se sastoji iz tri faze: sakupljanje ili primicanje sortimenata, privlačenje i prevoz sortimenata. Primicanje ili sakupljanje sortimenata je faza transporta koja podrazumijeva sakupljanje drvene mase pored sekundarnih šumskih komunikacija (vlake, traktorski putevi ili trasa žičare). Privlačenje sortimenata se vrši po sekundarnim šumskim komunikacijama do

šumskog puta ili međustovarišta na njemu, pri čemu se teret uglavnom vuče po vlačici. Prevoz podrazumijeva prevoz sortimenata kamionima po šumskim i javnim putevima do prerađivačkih kapaciteta ili potrošača. Transport sortimenata je veoma značajan i najskuplji dio proizvodnje šumsko drvnih sortimenata. Prema Sokolović & Bajrić (2013) troškovi transporta iznose oko 80% ukupnih troškova proizvodnje drvnih sortimenata. Troškovi prevoza kamionima prema troškovima privlačenja traktorima i troškovima

primicanja se orijentaciono odnose: 1:10:100 (Ljubojević, 2010). Troškovi privlačenja drveta traktorima po vlaci na istoj udaljenosti su 20–30 puta veći nego troškovi prevoza kamionima po šumskim putevima (Jeličić, 1983).

Srednja transportna distanca ili srednja daljina privlačenja predstavlja udaljenost sječine odnosno mjesta izrade sortimenta od šumskog puta ili međustovarišta pored njega. Prilikom određivanja vrijednosti srednje transportne distance privlačenja polazi se od pretpostavke da je drvna masa ravnomjerno raspoređena po šumskoj površini i da je težište te površine ujedno i težište koncentracije drvne mase. To znači da je srednja transportna distanca udaljenost težišta površine (odjela ili odsjeka) od najbližeg šumskog puta. Ovako određena udaljenost privlačenja predstavlja geometrijsku srednju transportnu distancu privlačenja. Geometrijska srednja transportna distanca privlačenja je kraća od stvarne za vrijednost faktora korekcije usljed produženja distance zbog nagiba i zaobilaženja površinskih prepreka. Geometrijska srednja transportna distanca privlačenja određuje se analitičkim metodama ili primjenom savremenih alata koji su zasnovani na geografsko-informacionim sistemima (GIS). Srednja transportna distanca privlačenja zavisi od položaja šumskih puteva u odnosu na sječinu, njihovog međusobnog rastojanja, terenskih i sastojinskih prilika i gustine šumskih puteva. Klemenčić (1939) je analizirao uticaj oblika mreže šumskih puteva i udaljenosti privlačenja za istu dužinu puta i na istoj površini šume i dobio odnos dužine privlačenja i koeficijenta privlačenja (Sokolović & Bajrić, 2013). Prema Jeličić (1988) za istu gustinu šumskih puteva bolje su otvorene ravničarske šume, jer se drvna masa može privlačiti sa obe strane puta, najčešće pravolinijski. U brdskoplaninskim područjima distanca privlačenja se produžuje jer se drvo vuče po nagutom terenu, krivudavim putanjama, a većim dijelom se privlači na gornju stranu šumskog puta (Sokolović & Bajrić, 2013). Srednja transportna distanca privlačenja može se odrediti i kao ponderisana sredina gdje se kao ponderi koriste površina sječina ili posječena drvna masa koju je potrebno privući do šumskog puta (Nikolić, 1993). Na osnovu postojeće ili optimalne gustine puteva može se izračunati postojeća i ci-

ljana srednja transportna distanca privlačenja (Rebula, 1989; Pičman, 2007).

Savremeni softverski paketi, bazirani na geografsko informacionom sistemu, omogućavaju jednostavnije, brže i tačnije određivanje težišta, prije svega nepravilnih površina, a potom i određivanje geometrijske udaljenosti težišta od najbližeg šumskog puta. Ali prije nego se dođe do srednje transportne distance privlačenja na ovaj način potrebno je formirati odgovarajuće modele (raster, vektore i baze podataka) u GIS-u. Geometrijska srednja transportna distanca privlačenja dobijena analitički ili pomoću GIS-a mora se pomnožiti sa faktorom korekcije distance kako bismo dobili stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja. Ovaj faktor zavisi od nagiba i konfiguracije terena te prisustva površinskih prepreka, kao činilaca koji utiču na produženje geometrijske srednje transportne distance privlačenja. Stvarna udaljenost privlačenja se izračunava po obrascu:

$$S_{ds} = S_{dG} \cdot k_G$$

gdje je: S_{ds} - stvarna srednja transportna distanca privlačenja; S_{dG} - geometrijska srednja transportna distanca privlačenja; i k_G - faktor korekcije (Potočnik et al., 2011).

Prema Segebadeu (1964) u uslovima Švedske korekcionni faktor geometrijske srednje transportne distance privlačenja za nizijsko područje iznosi 1,2, a za planinsko 1,5. Faktor produženja distance po FAO (1974) se kreće od 1,6–2 za ravničarske terene i 3,6 za strme. (Lotfalian et al., 2011). Prema Nikolić (1993) koeficijent zaobilaženja prepreka k se kreće od 1,1–1,2, a produženje distance zbog nagiba kao $1/\cos\alpha$, gdje je α ugao nagiba zemljišta. Pentek et al. (2004, prema Abegg, 1978) navode da se koeficijent produženja distance kreće od 1,15 za ravniciu do 1,65 za planinu sa prosječnom vrijednošću od 1,44. Sveukupni faktor za nizijsko i brežuljkasto područje iznosi 1,8. Stankić (2010) je utvrdio da je faktor korekcije distance privlačenja prilikom izvoženja drveta forvarderima u rasponu od 1,2 do 2,5, a kao srednju vrijednost usvaja 1,3.

