

# Otvorenost gospodarske jedinice Belevine, NPŠO Zalesina, i prijedlog daljnjega otvaranja

Andreja Đuka, Tibor Pentek, Tomislav Poršinsky, David Janeš,  
Mislav Starčević, Ivica Papa

## Nacrtak – Abstract

Jedan od preduvjetâ potrebnih za racionalno gospodarenje šumskim ekosustavom svakako je kvalitetna šumska prometna infrastruktura. Nedovoljna otvorenost i nepovoljan razmještaj u prostoru primarne i sekundarne prometne infrastrukture stvara probleme u gospodarenju šumama te poskupljuje pridobivanje drva. U ovom je radu prikazano sadašnje stanje primarne i sekundarne otvorenosti gospodarske jedinice Belevine te srednje stvarne udaljenosti privlačenja drva na razini odjela/odsjeka. Iznesen je i prijedlog daljnjega otvaranja prostorno izdvojenoga odjela 18. Odjel 18 najmanje je otvorena površina te gospodarske jedinice (GJ) i u potpunosti je okružen privatnim površinama. U raščlambi parametara otvorenosti istraživana područja primijenjeni su programi ArcGIS 10.1 i QGIS 2.14.3. U istraživanoj GJ srednja stvarna udaljenost privlačenja drva iznosi  $156,7 \pm 127,3$  m, s najvećom udaljenosti od 762 m i ukupnim faktorom privlačenja drva od 2,02. Analiza faktora privlačenja drva na razini odjela/odsjeka GJ Belevine dala je širok raspon podataka, od najmanjih 0,32 do najvećih 3,25, što postavlja upitnim primjenu pretvorbenih faktora na najnižoj operativnoj razini. Nakon predložene rekonstrukcije poljskoga puta u šumsku cestu smanjena je srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva odjela 18 (478 m → 253 m), odnosno njegovih pojedinih odsjeka: 18a (373 m → 254 m), 18b (509 m → 214 m) te 18c (677 m → 344 m).

*Ključne riječi:* srednja udaljenost privlačenja drva, primarna otvorenost šuma, sekundarna otvorenost šuma, GIS

## 1. Uvod – Introduction

Kako bi šumski transportni sustav bio optimalan, važno je pažljivo isplanirati vrstu, količinu i prostorni raspored svih sastavnica šumske prometne infrastrukture. Gospodarenje šumama u Hrvatskoj uz današnje upotrebljavane sustave pridobivanja drva temelji se većinom na vozilima koja se pokreću motorima s unutarnjim izgaranjem pri čemu je prijenosnik zakretnoga momenta na podlogu kotač. Današnja je dinamika bilo kakvih šumskih radova, a pogotovo transporta drva, bez primarne i sekundarne mreže šumskih prometnica gotovo nezamisliva. Otvaranjem šuma mrežom šumskih prometnica šumski prostor postaje dostupan transportnim sredstvima (Đuka 2014). Sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture imaju različite zadaće, ali je njihova osnovna i najvažnija zadaća

omogućavanje provedbe svih aktivnosti povezanih s gospodarenjem šumom (Potočnik 1996). Stampfer (2010) ističe kako se učinkovitost pojedinoga sustava pridobivanja drva temelji na postojećoj mreži šumskih prometnica. Primarnu šumsku prometnu infrastrukturu čine sve kategorije šumskih cesta, one javne ceste koje se mogu koristiti pri radovima u šumarstvu (to su najčešće javne ceste nižih kategorija – županijske i lokalne ceste) (Šikić i dr. 1989), te nerazvrstane ceste (Papa i dr. 2015).

Izgradnja primarne cestovne mreže u šumama, bez obzira na vlasničku strukturu, ima šire društveno značenje, bilo da se radi o otvaranju privatnih šuma, prostorno izdvojenih šumskih kompleksa državnih šuma ili državnih šuma. Avdibegović i dr. (2010) navode da se izgradnjom šumskih cesta i otvaranjem šuma stva-

raju pretpostavke za uspješnije gospodarenje, zaštitu i očuvanje šuma te za povećanje vrijednosti individualnih šumskih posjeda, a time i prihoda koji se u njima ostvaruju. Dovoljno gusta i pravilno raspoređena mreža šumskih cesta osnovni je preduvjet za intenzivno gospodarenje šumama, a time i pravilan uzgoj šuma i pridobivanje drva, ali i sporednih šumskih proizvoda. Autori nadalje naglašavaju da primarna i sekundarna mreža šumskih prometnica s odgovarajućim tehničkim svojstvima omogućuje učinkovit rad u šumarstvu primjenom moderne mehanizacije, a povezanost pojedinoga šumskoga kompleksa s centrima prodaje ili prerade drva stvara mogućnost za brže i učinkovitije pojavljivanje šumskih proizvoda na tržištu.

Prema Pravilniku o izmjenama i dopunama Pravilnika o provedbi mjere M04 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz Programa ruralnoga razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017), u daljnjem tekstu Pravilnik o provedbi mjere M04, šumska, javna ili nerazvrstana cesta, odnosno njezina pojedina dionica, koja se uzima u obzir pri obračunu gustoće primarne šumske prometne infrastrukture, mora zadovoljavati ove osnovne, eliminacijske potkriterije: 1) cesta mora imati izgrađenu kolničku konstrukciju (gornji ustroj), 2) u većoj mjeri cesta mora ispunjavati bitne minimalne tehničke značajke nužne za prijevoz drva samim kamionom, 3) na cesti ne smije postojati prometnom signalizacijom regulirano ograničenje osovinskoga prometnoga opterećenja manje od 10 tona i ukupnoga prometnoga opterećenja manje od 26 tona, 4) do ceste se može privlačiti drvo pri čemu se šumska vozila neće kretati po nešumskom zemljištu (poljoprivredno zemljište, urbanizirano zemljište i sl.).

Za rješavanje problema nedovoljno otvorenih ili nekvalitetno otvorenih šuma u Hrvatskoj Pentek i dr. (2005) izradili su protokol za sveobuhvatno optimiziranje mreže šumskih cesta i dijagrame tokova podataka za što veće automatiziranje postupka otvaranja šuma. Sastavnice su protokola ove:

- ⇒ definiranje osnovne funkcije šuma, sastojinskoga oblika i načina gospodarenja, te dizajniranje i uspostava GIS-a istraživanoga područja
- ⇒ raščlamba postojeće mreže primarne šumske infrastrukture
- ⇒ određivanje mogućih trasa budućih šumskih cesta
- ⇒ raščlamba mogućih lokacija budućih šumskih cesta i postizanje ciljane otvorenosti

- ⇒ optimiziranje mreže odabranih šumskih cesta glede visinskoga razvijanja trase
- ⇒ ispitivanje opstojnosti modela na terenu te izrada projektne dokumentacije.

Cilj je ovoga rada odrediti primarnu i sekundarnu otvorenost gospodarske jedinice Belevine Nastavno-pokusnoga šumskoga objekta Zalesina kojim gospodari Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu te dati smjernice budućega otvaranja. Gospodarska je jedinica podijeljena u 18 odjela, a njezina prostorna posebnost leži u činjenici da dok je 17 odjela obuhvaćeno u kompaktnu cjelinu, odjel 18, s pripadajuća tri odsjeka, prostorno je izdvojen i smješten južno od glavnine drugih odjela te okružen privatnim površinama bez pristupa šumskim ili javnim cestama.

## 2. Materijal i metode – *Materials and Methods*

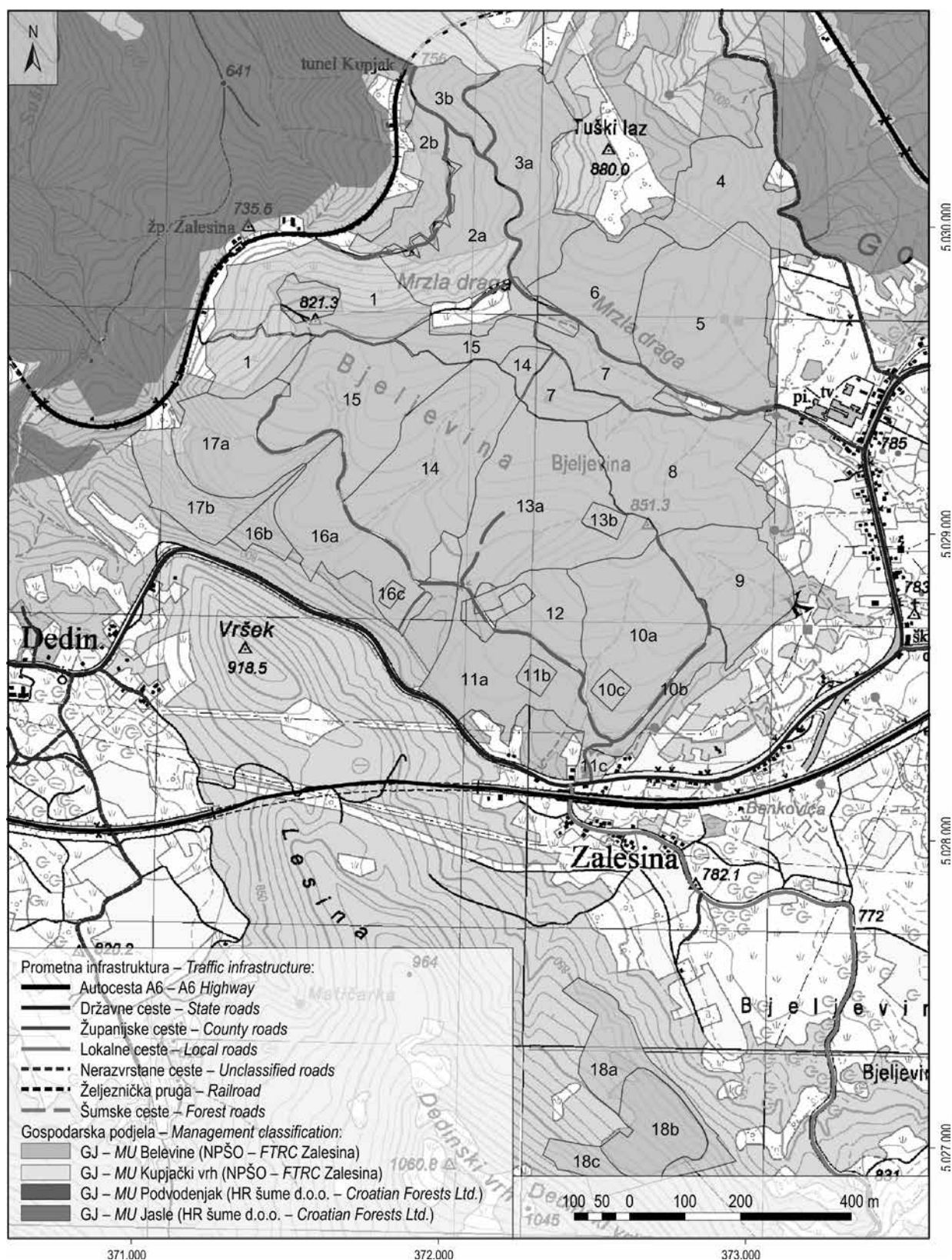
### 2.1 Mjesto istraživanja – *Research Area*

Gospodarska jedinica Belevine (slika 1) nalazi se na 45°26' sjeverne zemljopisne širine i 14°53' zemljopisne dužine istočno od Greenwicha. Zauzima površinu od 290,84 ha, od čega je na 287,19 ha obraslo proizvodno šumsko zemljište, na 1,86 ha neobraslo je neproizvodno šumsko zemljište te na 1,79 ha neplodno šumsko zemljište. Prosječna drvena zaliha gospodarske jedinice iznosi 445 m<sup>3</sup>/ha, s temeljnicom od 41,98 m<sup>2</sup>/ha (najviše je stabala u debljinskom razredu iznad 51 cm prsnoga promjera). Godišnji tečajni prirast iznosi 7,40 m<sup>3</sup>/ha.

