

Mogućnosti primjene relativne otvorenosti pri sekundarnom otvaranju šuma nagnutih terena Republike Hrvatske

Dragutin Pičman, Tibor Pentek, Hrvoje Nevečerel, Ivica Papa, Kruno Lepoglavec

Nacrtak – Abstract

Prostorno optimalno položena mreža primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture prijeko je potrebna za uspješno i racionalno gospodarenje šumskim ekosustavom. Postoje različiti parametri za kvantitativnu i kvalitativnu procjenu postojeće mreže šumske prometne infrastrukture i za definiranje nedovoljno otvorenih ili potpuno neotvorenih šumskih područja. Relativna otvorenost (primarna ili sekundarna) u kombinaciji s metodom omeđenih površina i GIS-ovim alatima vrlo je učinkovito sredstvo pri raščlambi kolikoće i kakvoće primarnih i sekundarnih šumskih prometnica te pruža vrlo jasan i pregledan, numerički i vizualan prikaz rezultata analiza. Istraživanja su provedena u UŠP Gospić, Šumariji Perušić, G.J. »Bovan-Jelar«, smještenoj u gorskom području Like te u UŠP Buzet, Šumariji Opatica, G.J. »Veprinačke šume«, smještenoj na obroncima Ćićarije. Ustrojen je GIS istraživa-noga područja te uspostavljen katastar sekundarnih šumskih prometnica. Analizirana je sekundarna otvorenost za duljinu užeta vitla od 30, 45 i 60 m u G.J. »Veprinačke šume« te za duljinu vučnoga užeta vitla od 45 m u G.J. »Bovan-Jelar«. Definirane su neotvorene površine i, u odabranim odsjecima, predložene idejne trase budućih traktorskih putova kojima će se unaprijediti postojeća mreža sekundarnih šumskih prometnica. Analizirana je novoprojektirana mreža sekundarnih šumskih prometnica, a dobiveni su rezultati uspoređeni s postojećim, ishodišnim stanjem.

Ključne riječi: relativna otvorenost, klasična otvorenost, pridobivanje drva, reljefno područje, Republika Hrvatska

1. Uvod – Introduction

Za uspješno i racionalno gospodarenje šumskim ekosustavom (Pentek i dr. 2010) prijeko je potrebno postojanje prostorno optimalno položene mreže primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture.

Otvorenost nekoga šumskoga područja, potreba za opisivanjem postojećega stanja te težnja za racionaliziranjem postojeće mreže prometnica opisivane su klasičnom otvorenošću (gustoća šumskih prometnica). Klasična je otvorenost dobro poznat parametar koji je dugo vremena u šumarskim krugovima predstavljao osnovnu veličinu prema kojoj se određivao stupanj dosegnute postojeće primarne i sekundarne otvorenosti nekoga područja. U mnogim su prijašnjim radovima autori klasičnom otvorenošću opisivali postojeće stanje mreže sekundarnih

šumskih prometnica (Rebula 1983, Zdjelar 1990). Na osnovi su toga podatka određivali opseg potrebne, optimalne sekundarne otvorenosti i davali smjernice daljnjega otvaranja šuma.

Klasična je otvorenost brojčani podatak koji ne govori puno o kvalitativnom rasporedu prometnica na istraživanim (promatranim) područjima, već samo o kvantiteti, odnosno zastupljenosti primarnih ili sekundarnih prometnica. Prijelazni je oblik prema današnjemu poimanju predmetne problematike kombinacija klasične otvorenosti i srednje udaljenosti privlačenja. U novije se vrijeme (Pentek i dr. 2010, Pentek i dr. 2009. itd.) relativna otvorenost, sve češće, koristi kao veličina koja preciznije i točnije opisuje stvarno stanje šumske prometne infrastrukture te definira potrebu daljnjega otvaranja šuma. Stoga bi ovaj rad trebao poslužiti kao pokazatelj jasno odabranoga pravca budućih istraživanja i primjene

Tablica 1. Parametri za ocjenjivanje konfiguracije terena (Šikić i dr. 1989)**Table 1** Terrain configuration evaluation parameters (Šikić et al. 1989)

Osnovne karakteristike terena <i>Basic terrain characteristics</i>	Konfiguracija terena - <i>Terrain configuration</i>		
	Ravnicašt - <i>Low land</i>	Prigorsko-brdski - <i>Hilly</i>	Planinski - <i>Mountainous</i>
Visinska razlika u reljefu u dužini ceste od 1 km <i>Relief altitude for road length of 1 km</i>	do 20 m	20 - 120 m	preko 120 m
Nagib padina - <i>Slope angle</i>	do 1:10	1:10 - 1:3	1:3 - 1:0
Raščlanjenost terena - <i>Roughness of terrain</i>	Neznatna <i>Slight</i>	Izražena <i>Expressed</i>	Vrlo jaka <i>Very high</i>
Mogući elementi trase <i>Horizontal and vertical alignment</i>	Izbor slobodan <i>Free choice</i>	Izbor ograničen <i>Limited choice</i>	Izbor minimalan <i>Minimal choice</i>

rezultata u operativi. Različita reljefna područja zahitijevaju različit pristup otvaranju šuma. Košir (2000) naglašava kako je analiza terenskih značajki i njihov utjecaj na sječu i izradbu te transport drva od iznimne važnosti ne samo za ukupno proučavanje pojedinih šumskih područja u svezi s odabirom pogodnih sustava pridobivanja drva nego i za unapređivanje (nadogradnju) postojeće šumske transportne mreže te planiranje novih šumskih prometnica.

2. Problematika istraživanja – *Research problem*

Osnovne karakteristike terena (Šikić i dr. 1989) poput visinske razlike u reljefu, nagiba padina te nabranosti terena određuju konfiguraciju terena prema kojoj razlikujemo: ravnicašte, brdovite i planinske terene. Općenito reljef, a tako i terene možemo podijeliti na ravnice i neravnine. Ravnice mogu biti nizine i visoravni, a neravnine uzvišenja (brda, gorja, planine) i udubljenja (doline, kotline, potoline).

Iako postoji veći broj podjela reljefnih oblika, odnosno različitih reljefnih područja, determinirani su (prema Šikiću i dr. 1989) različiti reljefni uvjeti za područja kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb. Toj je podjeli dodana kategorija krškoga terena, koja se po svojim posebnostima razlikuje od navedenih kategorija terena. Sukladno su tomu odabrana reprezentativna područja na nagutim terenima te pripadajuće tehnologije pridobivanja drva.

Relativna je otvorenost istodobno kvantitativni i kvalitativni parametar (Pentek 2010) koji daje dobar pregled prostornoga razmještaja šumskih prometnica, a iskazuje omjer površine šumskoga područja otvorenoga šumskim prometnicama i ukupne površine šume u postocima. To je veličina koja (Pentek 2002), uz dobar uvid u prostorni raspored šumskih prometnica, daje i mogućnost utvrđivanja otvorenih i neotvorenih površina, a projektantu nudi mogućnost odabira najpovoljnijih inačica šumskih prometnica.

Relativna otvorenost (Pentek i dr. 2010) u kombinaciji s metodom omeđenih površina i GIS-ovim alatima vrlo je učinkovito sredstvo pri raščlambi količice i kakvoće primarnih i sekundarnih šumskih prometnica.

Promatrajući općenito mrežu (primarnih i sekundarnih) šumskih prometnica, relativna otvorenost omogućuje (Pentek i dr. 2010):

- ⇒ procjenu kakvoće i učinkovitosti pojedine sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture,
- ⇒ procjenu kakvoće mreže primarne šumske prometne infrastrukture, utvrđivanje potrebe daljnjega otvaranja i definiranje neotvorenih površina,
- ⇒ planiranje budućih trasa primarnih šumskih prometnica te odabir najboljih i najučinkovitijih,
- ⇒ procjenu kakvoće mreže sekundarne šumske prometne infrastrukture, utvrđivanje potrebe daljnjega otvaranja i definiranje neotvorenih površina,
- ⇒ procjenu kakvoće i učinkovitosti pojedine sastavnice mreže sekundarne šumske prometne infrastrukture,
- ⇒ planiranje budućih trasa sekundarnih šumskih prometnica te odabir najboljih i najučinkovitijih,
- ⇒ izradu planova sveobuhvatnoga otvaranja šuma primarnom i sekundarnom šumskom prometnom infrastrukturom.

