

Studija primarnog otvaranja šuma za gospodarsku jedinicu Mala Plješivica šumarije Korenica, UŠP Gospić

Sabljić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:299663>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-08**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK**



IVAN SABLJIĆ

**STUDIJA PRIMARNOG OTVARANJA ŠUMA ZA
GOSPODARSKU JEDINICU „MALA PLJEŠIVICA”
ŠUMARIJE KORENICA, UŠP GOSPIĆ**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, listopad 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

STUDIJA PRIMARNOG OTVARANJA ŠUMA ZA
GOSPODARSKU JEDINICU „MALA PLJEŠIVICA” ŠUMARIJE
KORENICA, UŠP GOSPIĆ

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: : Šumarstvo, smjer Tehnika, tehnologija i menadžment u šumarstvu

Predmet: Otvaranje šuma

Ispitno povjerenstvo: 1. izv. prof. dr. sc. Ivica Papa

2. prof. dr. sc. Tibor Pentek

3. prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky

4. Izv. prof. dr. sc. Andreja Đuka (zamjenski član)

Student : Ivan Sabljic

JMBAG: 0068229205

Datum odobrenja teme: 26. travnja 2024.

Datum predaje rada: 22. listopada 2024.

Datum obrane rada: 25. listopada 2024.

Zagreb, listopad 2024.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Studija primarnog otvaranja šuma za gospodarsku jedinicu „Mala Plješivica“ šumarije Korenica, UŠP Gospić
Title	Case Study of Primary Forest Accessibility for Management Unit „Mala Plješivica” Forestry Office Korenica, Forest Administration Gospić
Autor	Ivan Sabljčić
Adresa autora	Josipa Jovića 42a, Korenica
Mjesto izrade	Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Ivica Papa
Izradu rada pomogao	Mihael Lovrinčević, mag. ing. silv.
Godina objave	2024.
Obujam	Poglavlja: 8, stranica: 64, slika: 21, Tablica: 12, navoda literature: 66
Ključne riječi	Šumske ceste, relativna otvorenost šuma, geometrijska udaljenost privlačenja drva, ArcGIS
Key words	Forest roads, relative forest openness, geometric distances of timber extraction, ArcGIS

Sažetak

Šumska je prometna infrastruktura preduvjet održivom i suvremenom šumarstvu. Kvalitetnim rasporedom prometnica moguće je izvršiti zacrtane planove šumskogospodarskim planovima i povećati uporabu općekorisnih funkcija šuma. Isto tako, lošim rasporedom može negativno utjecati na šumski ekosustav. Iz tog razloga, nužno je utvrditi kvantitetu i kvalitetu postojećih mreža šumskih cesta te, ukoliko je potrebno, kako bi se dosegla ciljana otvorenost područja, predložiti kvalitetno daljnje otvaranje šumskih kompleksa. Ovim diplomskim radom analizirala se postojeća mreža šumskih cesta i predložilo daljnje otvaranje primarnom šumskom prometnom infrastrukturom u gospodarskoj jedinici „Mala Plješivica“, šumarija Korenica, UŠP Gospić. GIS istraživanog područja izrađen je na temelju podataka dobivenih od javnog poduzeća Hrvatske šume d.o.o. dok je uspostava registra primarne šumske prometne infrastrukture istraživanog područja obavljena u programskom alatu MS Office (2016). Rezultati analiza postojećeg stanja ukazuju na potrebu daljnjeg primarnog otvaranja te se u tu svrhu gospodarska jedinica otvarala sa 18 novih inačica nultih linija ukupne duljine 28,775 metara. Predložena unaprijeđena mreža primarne šumske prometne infrastrukture daje jako dobru primarnu relativnu otvorenost od 81,81 % dok se srednja geometrijska (euklidska) udaljenost privlačenja drva smanjila na 134,62 metara. Koeficijent učinkovitosti mreže šumskih prometnica unaprijeđenog stanja se smanjio za 0,60 % te sad ukupno iznosi 57.86 %.

AB (Abstract)

Forest transport infrastructure is a prerequisite for sustainable and modern forestry. With a high-quality forest road network, it is possible to carry out forest management plans and increase the use of the forest functions of general benefit. On the other hand, a bad network layout can negatively affect the forest ecosystem. For this reason, it is necessary to determine the quantity and quality of the existing forest road network and, if necessary, in order to achieve the targeted accessibility of the area, to propose a new forest roads. This thesis deals with the analysis and planing of primary forest road infrastructure in the forest management unit “Mala Plješivica” forestry office Korenica, forest administration Gospić. The GIS of the studied area was created based on data obtained from the public company Hrvatske šume d.o.o, while the establishment of the primary forest road infrastructure register for the studied area was created using the MS Office software (2016). The results of the analysis of the current state indicate the need for futrher primary road development. For this purpose, 18 new versions of zero lines with a total length of 28,775 meters were added to the forest management unit. The improved network of primary forest road infrastructure provides very good relative accessibility of 81,81 %, while the mean geometric (euclidean) timber extraction distance has been reduced to 134,62 meters. The efficiency coefficient of the forest road network of the improved network decreased by 0,60 %, now totaling 57,86 %.



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

OB FŠDT 05 07

Revizija: 2

Datum: 29.04.2021.

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 25. listopada 2024. godine

vlastoručni potpis

Ivan Sabljic

PREDGOVOR

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Ivici Papi na stručnom vodstvu i korisnim savjetima, kako tijekom izrade ovog diplomskog rada, tako i za vrijeme trajanja studija. Njegova podrška i savjeti bili su od velike pomoći u postizanju ovog uspjeha. Također, želim zahvaliti Mihaelu Lovrinčeviću mag. ing. silv. na uloženom trudu čija je pomoć doprinijela kvaliteti ovoga rada.