Prvi pisani dokumenti koji se izravno odnose na šume GJ Belevine datiraju iz 1872. godine kad su postale posjed Viktorije Thurn i Taxis, a sama prostorna razdioba gospodarske jedinice od tada zadržana je i danas (Anon. 2009). Gospodarska je jedinica podijeljena u 18 odjela koji se rasprostiru u tri katastarske općine: Brod na Kupi, Delnice i Divjake. Odsjeci 18a, 18b i 18c, imena Dedinski vrh, prostorno su izdvojeni od ostaloga dijela GJ te zauzimaju površinu od ukupno 18,2 ha, opsega 2,585 km, te su okruženi privatnim šumskim i poljoprivrednim površinama, bez neposrednoga dodira s primarnom šumskom transportnom infrastrukturom.

### 2.2 Parametri otvorenosti šuma i srednja udaljenost privlačenja drva – *Forest Opening Parameters and Average Timber Extraction Distance*

Gustoća je cesta osnovna veličina prema kojoj se određuje razina dosegnute postojeće, ali i željene primarne otvorenosti nekoga područja, a predstavlja



**Slika 1.** Gospodarska jedinica Belevine

**Fig. 1** Management Unit Belevine

zbroj duljina svih sastavnica primarne šumske infrastrukture (šumskih i javnih cesta), sveden na površinu šuma koju prometnice otvaraju (Pentek i dr. 2011). Gustoća se cesta može iskazivati za različite razine (šumskogospodarsko područje, uprava šuma, šumarija, gospodarska jedinica, privatni šumoposjed), a izražava se u m/ha ili km/1000 ha, rjeđe u km/km<sup>2</sup> (Lovrić 1973). Uobičajeno je gustoću cesta iskazivati na razini gospodarske jedinice koja je zaokružena šumska površina, sličnih orografskih (reljefnih) i sastojinskih značajki, ali i načina gospodarenja šumom (Bumber 2011). Gustoća je cesta brojčani podatak koji ne govori puno o kvaliteti prostornoga rasporeda primarnih prometnica šumskoga područja, već samo o njihovoj kvantiteti, te se stoga na osnovi toga parametra ne može dovoljno pouzdano opisati funkcionalnost, upotrebljivost, procijeniti unaprijedeno te provesti ocjena postojećega primarnoga šumskoga transportnoga sustava (Pentek i dr. 2004). Pri obračunu gustoće primarne šumske prometne infrastrukture, osim Pravilnikom o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017) navedenih osnovnih, eliminacijskih potkriterija, korištene su i smjernice propisane posebnim, prostornim kriterijima.

Relativna otvorenost šuma, numerički i grafički, kvalitativno i kvantitativno, prikazuje stanje primarne šumske prometne infrastrukture na određenom šumskom području (Pentek i dr. 2005). Pentek i dr. (2005) navode da je relativna otvorenost izuzetno učinkovito sredstvo i da je zasnovana na metodi omeđenih površina oko šumskih cesta, za koju je izrađen sustav procjene kakvoće, pri raščlambi postojeće mreže šumskih cesta, izlučivanju neotvorenih područja te njihovu daljnjem i budućem otvaranju. Isti autori smatraju da relativna otvorenost, zajedno s podatkom o gustoći šumskih cesta (m/ha), daje sliku i o kakvoći njihova prostornoga (položajnoga) razmještaja. Raščlamba relativne otvorenosti provest će se polaganjem omeđenih površina oko sastavnica primarne šumske infrastrukture radi dobivanja ovih kategorija površina: 1) jednostruko otvorenih površina – bez zona preklapanja, 2) višestruko otvorenih površina – prisutno preklapanje otvorenih površina, 3) neotvorenih površina te 4) otvorenih površina izvan gospodarske jedinice.

Poznato je da zbog različitosti orografije terena te nepravilnosti šumskih površina, ali i mreže prometnica, opće primjenjiva i matematički točna ovisnost udaljenosti privlačenja drva i gustoće mreže šumskih cesta ne postoji (Segebaden 1964). Segebaden (1964) dopunjuje Matthewsov teorijski model uzimajući u obzir: 1) nepravilnost mreže cesta koja se pojavljuje u stvarnosti i 2) da se često odstupa od pravocrtnoga i okomitoga kretanja prema cesti zbog djelovanja terenskih čimbe-

nika šumskoga bespuća (nagib terena, površinske prepreke, nosivost podloge). Radi valoriziranja udaljenosti privlačenja drva u stvarnom životu, pomoću metode mreže točaka, autor definira pet tada novih parametara: 1) srednju geometrijsku udaljenost privlačenja, 2) srednju stvarnu udaljenost privlačenja, 3) faktor mreže prometnica (cesta), 4) faktor privlačenja drva te 5) ukupni faktor korekcije. Aritmetička sredina ostvarenih udaljenosti privlačenja drva od beskonačnoga broja točaka jednoliko raspoređenih po površini do mjesta na šumskoj cesti gdje se skuplja drvo, naziva se srednja stvarna udaljenost privlačenja drva (izraz 1).

$$\bar{s}_d = \frac{\sum_{i=1}^n s_{d_i}}{n} \quad (1)$$

Gdje su:

- $s_d$  srednja stvarna udaljenost privlačenja drva, m
- $n$  broj jednoliko raspoređenih točaka po površini

Najkraća udaljenost od zadane točke u prostoru do najbliže ceste naziva se geometrijska udaljenost privlačenja drva. Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva neke površine šuma aritmetička je sredina geometrijskih udaljenosti privlačenja drva beskonačnoga broja točaka jednoliko raspoređenih predmetnom površinom, pri čemu je svaka točka beskonačno mala površina (izraz 2).

$$\bar{s}_g = \frac{\sum_{i=1}^n s_{g_i}}{n} \quad (2)$$

Gdje su:

- $s_g$  srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m
- $n$  broj jednoliko raspoređenih točaka po površini

Faktor mreže prometnica određen je kao odnos srednje geometrijske i srednje teorijske udaljenosti privlačenja (izraz 3), a uzima se u obzir postojeća nepravilnost površine šuma, mreža primarne prometne šumske infrastrukture (cesta), ali i u odnosu na teorijski model, zbog morfoloških parametara reljefa (nagib terena, razvedenost reljefa, gustoća i razvedenost hidrografske mreže), odnosno primijenjenoga sustava primarnoga otvaranja šuma. Faktor mreže prometnica služi za pretvorbu srednje teorijske udaljenosti privlačenja (izračunate iz gustoće cesta određenoga šumskoga područja) u srednju geometrijsku udaljenost privlačenja (izraz 4), a najčešće se iskazuje na razini gospodarske jedinice.

$$f_m = \frac{\bar{s}_g}{\bar{s}_d} = \frac{\bar{s}_g}{2500} = \frac{\bar{s}_g \times g_c}{2500} \quad (3)$$

$$\bar{s}_g = s_t \times f_m \quad (4)$$

Gdje su:

- $f_m$  faktor mreže prometnica
- $s_g$  srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m
- $s_t$  srednja teorijska udaljenost privlačenja drva, m
- $g_c$  gustoća cesta, m/ha

Faktor korekcije privlačenja drva jest odnos srednje stvarne i srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva (izraz 5), a uzima u obzir povećanje udaljenosti privlačenja drva u odnosu na najkraću udaljenost do šumske ceste (pomoćnoga stovarišta) zbog djelovanja: 1) terenskih čimbenika i oblika i rasporeda sekundarne mreže šumskih prometnica, 2) načina kretanja drva do pomoćnoga stovarišta (centralno i paralelno privlačenje drva), 3) mogućnosti prihvata drva korištenim sredstvom privlačenja drva (skider – duljina vučnoga uža vitla, forvarder – doseg prihvata drva dizalicom i dr.).

$$f_p = \frac{\bar{s}_d}{\bar{s}_g} = \frac{\bar{s}_d}{\frac{2500}{g_c} \times f_m} = \frac{\bar{s}_d \times g_c \times f_m}{2500} \quad (5)$$

Gdje su:

- $f_p$  faktor korekcije privlačenja drva
- $f_m$  faktor mreže prometnica
- $s_g$  srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m
- $s_t$  srednja teorijska udaljenost privlačenja drva, m
- $g_c$  gustoća cesta, m/ha

Za pretvorbu srednje geometrijske udaljenosti privlačenja u srednju stvarnu udaljenost privlačenja koristi se faktor korekcije privlačenja drva (izraz 6). Taj se faktor korekcije sastoji od faktora vertikalne korekcije nagiba terena i faktora horizontalnoga zaobilaženja prepreka ( $1/\cos \alpha$ ).

$$\bar{s}_d = s_g \times f_m \quad (6)$$

Gdje su:

- $s_d$  srednja stvarna udaljenost privlačenja drva, m
- $f_p$  faktor korekcije privlačenja drva
- $s_g$  srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m

Ukupni je faktor korekcije teorijske srednje udaljenosti privlačenja drva interakcija faktora privlačenja drva i faktora mreže prometnica – korekcije geometrijske srednje udaljenosti privlačenja (izraz 7), a primje-

njuje se za pretvaranje teorijske srednje udaljenosti privlačenja u stvarnu srednju udaljenost privlačenja drva (izraz 8). Taj se faktor iskazuje za veće šumsko područje.

$$f_p = f_m \times f_p \quad (7)$$

$$\bar{s}_d = s_g \times f_p \quad (8)$$

Gdje su:

- $f_p$  ukupni faktor korekcije
- $f_m$  faktor mreže prometnica
- $f_p$  faktor korekcije privlačenja drva
- $s_d$  srednja stvarna udaljenost privlačenja drva, m
- $s_g$  srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m

Određivanje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva na jednostavan način pomoću GIS-a (Geografski informacijski sustav), alata na razini gospodarske jedinice, ali i pojedinih odjela/odsjeka, moguće je pomoću određivanja tzv. euklidske udaljenosti (Bumber 2011, Valeria i dr. 2011, Đuka 2014, Lepoglavec 2014) zasnovane na geometrijskim udaljenostima od točaka pravilne mreže (razmaka 10 m × 10 m) do sastavnica primarne šumske infrastrukture koja ujedno i odgovara Segebadenovim (1964) temeljima određivanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva.