Relativna se otvorenost određuje pomoću metode omeđenih površina, a sam se postupak utvrđivanja sastoji u polaganju omeđenih površina oko sastavnica šumske prometne infrastrukture. Pri tome u ovisnosti o kategoriji šumske prometnice razlikujemo primarnu, odnosno sekundarnu relativnu otvorenost.

Kod primarne su relativne otvorenosti položene oko svih šumskih i onih javnih cesta koje se mogu koristiti pri radovima u šumarstvu. Omeđene su površine na svom rubnom dijelu udaljene od sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture za

veličinu dvostruke ciljane geometrijske srednje udaljenosti privlačenja.

Primarnu relativnu otvorenost izračunavamo po formuli:

$$O_{R(P)} = \frac{P_{O(P)}}{P_U} \times 100, (\%) \quad (1)$$

gdje je:

- $O_{R(P)}$ primarna relativna otvorenost, %
 $P_{O(P)}$ otvorena površina za izračunatu prosječnu ciljano stvarnu srednju udaljenost privlačenja, ha
 P_U ukupna površina otvaranoga područja, ha.

Primarnu relativnu otvorenost izračunavamo po formuli:

$$O_{R(S)} = \frac{P_{O(S)}}{P_U} \times 100, (\%) \quad (2)$$

gdje je:

- $O_{R(S)}$ sekundarna relativna otvorenost, %
 $P_{O(S)}$ otvorena površina za primijenjenu tehnologiju pridobivanja drva, ha
 P_U ukupna površina otvaranoga područja, ha.

Sekundarna relativna otvorenost daje podatak o količini i o prostornom rasporedu sekundarne mreže šumskih prometnica. Postupak je određivanja sekundarne relativne otvorenosti vrlo sličan postupku određivanja primarne relativne otvorenosti, ali se za izračun širine omeđene površine oko traktorskih putova, traktorskih vlakula ili žičnih linija ne uzima srednja udaljenost privlačenja, već se, ovisno o primijenjenim sredstvima privlačenja drva, uzimaju ovi parametri:

- ⇒ duljina vučnoga užeta vitla skidera,
- ⇒ doseg dizalice forvardera,
- ⇒ duljina užeta žičare za postrano privlačenje.

Primarna se šumska prometna infrastruktura uzima u obzir pri izračunu sekundarne relativne otvorenosti jer je sa sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture moguće skupljanje drva vitlom. Važnost dobrog prostornoga rasporeda sekundarnih šumskih prometnica (traktorskih putova i traktorskih vlakula) određena je spoznajom da je pri istoj gustoći sekundarnih prometnica udaljenost skupljanja drva pri njihovom lošem rasporedu dvostruko veća nego pri stvarnom i pažljivo utvrđenom rasporedu (Knežević 1980, Rebula 1981, 1983). Gustoća traktorskih putova i traktorskih vlakula te njihov prostorni raspored ovisi ponajprije o tehničkim sredstvima koja se koriste pri privlačenju drva, nagibu terena, razvedenosti reljefa, kamenitosti i stjenovitosti zemljišta, gustoći prostornog razmeštaja stabala, po-

ložaju glavne primarne prometnice na koju se privlačenje odvija, mogućnosti pristupa glavnoj primarnoj prometnici, položaju i prikladnosti pomoćnog stovarišta.

Sekundarno otvaranje šuma ovisi o reljefnom području u kojemu se postupak finoga otvaranja provodi te o primijenjenim (mogućim), odnosno pogodnim sustavima pridobivanja drva.

Na ravnijim terenima koji omogućuju vođenje trasa traktorskih putova i vlakula okomito na slojnice šumska se područja otvaraju u obliku mreže pravokutnika odnosno sastavnice se sekundarne mreže šumskih prometnica odvajaju od sastavnica primarne mreže šumskih prometnica pod pravim kutom, a pod pravim kutom se, unutar sekundarne mreže šumskih prometnica, odvajaju i sastavnice nižega od onih višega reda. Polaganje mreže sekundarnih šumskih prometnica u ravnničnom području nije značajniji problem s obzirom na činjenicu da se šumska vozila mogu kretati u svim smjerovima te je i sam postupak izvedbe vrlo jednostavan; ne izvode se nikakvi zemljani radovi već se eventualno vade panjevi posječenih stabala. Ovdje je sustav sekundarnih šumskih prometnica predstavljen traktorskim vlakama koje su u biti definirani pravci izvoženja drva – tzv. paralelan raspored.

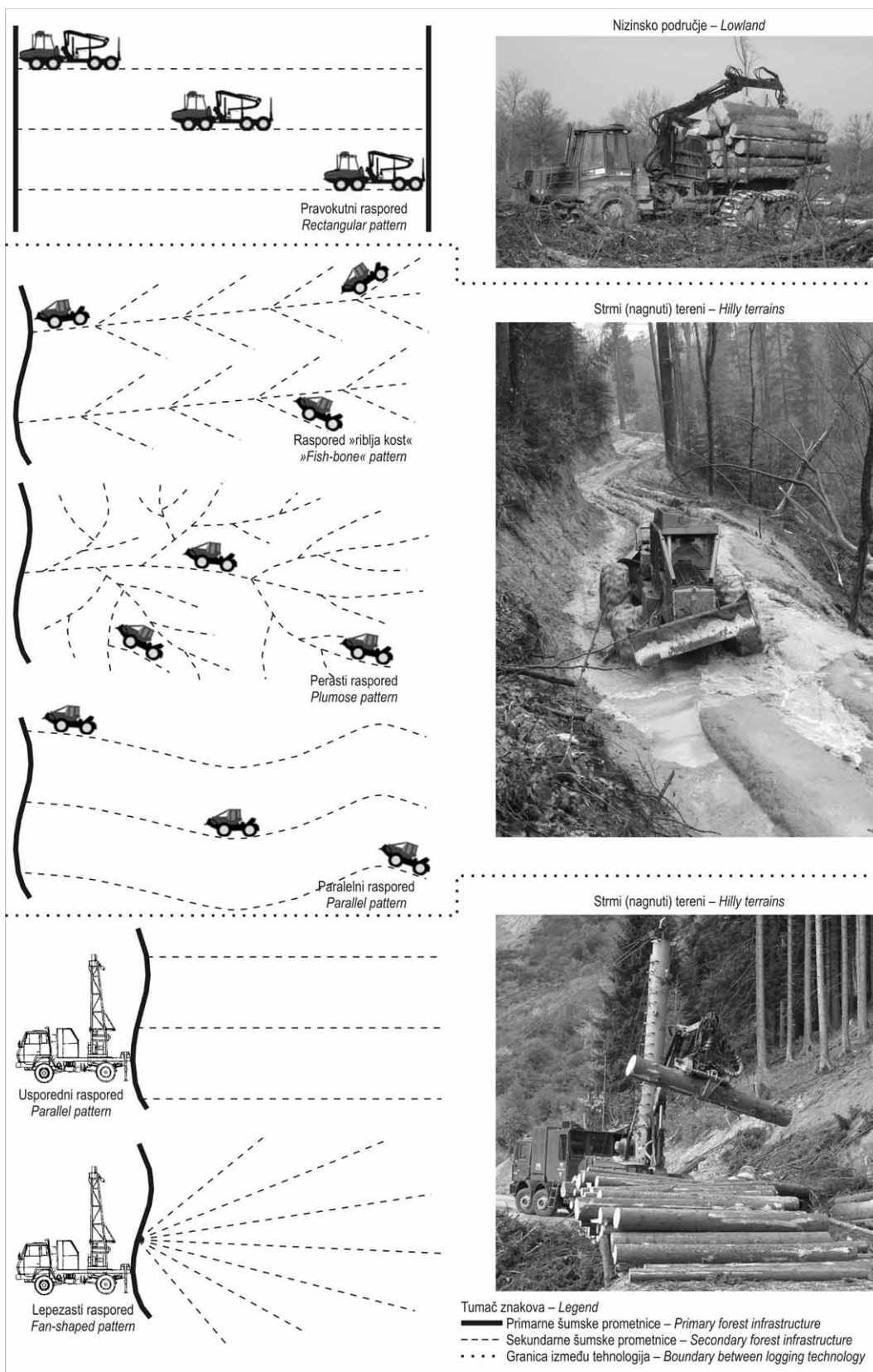
Na prigorsko-brdskim terenima razvijene hidrografske mreže i razvedena reljefa koji je protkan uvalama i jarcima traktorski se putovi i vlake, prilagođavajući se i prateći konfiguraciju terena, poput žila zavlače uz vodotoke i uvale, a na završnim dijelovima vodotoka mogu se granati u obliku lepeze, u tzv. perastom rasporedu i rasporedu »riblja kost«.