Ipak, najviše zahvaljujem svojim roditeljima, bratu, sestri, zaručnici i prijateljima na njihovoj neizmornoj podršci, strpljenju i pomoći tijekom svih ovih godina studiranja.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OTVARANJE ŠUMA.....	2
2.1. Podjela šumske prometne infrastrukture u Republici Hrvatskoj.....	2
2.1.1. Primarna šumska prometna infrastruktura	3
2.1.1.1. Podjela šumskih cesta prema značenju	3
2.1.1.2. Podjela šumskih cesta s obzirom na propisane horizontalne sastavnice	4
2.1.1.3. Podjela šumskih cesta s obzirom na propisane vertikalne sastavnice.....	7
2.2. Parametri procjene kvantitete i kvalitete mreže šumskih prometnica	9
2.2.1. Gustoća šumskih prometnica.....	9
2.2.2. Gustoća šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj kroz povijest	9
2.2.2.1. Kriteriji za određivanje gustoće šumskih cesta definirani tehnički uvjeti za gospodarske ceste	10
2.2.2.2. Kriteriji za određivanje gustoće šumskih cesta definirani Pravilnikom o provedbi intervencije 73.08.	11
2.2.3. Relativna otvorenost.....	13
2.2.3.1. Primarna relativna otvorenost.....	13
2.2.4. Koeficijent učinkovitosti.....	14
2.2.5. Međusobni razmak šumskih cesta.....	16
2.2.6. Srednja udaljenost privlačenja drva.....	17
3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	22
4. MJESTO ISTRAŽIVANJA.....	23
4.1. Orografske i hidrografske prilike.....	23
4.2. Geološka podloga i tlo.....	24
4.3. Šumske zajednice	25
4.4. Pridobivanje drva	26
4.5. Ugroženost šuma od požara	28
4.6. Zanimljivosti vezane za gospodarsku jedinicu „Mala Plješivica”	30
5. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	31
5.1. Geoinformacijski sustav	31
5.2. GIS u šumarstvu	33
5.3. Određivanje klasične otvorenosti putem GIS alata	34
5.4. Određivanje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva putem GIS alata	34
5.5. Određivanje relativne otvorenosti šuma putem GIS alata	35
5.6. Modelbuilder	36
5.7. Analiza relativne otvorenosti putem ModelBuilder-a	36

5.8. Definiranje idejnih trasa budućih šumskih cesta	38
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	39
6.1. Analiza postojećeg stanja mreže primarnih šumskih prometnica gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	39
6.2. Analiza postojećeg stanja geometrijskih udaljenosti privlačenja drva gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	43
6.3. Analiza postojećeg stanja relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	45
6.4. Prijedlog daljnjeg otvaranja gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	47
6.5. Analiza unaprijeđenog stanja geometrijskih udaljenosti privlačenja drva gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	50
6.6. Analiza unaprijeđenog stanja relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“ ...	54
7. RASPRAVA I ZAKLJUČAK	59
8. LITERATURA	61

KAZALO SLIKA

Slika 1. Podjela šumske prometne infrastrukture (Pentek 2014)	3
Slika 2. Podjela šumskih cesta prema značenju (Šikić i dr. 1989)	4
Slika 3. Kriteriji za izračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture (Šikić i dr. 1989).....	11
Slika 4. Koeficijent učinkovitosti pojedine šumske ceste (Pravilnik o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027).....	15
Slika 5. Model najmanjih ukupnih troškova privlačenja drva i troškova povezanih sa šumskim cestama (Poršinsky 2008 prema Dietz i dr. 1984)	16
Slika 6. Osnovne faze pridobivanja drva prema (Poršinsky 2008)	27
Slika 7. Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja drva (Poršinsky 2005)	28
Slika 8. Stupanj ugroženosti od požara u gospodarskoj jedinici „Mala Plješivica“	29
Slika 9. Ostaci spomenika na Bijelim potocima (Foto: Renata Rudelić).....	30
Slika 10. Prikaz vektorskog i rasterskog oblika podataka (Tutić i dr. 2002)	32
Slika 11. Primjer ModelBuilder-a. IZVOR: https://desktop.arcgis.com	36
Slika 12. Korišteni model za izračun primarne relativne otvorenosti šuma	37
Slika 13. Karta postojeće primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	40
Slika 14. Karta primarne šumske prometne infrastrukture koja ulazi u obračun klasične otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	43
Slika 15. Karta postojeće euklidske (geometrijske) srednje udaljenosti privlačenja gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	44
Slika 16. Karta postojeće primarne relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	46
Slika 17. Karta unaprijedene klasične otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	49
Slika 18. Karta unaprijedene euklidske (geometrijske) srednje udaljenosti privlačenja gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	51
Slika 19. Karta unaprijedene relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	55
Slika 20. Odnos klasične i relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	57
Slika 21. Odnos relativne otvorenosti i koeficijenta učinkovitosti mreže šumskih prometnica gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	57

KAZALO TABLICA

Tablica 1. Propisane širine planuma pri projektiranju šumskih cesta (Šikić i dr. 1989).....	5
Tablica 2. Horizontalne sastavnice različitih kategorija šumskih cesta (Pentek i dr. 2007, Nevečerel 2010)	5
Tablica 3. Propisane širine planuma prema Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18)	6
Tablica 4. Najveći dopušteni uzdužni nagib pri projektiranju šumskih cesta (Šikić i dr. 1989).....	8
Tablica 5. Najveći dopušteni uzdužni nagib pri projektiranju šumskih cesta prema Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18).....	8
Tablica 6. Vrste tala gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	24
Tablica 7. Šumske zajednice gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	25
Tablica 8. Registar postojeće primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	41
Tablica 9. Registar unaprijeđene primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	47
Tablica 10. Prikaz postojeće i unaprijeđene geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	52
Tablica 11. Koeficijent učinkovitosti pojedine novoplaniranih šumskih cesta gospodarske jedinice „Mala Plješivica“	56
Tablica 12. Tablica registarskih oznaka planiranih šumskih cesta i njihov utjecaj na klasičnu i relativnu otvorenost te koeficijent učinkovitosti mreže šumskih prometnica	58