Koeficijent razvijanja linija za privlačenja drveta kojim se vrši transformacija geometrijske u stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja zavisi od produženja distance zbog nagiba i zbog krivudanja. Nagibi se kreću u intervalu od 5–100%.

Ovaj faktor se kreće od 1,101 do 2,687 (ŠIPAD-IRC, 1987). Ako imamo u vidu značaj srednje transportne distance kao jednog od četiri pokazatelja otvorenosti šuma, pored apsolutne i relativne otvorenosti i koeficijenta efikasnosti otvaranja, onda se faza privlačenja sortimenata izdvaja kao jedna od najvažnijih faza transporta. Određivanje srednje udaljenosti privlačenja nameće kao jedno od najvažnijih zadataka naročito u procesu planiranja otvaranja šuma. Jer, gradnja jednog šumskog puta, kako bi se povećala otvorenost šume, može se smatrati ekonomski opravdanom ako je rezultat skraćenje srednje transportne distance (Sokolović & Bajrić, 2013). Iz tog razloga ćemo geometrijsku srednju transportnu distancu privlačenja odrediti prostornom analizom podataka u programskom paketu ArcGIS 10. Tako dobijenu udaljenost privlačenja ćemo pomnožiti sa faktorom korekcije distance privlačenja kako bismo dobili stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja. Faktor korekcije ćemo odrediti na osnovu nagiba terena i pripadnosti šumske

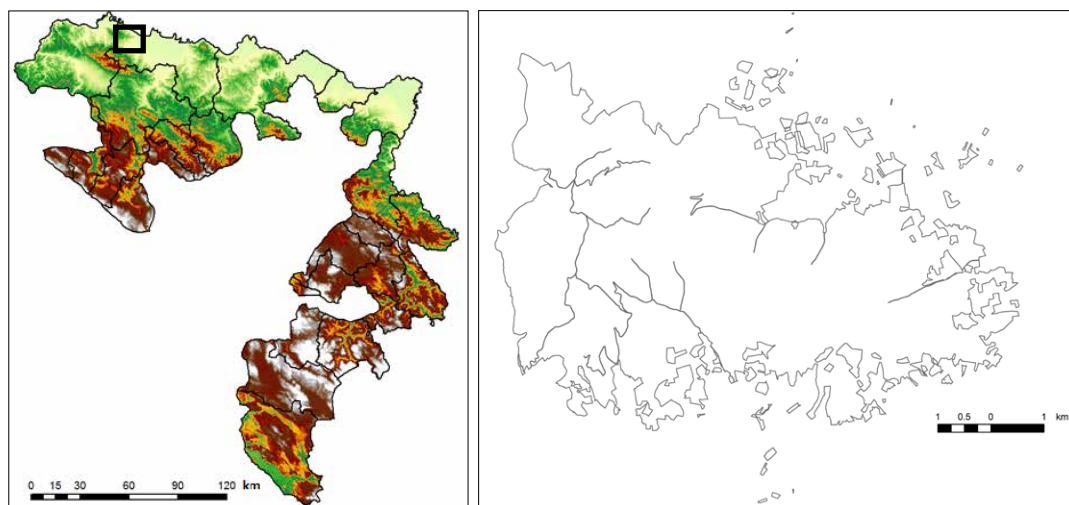
površine određenom reljefnom području koje je klasifikovano s obzirom na nadmorsku visinu. Do 200 m nadmorske visine su nizine, od 200–500 m je brdsko područje, od 500–1000 m je područje niskih planina, od 1000–1500 m su srednje visoke planine, a od 1500–2000 je područje visokih planina (Bertović, 1999). Faktor korekcije distance privlačenja će biti prosječna vrijednost faktora izračunatih na osnovu navedenih činilaca. Ovako dobijene geometrijsku i stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja ćemo uporediti sa srednjom transportnom distancom privlačenja dobijenom prilikom izrade Izvođačkih projekata za odjele 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1.

Razlog zašto smo se odlučili na ovo istraživanje, odnosno upoređivanje, je pretpostavka da stvarna srednja transportna distanca privlačenja određena u ArcGIS 10 programskom paketu nije jednaka onoj koja je određena na terenu te da faktor korekcije distance privlačenja nije jednak onom koji smo dobili računskim putem.