U gorskim područjima velikih nagiba terena traktorski se putovi razvijaju po padinama slijedeći nagibe terena u odgovarajućem, dopuštenom pozitivnom uzdužnom nagibu nivelete (usponu), u rasporedu »riblja kost«.

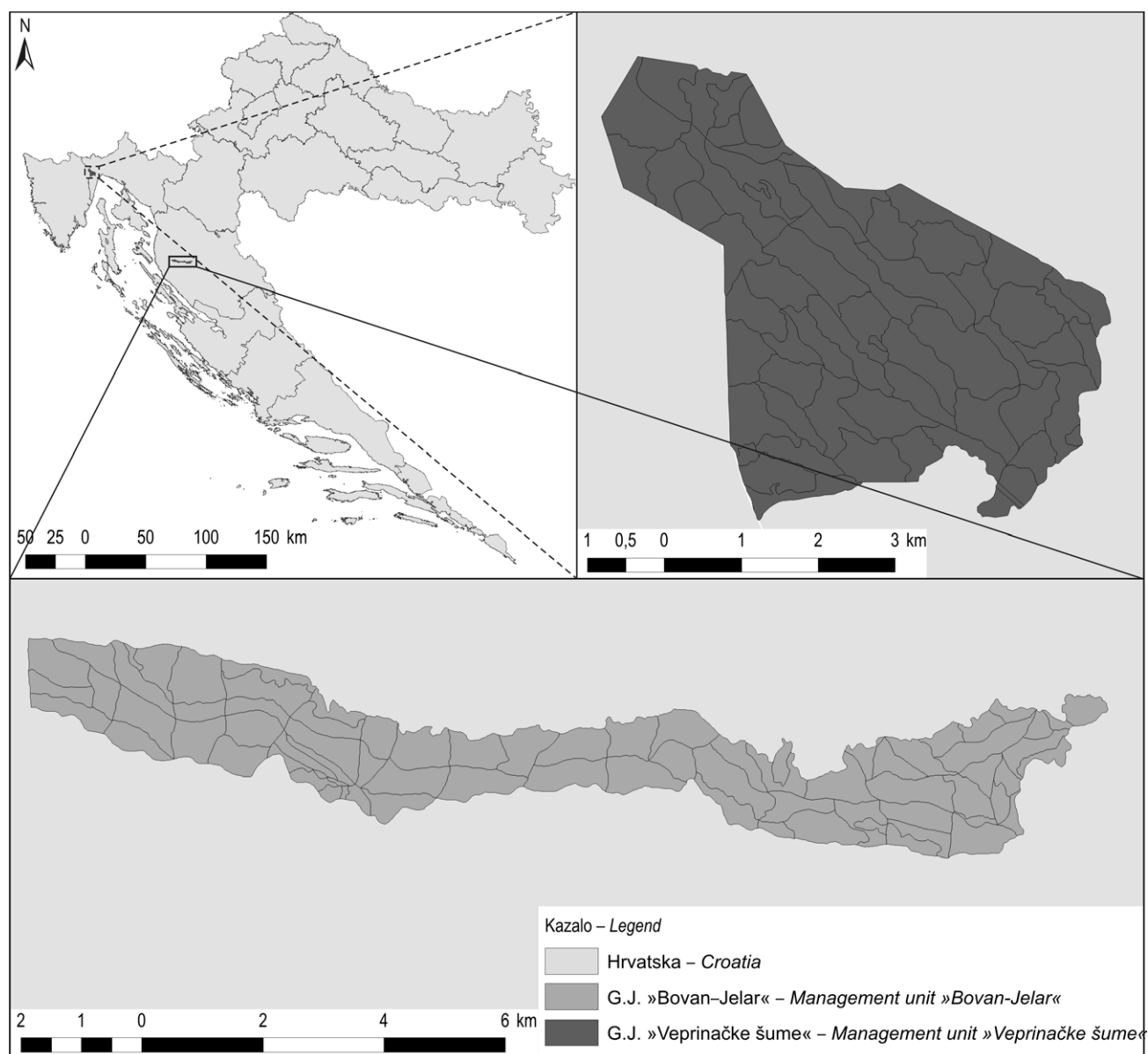
Na izrazito krškom terenu s obiljem kraških fenomena, poglavito vrtača, trase traktorskih putova treba voditi po prijevajima između vrtača, a na ostalim dijelovima šumske površine potrebno se prilagođavati konfiguraciji reljefa. Spuštanje trasa traktorskih putova u vrtače nije opravdano zbog vuče drva zglobovima traktorima uzbrdo posebno iz dubljih vrtača sa strmijim padinama. Ovdje je riječ o nepravilnom rasporedu.

3. Područje istraživanja – *Area of research*

Za područje je istraživanja odabrana gospodarska jedinica »Bovan-Jelar«, koja je sastavni dio masiva sjeverni Velebit, a proteže se u smjeru od istoka ka zapadu. Po svom smještaju i nadmorskoj visini ubraja



Slika 1. Različiti načini sekundarnoga otvaranja za različita reljefna područja
Fig. 1 Different methods of secondary openness for different timber harvesting systems



Slika 2. Položaj G.J. odabranih za istraživanje
Fig. 2 Position of selected Management Units

se u visoko gorje. Ukupna površina gospodarske jedinice iznosi 2 413,14 ha, od čega je obraslo 2 392,65 ha.

Pri sječi se i izradbi drva koristi sortimentna metoda. Primanje obloga drva obavlja se u sječini. Drvo se privlači skiderima opremljenima vitlom. Takav način primarnoga transporta drva zahtijeva dobru sekundarnu otvorenost. Zbog konfiguracije terena i razvijene orografije traktorski se putovi moraju graditi.

Osnovne su značajke otvaranja šuma i pridobivanja drva strm i razveden planinski teren, plitka tla, stjenovita podloga i teške građevinske kategorije materijala. Prosječan nagib terena iznosi 20 – 40°.

Navedene značajke ukazuju na potrebu dobre primarne i sekundarne otvorenosti šuma. Godišnji je etat (26,36 m³/ha) vrlo dobre kakvoće, a glavne su gospodarske vrste bukva i jela.

Primarna otvorenost cijele gospodarske jedinice »Bovan-Jelar« iznosi 9,97 m/ha, dok otvorenost sekundarnim šumskim prometnicama iznosi samo 26,74 m/ha. Promatramo li isključivo odabrano područje, tada primarna otvorenost iznosi 27,13 m/ha, dok sekundarna otvorenost iznosi 45,19 m/ha.

Istraživanja su provedena i u prebornim šumama G.J. »Veprinačke šume« Šumarije Opatija, UŠP Buzet. Ukupna je površina gospodarske jedinice 1

950,87 ha, od čega je obraslo 1 899,23 ha, neobraslo proizvodno 43,36 ha, neobraslo neproizvodno 3,12 ha te neplodno 5,16 ha. Gospodarska jedinica »Veprinačke šume« (slika 2) dio je planinskoga masiva Ćićarije. Najviša je točke na 1 144 m n.v., dok je najniža točka na 760 m n.v.