Izračun srednje stvarne (*Path distance*) udaljenosti privlačenja drva idejno će se zasnivati na kretanju vozila isključivo po postojećoj mreži sekundarnih šumskih prometnica. Taj način izračuna razumijeva i ravnomjerno posječeno drvo na cijeloj površini sječne jedinice te uključuje nagib terena koje vozilo svladava pri kretanju po mreži sekundarnih šumskih prometnica i udaljenosti traktorskih putova ili vlaka do najbliže šumske ili javne ceste. Tako izračunate vrijednosti bit će »stvarne« udaljenosti privlačenja jer se u obzir uzima i faktor vertikalne korekcije terena ( $f = 1/\cos \alpha$ ), odnosno nagib koji skider svladava kretanjem po određenim odjelima/odsjecima.

U analizi parametara otvorenosti istraživanoga područja upotrijebljeni su programi ArcGIS 10.1, dok je za pretvorbu podataka u službeni položajni referentni koordinatni sustav Republike Hrvatske HTRS96/TM upotrijebljen program QGIS 2.14.3.

### 3. Rezultati s raspravom – *Results with Discussion*

Rezultati analize primarne otvorenosti gospodarske jedinice Belevine primarnom šumskom transport-

nom infrastrukturom prikazani su kao: 1) analiza duljine prometnica i gustoće cesta, 2) analiza geometrijskih udaljenosti privlačenja drva te 3) analiza relativne otvorenosti šuma. Analiza sekundarne otvorenosti istraživanoga područja prikazana je iskazom stvarnih udaljenosti privlačenja drva po mreži traktor-skih putova i vlaka.

### 3.1 Analiza duljine prometnica i gustoće cesta *Road Length and Road Density Analysis*

Primarna prometna šumska infrastruktura razvrstana je na: 1) pet kategorija javnih cesta, sukladno odredbama Zakona o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14) i Odluci o razvrstavanju javnih cesta (NN 96/16), 2) željezničke pruge, sukladno odredbama Zakona o željeznici (NN 94/13, 148/13, 73/17) te 3) šumske ceste, sukladno odredbama Zakona o šumama (NN 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14).

Određivanjem položaja u prostoru primarne šumske infrastrukture gospodarske jedinice Belevine (slika 1), ali i uočavanjem svih ostalih ograničenja te posebnosti vezanih uz prometnice u području < 250 m od vanjskoga te < 125 m od unutarnjega ruba šume propisanih Pravilnikom o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017), došlo se do sljedećih spoznaja o njihovoj ulozi u otvaranju šuma:

Na svim javnim cestama ne postoji ograničenje njihova dopuštenoga opterećenja koje je regulirano prometnom signalizacijom, odnosno na većini duljine javnih prometnica ne mogu se utovarivati drva u kamione zbog nemogućnosti otvaranja pomoćnih stovarišta, odnosno privlačenja drva na njih zbog: 1) neposredne blizine okućnica pojedinih naselja (Zalesina i Kupjak), 2) nemogućnosti otvaranja pomoćnoga stovarišta u zaštitnom pojasu pojedinih kategorija javnih prometnica (autocesta A6), 3) kretanja vozila pri privlačenju drva preko površina koje nisu šumske (poljoprivredne površine i okućnice), 3) neadekvatnosti površina (nagib terena) u zaštitnim pojasima nižih kategorija javnih cesta za privremeno otvaranje pomoćnih stovarišta (uz suglasnost koncesionara koji upravlja njima) uz obaveznu izradu i provođenje »Projekta privremene regulacije prometa« prema odredbama Zakona o sigurnosti prometa na cestama.

Željeznička je pruga Rijeka – Zagreb prepreka privlačenju drva iz dijela površina zapadnih odjela gospodarske jedinice (1 i 17) koji gravitiraju mreži šumskih cesta GJ »Podvodenjak« kojom gospodari Šumarija Delnice.

Na šumskim cestama, s obzirom na to da one nisu javne već gospodarske, ne postoje zakonska ograni-

čenja pri njihovom korištenju koja se odnose na javne ceste.

Od 4,936 km ukupne duljine raznih kategorija javnih cesta, u području < 250 m od ruba gospodarske jedinice Belevine, samo 671 m (13,59 %) njihove duljine otvara šumu. Razliku duljine od 4,265 km čini: 880 m autoceste A6, 2156 m državne ceste D3 (»Lujzijana«) i 1900 m više segmenata lokalnih i nerazvrstanih cesta. Na navedenim dionicama ne postoje ograničenja njihova dopuštenoga opterećenja, ali se s njih ne mogu utovarivati drva u kamione zbog nemogućnosti otvaranja pomoćnih stovarišta, tako da je njihova uloga svedena samo na povezivanje odnosno pristup dijelovima primarne šumske infrastrukture koje zadovoljavaju ta dva uvjeta. Od svih javnih cesta samo jedan dio nerazvrstane ceste Kupjak – Rogi – Buzin – Radočaj primarno otvara površinu istraživane gospodarske jedinice s ukupnom duljinom od 671 m, a zbog smanjenja duljine na polovicu zbog jednostra-

**Tablica 1.** Analiza parametara klasične otvorenosti šuma

**Table 1** Parameters of classic forest openness

Gospodarska jedinica Belevine <i>Management Unit Belevine</i>		
Duljina prometnica koje otvaraju šumu, m <i>Length of roads in forest opening, m</i>		7767
Duljina prometnica u obračunu otvorenosti, m <i>Length of roads in forest openness calculation, m</i>		6349
Površina, ha <i>Area, ha</i>	Ukupna površina <i>Total area</i>	290,84
	Obraslo zemljište <i>Covered area</i>	287,19
	Neplodno i neobraslo neproizvodno zemljište <i>Unproductive and barren uncovered area</i>	3,65
Gustoća cesta, m/ha <i>Road density, m/ha</i>	Prema ukupnoj površini <i>According to total area</i>	21,83
	Prema obraslom zemljištu <i>According to covered area</i>	22,11
Teorijski razmak između prometnica* – e, m <i>Theoretical distance between roads* – e, m</i>		452,3
Srednja teorijska udaljenost privlačenja drva* – st, m <i>Average theoretical extraction distance* – st, m</i>		113,1

\* izračun na osnovi gustoće cesta u odnosu na obraslu površinu gospodarske jedinice

\* calculation based on road density according to covered area of management unit

noga pristupa šumskoj površini od 335 m odnosno 49,93 % njezine duljine ulazi u obračun primarne klasične otvorenosti.

Ukupna je duljina šumskih cesta u istraživanoj gospodarskoj jedinici 7096 m, dok u izračunu primarne klasične otvorenosti ulazi 6014 m duljine (84,73 %) zbog redukcije pojedinih segmenata na jednostran pristup šumi djelomice zbog njihova položaja unutar 125 m od ruba granice odnosno zbog pojave privatnih površina (enklava) unutar same gospodarske jedinice.

Primarna šumska infrastruktura (šumske i javne ceste) koja otvara istraživanu gospodarsku jedinicu ukupne je duljine 7,767 km, a zbog duljine njihovih segmenata koji jednostrano (smanjenje duljine na polovicu) odnosno dvostrano otvaraju šumu (u obračunu puna duljina), 80,09 % njihove duljine (6,349 km) ulazi u obračun primarne klasične otvorenosti.

S obzirom na to da se ukupna površina gospodarskih jedinica prema Pravilniku o uređivanju šuma iskazuje u više površinskih kategorija (obrasla, neobrasla proizvodna, neobrasla neproizvodna, neplodna) u tablici 1, primarna klasična otvorenost (gustoća cesta) iskazana je prema ukupnoj površini, odnosno obraslom zemljištu.

Razlika između najmanje (iskaz prema obrasloj površini) i najveće (iskaz prema ukupnoj površini) vrijednosti gustoće cesta iznosi 0,28 m/ha, što za istraživano područje od ukupne površine 290,84 ha čini neznatnu duljinu nepostojeće primarne šumske prometne infrastrukture koja dvostrano otvara šumu. U daljnjim analizama podataka koristit će se vrijednosti gustoće cesta iskazane prema obraslom šumskom zemljištu.

Gustoća cesta istraživane gospodarske jedinice iznosi 22,11 m/ha obrasle šumske površine te su je s 94,78 % činile šumske ceste, a s 5,28 % javne ceste. Iznimno mali udio javnih cesta u strukturi gustoće cesta istraživanih gospodarskih jedinica posljedica je posebnosti transportnoga omrežja istraživanoga područja, ali i rijetko naseljenoga gorsko-pretplaninskoga područja Gorskoga kotara. Smjernice za otvaranje šuma prema Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017) navode da ciljana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture iznosi 25 km/100 ha, dok je ciljana udaljenost privlačenja drva 200 m. Pentek i dr. (2007) za brdsko-planinsko reljefno područje iskazuju vrijednosti minimalne (15 m/ha), planirane do 2010. (25 m/ha) i ciljane do 2020. (30 m/ha) primarne otvorenosti šuma. Usporedbom rezultata gustoće cesta istraživane gospodarske jedinice uočljivo je da njezino primarno otvaranje prati smjernice hrvatskoga šumarstva.

Za dobivene vrijednosti gustoće cesta, u idealnom teorijskom modelu: 1) razmak između cesta iznosio bi 452,3 m, odnosno 2) srednja teorijska udaljenost privlačenja drva iznosila bi 113,1 m (tablica 1).