2. OBJEKAT ISTRAŽIVANJA / STUDY AREA

Istraživanje je rađeno u Privrednoj jedinici “Prosara”, koja je smještena na istoimenoj planini u sjevernom dijelu Republike Srpske i Bosne i Hercegovine, na području opštine Gradiška (Slika 1). Prostire se od 17°00’00” do 17°07’30” IGD i od

45°07’30” do 45°11’15” SGŠ. Ovom privrednom jedinicom gazduje Šumsko gazdinstvo “Gradiška”, Šumska uprava “Gornji Podgradci”. Geološku podlogu grade silikatne stijene na kojima su se razvila duboka kisela zemljišta. Šume i šumska



Slika 1. Položaj i granice Privredne jedinice “Prosara” / **Figure 1.** Location and boundaries of the Forest management unit “Prosara”

zemljišta zauzimaju 3755,29 ha. Od ukupne površine visoke šume sa prirodnom obnovom pokrivaju 3470,2 ha. To su šume bukve i hrasta kitnjaka. Površina izdanačkih šuma iznosi 113,15 ha, a šumskih plantaža 171,94 ha. U Privrednoj

jedinici "Prosara" posječe se 182,210 m³ sveukupne drvene mase i 147,737 m³ krupnog drveta za 10 godina. Ukupna dužina puteva u ovoj privrednoj jedinici iznosi 27,83 km, otvorenost šume u prosjeku iznosi 7,3 m/ha (IRPC, 2012).

3. METOD / METHOD

Kako bismo se upoznali sa osnovnim obilježjima Privredne jedinice "Prosara" kao što su površine šuma i šumskog zemljišta, površine širih kategorija šuma, geološko-pedološke prilike, zapremina sveukupne drvene mase i mase krupnog drveta, otvorenosti šuma i slično bilo je neophodno proučiti Šumskoprivrednu osnovu za Šumskoprivredno područje "Posavsko" za period 2013-2022.

Potom smo u programskom paketu ArcGIS 10 (ESRI, 2011) formirali rastele na osnovu digitalnog modela terena (DTM) rezolucije 5x5 m za područje opštine Gradiška (RUGIP, 2014). Iz ovog modela izdvojen je DTM za datu privrednu jedinicu i dobijene su nadmorske visine njene najniže i najviše tačke. Klasifikacijom DTM-a prema nadmorskoj visini smo dobili kartu reljefnih područja i njihove površine. Zatim smo iz ovog DTM-a koristeći *ArcToolbox* alatku *Slope* izdvojili raster nagiba terena u privrednoj jedinici "Prosara" sa njegovim minimalnim, maksimalnim i prosječnim vrijednostima. Ovako dobijena karta nagiba je klasifikovana u klase širine 10% i određen udio pojedinih nagiba u ukupnoj površini privredne jedinice.

Vektorski podaci kao što su granica privredne jedinice, granice odjela unutar nje te njihove površine kao i dio mreže šumskih puteva su dobijeni od Istraživačko razvojno-projektnog centra (IRPC) Javnog preduzeća "Šume Republike Srpske" a.d. Sokolac, dok je dio mreže šumskih, ali i javnih puteva na koje se priključuju šumski putevi, dobijen snimanjem pomoću ručnog uređaja za globalno pozicioniranje (GPS). Mreža stalnih i privremenih vodotoka je dobijena njihovom digitalizacijom sa štampanih topografskih karata razmjere 1:25 000.

Kako bismo odredili geometrijsku srednju transportnu distancu privlačenja pomoću ArcGIS 10 programskog paketa odnosno njegovog *ArcToolbox*-a, prvo je potrebno odrediti težišta odjela pomoću alata *Feature to point*. Zatim se alatom

Near određuje udaljenost težišta odjela do najbliže tačke na šumskom putu i odredi smjer privlačenja. Srednja stvarna transportna distanca privlačenja predstavlja proizvod geometrijske daljine privlačenja i faktora korekcije tj. produženja distance. Ovaj faktor smo odredili kao prosječnu vrijednost koeficijenta razvijanja linija za privlačenje (ŠIPAD-IRC, 1987) i faktora korekcije koji zavisi od reljefnog područja koji se prema Lepoglavec (2014) kreće od 1,2 za nizijsko i 1,45 za brdsko područje. Množenjem udjela reljefnog područja i nagiba terena u ukupnoj površini privredne jedinice i faktora korekcije za dato reljefno područje odnosno nagib terena dobija se faktor korekcije udaljenosti privlačenja za svako reljefno područje i za svakih 10% nagiba terena u Privrednoj jedinici "Prosara". Konačni faktor korekcije predstavlja prosječnu vrijednost pojedinih faktora korekcije.

Srednje transportne distance privlačenja dobijene pomoću ArcGIS 10 poredili smo sa srednjim transportnim distancama privlačenja dobijenim u Izvođačkim projektima za odjele 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1. Pored ovih podataka u njima se mogu vidjeti spisak traktorskih vlaka sa ukupnim dužinama, zapremina doznačene drvene mase za sječu prije svega krupnog drveta, prosječni uslovi terena i sastojina i druge informacije. Prilikom doznake drvene mase za sječu u odjelima snima se i mreža sekundarnih šumskih komunikacija u ovom slučaju traktorskih vlaka. Tom prilikom se mjere: pravci-magnetski azimuti busolom, uzdužni nagib padomjerom i dužina pantljkikom, postojećih vlaka. Na osnovu dobijene mreže i dužina vlaka se računaju prosječne vrijednosti transportne distance privlačenja. Kada govorimo o privlačenju prije svega mislimo na privlačenje krupnog drveta koje se u Privrednoj jedinici "Prosara" obavlja uz pomoć zglobnih traktora tipa LKT-81.