Pri sječi i izradbi drva primjenjuje se poludebovna metoda izradbe. Drvo se privlači zglobnim traktorima s vitlom. Takav način primarnoga transporta drva zahtijeva dobru sekundarnu otvorenost. Zbog konfiguracije terena i razvijene orografije traktorski se putovi moraju graditi. Primanje obloga drva obavlja se u sječini.

Osnovne značajke otvaranja šuma i pridobivanja drva su strm i razveden planinski teren, bogatstvo krških reljefnih fenomena, plitka tla, stjenovita podloga i teške građevinske kategorije materijala. Prosječan nagib terena iznosi 5 – 30°. Iz navedenih značajki očita je potreba dobre primarne i sekundarne otvorenosti. Godišnji je etat (41,59 m³/ha) vrlo dobre kakvoće, a glavna je gospodarska vrsta bukva.

Primarna otvorenost iznosi 8,58 m/ha, odnosno 16,78 m/ha, ako u obračun uzmemo staru talijansku javnu cestu s gornjim strojem izgrađenim od tucanika. Sekundarna otvorenost iznosi 101,94 m/ha.

4. Ciljevi i metode istraživanja – Research goal and methods

4.1 Ciljevi istraživanja – Goal of research

Ciljevi su ovoga istraživanja definirani ovim fazama rada:

- ⇒ osnivanje katastra sekundarnih šumskih prometnica,
- ⇒ analiza sekundarne relativne otvorenosti za odabrane duljine užeta vitla skidera,
- ⇒ projektiranje (razvoj) mreže sekundarnih šumskih prometnica.

4.2 Metode istraživanja – Work methods

4.2.1 Osnivanje katastra sekundarnih šumskih prometnica – Cadastre of secondary forest roads

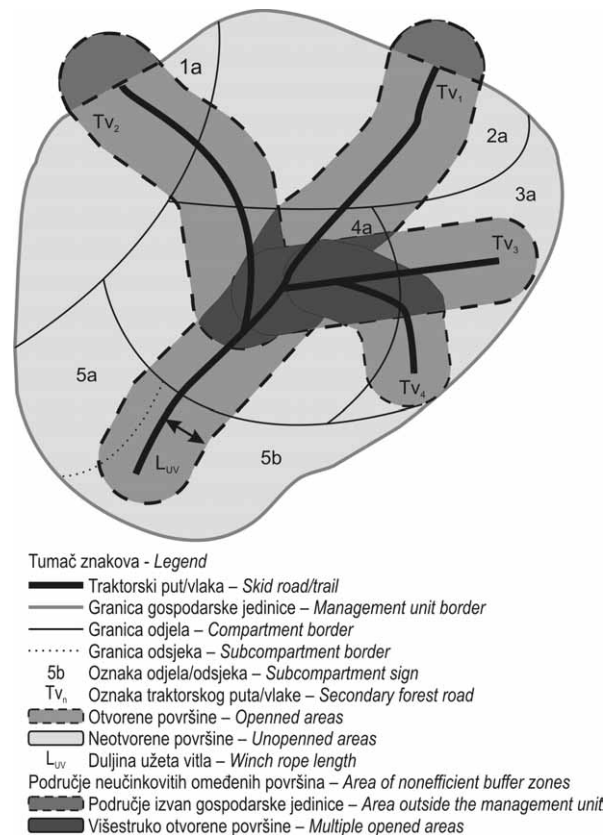
Cjelokupan je posao izrade katastra sekundarnih šumskih prometnica podijeljen u dva osnovna dijela: prvi je dio predstavljen terenskom izmjerom potrebnih podataka, a drugi dio obuhvaća unos i obradu podataka na računalu. Mjereno je tzv. povratnom metodom pri kojoj se snimanje obavlja hodanjem u oba smjera, što omogućuje bolje uklapanje podataka u prostor. Pri snimanju sekundarnih šumskih prometnica primjenjivali smo suvremene metode rada – uređaj GPS, Trimble, GeoExplorer 3, uz internu

antenu, a interval je snimanja bio pet sekundi. Dobiveni su podaci preuzeti i obrađeni pomoću programskog paketa GPS Pathfinder Office 2.80. i uvedeni u programski paket ArcGIS 9.3 te ucrtani na prije pripremljene digitalne zemljovide.

4.2.2 Analiza sekundarne relativne otvorenosti *Analysis of secondary relative openness*

Utvrđivanje se relativne otvorenosti sastoji u polaganju omeđenih površina (tzv. *buffera*) oko sastavnica složenoga sustava primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture (i oko primarnih šumskih prometnica jer je i s njih moguće skupljanje drva vitlom izrađenih drvnih sortimenata).

Omeđene su površine na svom rubnom dijelu udaljene od šumskih prometnica za veličinu korigirane odabrane duljine užeta vitla, ali i uvećane za vrijednost duljine sortimenata budući da se izračun temelji na usmjerenom rušenju. Sumiranjem izračunatih vrijednosti omeđenih površina koje su položene oko svih šumskih prometnica (presječne se omeđene površine dvije ili više primarnih i sekundarnih šumskih prometnica u obračun uzimaju samo jednom, i to redosljedom raščlambe) dobijemo ukupnu otvorenu ploštinu.



Slika 3. Određivanje sekundarne relativne otvorenosti
Fig. 3 Determination of secondary relative openness

Traktorski se putovi i traktorske vlake višega reda odvajaju od primarnih šumskih prometnica, a sekundarne šumske prometnice nižega reda od onih višega reda. Mrtve su zone područja višestruko otvorena s dvije ili više šumskih prometnica. Pojava je mrtvih zona vrlo često neizbježna zbog spojeva šumskih prometnica, nemogućnosti teorijski najpovoljnijih odvajanja šumskih prometnica na najkraćim dionicama i dr. Najčešće je pojava mrtvih zona rezultat lošega planiranja i prostornoga rasporeda šumskih prometnica.

Terenske prilike, različito reljefno područje, cjelovitost šumskoga područja, stručnost projektanta i pravilan odabir tehnologije pridobivanja drva pojedinoga područja određuju kakvoću pojedine mreže sekundarnih šumskih prometnica. Svi su navedeni parametri sastavni dio koeficijenta učinkovitosti koji predstavlja odnos zbroja ploština površina koje su otvorene s dvije ili više sekundarnih šumskih prometnica (zbroj presjeka omeđenih površina položenih oko svih traktorskih putova ili vlaka) i ukupne ploštine omeđenih površina. Izražava kakvoću polaganja sekundarnih šumskih prometnica i njihova razmještaja u prostoru, odnosno prikazuje koliki postotak omeđenih površina otvara neotvorenu površinu otvaranoga područja. Formula za izračun koeficijenta učinkovitosti mreže sekundarnih šumskih prometnica glasi:

$$k_U = 1 \times \frac{P_N}{P_O} \times 100 \quad (3)$$

gdje je:

- k_U koeficijent učinkovitosti mreže sekundarnih šumskih prometnica
 P_N ploština višestruko otvorenih omeđenih površina, ha
 P_O ploština otvorenih površina za odabranu tehnologiju pridobivanja drva, ha.

Pri ocjeni i komentaru sekundarne relativne otvorenosti koristit će se modificirani sustav procjene sekundarne relativne otvorenosti (Pentek 2002).