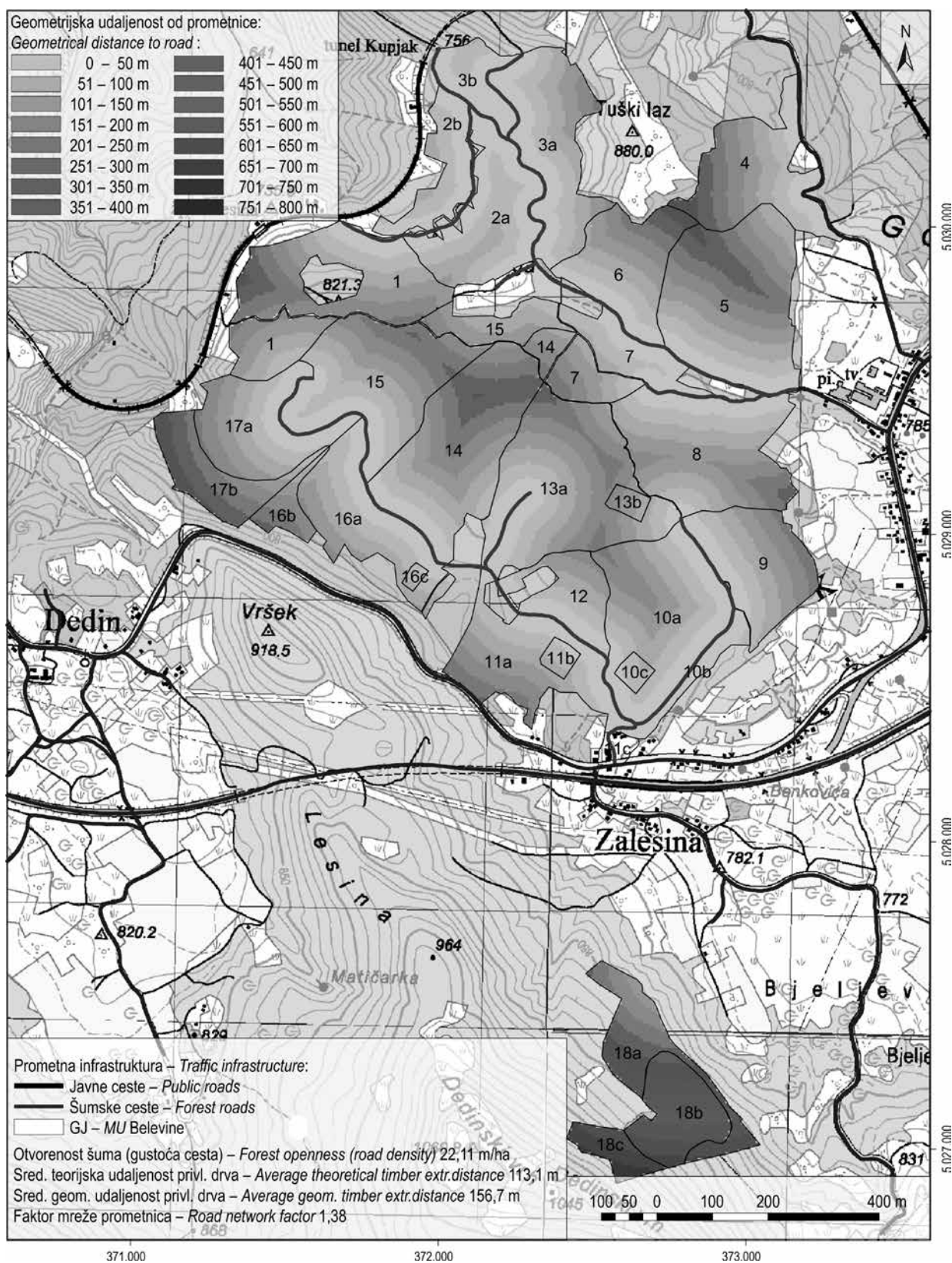
### 3.2 Analiza geometrijskih udaljenosti privlačenja drva – *Analysis of Geometrical Timber Extraction Distances*

Geometrijske udaljenosti privlačenja drva istraživane gospodarske jedinice, zasnovane na euklidskim udaljenostima od točaka pravilne mreže (razmaka 10 m × 10 m) do sastavnica primarne šumske transportne infrastrukture, prikazane su na slici 2. Analiza je provedena u programskom paketu ArcGIS 10.1.

Uz primarnu klasičnu otvorenost od 22,11 m/ha, srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva izračunata na osnovi euklidskih udaljenosti od 29 580 točaka pravilne mreže (koje su »pale« u obrasle površine istraživanih gospodarskih jedinica) do sastavnica primarne šumske transportne infrastrukture iznosi 156,7 ± 127,3 m.

Stavljajući u odnos srednju geometrijsku (156,7 m) i teorijsku (113,1 m) udaljenost privlačenja drva, izračunat je faktor mreže prometnica u iznosu od 1,38. Ta vrijednost faktora mreže šumskih prometnica, odnosno odstupanje srednje geometrijske od srednje teorijske udaljenosti privlačenja drva analiziranoga područja posljedica je: 1) nepravilnosti oblika površine od 290,84 ha istraživane gospodarske jedinice s opsegom od 13,772 km, koji je 2,02 puta veći od opsega kvadrata iste površine (6,822 km), kao idealnoga geometrijskoga oblika na kojem počiva teorijski model transporta drva; 2) nepravilnosti postojeće mreže primarne šumske transportne infrastrukture, koja otvara gospodarsku jedinicu sa 7,927 km duljine, pri čemu šumske ceste sudjeluju duljinom od 94,78 %, a javne ceste s 5,28 % duljine.

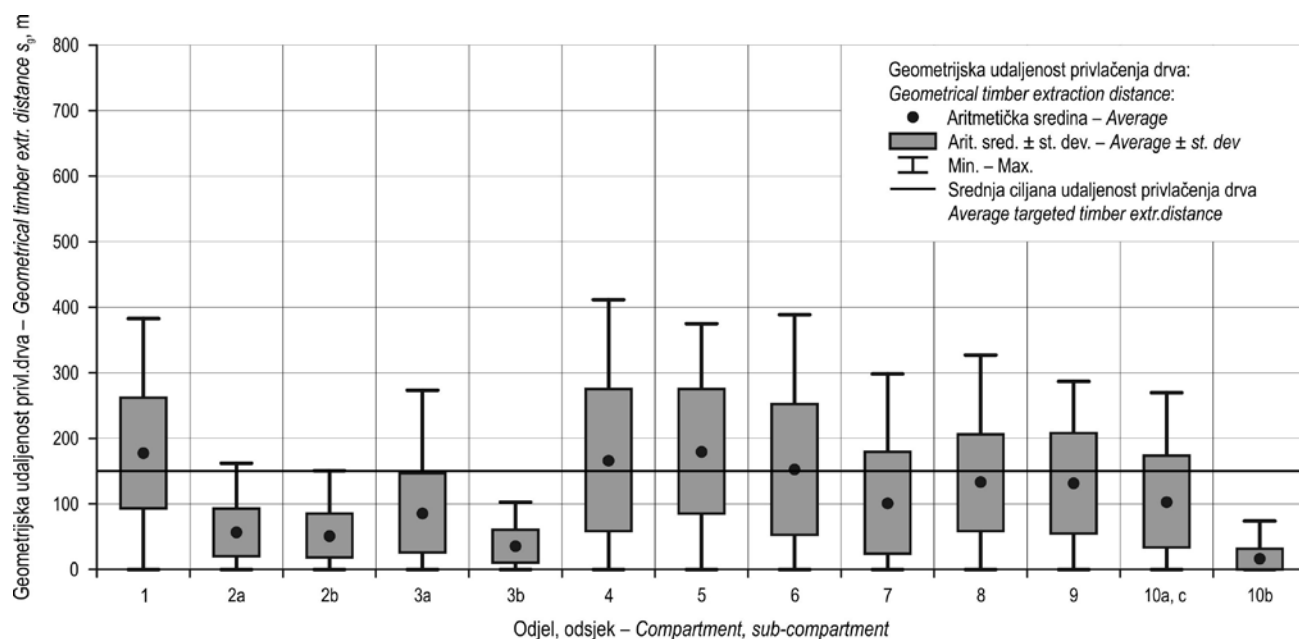
U sklopu analize geometrijskih udaljenosti privlačenja istraživanoga područja izračunate su i srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva pojedinih sastavnica (odjel, odsjek) gospodarske razdiobe GJ Belevine (slika 3) koje su prikazane dijagramima »Box & Whisker«. Time je obuhvaćen i prikaz varijabiliteta geometrijskih udaljenosti privlačenja drva zbog različitih površina i nepravilnosti oblika pojedinih odjela/odsjeka, ali i njihova položaja u odnosu na prostorni raspored primarne šumske transportne infrastrukture. Dobivene rezultate svakako treba promatrati u kontekstu srednje ciljane udaljenosti privlačenja drva istraživanoga područja. Ciljana srednja udaljenost privlačenja drva (138 m) izračunata je na osnovi smjernice za otvaranje brdskih šuma hrvatskoga



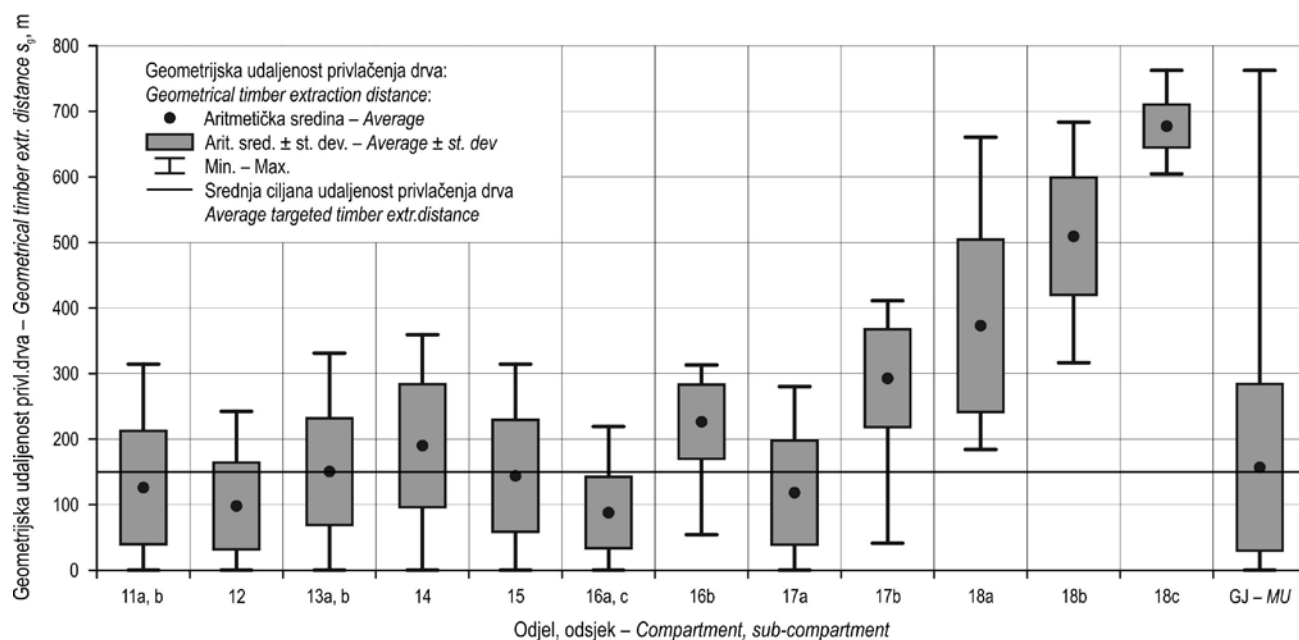
Slika 2. Prikaz geometrijskih (euklidskih) udaljenosti privlačenja drva