Korišćenjem statističkih metoda u programskom paketu Statistica (StatSoft Inc, ver. 7.0) dobili

smo osnovne pokazatelje o srednjoj transportnoj distanci privlačenja dobijenoj uz pomoć ArcGIS-a i prilikom izrade izvođačkih projekata. Provjerili smo da li između transportnih distanci dobijenih pomoću ova dva metoda postoji statistički značajna razlika, odnosno da li se srednja transportna distanca privlačenja dobijena uz pomoć ArcGIS-a može primijeniti prilikom izrade izvođačkih projekata i određivanja otvorenosti na bazi srednje transportne distance privlačenja. Prvo smo upotrebom deskriptivne statistike dobili osnovne pokazatelje (prosječnu vrijednost, medijanu, mod, varijansu, standardnu devijaciju) o uzorcima tj. srednjoj transportnoj distanci privlačenja koja je određena na pomenuta dva načina. Nakon toga, korišćenjem Shapiro-Wilk's W testa normalnosti provjerili smo da li podaci u uzorcima imaju normalan raspored. Ovaj test je najmoćniji u određivanju distribucije podataka u uzorku (Nornadiah & Yap, 2011). Ukoliko rezultati pokazuju da podaci imaju normalnu distribuciju, za testiranje aritmetičkih sredina uzoraka kojima nije poznata aritmetička sredina i standardna devijacija osnovnog skupa, koristi se t

test. U suprotnom se koriste neparametarski: test znakova ili Wicoxon-ov test ranga sa znakom za dva uzorka. Međutim, pošto se radi o malim slučajnim uzorcima od osam elemenata ($n < 30$), prednost smo dali neparametarskom testu znakova za dva uzorka u odnosu na parametrijske i Wicoxon-ov test ranga sa znakom, koji dodatno zahtijeva da osnovni skup ima simetričan raspored. Ovaj test podrazumjeva da je uzorak slučajan i sa nepoznatom medijanom osnovnog skupa te da su promjenljive neprekidne. Ovim testom smo htjeli pokazati da li postoji razlika između medijana srednjih transportnih distanci privlačenja određenih u izvođačkim projektima na terenu i uz pomoć ArcGIS 10 programskog paketa na lokalitetu PJ "Prosara". Nulta hipoteza se u ovom slučaju postavlja u obliku $H_0: M_1 = M_2$, tj. da nema razlika između medijana srednjih transportnih distanci privlačenja određenih na ova dva načina. Alternativna hipoteza je formulisana da postoje razlike između medijana srednjih transportnih distanci privlačenja određenih na ova dva načina $H_1: M_1 \neq M_2$. Sva testiranja su izvođena za nivo značajnosti $\alpha = 0,05$.

4. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

Statističkom analizom podataka pomoću ArcGIS 10 programskog paketa utvrđeno je da postoji razlika u površini ove privredne jedinice koja je navedena u Šumskoprivrednoj osnovi (ŠPO) od 3 755 ha i vektorske površine koja iznosi 3 816 ha. Razlika u površinama odjela u prosjeku iznosi 1,52 ha (Tabela 1).

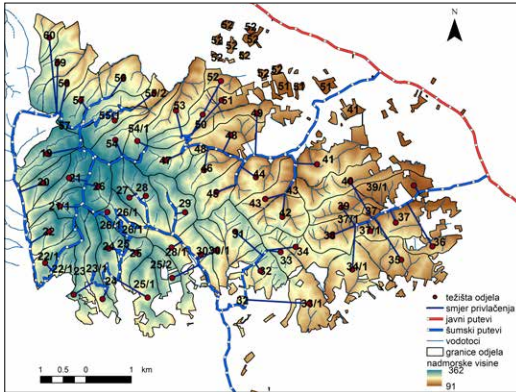
Izdvajanjem DTM privredne jedinice iz DTM-a opštine Gradiška dobijene su nadmorske visine najniže tačke koja iznosi 91 m i najviše tačke pomenuto šumskog područja od 362 m (Slika 2).

Klasifikacijom DTM-a privredne jedinice prema nadmorskim visinama dobijena su dva reljefna područja: nizijsko i brdsko. Površina nizijskog reljefnog područja zauzima 1025,12 ha ili 29,9%, a brdskog reljefnog područja 2404,02 ha ili 70,1%. (Slika 3).

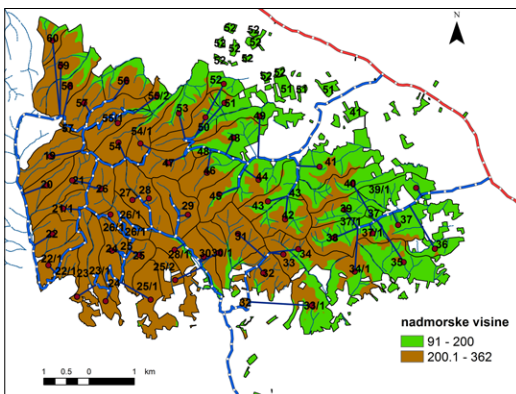
Tabela 1. Katastarske PŠPO i vektorske Pvekt. površine odjela i zapremina krupnog drveta (V) / **Table 1.** Cadastral PŠPO and vector Pvekt. area of compartments and volume of roundwood (V)

odjel	P _{ŠPO} [ha]	P _{vekt.} [ha]	Razlika	V [m ³]
19	81,00	85,77	4,77	3381,861
20	49,20	54,18	4,98	2136,118
21	61,60	61,26	0,34	1824,394
22	61,25	61,26	0,01	2276,82
37	93,35	92,28	1,07	2282,494
47	69,52	69,20	0,32	2897,35
48	85,51	84,84	0,67	2144,261
22/1	71,61	71,60	0,01	2008,803
ukupno	573,04	580,39	1,52	18952,101