1. UVOD

Šumska područja i šumsko zemljište u Republici Hrvatskoj zauzimaju površinu od 2.759.039 hektara, što predstavlja gotovo polovicu kopnene površine države. Od toga, najveći dio (2.024.461 hektara), je u državnom vlasništvu i pod upravljanjem poduzeća Hrvatske šume d.o.o. (godišnje izvješće 2022. dioničarskog društva Hrvatske šume, 2023.) Ključnu ulogu s ciljem racionalnog gospodarenja navedenih šumskih ekosustava ima šumska prometna infrastruktura, a njihova odsutnost otežava ekonomski razvoj (Hermann 2001). Heinemann (2021) navodi kako upravo šumske ceste omogućuju prijevoz ljudi i dobara između različitih lokacija, od ishodišnih do krajnjih točaka. Brinker i Tufts (1995) također tvrde kako je pravilno isplanirana i izgrađena mreža šumskih puteva, preduvjet je za učinkovito i održivo gospodarenje šumskim resursima, koja, prema Tehrani i dr. (2015), omogućava ne samo pridobivanje drva, već i kontrolu te prevenciju požara i biološki uzrokovanih šumskih šteta. Jeličić (1983) ističe kako se uporabom šumskih prometnica olakšava pravilna i pravodobna njega šumskih sastojina, koje ujedno omogućuju uporabu mehanizacije u svim fazama šumskih radova kao što su sječa, izrada i privlačenje drva. Također šumske prometnice, osiguravaju prijevoz radnika i opreme na udaljena šumska radilišta, što dovodi do bolje organizacije rada i racionalnijeg upravljanja resursima. One su također važne za zaštitu šuma, jer omogućuju brzu intervenciju nadzornih službi u slučaju izbijanja požara ili pojave bolesti (Hermann i dr. 2001), a olakšavaju i procese izmjere i upravljanja šumskim ekosustavima. Pravilan raspored šumske prometne infrastrukture omogućuje učinkovitu izvedbu svih zadataka predviđenih šumsko uzgojnim planom na određenom području, uz smanjenje operativnih troškova i postizanje veće razine učinkovitosti. Šumske prometnice imaju iznimno širok spektar primjene, te prema Potočniku (1996) šumske prometnice, osim produktivnih funkcija, imaju raznovrsne druge rekreativne zadaće.

Iz tog razloga, nužno je na terenu uspostaviti optimalnu mrežu šumskih prometnica. Pentek (2002) za procjenu optimalnosti mreže šumskih prometnica uključuju ekonomske, tehničko-tehnološke, ekološko-estetske, sociološke i druge aspekte. Na temelju ovih kriterija definira se potreba za daljnjim otvaranjem šuma i određuju se područja gdje je daljnje otvaranje potrebno. Studije primarnog otvaranja koje se izrađuju tijekom planiranja šumskih cesta, a obuhvaćaju razdoblje od 10 do 20 godina, postavljaju temelje za projektiranje i izgradnju šumskih prometnica koje imaju široku primjenu ne samo u šumarstvu, već i u drugim aspektima društva.

Uspostavljanje optimalne mreže primarnih šumskih prometnica na terenu obvezatno odvija u ovim radnim fazama: planiranje, projektiranje, izgradnja s nadzorom i održavanje. Te su faze međusobno povezane i svaka ovisi o uspješnom dovršetku prethodne, što znači da ih treba provoditi točnim redoslijedom kako su navedene (Pentek i dr. 2004). Uz osnovne radne faze primarne šumske prometne infrastrukture, povremeno se pojavljuju još dvije radne faze: faza rekonstrukcije šumskih cesta i faza stavljanja izgrađenih šumskih cesta izvan uporabe (Pentek 2012).

2. OTVARANJE ŠUMA

Pojam otvaranja šuma odnosi se na omogućavanje pristupa šumskim površinama putem prometnica, pa tako Dietz i dr. (1984) dijele otvaranje šuma na tri sustava ovisno o prohodnosti terena i nagiba na:

- lako prohodne terene s nagibom $< 20\%$ koji se otvaraju šumskim cestama i neizgrađenim traktorskim vlakama,
- teško prohodne terene s nagibom $> 20\%$ koji se otvaraju šumskim cestama i sustavom izgrađenih traktorskih puteva,
- izrazito strmi i nedostupni tereni, koji se otvaraju šumskim cestama i sustavom žičnih linija.

Pentek i dr. (2006) naglašavaju kako otvaranje šuma ne smije biti stihijsko i usmjereno samo k povećanju broja šumskih prometnica. Nadalje, naglašavaju kao je potrebna izrada studije primarnog otvaranja za svako šumsko područje, čime se omogućuje razvoj cjelovitih i opće prihvatljivijih rješenja temeljenih na znanstveno stručnim principima.

Isti autori, opisuju studiju primarnog otvaranja šuma kao protokol kojeg se pri otvaranju šuma treba pridržavati, koji ujedno predstavlja interakciju suvremenih tehnologija, strukovnog znanja, informatičkih dostignuća, stručnosti i iskustva, a obuhvaća:

- ✓ definiranje osnovne funkcije šuma, sastojinskog oblika i način gospodarenja, te dizajniranje i uspostava GIS-a istraživačkog područja,
- ✓ raščlambu postojeće mreže primarne šumske infrastrukture,
- ✓ određivanje potencijalnih trasa budućih šumskih cesta,
- ✓ raščlambu odabranih mogućih lokacija budućih šumskih cesta i postizanje ciljane otvorenosti,
- ✓ optimiziranje mreže odabranih šumskih cesta glede visinskog razvijanja trase,
- ✓ ispitivanje opstojnosti modela na terenu.

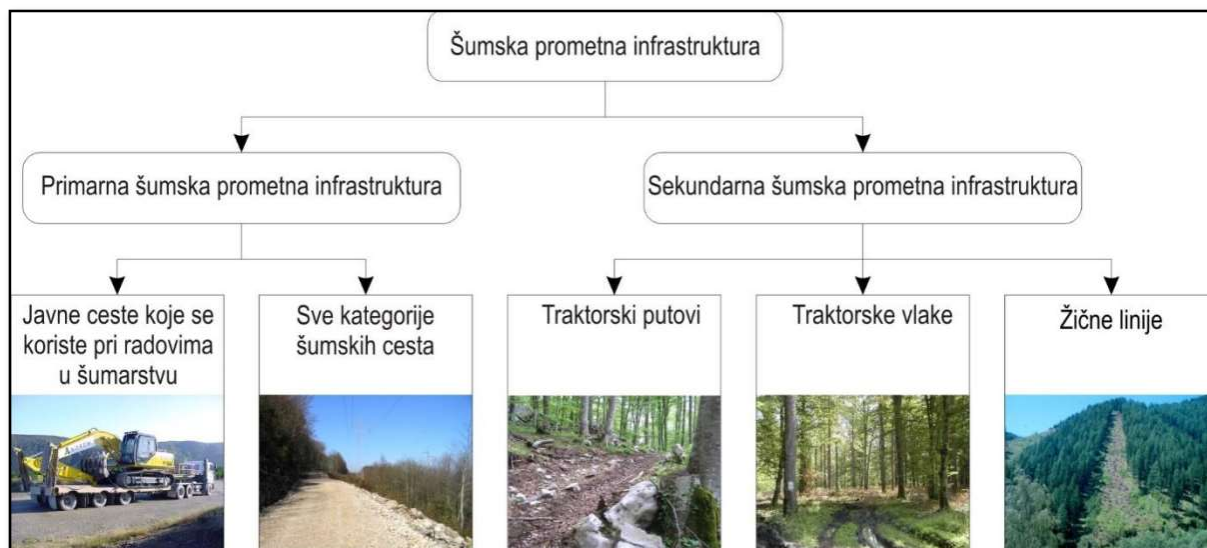
2.1. Podjela šumske prometne infrastrukture u Republici Hrvatskoj