Fig. 2 Geometrical (Euclidean) timber extraction distances





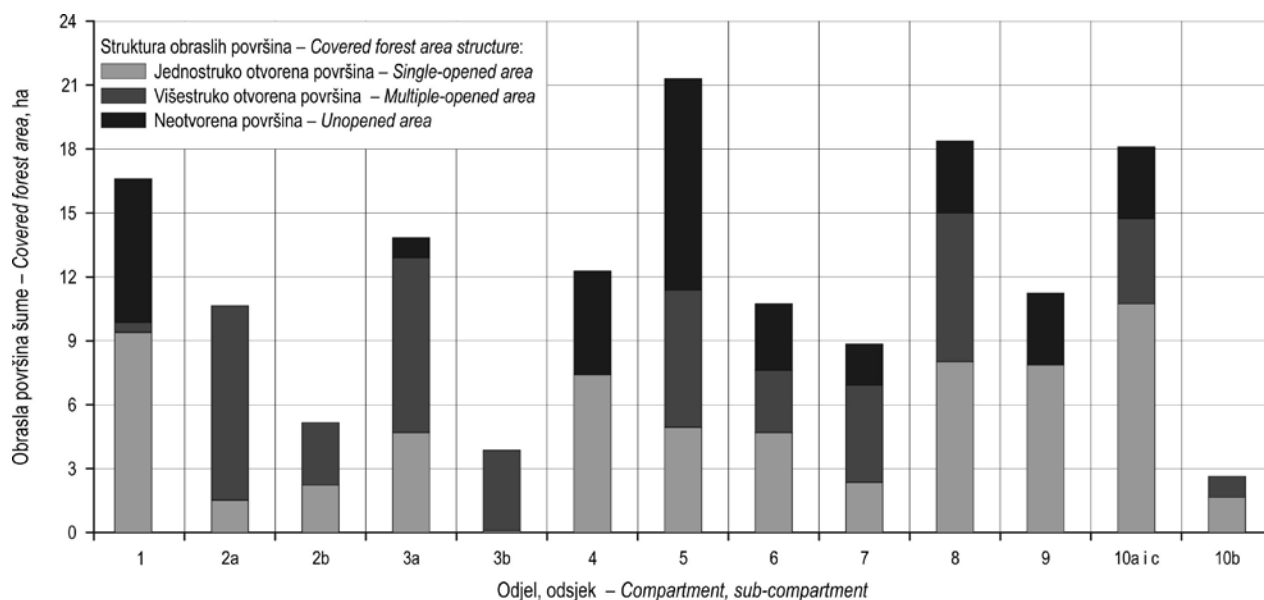
Arit. sred. Average	176,0	55,4	50,8	85,2	34,1	165,6	179,3	150,9	100,6	131,9	130,7	102,4	15,4
St. dev.	84,5	36,1	33,2	60,8	24,7	108,1	94,9	100,0	77,9	74,1	77,1	69,6	15,6
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max.	381	162	149	272	101	411	374	388	298	326	286	269	72



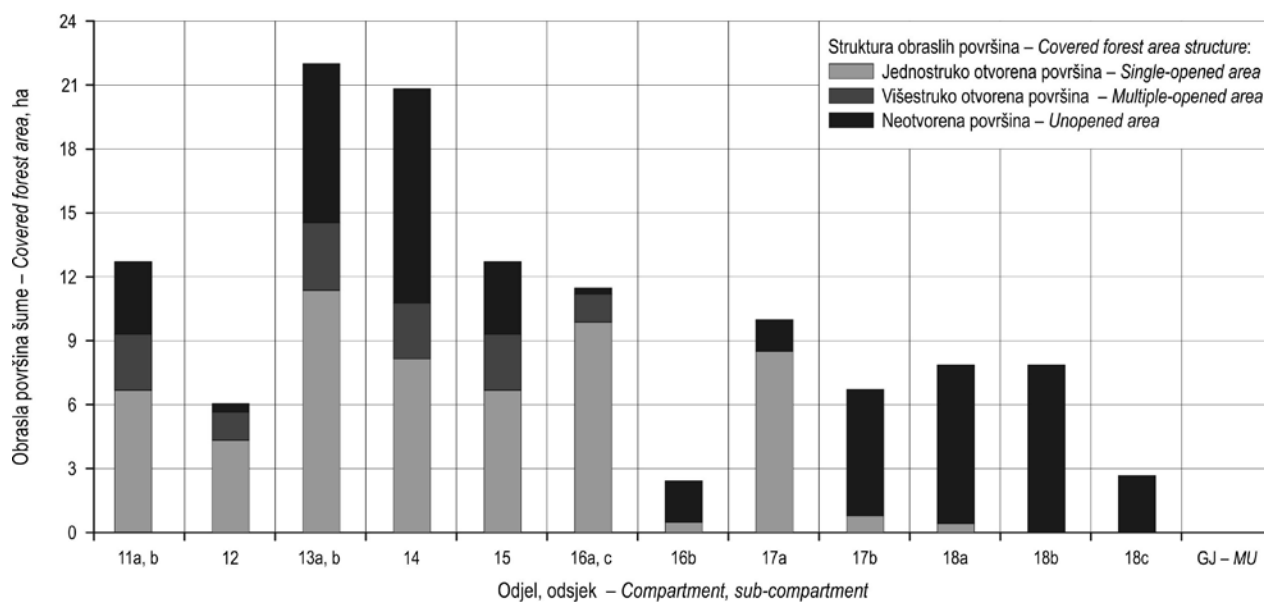
Arit. sred. Average	126,0	97,7	150,3	189,8	143,7	87,7	226,3	118,1	292,6	372,7	509,3	677,4	156,7
St. dev.	86,4	66,3	81,4	93,9	85,5	54,4	56,5	79,3	74,8	131,8	89,5	32,8	127,3
Min.	0	0	0	0	0	0	54	0	41	184	316	604	0
Max.	314	242	331	359	314	219	313	280	411	660	683	762	762

Slika 3. Analiza geometrijskih udaljenosti odjela/odsjeka GJ Belevine

Fig. 3 Analysis of geometrical timber extraction distances in compartments/sub-compartments of MU Belevine



Jednostr. Single	56,64 %	13,72 %	48,74 %	32,74 %	1,16 %	60,94 %	24,46 %	47,37 %	27,28 %	45,06 %	74,82 %	65,05 %	64,63 %
Višestr. Multiple	0,74 %	86,28 %	51,26 %	61,62 %	98,84 %	0	29,86 %	20,69 %	57,94 %	35,46 %	0	21,59 %	35,37 %
Neotvor. Unopen.	42,61 %	0	0	5,64 %	0	39,06 %	45,68 %	31,94 %	14,79 %	19,48 %	25,18 %	13,35 %	0



Jednostr. Single	52,39 %	74,30 %	50,96 %	39,02 %	65,19 %	76,59 %	19,72 %	79,82 %	9,57 %	5,00 %	0	0	46,36 %
Višestr. Multiple	20,98 %	17,87 %	14,32 %	10,14 %	6,64 %	6,96 %	0	0	0	0	0	0	21,53 %
Neotvor. Unopen.	26,62 %	7,81 %	34,72 %	50,83 %	28,17 %	2,90 %	80,28 %	20,18 %	90,43 %	95,00 %	100 %	100 %	32,11 %

Slika 4. Prikaz relativne otvorenosti šuma istraživanoga područja

Fig. 4 Relative forest openness in research area

šumarstva na strateškoj i taktičkoj razini (gustoća cesta od 25 m/ha) koja je korigirana s vrijednošću istraživanjem utvrđenoga faktora mreže prometnica – 1,38. Mogućnost korištenja faktora mreže prometnica pri izračunu srednje ciljane udaljenosti privlačenja drva potvrđuje Bumber (2011) analizom otvorenosti šuma izvođenjem radova u prostoru i vremenu.

Veće srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva od srednje ciljane udaljenosti drva u GJ Belevine prisutne su kod odjela/odsjeka 1, 4, 5, 14, 16b, 17b, 18a, 18b i 18c. Analiza geometrijskih (euklidskih) udaljenosti privlačenja drva provedena u GIS-u dobar je alat za predodžbu (ne)dovoljno otvorenih površina (odjela/odsjeka) na osnovi kojih se donose odluke za daljnje primarno otvaranje šuma, pri čemu valja imati na umu: 1) namjenu šuma (npr. odsjeci 16b i 17b GJ Belevine zaštitni su odsjeci u kojima nije propisana obveza realizacije etata, 2) veličinu neotvorene površine pojedinoga odjela, koja je u analizi geometrijske udaljenosti privlačenja drva prepoznata kao gornja granica prosječnoga rasipanja podataka (zbroj aritmetičke sredine i standardne devijacije).

### 3.3 Analiza relativne otvorenosti šuma – *Relative Forest Openness*

Analiza relativne otvorenosti šuma provedena je metodom polaganja omeđenih površina (eng. *buffer*) oko sastavnica primarne šumske transportne infrastrukture, gdje je za širinu pojasa otvaranja korištena vrijednost ciljane geometrijske udaljenosti privlačenja drva propisane Pravilnikom o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017) u iznosu od 200 m.

Relativna otvorenost šuma prikazana je iskazom jednostruko (zone bez preklapanja) omeđene površine u iznosu od 133,15 ha (46,36 %), višestruko omeđene površine (pojavnost preklapanja više zona) u iznosu od 61,83 ha (21,53 %), neotvorene šumske površine u iznosu od 92,21 ha (32,11 %) te otvorene površine izvan istraživane gospodarske jedinice u iznosu od 110,97 ha. Ipak, zadnji navedeni kriterij, tj. otvorene šumske površine izvan gospodarske jedinice Belevine treba promatrati s obzirom na prostorni položaj. Sjeverno od granice ove gospodarske jedinice pridolazi gospodarska jedinica Kupjački vrh koja također pripada Nastavno-pokusnomu šumskom objektu Zalesina, tako da su otvorene šumske površine izvan gospodarske jedinice Belevine ipak nešto manjih veličina.

Nepovoljna pojava višestruko otvorenih površina šume neizbježna je zbog spojeva primarne šumske transportne infrastrukture (povezivanje – raskršća), orografije terena brdskoga područja, ali i neplanske izgradnje šumskih cesta u prošlosti koja je utjecala na njihov današnji prostorni raspored.