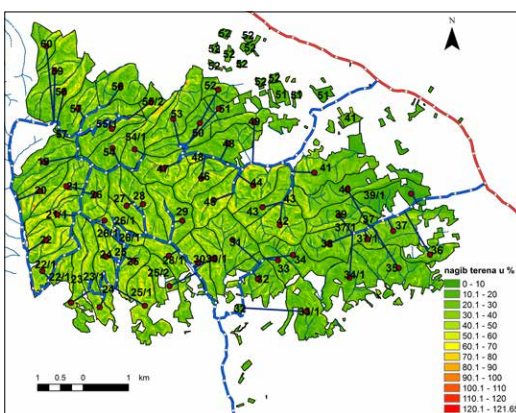
Napomena. P_{ŠPO} - površine odjela prema Šumsko privrednoj osnovi (ha), P_{vekt.} - vektorska površina odjela u ArcGIS-u (ha), V - zapremina doznačene drvene mase krupnog drveta (m³) / **Note.** P_{ŠPO} - the area of the compartments according to FMP (ha), P_{vekt.} - the vector area of the compartments in ArcGIS (ha), V - cut volume of roundwood (m³)



Slika 2. Karta nadmorskih visina u Privrednoj jedinici "Prosara" / **Figure 2.** Elevations map of the FMU "Prosara"



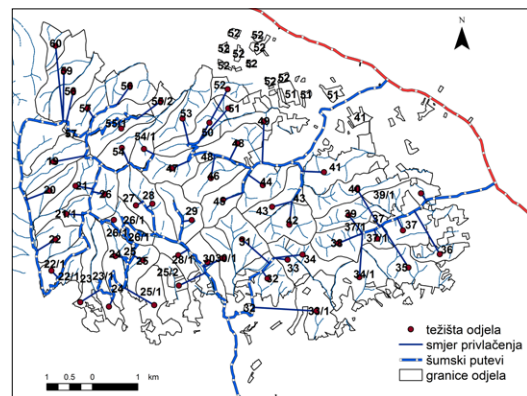
Slika 3. Karta reljefnih područja u Privrednoj jedinici "Prosara" / **Figure 3.** The map of relief areas in the FMU "Prosara"



Slika 4. Karta nagiba terena u Privrednoj jedinici "Prosara" / **Figure 4.** Slope distribution map of the FMU "Prosara"

Kreiranjem rastera nagiba (*Slope*) u % iz DTM-a privredne jedinice dobijen je nagib terena od 0 do 121%, a prosječan nagib iznosi 27%. Zatim su nagibi klasifikovani u klase od po 10% (Slika 4).

Geometrijska srednja transportna distanca privlačenja dobijena u ArcGIS 10 programskom paketu iznosi 526,87 m za cijelu površinu PJ "Prosara". Ovu transportnu distancu privlačenja pomnožili smo sa prosječnim faktorom korekcije za datu privrednu jedinicu koji iznosi 1,38 i dobili stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja koja iznosi 727,10 m. Prosječna vrijednost ukupnog faktora korekcije transportne distance privlačenja dobijena je iz vrijednosti faktora korekcije za reljefno područje i nagib terena. Faktor korekcije za reljefno područje dobijen je na osnovu udjela reljefnog područja, nizijskog 0,299 i brdskog 0,701 u ukupnoj površini privredne jedinice, koji je pomnožen sa faktorom korekcije za datu reljefno područje u našem slučaju 1,2 za nizisko i 1,45 za brdsko. Zbir ovih pojedinačnih proizvoda dao je faktor korekcije prema reljefnim područjima za PJ "Prosara" koji iznosi 1,375. Vrijednost faktora korekcije u zavisnosti od nagiba dobijena je na sličan način. Određen je udio pojedinih klasa nagiba od 10% u ukupnoj površini date privredne jedinice i pomnožen sa faktorom korekcije za datu klasu nagiba. Zbir pojedinih produkata predstavlja faktor korekcije transportne distance privlačenja u zavisnosti od nagiba koji iznosi 1,385. Prosječna vrijednost ukupnog faktora korekcije iznosi 1,38.



Slika 5. Karta težišta odjela i smjera privlačenja u Privrednoj jedinici "Prosara" / **Figure 5.** The map of centroids of compartments and skidding direction in the FMU "Prosara"

Ovako dobijene srednje distance privlačenja upoređene su sa onima koje su utvrđene prilikom izrade izvođačkih projekata za odjele 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1 (Tabela 2).