4.2.3 Otvaranje neotvorenih površina – *Opening of unopened areas*

Analizom sekundarne relativne otvorenosti postojećega stanja određene su neotvorene površine. Relativna je otvorenost izračunata za tri inačice duljine užeta vitla 30, 45 i 60 metara. Odabir prihvatljive duljine užeta određuje daljnje otvaranje neotvorenih površina jer se u obračun ulazi s poznatom vrijednošću širine *buffera*. Primijenjena se metoda omeđenih površina za odabranu duljinu užeta vitla temelji na pravilno korigiranoj duljini užeta zbog horizontalnih prepreka (dubeća stabla, stijene, po-

Tablica 2. Modificirani sustav procjene sekundarne relativne otvorenosti (Pentek 2002)

Table 2 Modified evaluation system of secondary relative openness (Pentek 2002)

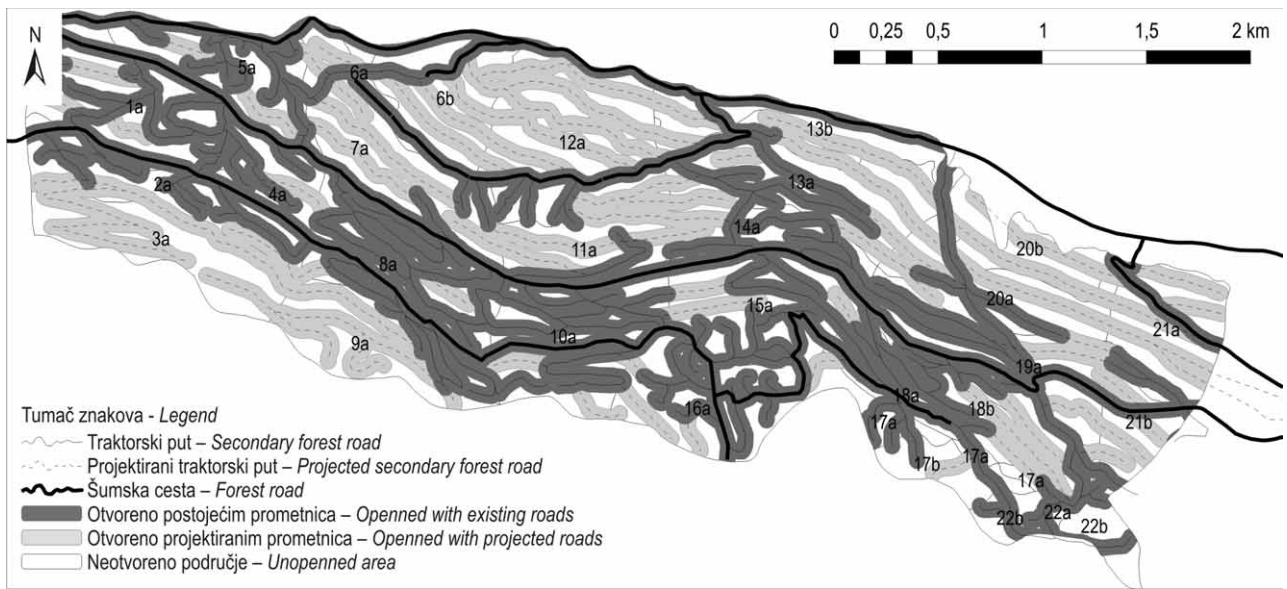
Relativna otvorenost <i>Relative openness</i>	Ocjena otvorenosti <i>Evaluation of openness</i>
< 60 %	Nedovoljna otvorenost (1) <i>Insufficient openness (1)</i>
60 - 70 %	Slaba otvorenost (2) <i>Weak openness (2)</i>
70 - 80 %	Jedva dobra otvorenost (3) <i>Barely good openness (3)</i>
80 - 90 %	Vrlo dobra otvorenost (4) <i>Very good openness (4)</i>
> 90 %	Odlična otvorenost (5) <i>Excellent openness (5)</i>

mladne površine, vodene prepreke i slično) i nagiba terena u smjeru privlačenja drva. Usmjereno rušenje stabala daje mogućnost povećanja duljine užeta jer je bitno da uže dođe do početka sortimenta, a time otvaramo i veću površinu. Neotvorena područja otvaraju se novoprojektiranim sekundarnim šumskim prometnicama sve do postizanja odlične sekundarne relativne otvorenosti, što za različitu duljinu užeta vitla ima za rezultat i znatno različite vrijednosti klasične sekundarne otvorenosti, odnosno ukupne gustoće sekundarnih šumskih prometnica.

5. Rezultati istraživanja s raspravom *Results with discussion*

U odabranim su odsjecima gospodarske jedinice »Bovan-Jelar« snimljena 123 traktorska puta ukupne duljine 46 656 m. Istraživano se područje proteže na površini od 942,10 ha, a sekundarna otvorenost traktorskim putovima iznosi 49,52 m/ha. Pri analizi sekundarne relativne otvorenosti odabrana je vrijednost pristupa površini od 45 m predstavljena duljinom užeta vitla skidera. Odabrana je duljina užeta vitla zbog nagiba terena i površinskih prepreka, korigirana za 10 % te uvećana zbog usmjerenoga obaranja, čime je i zadržana duljina od 45 m. Analiza je postojećega stanja, u odabranim odsjecima gospodarske jedinice »Bovan-Jelar«, pokazala kako se radi o nedovoljnoj sekundarnoj relativnoj otvorenosti (ocjena 1). Radi postizanja odlične sekundarne relativne otvorenosti urađeno je daljnje fino otvaranje područja istraživanja za odabranu duljinu užeta vitla.

Pri unapređivanju (nadogradnji) postojeće mreže sekundarnih šumskih prometnica, kao mjerodavna,



Slika 4. Otvorenost odabranih odsjeka G.J. »Bovan-Jelar»
Fig. 4 Openness of selected subcompartments of Management Unit »Bovan-Jelar»

odabrana je duljina užeta vitla od 45 m radi humanizacije rada i prilagođavanja zahtjevnim terenskim uvjetima. Za tu je inačicu projektiran veći broj idejnih trasa – 83 nova traktorska puta ukupne duljine 46 438,91 m. Novoprojektirana je mreža sekundarnih šumskih prometnica postigla sekundarnu relativnu otvorenost od 90,47 %, čime je postignuta odlična otvorenost (ocjena 5). Takva je sekundarna relativna otvorenost postignuta s gustoćom od samo 106,88 m/ha traktorskih putova. Teren je na promatranom području planinski, zbog čega i nije uzeta čitava gospodarska jedinica u razmatranje nego samo jedan njezin dio, ostatak gospodarske jedinice izrazito je strm i zaštitnoga je karaktera. Planinski je teren dosta strm, ali slabo razveden i poprilično jednoličan, čime se objašnjava manja sekundarna klasična otvorenost potrebna za postizanje odlične sekundarne relativne otvorenosti nego što je u prijašnjim istraživanjima (Jeličić 1983, Rebula 1983, Zdjelar 1990). Značajan doprinos učinkovitijoj mreži