Prema Tehničkim uvjetima za gospodarske ceste (Šikić i dr. 1989) šumske se prometnice, s obzirom na promet koji se njima odvija, dijele na: primarne i sekundarne šumske prometnice.

U primarne šumske prometnice ubrajamo sve prometnice koje omogućuju stalni promet motornih vozila tijekom cijele godine unutar šumskog područja. U ovu skupinu ubrajaju se šumske ceste, kao i određene javne i nerazvrstane ceste koje imaju važnu ulogu u šumarstvu tijekom izvršenja zadataka predviđenih šumskogospodarskim planom kao što su: prijevoz drvne mase, uzgoj i njega šumskih sastojina, zaštita šumskih resursa i lov. Konstruirane su tako da osiguraju trajnost i otpornost, sastoje se od donjeg i gornjeg ustroja sa svim tehničkim obilježjima ceste. Izgradnja ovih prometnica oduzima plodno tlo na prostoru planuma ceste, a

kad se zatvore ili stave izvan uporabe, može se provesti revitalizacija staništa kako bi se zemljište djelomično vratilo u prvotno stanje (Šikić i dr. 1989).

U sekundarne šumske prometnice ubrajaju se traktorski putovi, traktorske vlake i žične linije. Ove prometnice imaju ograničenu uporabu, služeći uglavnom tijekom radova na privlačenju i pridobivanju drva. Njihova glavna uloga je osigurati pristup radnim strojevima za privlačenje drva od mjesta sakupljanja do pomoćnog stovarišta ili do primarnih šumskih prometnica, čime se omogućuje primarni transport drva unutar šumskog područja (Pentek i dr., 2014b).



Slika 1. Podjela šumske prometne infrastrukture (Pentek 2014)

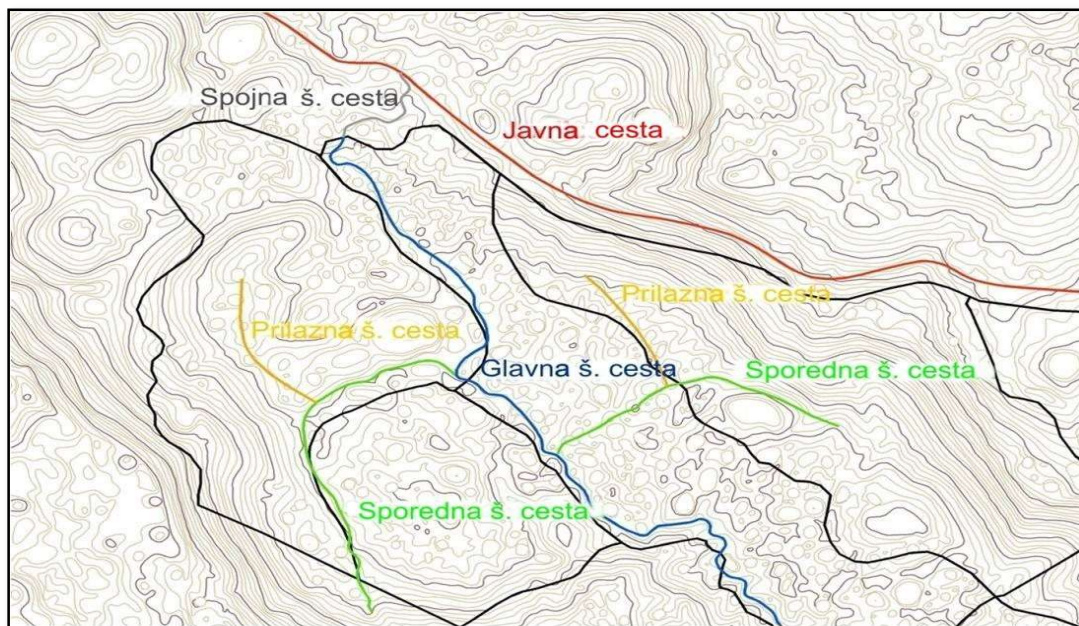
2.1.1. Primarna šumska prometna infrastruktura

Primarne šumske prometnice su neophodna infrastruktura i nužan preduvjet koji treba zadovoljiti pri intezivnom, integriranom, visoko mehaniziranom, okolišno osviještenom, ekološki usmjerenom, ekonomski opravdanom gospodarenju šuma, temeljenom na principima potrajnosti, bioraznolikosti i prirodnosti šuma. Nemoguće je gospodariti prema navedenim načelima ako na određenom šumskom području na postoji optimalna mreža primarne šumske prometne infrastrukture. (Pentek 2012).

2.1.1.1. Podjela šumskih cesta prema značenju

Prema Šikić-u i dr. (1989), mrežu gospodarskih cesta u šumarstvu možemo prema značenju podijeliti u slijedeće kategorije:

- ✓ Spojne šumske ceste - osiguravaju stalnu vezu između šumskih cesta i javnih prometnica, omogućujući neprekidan promet tijekom cijele godine.
- ✓ Glavne šumske ceste - prolaze kroz šumska područja i služe za povezivanje šumskih kompleksa s javnim prometnicama, bilo izravno ili posredno.
- ✓ Sporedne šumske ceste - odvajaju se od glavnih i pružaju pristup manjim dijelovima šumskih kompleksa, čime omogućuju dodatnu otvorenost šumskih površina.
- ✓ Prilazne šumske ceste - omogućuju povezivanje glavnih i sporednih cesta s radnim područjima unutar šume, omogućujući lakši pristup većim ili manjim šumskim radilištima.