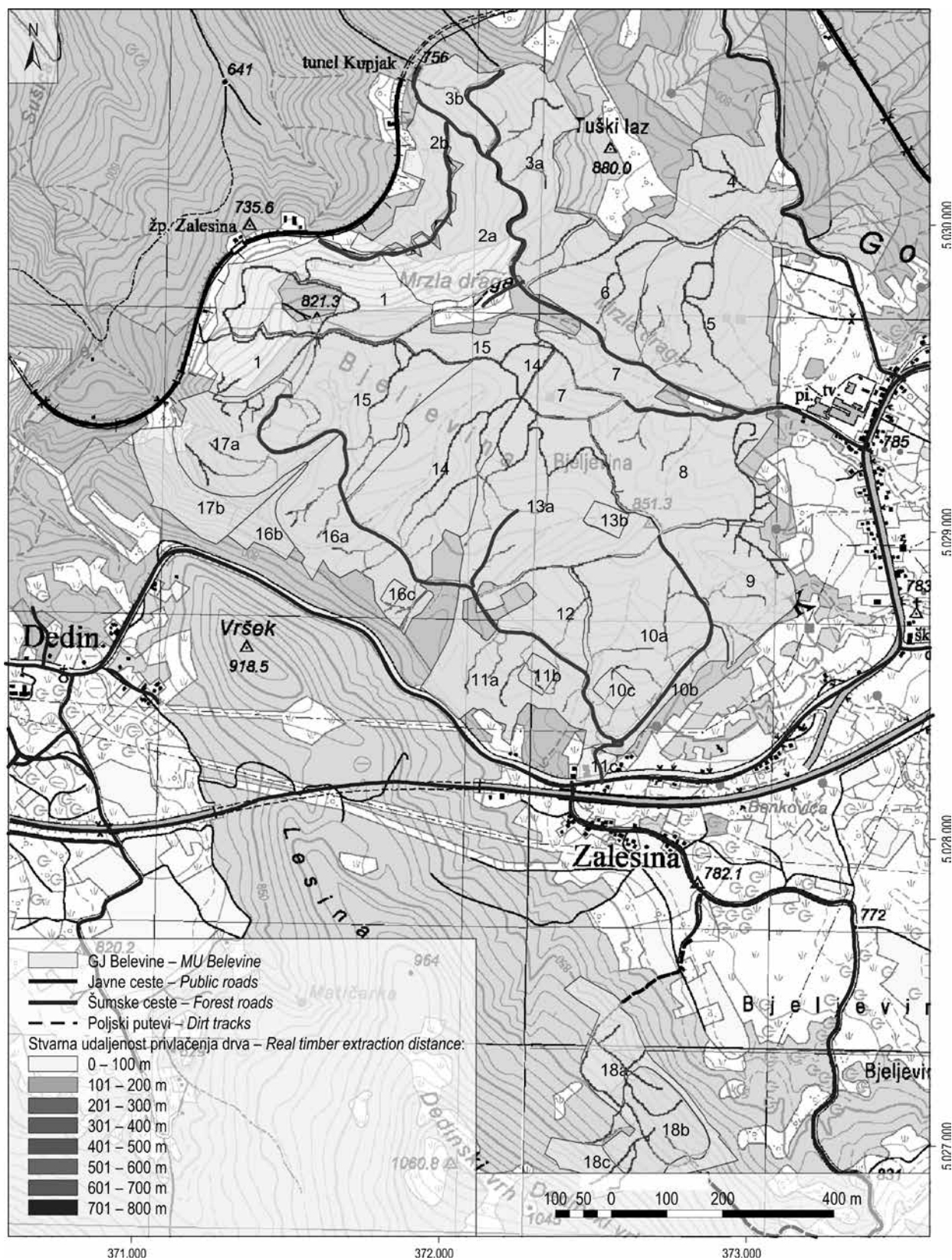
Izračunate neotvorene obrasle površine pojedinih sastavnica gospodarske razdiobe GJ Belevine daju podatak za daljnje primarno otvaranje šuma, tj. usmjeravaju našu pažnju na neotvorene šumske površine. Posebno valja istaknuti da pojedine neotvorene površine istraživane gospodarske jedinice ne bi trebale biti predmet daljnjega otvaranja šuma jer bi se njihovim otvaranjem i neracionalnom gradnjom novih šumskih cesta dodatno narušila, već sada relativno nepovoljna struktura otvorenih površina GJ Belevine.

### 3.4 Srednja udaljenost privlačenja drva – *Average timber extraction distance*

Primjenom alata *Path Distance* iz programskoga paketa ArcGIS 10.1 izračunate su srednje stvarne udaljenosti privlačenja drva za svaki odjel/odsjek istraživane gospodarske jedinice. Izračun je uključivao nagib terena te duljinu traktorskih vlaka i putova do najbliže šumske (javne) ceste. Na razini istraživanoga područja srednja stvarna udaljenost privlačenja drva iznosi  $156,7 \pm 127,3$  m, s najvećom udaljenosti od 762 m te ukupnim faktorom privlačenja drva (odnos stvarne i geometrijske udaljenosti privlačenja drva) od 2,02.

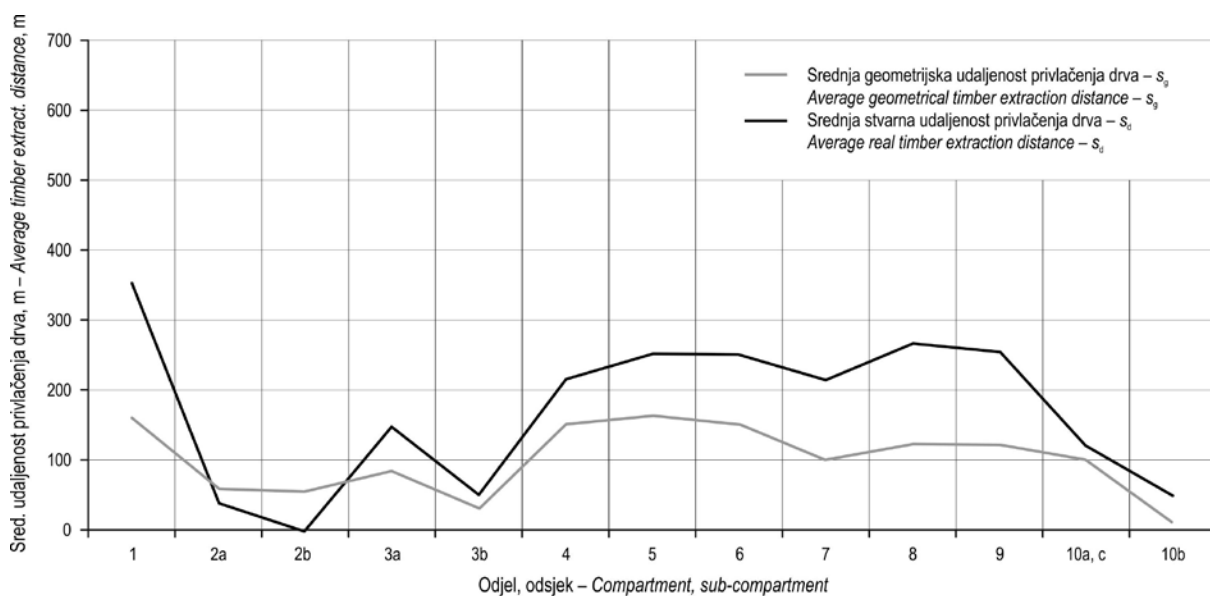
Usporedbom srednje stvarne sa srednjom geometrijskom udaljenosti privlačenja drva (slika 6) vidljiva su njihova međusobna odstupanja. Razlog je odstupanjima oblik mreže sekundarne šumske infrastrukture te način izračuna srednjih stvarnih udaljenosti privlačenja drva, koji uključuje vertikalnu korekciju terena (nagib traktorskih vlaka i putova), ali i zaobilaženje površinskih prepreka (horizontalnu korekciju terena). Prethodno objašnjeni način izračuna odmak je od pravocrtnoga kretanja vozila prilikom privlačenja drva, koji je temelj srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva. Odstupanja su srednjih udaljenosti privlačenja u GJ Belevine ( $s_g = 156,7$  m  $\rightarrow$   $s_d = 218,6$  m) objašnjena oblikom mreže traktorskih vlaka, odnosno obveznim zaobilaženjem površinskih prepreka (korita vodotoka) (Đuka 2014).

Slika 5 prikazuje stvarne udaljenosti privlačenja drva po odjelima/odsjecima GJ Belevine s obzirom na kretanje vozila po traktorskim vlakama do najbliže šumske ili javne ceste primjenom alata *Path Distance*. Ako se izuzmu slabije otvoreni odsjeci (2a i 2b, 16b i 17b), prosječna vrijednost koju vozilo prelazi u preostalim odjelima/odsjecima iznosi 207,5 m, dok je najveća srednja stvarna udaljenost privlačenja drva zabilježena u odjelu 1 (352 m). Nadalje, odstupanja između geometrijske i stvarne srednje udaljenosti privlačenja u primjerice odjelu 18 rezultat su ne samo izraženih nagiba terena (u odsjeku 18b) već i činjenice da su za izračun srednje stvarne udaljenosti korištena i oba poljska puta (čine poveznicu s primarnom infra-

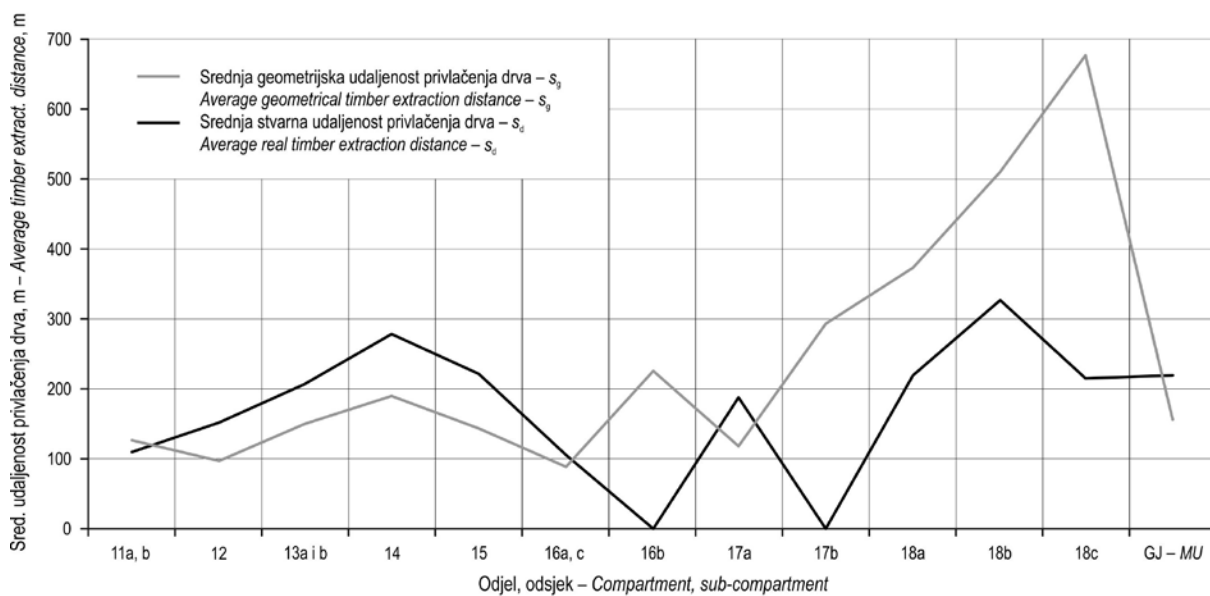


Slika 5. Prikaz stvarnih udaljenosti privlačenja drva GJ Belevine

Fig. 5 Real timber extraction distances in MU Belevine



Geomet. Geomet.	176,0	55,4	50,8	85,2	34,1	165,6	179,3	150,9	100,6	131,9	130,7	102,4	15,4
Stvarna Real	352,0	40,1	0	148,1	52,3	216,3	251,3	250,8	214,4	265,8	253,7	121,1	50,1
F.privlač. Off-road corr.fact.	2,00	0,72	0	1,74	1,53	1,31	1,40	1,66	2,13	2,02	1,94	1,16	3,25