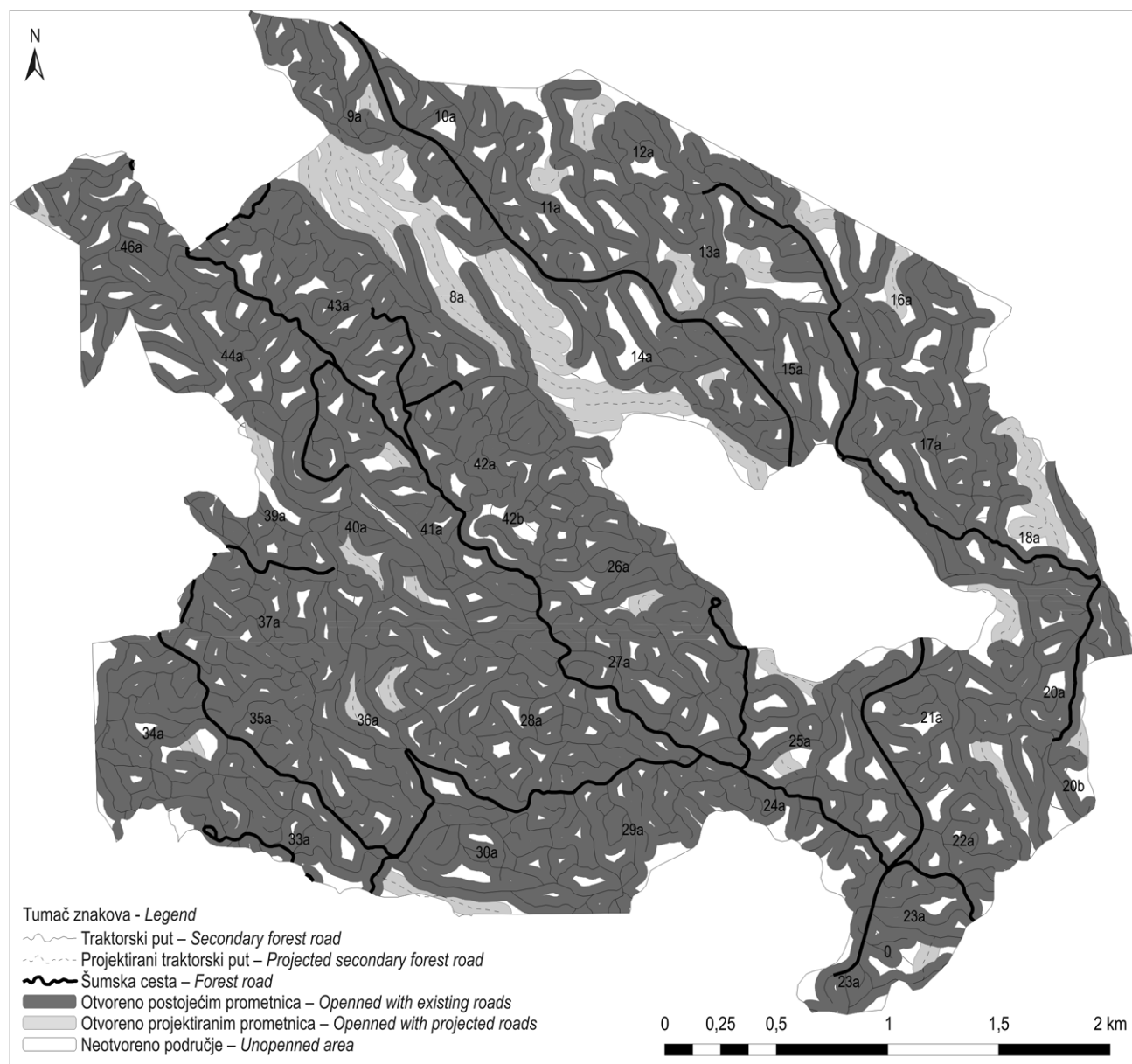
sekundarnih šumskih prometnica daje i primjena suvremenih tehnologija i metoda rada u postupku planiranja sekundarnih šumskih prometnica.

Istraživanja provedena u G.J. »Veprinačke šume« obuhvaćaju 1 326,10 ha šumske površine, a uključuju 629 traktorska puta ukupne duljine 152 893,44 m. Razlog tako velikomu broju traktorskih putova leži u činjenici da je teren planinski, izuzetno razveden velikim udjelom krških fenomena, stoga je i potreban veći broj traktorskih putova zbog velike razvedenosti terena. Na istraživanom je području postojeća relativna sekundarna otvorenost vrlo dobra (prema kategorizaciji koju je proveo Pentek 2002), a iznosi 83,13 %. Klasična sekundarna otvorenost iznosi 134,39 m/ha, a uključuje i primarne prometnice u obračun – javne i šumske ceste s kojih je moguće privlačenje.

Pri utvrđivanju sekundarne relativne otvorenosti odabrane su i analizirane tri različite vrijednosti pri-

Tablica 3. Relativna otvorenost za postojeću mrežu sekundarnih prometnica te za unaprijeđenu na istraživanom području G.J. »Veprinačke šume«
Table 3 Relative openness for existing secondary forest road network in Management Unit »Veprinačke šume«

Duljina užeta vitla Winch rope length	Otvoreno područje Opened area	Otvoreno novim TP Opened with new skid roads	Relativna otvorenost - Relative openness		Ocjena i komentar Mark and comment	
			Postojeća situacija Existing situation	Planirana situacija Planned situation		
			%			
1 (30 m)	870,87	945,27	65,67	71,28	2	3
2 (45 m)	1 105,03	1 195,22	83,33	90,13	4	5
3 (60 m)	1 213,70	1 291,81	91,52	97,41	5	5



Slika 5. Otvorenost odabranih odsjeka GJ. »Veprinačke šume»
Fig. 5 Openness of selected subcompartments in Management Unit »Veprinačke šume»

stupa površini: 30, 45 i 60 metara, koje predstavljaju duljine užeta vitla skidera. Odabrana je duljina užeta vitla zbog nagiba terena i površinskih prepreka smanjena za 10 %. Određeni su nagibi traktorskih putova i izračunati poprečni nagibi terena (nagibi terena okomiti na trasu traktorskih putova) koji predstavljaju smjer izvlačenja užeta i skupljanja drva vitlom izrađenih drvnih sortimenata. U obzir su uzete površinske prepreke, prostorni razmještaj dubočih stabala u sastojini te usmjereno rušenje stabala. Korigirane su vrijednosti uvećane za prosječnu vri-

jednost duljine sortimenata jer je dovoljno dohvatiti samo vrh pojedinoga, a čime se povećava ukupno područje prihvata drva.

Projektiranje je novih idejnih trasa bilo potrebno uraditi zbog unapređivanja postojeće mreže sekundarnih prometnica do razine odlične sekundarne relativne otvorenosti, što je i postignuto s 42 nova traktorska puta ukupne duljine 14 332 m. Sekundarna relativna otvorenost u tom slučaju iznosi 90,13 %, a klasična 144,12 m/ha. Znatna razlika u odnosu na prethodni primjer javlja se zbog pojave krških fe-

nomena, brojnih vrtača koje je potrebno zaobilaziti traktorskim putovima, a u tom se slučaju dobiva mnogo veća klasična otvorenost.

6. Zaključna razmatranja – *Concluding remarks*

Budući se u Republici Hrvatskoj pridobivanje drva obavlja po tlu kretnim strojevima, šumske su žičare vrlo rijetke, a helikopteri i drugi oblici zračnoga transporta nisu nikada primijenjeni, naglašena je potreba za dobrom primarnom i poglavito sekundarnom otvorenošću šuma šumskim prometnicama. Pri privlačenju se drva u šumskim područjima nagnutih brdskih i planinskih terena, zbog svekolikih sastojinskih i stanišnih uvjeta te troškovnih pokazatelja, koriste skideri opremljeni vitlom.

Uspoređujući dobivene rezultate s prijašnjim istraživanjima u sličnim stanišnim uvjetima (Rebula 1983, Zdjelar 1990) dobivena je optimalna (odlična) sekundarna relativna otvorenost s manjom ukupnom duljinom sekundarnih šumskih prometnica. Sličan je odnos i prema istraživanjima u susjednoj Bosni i Hercegovini koja ima karakteristično slične terene. Za bosanskohercegovačke je šume Jeličić (1983) preporučio sekundarnu otvorenost od 100 m/ha u jednodobnim do 200 m/ha u prebornim šumama.

U prijašnjim je istraživanjima (Pentek i dr. 2008), na sličnim terenima, obavljena optimizacija mreže sekundarnih šumskih prometnica za veći broj duljina užeta vitla: 30, 40, 50 i 60 metara. Zbog konfiguracije terena, horizontalnih prepreka, postojeće mreže sekundarnih šumskih prometnica (količine i prostornoga razmještaja) te radi humanizacije rada odabrana je duljina užeta vitla od 40 m. Postojeća je sekundarna relativna otvorenost iznosila 78,42 %. Projektiranjem 23,03 km novih traktorskih putova postignuta je odlična sekundarna relativna otvorenost od 90 % uz klasičnu sekundarnu otvorenost od 113,47 m/ha.