Slika 2. Podjela šumskih cesta prema značenju (Šikić i dr. 1989)

Sukladno Pravilniku o provedbi mjere M04 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3.»Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano za 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. (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18) te intervenciju 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023. – 2027 prilazne šumske ceste su u Novim tehničkim značajkama razdijeljene u dvije nove potkategorije: prilazne šumske ceste tipa A i prilazne šumske ceste tipa B.

2.1.1.2. Podjela šumskih cesta s obzirom na propisane horizontalne sastavnice

Prilikom projektiranja i izgradnje šumskih cesta, potrebno je odrediti odgovarajuću širinu kolničke konstrukcije kako bi se osigurala funkcionalnost i trajnost prometnica za prolazak motornih vozila. Stoga one šumske ceste s većim prometnim opterećenjem (šumske ceste, odnosno njihove dionice bliže spojevima s mrežom javnih cesta) trebaju biti pravilno dimenzionirane, intenzivnije i češće održavane u odnosu na šumske ceste, odnosno njihove dionice s manjim prometnim opterećenjem (Potočnik 2005).

Tablica 1. Propisane širine planuma pri projektiranju šumskih cesta (Šikić i dr. 1989)

Kategorija šumske ceste	Širina planuma (m)	
	2 prometna traka	1 prometni trak
	Kolnik	Kolnik
	Bankina	Bankina
Spojna šumska cesta (SŠC)	4,50 – 5,00	/
	0,75 – 1,00	
Glavna šumska cesta (GŠC)	5,00 – 5,50	/
	0,75 – 1,00	
Sporedna šumska cesta (SPŠC)	4,50 – 5,00	3,50 – 4,00
	0,75 – 1,00	0,75
Prilazna šumska cesta (PŠC)	/	3,50 – 4,00
		0,75

Pentek i dr. (2007) donose noviju inačicu tehničkih uvjeta za šumske prometnice, u kojoj šumske prometnice dijele u IV kategorije, te prilagođavaju klasifikaciju prometnog opterećenja izraženog u brutto tonama dnevno za pojedinu kategoriju šumskih cesta. Minimalna udaljenost između kružnih lukova horizontalnih krivina za ceste I i II kategorije iznosi 20 metara dok za ceste III i IV kategorije iznosi 10 metara. Kružne okretaljke bi se za ceste I, II, III kategorije trebale graditi na razmacima od 1500 metara, dok za ceste IV kategorije ta udaljenost iznosi 2000 metara.

Tablica 2. Horizontalne sastavnice različitih kategorija šumskih cesta (Pentek i dr. 2007, Nevečerel 2010)

Kategorija šumske ceste	Sredstvo transporta	Prometno opterećenje	Broj prometnih traka	Širina kolnika	Širina bankine	Širina planuma	Minimalni radijus		Razmak mimoilaz.
							Kružni luk	Serpentina	
		Brutto t/dan	m						
I	Kamion s prikolicom	> 300	2	7,00	1,00	9,00	50	12	–
II	Kamion s prikolicom	100 – 300	2(1)	6,00	0,75	7,50	40	12	– (300)
III	Kamion s prikolicom	50 – 100	1	5,00	0,50	6,00	20	10	400
IV	Kamion s prikolicom (kamion)	< 50	1	4,00	0,50	5,00	18	10	500

Posljednja inačica tehničkih uvjeta vezana uz minimalne tehničke uvjete šumskih cesta popisana je za Pravilnik o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027 a propisane širine planuma sukladno spomenutom Pravilniku prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. Propisane širine planuma prema Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18)

Kategorija šumske ceste	Širina planuma (m)			
	2 prometna traka		1 prometna traka	
	Kolnik	Bankina	Kolnik	Bankina
Spojna šumska cesta (SŠC)	4,50 - 5,00	0,75 - 1,00	/	/
Glavna šumska cesta (GŠC)	4,50 - 5,50	0,75 - 1,00	/	/
Sporedna šumska cesta (SŠC)	4,50 - 5,00	0,75 - 1,00	3,50 - 4,00	0,50 - 0,75
Prilazna šumska cesta A (PŠCA)	/	/	3,50 - 4,00	0,50 - 0,75
Prilazna šumska cesta B (PŠCB)	/	/	3,00 - 3,50	0,25*

Nadalje, sukladno navedenom Pravilniku o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027, definiran je i termin reljefnog područja koje sa stajališta otvaranja šuma primarnom šumskom prometnom infrastrukturom može biti nizinsko, brdsko, gorsko i krško, a na razini planiranja primarne šumske prometne infrastrukture definira se za jednu jedinicu lokalne samouprave.

- Nizinsko reljefno područje – je ravno reljefno područje bez uzvisina, nadmorske visine najčešće od 0 do 200 m. Sa gledišta otvaranja šuma primarnim šumskim prometnicama visinska razlika u nizinskom reljefu na duljini od 1 km karakteristične šumske ceste iznosi u pravilu do 20 m, nagib padina je do 1:10, nabranost terena je neznatna, a izbor tehničkih elemenata trase šumske ceste je slobodan. Mreža šumskih cesta nizinskog područja ima uglavnom pravilan oblik, usporedne šumske ceste se nalaze na približno jednakoj udaljenosti, prolaze postojećim prosjekama i zatvaraju površine pravilnog oblika. Ciljana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture iznosi 15 km/1000 ha, a ciljana geometrijska udaljenost privlačenja drva 330 m.

- Brdsko (prigorsko) reljefno područje – odlikuje se uzvisinama visine do 500 m. Sa gledišta otvaranja šuma primarnim šumskim prometnicama visinska razlika u brdskom (prigorskom) reljefu na duljini od 1 km karakteristične šumske ceste iznosi u pravilu od 20 do 80 m, nagib padina je od 1:10 do 1:3, nabranost terena je izražena, a izbor tehničkih elemenata trase šumske ceste je djelomično jače ograničen. Mreža šumskih cesta se sastoji od tzv. etažnih, gotovo paralelnih i po slojnicama položenih šumskih cesta te između njih dijagonalnih, spojnih šumskih cesta. Opisana mreža šumskih cesta ima oblik očica nepravilne mreže i karakteristična je za brdska (prigorska) područja nerazvijene hidrografije. U brdskim (prigorskim) područjima razvijene hidrografije trase šumskih cesta prate vodotoke, mreža šumskih cesta ima oblik žila

ili perastog lišća, a na kraju doline poprima oblik lepeze. Ciljana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture iznosi 20 km/1000 ha, a ciljana geometrijska udaljenost privlačenja drva 250 m.