Geomet. Geomet.	126,0	97,7	150,3	189,8	143,7	87,7	226,3	118,1	292,6	372,7	509,3	677,4	156,7
Stvarna Real	110,3	152,5	207,6	279,2	221,1	105,4	0	187,1	0	219,6	327,0	214,3	218,6
F.privlač. Off-road corr.fact.	0,88	1,56	1,38	1,47	1,54	1,20	0	1,58	0	0,59	0,64	0,32	1,40

Slika 6. Usporedba srednjih udaljenosti privlačenja drva na razini odjela/odsjeka

Fig. 6 Comparison of average timber extraction distances at compartment/sub-compartment level

strukturu) koji omogućuju pristup tomu dislociranom belevinskomu odjelu, a koji se prema trenutačnomu dogovoru s vlasnicima smiju koristiti tijekom radova na pridobivanju drva. Drugi važan razlog razlike srednje geometrijske i stvarne udaljenosti privlačenja jest u obliku mreže sekundarne šumske infrastrukture, odnosno u želji zaobilaznja površinskih prepreka (vodna tijela), dijelova privatnih površina te pokusnih ploha Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a koje su uklopljene u ovu gospodarsku jedinicu (npr. odsjeci 13b i 16c). Uspoređivanjem krivulja srednje geometrijske i stvarne udaljenosti privlačenja drva (slika 6) može se zaključiti sljedeće:

U većini su odjela/odsjeka (1, 3a, 3b, 4–10b, 12–16a) vrijednosti srednje stvarne udaljenosti privlačenja veće od srednjih geometrijskih udaljenosti. Razlog leži u obliku mreže sekundarne šumske infrastrukture, koja zbog terenskih, vlasničkih i gospodarskih (pokusne plohe) prilika nije uvijek najkraći mogući smjer privlačenja drva do šumske ceste.

U odjelima 2 i 11 srednja stvarna udaljenost privlačenja drva niža je od srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva zbog izraženih površinskih prepreka (Đuka 2014) i vodotoka (odsjek 2a) koji su utjecali na položaj, odnosno skratili su duljinu traktorskih vlaka u odnosu na idealne (geometrijske) uvjete iskazane srednjom geometrijskom udaljenosti privlačenja drva.

Odsjeci 16b i 17b ne sadrže sekundarnu šumsku infrastrukturu (srednja stvarna udaljenost privlačenja drva jednaka je nuli) zbog strmih terena podložnih eroziji čije su sastojine prepuštene prirodnomu razvoju.

U odjelu 18 (slika 6) srednja stvarna udaljenost privlačenja drva manja je od geometrijske udaljenosti zbog relativno guste mreže sekundarnih prometnica (ukupne duljine 2705 m), odnosno gustoće sekundarne mreže prometnica od 146,64 m/ha.

Analiza faktora privlačenja drva (prema izrazu 5) odjela/odsjeka GJ Belevine (slika 6) pokazala je širok raspon podataka od najmanjih 0,32 (odsjek 18c) do najvećih 3,25 (odsjek 10 b).

### 3.5 Prijedlog daljnega otvaranja šuma *Proposal of Additional Forest Opening*

Odjel 18 zaseban je izdvojeni odjel površine 18,2 ha (opseg 2,585 km), okružen privatnim šumskim i poljoprivrednim površinama bez neposrednoga dodira s primarnom šumskom transportnom infrastrukturom. Pri dosadašnjem gospodarenju odjelom 18 drvo se privlačilo po poljskom putu koji spaja sjeveroistočni rub odjela i kraj nerazvrstane ceste (odvojak od lokalne ceste LC 5831), s neprimjerenim pomoćnim

stovarištem koje se nalazilo na privatnoj površini – okućnici te povremenim (veće udaljenosti privlačenja) privlačenjem drva po poljskom putu koji spaja jugoistočni rub odjela i lokalnu cestu LC 58031 (Đuka 2014).

Provedene analize primarne otvorenosti šuma pokazale su da se najznačajnija neotvorena površina šuma istraživanoga područja odnosi na odjel 18 GJ Belevine, sa srednjom geometrijskom udaljenošću privlačenja drva od  $478 \pm 149$  m (najveća vrijednost 762 m), te 17,82 ha neotvorene površine prema ciljanoj udaljenosti privlačenja drva od 200 m. Navedenim, u odjelu 18 je 97,91 % površine neotvoreno, što čini 19,33 % neotvorene površine na razini cijele gospodarske jedinice.

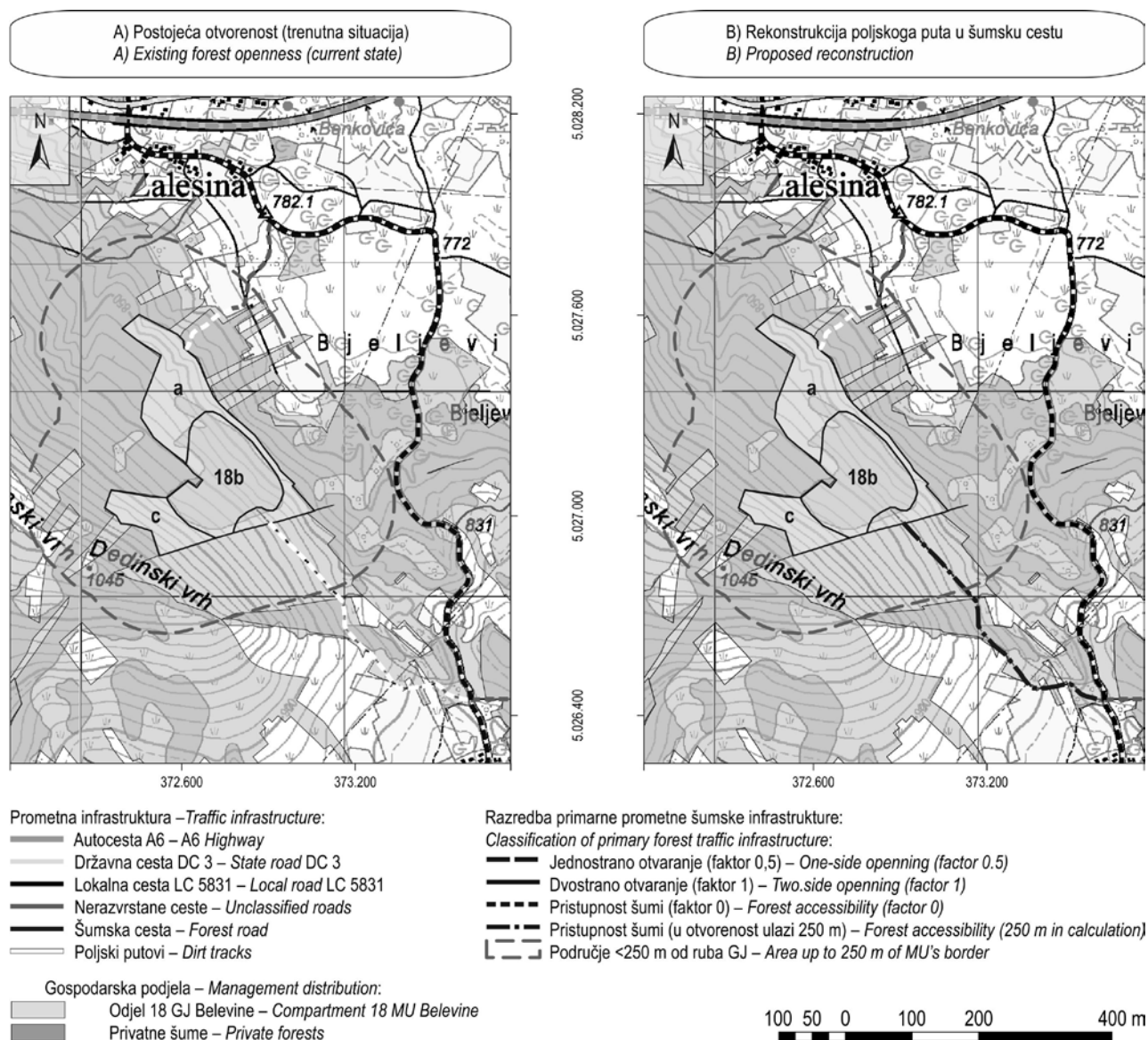
Prijedlog otvaranja odjela 18 GJ Belevine (slika 7) odnosi se na rekonstrukciju (proširenje i izradu gornjega ustroja) postojećega poljskoga puta (odgovarajuće nivelete i radijusa kružnih lukova) duljine 874 m u šumsku cestu (s okretnicom na kraju), koja bi spojila i omogućila pristup jugoistočnomu rubu odjela i lokalnoj cesti LC 58031 (Zalesina – Stari Laz), čime bi se za 288 m povećala duljina prometnica u području < 250 m od ruba istraživanih gospodarskih jedinica, odnosno za 250 m povećala duljina prometnica u obračunu njihove otvorenosti istraživanih (6349 km → 6599 km).

Prijedlog otvaranja odjela 18 značajnije je pokazao svoj utjecaj na promjenu parametara otvorenosti GJ Belevine: 1) gustoće cesta (22,11 m/ha → 22,98 m/ha), 2) teorijskoga razmaka među cestama (452,3 m → 435,2 m), 3) srednje teorijske udaljenosti privlačenja drva (113,1 m → 108,8 m), 4) prosječne geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva (156,7 m → 142,3 m), 5) faktora mreže prometnica (1,38 → 1,31).

Predložena rekonstrukcija poljskoga puta u šumsku cestu najznačajnije je utjecala na smanjenje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva odjela 18 (478 m → 253 m), odnosno njegovih pojedinih odsjeka: 18a (373 m → 254 m), 18b (509 m → 214 m) i 18c (677 m → 344 m). Dobivene rezultate svakako treba poimati i kroz smanjenje standardnih devijacija srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva odjela/odsjeka, odnosno smanjenje najmanjih i najvećih vrijednosti udaljenosti privlačenja drva.