Uspoređujući dobivene rezultate s prijašnjim istraživanjima (Pičman i Pentek 2003), uz uvažavanje posebnosti pojedinih područja istraživanja, zamjetno je stalno razvijanje metoda procjene postojeće i optimizacije budućih mreža sekundarnih šumskih prometnica rezultat čega je postizanje odlične sekundarne relativne otvorenosti s manjom gustoćom sekundarnih šumskih prometnica.

Planiranje mreže sekundarnih šumskih prometnica značajno je određeno postojećom sekundarnom šumskom prometnom infrastrukturom koja često usmjerava daljnje otvaranje.

Analiza je sadašnjega stanja pokazala kako postojeća mreža sekundarnih prometnica vrlo često

nepotrebno otvara šumske površine dva ili više puta te smanjuje koeficijent učinkovitosti postojeće mreže prometnica. To je rezultat nesustavnoga otvaranja šuma u prošlosti.

Stoga je vrlo važno u onim šumskim područjima gdje se zahvat finoga otvaranja provodi od samoga početka, ili je sekundarna otvorenost vrlo loša, primjenjivati suvremene metode otvaranja šuma.

7. Literatura – *References*

- Heinimann, H. R., 2000: Forest Operations under Mountainous Conditions. Forests in Sustainable Mountain Development – a State of Knowledge Report for 2000, M. F. Price and N. Butt, Editors CABI Publishing: Wallingford, UK. Vol. IUFRO Research Series No. 5: 224–230.
- Heinimann, H. R., 2004: Forest Operations under Mountainous Conditions. Encyclopedia of Forest Sciences, Volume 1, Elsevier Academic Press, str. 279–285.
- Jeličić, V., 1983: Šumske ceste i putevi. SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb, 193 str.
- Košir, B., J. Krč, 2000: Where to Place and Built Forest Roads – Experience From the Model. Journal of Forest Engineering, 11 (1): 7–19.
- Krč, J., 1996: A model of timber skidding predicting. Proceedings »Planning and implementing forest operations to achieve sustainable forests» 19th Annual Meeting of COFE&IUFRO SGS 3.04–00, July 29 – August 1, Marquette, Michigan USA, str. 277–282.
- Krč, J., 2000: Selecting a wood transportation route with GIS technology. Research Reports Forestry and Wood Science and Technology, 61: 49–73, Ljubljana.
- Krpan, A., T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2003: Timber extraction technologies in Croatian mountainous selection forests. Proceeding of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains», Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18–24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, str. 161–168.
- Nevečerel, H., T. Pentek, D. Pičman, I. Stankić, 2007: Traffic load of forest roads as a criterion for their categorization – GIS analysis. Croatian Journal of Forest Engineering, 28 (1): 27–38.
- Pentek, T., 2002: Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbenike. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 271 str.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Environmental – ecological component of forest road planning and designing. International scientific conference: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment, Technical University in Zvolen, Slovakia, 16th – 17th September 2004, Proceeding CD/DVD MEDIJ, str. 94–102.

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

Pentek, T., H. Nevečerel, D. Pičman, T. Poršinsky, 2007: Forest road network in the Republic of Croatia – Status and perspectives. Croatian Journal of Forest Engineering, 28 (1): 93–106.

Pentek, T., H. Nevečerel, T. Poršinsky, D. Horvat, M. Šušnjar, Ž. Zečić, 2007: Quality planning of forest road network – precondition of building and maintenance cost rationalization – Austro2007/Formec'07 07th – 11th October, Vienna and Heiligenkreuz.

Pentek, T., H. Nevečerel, K. Dasović, T. Poršinsky, M. Šušnjar, I. Potočnik, 2010: Analiza sekundarne otvorenosti šuma gorskog područja kao podloga za odabir duljine uža vitla (*Analysis of secondary relative openness in hilly areas as a*

basis for selection of winch rope length). Šumarski list, 134 (5–6): 241–248.

Rebula, E., 1981: Optimalna otvorenost šuma. Mehanizacija šumarstva, 6 (3–4): 107–119.

Rebula, E., 1983: Optimalna gustoća traktorskih vlaka. Mehanizacija šumarstva, 8 (3–4): 317–321.

Rebula, E., 1990: Funkcije gozdnih vlak. Zbornik seminara o programiranju gradenj gozdnih prometnic, Ljubljana, str. 1–4.

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.

Zdjelar, M., 1990: Utjecaj metoda gradnje traktorskih vlaka na proizvodnost i ekonomičnost rada, oštećivanje stabala i naprezanje radnika. Mehanizacija šumarstva, 15 (1–2): 3–26.

Abstract

Possibilities of Application of Relative Openness in Secondary Forest Opening of Slope Forests in Croatia

For achieving a high-quality and efficient management of forest ecosystems (Pentek et al. 2010), it is necessary to provide an optimally distributed network of primary and secondary forest road infrastructure.

The openness of forest areas, the need to describe the existing situation and the tendency to rationalize the existing road network were described with traditional openness (density of forest roads). Traditional openness is a well-known parameter that has represented the size of the basis determined by the level of the achieved existing primary and secondary road density for a long time in forestry. In many previous researches, different authors described the current state with traditional openness of the secondary forest road network (Rebula 1983, Zdjelar 1990).

Traditional openness is a numeric data that says little about the quality of road distribution on the observed areas. It represents only the quantity and distribution of primary and secondary forest roads. The transitional form of the modern view of the subject matter is a combination of traditional openness and mean skidding distance (Pentek et al. 2010, Pentek et al. 2007). Relative openness has, lately, (Pentek et al. 2010, Pentek et al. 2007) been increasingly used as a variable that describes more precisely and accurately the actual state of forest road infrastructure and defines the need for further opening of forests.

The basic terrain characteristics (Šikić et al. 1989) such as relief altitudes, slopes and indented terrains determine the terrain configuration such as: the plain, hilly and mountainous terrains. Generally, relief and terrain can also be divided into plain and bumps, where the plains are – lowlands and plateaus, and bumps are – elevations (hills, highlands, mountains) and troughs (valleys, basins, river basins).

The relative openness is both a quantitative and qualitative parameter (Pentek 2010), which gives a good insight into the spatial distribution of forest roads, and expresses the ratio of surface forest area opened by forest roads and the total forest area in percentage terms. It is the parameter that (Pentek 2002), with a good insight into the spatial distribution of forest roads, gives the possibility of establishing open and unopened areas, and offers to designers the option of choosing the most appropriate version of forest road routes.

The relative openness is determined by the buffer method and the procedure consists in laying down the buffered areas around the forest road infrastructure. Primary and secondary relative openness can be distinguished depending on the category of forest roads.

The secondary relative openness provides information on quantity and spatial distribution of secondary forest road network. The procedure of determining the secondary relative openness is very similar to the process of determining the primary relative openness, but for the calculation of the buffer zone width around skid roads, skid trails

or cable-yarder lines, the mean skidding distance is not taken into account. Depending on applied timber harvesting technologies, the following parameters can be used:

- ⇒ winch rope length,
- ⇒ forwarder cranes,
- ⇒ length of the cable yarder rope for sideward skidding.

The primary forest road infrastructure is taken into consideration when calculating the secondary relative openness because the components of the primary forest road infrastructure can be used in winching roundwood. The importance of the quality of spatial distribution of secondary forest roads (skid roads and skid trails) is determined by the fact that with the same density of secondary roads, if their distribution is bad, the distance of timber extraction is twice bigger than when their distribution is carefully defined (Knežević 1980, Rebula 1981, Rebula 1983).

The secondary forest opening depends on the relief area in which the procedure of fine opening is carried out, as well as on the applied (possible) timber harvesting technologies.

On flat terrains, which allow skid road and skid trail routes to be laid out perpendicular to the contour lines, forest areas are opened in the shape of a rectangle network, i.e. components of secondary forest road network are separated from the primary components at right angle, and the components of lower order are also separated from those of higher order at right angle, within the network of secondary forest roads. Laying out the network of secondary forest roads in the plain area is not a major problem due to the fact that tractors can move in all directions, which makes the performance of the procedure very simple; no excavating is required, but only removing the stumps of cut trees. Here the system of secondary forest roads is represented through skid trails, which are in fact the defined timber extraction routes – the so called – parallel pattern.