Tabela 2. Srednje transportne distance privlačenja i njihovi odnosi / **Table 2.** Average skidding distances and relations between them

odjel	S_d [m]	S_{dg} [m]	S_{ds} [m]	$S_d/S_{dg}=k_g$	S_d/S_{ds}
19	700	695.248	959.442	1.01	0.73
20	700	564.653	779.221	1.24	0.90
21	700	387.592	534.877	1.81	1.31
22	500	471.328	650.433	1.06	0.77
37	600	298.183	411.493	2.01	1.46
47	600	397.912	549.118	1.51	1.09
48	500	400.257	552.354	1.50	0.91
22/1	500	205.276	283.282	2.44	1.76
\bar{X}	600	427.5561	590.0275	1.57	1.12

Napomena. S_d - stvarna srednja transportna distanca privlačenja u izvođačkim projektima; S_{dg} - geometrijska srednja transportna distanca privlačenja dobijena uz pomoć ArcGIS-a; S_{ds} - stvarna srednja transportna distanca privlačenja dobijena pomoću ArcGIS-a, k_g - faktor korekcije transportne distance privlačenja za izabrane odjele / **Note.**

S_d - the real average skidding distance in forest management projects for the selected compartments (m), S_{dg} - the geometric skidding distance which was obtained by ArcGIS (m), S_{ds} - the real average skidding distance which was obtained by ArcGIS (m), k_g - the skidding factor

Srednje transportne distance privlačenja određene na terenu prilikom prikupljanja podataka za izradu izvođačkih projekata i tom prilikom su zaokružene na cijele stotine metara, što može dovesti u pitanje način njihovog određivanja i njihovu tačnost. Međutim, razlog za ovakvo prikazivanje udaljenosti privlačenja može se tražiti u lakšoj vezi sa Tablicama normi rada za privlačenje drveta (oblovine) lakim traktorima u Jedinstvenim normama radova u šumarstvu (JPŠ, 2002). U ovim tablicama norme za privlačenje zavise od transportne distance privlačenja (m), srednje distance primicanja (m) i mase srednjeg doznačenog stabla (m^3). Transportna distanca je u ovim tablicama prikazana na svakih 100 m. Prema Izvođačkim projektima srednja distanca primicanja iznosi 30 m, a masa srednjeg doznačenog komada $0,5 m^3$.

Statističkom obradom podataka dobijene su prosječne vrijednosti transportnih distanci privlačenja koje će biti prikazane jer su one najinteresantnije sa stanovišta planiranja proizvodnje, a prije svega transporta. Stvarana srednja transportna distanca privlačenja S_d određena u Izvođačkim projektima navedenih odjela iznosi 600 m. Geometrijska srednja transportna distanca S_{dg} određena u ArcGIS 10 programskom paketu iznosi oko 427,6 m, a stvarna srednja distanca privlačenja S_{ds} iznosi oko 590 m. Odnos stvarne srednje transportne distance i geometrijske pokazuje vrijednost faktora korekcije po odjelima, ali i prosječnog faktora korekcije za ovih osam odjela koji iznosi 1,57. Odnos stvarnih srednjih transportnih distanci privlačenja određenih na ova dva načina pokazuje razliku između njih koja u prosjeku iznosi 1,12 ili 12%. Ovaj rezultat nam pokazuje da su srednje transportne distance određene u izvođačkim projektima za 12% veće od onih određenih ArcGIS-om.

Kao što vidimo razlika između ovih transportnih distanci ni u apsolutnom ni u relativnom smislu nije velika pa smo ih testirali da provjerimo da li između njih postoji statistički značajna razlika. S obzirom da se radi o malim slučajnim uzorcima sa osam elemenata primijenjen je neparametrijski test znakova za dva uzorka za testiranje njihovih medijana, ali i zato što je Shapiro-Wilk's W test pokazao da srednje transportne distance privlačenja iz izvođačkih projekata za odjele 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1 nemaju normalan raspored jer je p vrijednost ($p=0,03$) manja od nivoa značajnosti $\alpha=0,05$. Test znakova je pokazao da između medijana srednjih transportnih distanci privlačenja ova dva uzorka ne postoji statistički značajna razlika jer je p vrijednost ($p=0,72$) veća od nivoa značajnosti $\alpha=0,05$. To znači da se vrijednost srednje transportne distance privlačenja prilikom izrade izvođačkih projekata može odrediti uz pomoć ArcGIS 10 programskog paketa.

Iz rezultata istraživanja prvo se može vidjeti da postoji razlika u površinama privredne jedinice po katastru P_{spo} i vektorske površine $P_{vekt.}$, koja iznosi 61 ha, a razlika u površinama odjela 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1 u prosjeku iznosi 1,52 ha (Tabela 1). Zapremina krupnog drveta dobijena doznakom iznosi 18 952 m^3 .

Analizom DTM-a za privrednu jedinicu dobijeno je da nizijsko reljefno područje zauzima oko 30% ukupne površine, a brdsko područje oko 70% (slika 2). Izdvajanjem nagiba iz DTM-a dobijena je karta nagiba terena u % koji se kreće od 0 do 121%, prosječni je 27% (Slika 3).

Ove karte su poslužile za određivanje prosječnog faktora korekcije geometrijske transportne distance privlačenja, koji za date terenske uslove iznosi 1,38. Prosječan faktor korekcije srednje distance privlačenja prema Segebaden (1964) iznosi 1,35. Prema Abbeg-u ovaj faktor je u prosjeku 1,44 (Pentek et al., 2004). Za nizijsko-brdske terenske uslove faktor korekcije srednje geometrijske distance privlačenja iznosi 1,325 (Lepoglavec, 2014). Stankić (2010) je za privlačenja drvne mase forvarderima utvrdio da je srednja vrijednost ovog faktora 1,3.