- Planinsko (gorsko) reljefno područje (uključujući visoki krš) – to je reljefno područje s uzdignutim dijelovima zemljine kore višima od 500 m. Sa gledišta otvaranja šuma primarnim šumskim prometnicama visinska razlika u planinskom (gorskom) reljefu na duljini od 1 km karakteristične šumske ceste iznosi u pravilu više od 80 m, nagib padina je od 1:3 do 1:0, nabranost terena je vrlo jaka, a izbor tehničkih elemenata trase šumske ceste je minimalan. Mreža šumskih cesta, ovisno o stupnju razvijenosti hidrografske mreže poprima oblike slične opisanim za brdsko (prigorsko) reljefno područje. Ukoliko se radi o krškom reljefu unutar planinskog (gorskog) reljefnog područja, tzv. visokom kršu, mreža primarnih šumskih prometnica se prilagođava krškim fenomenima te poprima oblik zatvorene mreže izrazito nepravilnih očica. Ciljana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture iznosi 25 km/1000 ha, a ciljana geometrijska udaljenost privlačenja drva 200 m.

- Krško reljefno područje – je tip reljefa koji se razvija na tlu sastavljenom od topljivih stijena (kalcijevog ili magnezijevog karbonata). Osnovna je karakteristika krškog reljefa izražena ali selektivna topljivost stijena posljedica čega je izrazito razvijen reljef sa mnogo udubina i uzvisina. Obično se razvija u planinskom (gorskom) reljefu. Sa stajališta otvaranja šumskim cestama ovdje rastu degradirane šumske sastojine i šumske kulture (tzv. niski krš) primarno općekorisnih funkcija šuma u mediteranskom i submediteranskom pojasu. Ciljana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture iznosi 15 km/1000 ha, a ciljana geometrijska udaljenost privlačenja drva 330 m.

2.1.1.3. Podjela šumskih cesta s obzirom na propisane vertikalne sastavnice

Prema (Šikiću i dr. 1989), kod projektiranja šumskih cesta u prigorsko-brdskim i planinskim područjima, jedan od glavnih čimbenika kod optimalnog polaganja šumskih cesta je najveći uzdužni nagib, koji varira ovisno o kategoriji ceste i terenu na kojem se nalazi. Na ravničarskim, odnosno nizinskim terenima, dopušteni uzdužni nagibi su relativno mali, i to najviše 4 %, bez obzira na kategoriju šumske ceste.

S druge strane, u brdskim i planinskim područjima dopuštaju se veći nagibi, ovisno o kategoriji ceste. Primjerice, za spojne i glavne šumske ceste na brdskim i planinskim terenima dopušteni nagib iznosi do 8 %, a u posebnim slučajevima može doseći i 12 % za spojne ceste.

Niže kategorije šumskih cesta, poput sporednih i prilaznih cesta, dopuštaju još veće nagibe, osobito na strmijim terenima. Na planinskim terenima, sporedne ceste mogu imati nagibe i do 20 %, budući da se koriste uglavnom za promet šumarskih strojeva koji su sposobni savladati veće strmine. Takva infrastruktura omogućava pristup teško dostupnim područjima šume za radove kao što su privlačenje i transport drva.

Tablica 4. Najveći dopušteni uzdužni nagib pri projektiranju šumskih cesta (Šikić i dr. 1989)

Kategorija šumske ceste	Najveći uzdužni nagib šumske ceste (%)		
	Nizinski teren	Brdski teren	Planinski teren
Spojna šumska cesta (SŠC)	4	8 (12)*	8 (12)*
Glavna šumska cesta (GŠC)	4	6 (8)*	6 (8)*
Sporedna šumska cesta (ŠPŠC)	4	6	15 (20)*
Prilazna šumska cesta (PŠC)	4	6	15 (20)*

Prema važećem Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18) revidirani su najveći uzdužni nagibi šumskih cesta u svrhu veće sigurnosti i održivosti šumskih prometnica na zahtjevnijim terenima. (Tablica 5).

Tablica 5. Najveći dopušteni uzdužni nagib pri projektiranju šumskih cesta prema Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18)

Kategorija šumske ceste	Najveći uzdužni nagib šumske ceste (%)		
	Nizinski teren	Brdski teren	Planinski teren
Spojna šumska cesta (SŠC)	4	6 (8)*	8 (10)*
Glavna šumska cesta (GŠC)	4	6 (8)*	8 (10)*
Sporedna šumska cesta (ŠPŠC)	6	8 (10)*	10 (12)*
Prilazna šumska cesta A (PŠC)	6	10 (12)*	12 (15)*
Prilazna šumska cesta B (PŠC)	6	10 (12)*	12 (15)*

2.2. Parametri procjene kvantitete i kvalitete mreže šumskih prometnica

2.2.1. Gustoća šumskih prometnica

Gustoća šumskih cesta prepoznata je kao važan parametar u šumarstvu te je dugo vremena služila kao glavni pokazatelj za određivanje dosegnute i planirane razine primarne otvorenosti šumskih područja (Pentek i dr. 2011). Kao pokazatelj primarne otvorenosti šuma, gustoća šumskih cesta predstavlja isključivo kvantitativni podatak, koji ne daje uvid u prostorni raspored primarnih prometnica na određenom području. Zbog toga se samo na temelju ovog parametra ne može precizno procijeniti funkcionalnost mreže niti napraviti pouzdana ocjena postojećeg stanja, kao ni planiranje budućeg razvoja primarnog šumskog transportnog sustava (Pentek i dr. 2016).

Klasična otvorenost šuma, odnosno gustoća mreže šumskih prometnica, definira se kao omjer ukupne duljine šumskih prometnica na određenom šumskom području u odnosu na površinu tog istog područja (Segebaden 1964). Ovaj omjer izražava se u metrima po hektaru (m/ha) ili kilometrima po tisuću hektara (km/1000 ha), a računa se prema formuli:

$$O = \frac{L}{P}$$

gdje je:

O – otvorenost šumskog područja šumskim prometnicama, izražena u m/ha ili km/1000 ha,

L – ukupna duljina šumskih prometnica, izražena u metrima (m),

P – površina šumskog područja na kojem se prometnice nalaze, izražena u hektarima (ha).