On subhilly and hilly terrains with developed hydrographic network and indented relief interlaced with coves and ditches, skid roads and skid trails, adapting to and following the terrain configuration, crawl along the waterways and bays, and at final parts of the watercourses they can be branched in fan-shaped pattern, in the so-called plumose pattern and fishbone pattern.

In mountainous areas with large slope, skid roads and skid trails are developed on the slopes following them in an appropriate, allowable, positive longitudinal upward inclination – fishbone pattern.

In karst terrain with abundant karst phenomena, particularly sinkholes, the routes of skid roads should be laid out on passes between sinkholes, and in other parts of the forest area they must be adapted to the relief configuration. Laying out skid roads in sinkholes is not justified because of uphill timber skidding, especially from deep sinkholes with steep slopes – irregular pattern.

The research area was the Management Unit »Bovan-Jelar«, Forest Office Perušić, Forest Administration Gospić. It is an integral part of North Velebit massif, extending in the east to west direction. Due to its location and altitude, it is considered a high mountain area. The total area of forest management units amounts to 2,413.14 ha. The basic features of forest opening and harvesting are the steep mountainous terrain and indented, shallow soil, rocky substrates and heavy construction material categories. The average slope is 20–40°. These features suggest the need for good primary and secondary forest openness. The annual allowable cut (26.36 m³/ha) is of very good quality.

The primary openness of the complete Management Unit »Bovan-Jelar« is 9.97 m per ha, while the openness of secondary forest roads is only 26.74 m per ha. If only the selected area is taken into consideration, then the primary openness is 27.13 m per ha, while the secondary openness is 45.19 m per ha.

Researches were carried out in the selection forests of the Management Unit »Veprinačke šume«, Forest Office Opatija, Forest Administration Buzet. The total area of management units is 1,950.87 ha. The Management Unit »Veprinačke šume« is part of the mountain Čičarija. The basic features of forest opening and harvesting are steep and indented mountainous terrain, rich with karst phenomena, shallow soil, rocky substrates and heavy construction material categories. The average slope is 5–30°. Based on these features, the need for an effective primary and secondary openness is obvious. The annual allowable cut (41.59 m³/ha) is of very good quality.

The primary openness is 8.58 m/ha, or 16.78 m/ha, if the old Italian public road with a superstructure made of crushed gravel is taken into account. The secondary openness is 101.94 m/ha.

The objectives of this study were defined through the following phases of work:

- ⇒ establishment of the secondary forest road cadastre,
- ⇒ analysis of the secondary relative openness for the selected skidder winch rope length,
- ⇒ designing (development) of the secondary forest road network.

In the selected subcompartments of the Management Unit »Bovan-Jelar«, 123 skid roads were investigated of a total length of 46,656 m. The research area covers 942.10 hectares and the secondary openness with skid roads is 49.52 m per ha. In the analysis of the secondary relative openness, the value of access to an area of 45 m was chosen based on the skidder winch rope length. Due to the terrain slope and surface barriers, the selected winch rope length was corrected by 10% because of the increased directional felling. The analysis of conditions in the selected subcompartments of the Management Unit »Bovan-Jelar« showed a lack of the secondary relative openness. In order to achieve excellent secondary relative openness, a fine opening of further research areas was done for the selected winch rope length.

When improving (upgrading) the existing network of secondary forest roads, the winch rope length of less than 45 m was selected as relevant, with the aim of providing work humanization and adapting to the demanding terrain conditions. For this version, a high number of conceptual routes were designed – 83 new skid roads of a total length of 46,438.91 m. The newly designed secondary forest road network reached the secondary relative openness of 90.47%, by which excellent openness was achieved. Such secondary relative openness was achieved with a density of only 106.88 m per ha of skid roads. The terrain of the observed area is mountainous and this is why the whole management unit was not taken into consideration. The rest of the management unit is extremely steep and has a protective character. The mountainous terrain is quite steep, but only slightly indented and rather unchanging, which explains the smaller traditional openness required to achieve excellent secondary relative openness than was the case in the previous studies (Jeličić 1983, Rebula and Zdjelar 1983, 1990). A significant contribution to a more efficient network of the secondary forest roads is provided by the application of modern technologies and methods in the planning of secondary forest roads.

Surveys conducted in the Management Unit »Veprinačke šume« cover 1,326.10 ha of forest area and include 629 skid roads of a total length of 152,893.44 m. The reason for such a large number of skid roads lies in the fact that the terrain is mountainous, very indented with a large amount of karst phenomena, and hence a higher number of skid roads is necessary because of large terrain indentation. In the researched area the existing secondary relative openness is very good (according to Pentek 2002), and it amounts to 83.13%. Traditional secondary openness is 134.39 m per ha, and it includes the primary roads: the public roads and forest roads with skidding possibilities.

The secondary relative openness was determined for three different skidder winch rope lengths: 30, 45 and 60 meters. The chosen winch rope length was decreased by 10% because of the terrain slope and surface barriers. The surface barriers, spatial distribution of standing trees in the stand and directed trees felling were also taken into consideration. The corrected values were increased by the average value of timber assortments because it is enough to reach only the top of an individual assortment to increase the total area of reach of a tree. Designing new conceptual routes had to be done to improve the existing secondary road network to an excellent level of the secondary relative openness, which was achieved with 42 new skid roads of a total length of 14,332 m. The secondary relative openness in this case amounts to 90.13%, and the road density is 144.12 m per ha.

In the Republic of Croatia harvesting is done by ground machinery, cable-yarders are very rare, and helicopters and other forms of air transport are not applied. Therefore, good primary and especially secondary forest openness by forest roads is extremely important.

Comparing the results with previous studies in similar conditions (Rebula 1983 and Zdjelar 1990), the optimal secondary relative openness was achieved with less total length of secondary forest roads. A similar result was obtained by research of the terrain with similar characteristics in Bosnia and Herzegovina (Jeličić 1983), according to which secondary openness of 100 m per ha was recommended in even-aged forests and up to 200 m per ha in selection forests.

In earlier studies (Pentek et al. 2008), in similar terrains, secondary forest road network optimization has been done for a various number of winch rope lengths: 30, 40, 50 and 60 meters. Due to terrain conditions, horizontal barriers, existing secondary forest road network and in order to provide work humanization, the winch rope length of 40 m was selected. The current secondary relative openness was 78.42%. By designing 23.03 km of new skid roads, an excellent secondary relative openness of 90% has been achieved with the traditional secondary openness of 113.47 m per ha.

Comparing the results with previous studies (Pičman and Pentek 2003), taking into account the particularities of individual research areas, results in constantly developing methods for estimating the existing and optimizing future networks of secondary forest roads, thus achieving an excellent secondary relative openness with lower density of secondary forest roads.

Planning a network of secondary forest roads is significantly determined by the existing secondary forest road infrastructure, which often directs further opening.

The analysis of the current situation showed that the forest area is opened by the existing network of secondary roads two or even several times more than necessary, thus reducing the efficiency coefficient of the existing road network. This is the result of unsystematic forest opening in the past.

It is therefore very important to use the modern methods of forest opening in the forest areas where the procedure of fine opening has been applied from the start, or where the secondary openness is very bad.

Keywords: relative openness, traditional openness, timber harvesting, relief area, Republic of Croatia

Adresa autorâ – Authors' address:

Izv. prof. dr. sc. Dragutin Pičman

e-pošta: dpicman@sumfak.hr

Izv. prof. dr. sc. Tibor Pentek

e-pošta: pentek@sumfak.hr

Dr. sc. Hrvoje Nevečerel

e-pošta: hnevecerel@sumfak.hr

Ivica Papa, dipl. inž. šum.

e-pošta: papa@sumfak.hr

Kruno Lepoglavec, dipl. inž. šum.

e-pošta: lepoglavec@sumfak.hr

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije

Svetošimunska 25

HR-10 000 Zagreb

HRVATSKA