Određivanjem težišta izabranih odjela i njihove udaljenosti od najbližeg šumskog puta dobijena je geometrijska transportna distanca privlačenja S_{dg} (slika 4), a množenjem ove udaljenosti sa prosječnim faktorom korekcije dobijene su stvarne srednje transportne distance privlačenja S_{ds} za svaki odjel, a statističkom analizom došlo se do prosječnih vrijednosti za jednu i drugu distancu koje iznose oko 527 m odnosno 727 m za područje cijele Privredne jedinice "Prosara".

Iz izvođačkih projekata za osam navedenih odjela došlo se do podataka o stvarnoj srednjoj transportnoj distanci privlačenja S_d za svaki odjel, a njena prosječna vrijednost iznosi 600 m (Tabela 2). Geometrijska srednja transportna distanca privlačenja S_{dg} iznosi 427,5 m,

a stvarna S_{ds} 590 m za izabrane odjele. Iz Tabele 2 se vidi da postoji razlika između stvarnih srednjih transportnih distanci privlačenja (S_d i S_{ds}) po odjelima, u prosjeku ta razlika iznosi 1,12 ili 12%. Stvarna srednja transportna distanca privlačenja S_{ds} dobijena u ArcGIS 10 programskom paketu je u prosjeku manja za 10 m od stvarne transportne distance privlačenja S_d dobijene u Izvođačkim projektima za odabrane odjele. Ova razlika nije značajna toliko ako imamo u vidu da su distance privlačenja u tablicama normi rada za privlačenje drveta (oblovine) lakim traktorima u Jedinstvenim normama radova u šumarstvu (JPŠ, 2002). godine zaokružene na cijele stotine metara. I statistička analiza je pokazala da između ovih stvarnih transportnih distanci privlačenja nema statistički značajne razlike, što znači da srednju stvarnu transportnu distancu privlačenja dobijenu pomoću ArcGIS-a možemo smatrati relevantnom prilikom određivanja učinka transportnog sredstva, a time i troškova privlačenja u izvođačkim projektima. Ovim je potvrđena nulta hipoteza H_0 postavljena u metodu rada, a odbačena pretpostavka o razlici između rezultata pomenuta dva metoda određivanja srednje transportne distance privlačenja iz ciljeva ovog rada.

Odnos stvarne S_d transportne distance privlačenja dobijene iz Izvođačkih projekata i geometrijske srednje S_{dg} transportne distance privlačenja dobijene u ArcGIS-u 10 programskom paketu daje koeficijent korekcije k_g odnosno produženje geometrijske transportne distance koji u prosjeku iznosi 1,57.

5. ZAKLJUČCI / CONCLUSIONS

Utvrđena je geometrijska i stvarna srednja transportna distanca privlačenja za cijelu privrednu jedinicu i za izabrane odjele pomoću ArcGIS 10 programskog paketa. Takođe je, na osnovu terenskih uslova, izračunata i prosječna vrijednost faktora korekcije koji utiče na produženje geometrijske srednje transportne distance privlačenja. Zatim je upoređena dobijena geometrijska S_{dg} i stvarna S_{ds} srednja transportna distanca privlačenja sa vrijednošću stvarne

transportne distance privlačenja S_d koja je dobijena izradom Izvođačkih projekata za odjele 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1.

Na ovaj način smo potvrdili postavljenu pretpostavku da stvarne srednje transportne distance privlačenja dobijene u izvođačkim projektima S_d i pomoću ArcGIS 10 programskog paketa S_{ds} nisu jednake, ali ta razlika nije statistički značajna.

Poređenjem geometrijske S_{dg} i stvarne distance privlačenja S_d dobijen je koeficijent korekcije udaljenosti privlačenja za izabrane odjele koji u prosjeku iznosi 1,57. On se razlikuje od prosječnog koeficijenta korekcije kojeg smo izračunali prema terenskim prilikama u Privrednoj jedinici "Prosara", tj. za nizisko-brdske uslove i koji iznosi 1,38. Prema tome za slične terenske uslove može se primjeniti prosječna vrijednost faktora korekcije od 1,475. Dobijeni faktor korekcije je u okvirima onih koje preporučuju navedeni autori na osnovu vlastitih istraživanja.

Na kraju možemo zaključiti da je su GIS softverski paketi, u ovom slučaju ArcGIS 10, veoma korisni u planiranju otvorenosti šuma, a time i u određivanju srednje transportne distance privlačenja. Stvarna srednja transportna distanca privlačenja zavisi od geometrijske udaljenosti težišta odjela od najbližeg šumskog puta i od faktora korekcije geometrijske udaljenosti. Prilikom određivanja ovog faktora treba uzeti u

obzir terenske uslove kao i dosadašnje rezultate istraživanja.

Planiranje otvorenosti šuma zahtijeva potpune i tačne informacije o sastojinskim prilikama, terenskim uslovima, stanju šumske infrastrukture i slično. Ovdje se javio problem razlike u površinama po katastru i vektorskim površinama za čitavu privrednu jedinicu i po odabranim odjelima. Zatim, nedostaju informacije o sekundarnim šumskim komunikacijama u digitalnom obliku, tačnije traktorskim vlakama, njihova dužina, prostorni raspored i trenutno stanje. Iz tih podataka bi se mogla odrediti stvarna transportna distanca privlačenja, što bi pomoglo da se što tačnije odredi vrijednost faktora korekcije udaljenosti privlačenja. Ovom faktoru posvećeno je dosta pažnje u istraživanjima koja su do sada rađena i po tome, ali i prema njegovom uticaju na produženje geometrijske srednje transportne distance privlačenja, možemo zaključiti koliko je vrijednost faktora korekcije transportne distance značajna.