2.2.2. Gustoća šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj kroz povijest

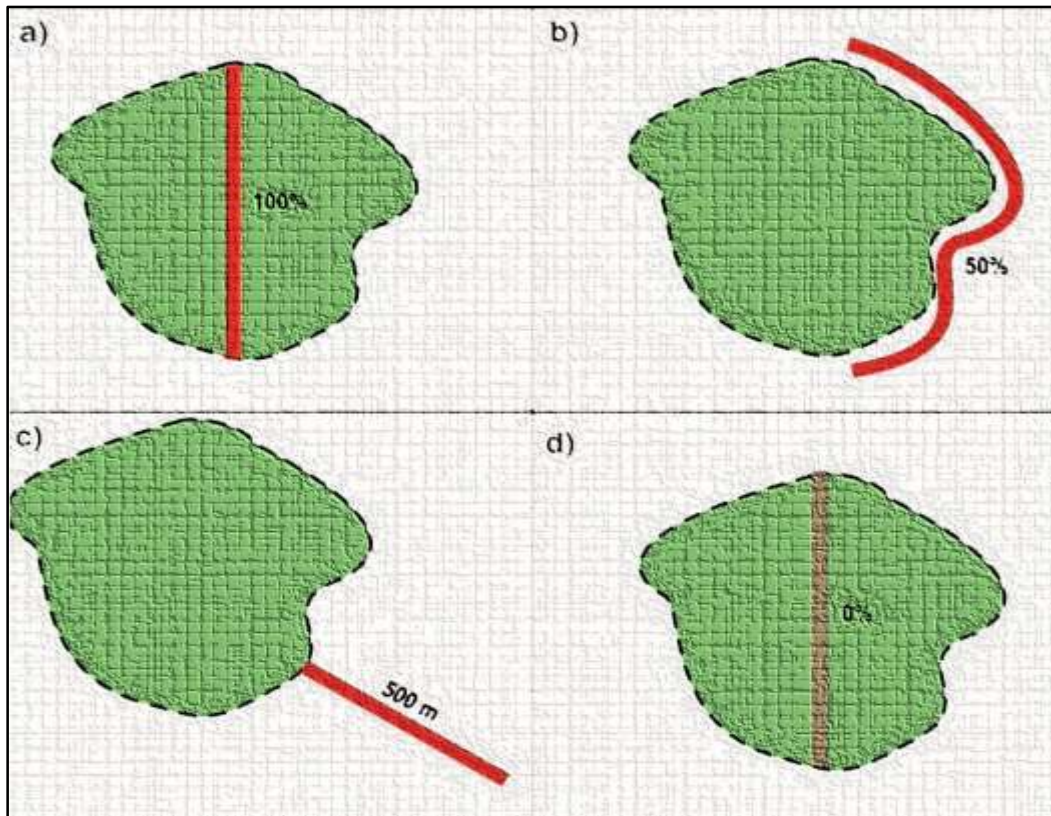
Upravo iz razloga što gustoća šumskih cesta predstavlja važan parametar u šumarstvu mnogo se autora kroz povijest bavilo njenim utvrđivanjem pa tako Knebl (1960) ističe kako je 1945. godine otvorenost šuma na prostoru Republike Hrvatske iznosila 3 m/ha, ali ne ističući na koje vrste šumskih prometnica se navedeni podatak odnosi. Nakon završetka drugog svjetskog rata, dolazi do ubrzanog razvoja mreže šumskih prometnica koje postupno zamjenjuju šumske željeznice, gdje su prema Butkoviću (1963), od ukupne prometne mreže u šumarstvu, šumske željeznice činile 31 % s ukupnom duljinom od 1867 km. Potočić (1983) navodi kako je otvorenost gospodarskih šuma, izuzev krških područja, 1953 godine bila 3,9 m/ha, dok je do 1977. godine porasla na 6,4 m/ha, uz ukupnu duljinu šumskih cesta od 6860 km. Krpan (1992) opisuje transport drva u Hrvatskoj za vrijeme 19. stoljeća te navodi privlačenje volovskim i konjskim spregama, prijevoz zaprežnim kolima, plavljenjem i splavarenjem rijekama, korištenje gravitacije na razne načine te nošenje drva manualnom snagom. Isti autor navodi kako se krajem 19. i početkom 20. stoljeća kao oblik transporta drva uvode šumske željeznice, takav mehanički transport je dominirao sve do kraja drugog svjetskog rata, gdje je prema Tonkoviću (2001) u Hrvatskoj bilo 40 glavnih pruga ukupne duljine 604,7 km. Peternel (1995) navodi kako prvi zabilježeni podatak o otvorenosti šuma u Republici Hrvatskoj datira iz 1995.

godine. Tada je postojalo ukupno 5427 km šumskih komunikacija, od čega su 3560 km činile šumske ceste i putovi, dok je duljina šumskih cesta i koturača iznosila 1867 km. Otvorenost šuma iznosila je 3,9 m/ha na otvorenim površinama, 2,9 m/ha na obraslim površinama, te 2,1 m/ha na cjelokupnim šumskim površinama. Šunjić (2005) pruža podatke o ukupnoj duljini šumskih cesta za površinu kojom upravljaju Hrvatske šume, te navodi duljinu šumskih cesta u iznosu od 12.753,7 km što predstavlja otvorenost od 6,45 m/ha, dok u 1998. godini navodi povećanje dužine šumskih prometnica na 14.476,7 km te veću otvorenost u iznosu od 7,26 m/ha. Prema Hodiću i Jurušiću (2011) u Hrvatskoj je 2009. godine ukupna duljina šumskih cesta iznosila 18.735,57 km, od čega se u obračun otvorenosti šuma uzima 14.605,66 km. Prema posljednjim podacima koji datiraju zaključno sa 01.12.2020. na području kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o. Zagreb mreža primarne šumske prometne infrastrukture sastoji se od šumskih cesta u ukupnoj duljini od 18.755,16 km te 5125,52 km javnih cesta koje ulaze u obračun klasične primarne otvorenosti šuma.