## 4. Zaključak – Conclusion

Provedene su analize otvorenosti šuma pokazale jasnoću načina izračuna gustoće cesta (Pravilnik o provedbi mjere M04) s obzirom na kategorije površina šumskoga zemljišta na koje se izračun odnosi te značenje položaja primarne šumske prometne infra-



**Slika 7.** Postojeća otvorenost i prijedlog otvaranja odjela 18, GJ Belevine

**Fig. 7** Current and proposed state in compartment 18, MU Belevine

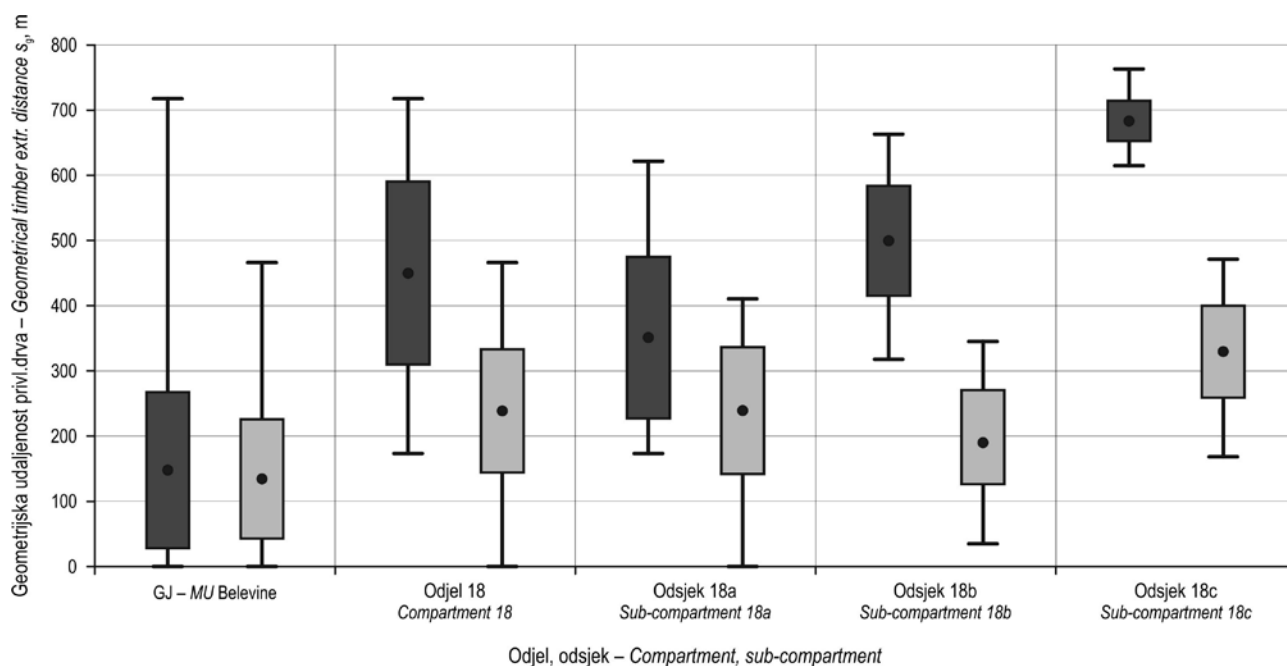
strukture s obzirom na to otvara li ona jednostrano ili dvostrano šumsku površinu.

Predložena metoda utvrđivanja srednje stvarne udaljenosti privlačenja drva (GIS-ov alat *Path Distance*) na razini odjela/odsjeka, zasnovana na katastru primarnih i sekundarnih šumskih prometnica te digitalnom modelu terena, ali i na ograničenom kretanju vozila po mreži sekundarne šumske infrastrukture, rješava jedan od značajnijih problema operativnoga planiranja privlačenja drva.

Provedene analize odnosa srednje stvarne (GIS-ov alat *Path Distance*) i srednje geometrijske udaljenosti

(GIS-ov alat *Euclidean Distance*) privlačenja drva pojedinih odjela/odsjeka pokazale su nekorektnost popćavanja faktora privlačenja drva za cijele gospodarske jedinice, odnosno reljefna područja na operativnoj razini planiranja pridobivanja (privlačenja) drva.

Provedena analiza prijedloga otvaranja odjela 18 potvrdila je smjernice Penteka i dr. (2005, 2006) za potrebom izrade studije primarnoga otvaranja šuma radi racionalizacije (skup postupaka za postizanje ušteda u poslovanju) jednoga dijela šumarske proizvodnje odnosno Pravilnika o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017) koji navodi nužnost izrade elaborata učinkovitosti mreže šumskih prometnica.



	GJ - MU Belevine	Odjel 18 Compartment 18	Odsjek 18a Sub-compartment 18a	Odsjek 18b Sub-compartment 18b	Odsjek 18c Sub-compartment 18c
Arit. sred. Average	156,7	142,3	478,0	253,3	372,7
St. dev.	127,3	97,0	149,1	100,3	131,8
Min.	0	0	184	0	184
Max.	762	495	762	495	660

Geometrijska udaljenost privlačenja drva:  
Geometrical timber extraction distance:  
● Aritmetička sredina – Average  
□ Arit. sred. ± st. dev. – Average ± st. dev  
I Min. – Max.

■ Postojeća otvorenost – Existing forest openness  
□ Prijedlog otvaranja – Proposition of forest opening

**Slika 8.** Analiza geometrijskih udaljenosti privlačenja drva u odjelu 18

**Fig. 8** Analysis of geometrical timber extraction distances in compartment 18

## Zahvala – Acknowledgement

Istraživanje je provedeno u sklopu projekta »Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja« sufinanciranog od strane Ministarstva poljoprivrede sredstvima naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma.

## 5. Literatura – References

Anon., 2009: Program gospodarenja šumama s posebnom namjenom, Nastavno-pokusni šumski objekt Zalesina, GJ Belevine 2010–2019. Šumarski fakultet, Zagreb, 2009, 1–178.

Avdibegović, M., N. Petrović, D. Nonić, B. Marić, S. Posavec, D. Vuletić, 2010: Spremnost privatnih šumoposjednika u Hrvatskoj, Srbiji i Bosni i Hercegovini na suradnju pri izgradnji i održavanju šumskih cesta. Šumarski list, 134(1–2): 55–63.

Bumber, Z., 2011: Primjena GIS-a pri analizi otvorenosti G.J. Šiljakovačka dubrava II kroz strukturu prihoda drva u prostoru i vremenu. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–139.

Đuka, A., 2014: Razvoj modela prometnosti terena za planiranje privlačenja drva skiderom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–303.

Lepoglavec, K., 2014: Optimizacija primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture nagnutih terena. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–341.

Lovrić, N., 1973: Planiranje mreže šumskih puteva u okviru nastavnog programa zagrebačkog Šumarskog fakulteta. Šumarski list, 97(3–4): 132–137.

Papa, I., 2014: Modeli održavanja šumskih cesta na različitim reljefnim područjima. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–286.

Papa, I., T. Pentek, K. Lepoglavec, H. Nevečerel, T. Poršin-sky, Ž. Tomašić, 2015: Metodologija izradbe detaljnog regi-



stra primarne šumske prometne infrastrukture kao podloge za planiranje i optimizaciju radova održavanja šumskih cesta. Šumarski list, 139(7–8): 311–328.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Srednja udaljenost privlačenja drva. Šumarski list, 128(9–10): 545–558.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeća situacija, determiniranje problema i smjernice budućeg djelovanja. Nova mehanizacija šumarstva, 26(1): 55–63.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2006: Uspostava optimalne mreže šumskih cesta na terenu – smjernice unaprjeđenja pojedine faze rada. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje, 5: 647–663.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, K. Lepoglavec, I. Papa, I. Potočnik, 2011: Primarno otvaranje šuma različitih reljefnih područja Republike Hrvatske. Croatian Journal of Forest Engineering, 32(1): 401–416.

Potočnik, I., 1996: Mnogonamenska raba gozdnih cest kot kriterij za njihovo kategorizaciju. Disertacija, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, 1–241.

Segebaden, G., 1964: Studies of Cross-Country Transport Distances and Road Net Extension. Studia Forestalia Suecica, 18: 1–70.

Stampfer, K., 2010: Forest Engineering – Course Script. Institute of Forest Engineering, Department of Forest and Soil Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences – BOKU, Vienna, Austria, 1–151.

Šikić, D., B. Babić, D. Topolnik, I. Knežević, D. Božičević, Ž. Švabe, I. Piria, S. Sever, 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 78 str.

Valeria, O., I. Cea, Y. Bergeron, 2011: A review of skidding distances method under variable retention harvesting considerations. Proceedings of the 34th Council on Forest Engineering 12–15 lipnja, Université Laval, Quebec City, Canada, 1–12.

\* Zakon o šumama (NN 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14)

\* Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14)

\* Zakon o željeznici (NN 94/13, 148/13, 73/17).

\* Pravilnik o provedbi mjere M04 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN106/15, 65/17, 77/17)

\* Odluka o razvrstavanju javnih cesta (NN 96/16)

---

## Abstract

---

### *Forest Openness of Management Unit Belevine, FTFC Zalesina with Proposal for Further Opening*

*High quality of forest traffic infrastructure is one of the prerequisites for rational forest environmental management. Inadequate openness and unfavorable distribution of primary and secondary transport infrastructure leads to problems in management and increases the costs of wood supply. This paper shows the present state of primary and secondary road openness of the Management Unit Belevine, presenting the actual timber extraction distances at compartment/sub-compartment level, and gives a proposal for further opening of the spatially separated compartment 18 of the researched management unit. Compartment 18 represents the least open area of the Management Unit Belevine and it is also fully surrounded by private forests and agricultural land. Computer programs ArcGIS 10.1, and QGIS 2.14.3 were used for analyzing the parameters of openness of the researched area. The actual average timber extraction distance at the management unit level was  $156.7 \pm 127.3$  m, with a maximum distance of 762 m and a total off-road correction factor of 2.02. Off-road correction factor at compartment/sub-compartment level indicated a wide range of data, ranging from the lowest 0.32 to the highest 3.25, which prompted the use of converting factors at the lowest operating level. After the proposed reconstruction of the dirt track into the forest road, the geometric timber extraction distances were reduced in compartment 18 (478 m → 253 m), and in sub-compartments 18a (373 m → 254 m), 18b (509 m → 214 m) and 18c (677 m → 344 m).*

*Keywords: average timber extraction distance, primary forest openness, secondary forest openness, GIS*

---

Adrese autorâ – *Authors' addresses:*

Dr. sc. Andreja Đuka

e-pošta: aduka@sumfak.hr

Prof. dr. sc. Tibor Pentek

e-pošta: tpentek@sumfak.hr

Prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky

e-pošta: tporsinsky@sumfak.hr

David Janeš, mag. ing. silv.\*

e-pošta: djanes@sumfak.hr

Dr. sc. Ivica Papa

e-pošta: ipapa@sumfak.hr

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Svetošimunska 25

10 000 Zagreb

HRVATSKA

Mislav Starčević, mag. ing. silv.

e-pošta: mislav.19930@gmail.com

Kralja Tomislava 41

53000 Gospić

HRVATSKA

\* Glavni autor – *Corresponding author*