Literatura / References

- Bertović S. (1999). Reljef i njegova prostorna raščlamba. *Šumarski list* 123 (11-12): 543-563.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (1974). *Logging and log transport in tropical high forest: a manual on production and costs*. Rome: 90 str.
- IRPC - JPŠ Šume Republike Srpske, Istraživačko-razvojni i projektni centar. (2012). *Šumskoprivredna osnova za Šumskoprivredno područje "Posavsko" za period 2013–2022*. Banja Luka.
- JPŠ Šume Republike Srpske a.d. Sokolac. (2002). *Jedinstvene norme radova u šumarstvu*.
- Jeličić V. (1983). *Šumski putevi i ceste*. SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb: 193 str.
- Klemenčić I. (1939). *Optimalna gustoća šumskih prometala*. ŠIPAD, Sarajevo.
- Lepoglavec K. (2014). *Optimizacija primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture nagnutih terena*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 266 str.
- Lotfalian M., Zadeh E.H., Hosseini S.A. (2011). Calculating the correction factor of skidding distance based on forest road network. *Journal of Forest Science* 57(11): 467–471.
- Ljubojević S. (2010). Principi otvaranja šuma u zavisnosti od terenskih uslova i načina prirodne obnove. U: *Seminar na temu- "Sistemi gazdovanja u šumarstvu i njihova praktična primjena"*. Agencija za šume Republike Srpske, Banja Luka: 39–51.
- Nikolić S. (1993). *Iskorišćavanje šuma* [Udžbenik]. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet: 262 str.
- Nornadiah M.R., Yap W.B. (2011). Power comparasion of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics* 2(1): 21–33.
- Pentek T., Pičman D., Nevečerel H. (2004). Srednja udaljenost privlačenja drva. *Šumarski list* 128 (9-10): 545–558.
- Pičman D. (2007). *Šumske prometnice*. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 460 str.
- Potočnik I., Petković V., Marčeta D., Ljubojević D. (2011). *Generalni projekat (Master plan) otvaranja šuma u Republici Srpskoj* [Planski dokument]. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet.
- Rebula E. (1981). Optimal openness of forests. *Mehanizacija šumarstva* 3-4(5): 107–119.

- RUGIP - Republička uprava za geodetske i imovinsko pravne poslove Republike Srpske. (2014). *Digitalni model terena (DTM) za područje opštine Gradiška*. Banja Luka.
- Segebaden G. (1964). Studies of cross-country transport distances and road net extension. *Studia Forestalia Suecica* 18: 1–70.
- Sokolović Dž., Bajrić M. (2013). *Otvaranje šuma*. Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet: 250 str.
- Stankić I. (2010). *Višekriterijsko planiranje izvoženja drva forvarderima iz nizinskih šuma Hrvatske*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 123 str.
- ŠIPAD-IRC Sarajevo, OOUR Biro za projektovanje Banja Luka. (1987). *Studija otvaranja Gospodarske jedinice "BOBIJA-RIBNIK", RO "ŠIPAD-OŠTRELJ" OOUR ŠUMARSTVO, Bosanski Petrovac* [Elaborat]. Banja Luka: 50 str.

Summary

Skidding of wood assortments is the most expensive phase of transport and the whole production proces. The skidding costs depend on effect of skidder, and it depends on average skidding distance. According to that, determination of skidding distance is very important from the point of view of the skidding costs and a forest accessibility. The skidding distance is one of four indicators of the forest accessibility. Consequently, we analyzed terrain and site conditions and the network of forest roads into Forest management unit "Prosara" (FMU "Prosara") by ArcGIS software. It belongs to lowland and hilly relieve area based on the analysis of DTM of the FMU "Prosara".

The real skidding distance was determined by ArcGIS software, as a product of geometric skidding distance and skidding factor. Geometric skidding distance is a distance between center of gravity of compartment and a forest road. It should be multiplied by skidding factor which depends on relieve and the presence of obstacles on the surface which should be circumvented. Average geometric skidding distance is 527 m for FMU "Prosara". Skidding factor is 1.38 on the basis of relife areas and slope of terrain in FMU "Prosara". According to that, average real skidding distance is 727 m for FMU "Prosara". These skidding distances were compare with skidding distance which was obtained from the Forest management projects for compartments of 19, 20, 21, 22, 37, 47, 48 i 22/1. Average skidding distance in these compartments is 600 m. In these selected compartmets average geometric skidding distance is 427.5 m, and average real skidding distance is 590 m which were determined using ArcGIS software.

When we compared average real skidding distance which was obtained by ArcGIS 10 with average skidding distance which was obtained from the Forest management projects for selected compartments, we found that there is 10 m difference between them. This difference is not statistically significant and real skidding distance which is determined by ArcGIS 10 can be used for determination of effect of skidder, and according to costs of skidding. Skidding factor for eight selected compartments was obtained by dividing the average real skidding distance from projects with average geometric skidding distance wich was obtained by ArcGIS, and its value is 1.57. Average skidding factor for FMU "Prosara" is 1.475.

Key words: average skidding distance, skidding, skidding factor, transportation