2.2.2.1. Kriteriji za određivanje gustoće šumskih cesta definirani tehnički uvjeti za gospodarske ceste

U hrvatskom šumarstvu, dugo godina kako važeći kriteriji za izračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture uzimani su uvjeti definirani u dokumentu „Tehnički uvjeti za gospodarske ceste“ (Šikić i dr. 1989). Ovaj dokument navodi da ne postoje jedinstveni standardi za ocjenu gustoće šumskih cesta, odnosno otvorenosti šumskih područja. Gustoća se izražava u kilometrima po tisuću hektara obrasle šumske površine, a cesta se smatra dijelom otvorenosti samo ako utječe na smanjenje udaljenosti privlačenja drva i omogućuje utovar drva s nje. Istim dokumentom autori definiraju način utvrđivanja gustoće šumskih cesta (slika 3) kroz slijedeće uvjete:

- ✓ Šumske ceste (ili javne ceste koje se mogu koristiti za poslove u šumarstvu) koje prolaze kroz šumu uzimaju se u obračun čitavom svojom duljinom.
- ✓ Šumske ceste (ili javne ceste koje se mogu koristiti za poslove u šumarstvu) koje prolaze pored ruba šume ili do 300 m od ruba šume i moguće ih je koristiti za utovar drva, uzimaju se u obračun sa 50 % duljine.
- ✓ Šumske ceste (ili javne ceste koje se koriste za poslove u šumarstvu) koje dolaze okomito prema šumi i završavaju na rubu šume, uzimaju se u obračun sa duljinom od 500 m.
- ✓ Šumske ceste bez izvedene kolničke konstrukcije koje ne otvaraju šumu tijekom čitave godinu, već samo u suhom razdoblju, ne uzimaju se u obzir.



Slika 3. Kriteriji za izračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture (Šikić i dr. 1989)

2.2.2.2. Kriteriji za određivanje gustoće šumskih cesta definirani Pravilnikom o provedbi intervencije 73.08.

Kako bi se pojednostavio izračun i osigurala usporedivost podataka vezanih uz određivanje gustoće šumskih cesta Pravilnikom o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027, definirana je maksimalna gustoća mreže primarnih šumskih prometnica gospodarske jedinice, odnosno većeg šumskog kompleksa (grupa odjela/odsjeka) nakon provedbe ulaganja ne smije prelaziti vrijednosti po pojedinim reljefnim područjima kako slijedi:

- ✓ nizinsko područje 15 km/1000 ha,
- ✓ brdsko područje 25 km/1000 ha,
- ✓ planinsko uključujući visoki krš područje 30 km/1000 ha,
- ✓ primorsko krško područje 15 km/1000 ha.

Nadalje, prema istom Pravilniku s ciljem što vjerodostojnijeg izračuna gustoće šumskih cesta definirani su osnovni/eliminacijski kriteriji za uzimanje u izračun klasične otvorenosti šumskih cesta, protupožarnih prosjeka s elementima šumskih cesta te javnih ili nerazvrstanih cesta pri obračunu gustoće primarne šumske prometne infrastrukture, pa tako svaka cesta ili njena dionica mora zadovoljiti sljedeće uvjete:

- ✓ ima izgrađenu kolničku konstrukciju (gornji ustroj),
- ✓ u većoj mjeri ispunjava bitne minimalne tehničke značajke nužne za prijevoz drva solo kamionom,
- ✓ ne postoji prometnom signalizacijom regulirano ograničenje osovinskog prometnog opterećenja manje od 10 tona i ukupnog prometnog opterećenja manje od 26 tona,
- ✓ do ceste se može privlačiti drvo pri čemu se šumska vozila neće kretati po nešumskom zemljištu (poljoprivredno zemljište, urbanizirano zemljište i sl.).

Nadalje istim su Pravilnikom o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027, definirani su i sljedeći posebni/prostorni kriteriji putem kojih se izračunava gustoće primarne šumske prometne infrastrukture pojedinog područja:

- ✓ šumska, javna ili nerazvrstana cesta, odnosno njezina pojedina dionica, koja se može koristiti pri održivom gospodarenju šumama, a poglavito za utovar šumskih drvnih proizvoda, koja čitavom svojom duljinom prolazi kroz šumu i/ili preko šumskog zemljišta i koja šumu otvara dvostrano, se uzima u obračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture čitavom svojom duljinom (100 % duljine),
- ✓ šumska, javna ili nerazvrstana cesta, odnosno njezina pojedina dionica, koja se može koristiti pri održivom gospodarenju šumama, a poglavito za utovar šumskih drvnih proizvoda, koja čitavom svojom duljinom prolazi kroz šumu i/ili preko šumskog zemljišta i koja šumu, zbog različitih ograničenja, otvara jednostrano, se uzima u obračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture s polovicom svoje duljine (50 % duljine),
- ✓ šumska, javna ili nerazvrstana cesta, odnosno njezina pojedina dionica, koja se može koristiti pri održivom gospodarenju šumama, a poglavito za utovar šumskih drvnih proizvoda, koja prolazi granicom gospodarske jedinice ili granicom većeg šumskog kompleksa (grupa odjela/odsjeka), koja je predmet zahvata primarnog otvaranja šuma (dalje: granica), ili najviše do 250 m udaljenosti od granice s njene vanjske ili najviše do 125 m udaljenosti od granice s njene unutarnje strane, a čija trasa generalno prati smjer pružanja granice, se uzima u obračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture s polovicom svoje duljine (50 % duljine),
- ✓ šumska, javna ili nerazvrstana cesta, odnosno njezina pojedina dionica (minimalne duljine 500 m), koja se može koristiti pri održivom gospodarenju šumama, a poglavito za utovar šumskih drvnih proizvoda, koja dolazi do granice gospodarske jedinice ili većeg šumskog kompleksa (grupa odjela/odsjeka) koja je predmet zahvata primarnog otvaranja šuma (dalje: granica) pod približno pravim kutom ($90^\circ \pm 20^\circ$) i na granici završava, se uzima u obračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture s duljinom od 250 m. Ukoliko je duljina spomenute sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture manja od 500 m, ista se uzima u obračun otvorenosti s polovicom svoje duljine. Ukoliko predmetna sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture ne završava na granici već ulazi u područje zahvata primarnog otvaranja šuma, na nju se, unutar spomenute granice primjenjuju ostali opći i posebni kriteriji određivanja gustoće primarne šumske prometne infrastrukture,

- ✓ Šumska, javna ili nerazvrstana cesta, odnosno njezina pojedina dionica, koja se može koristiti pri održivom gospodarenju šumama, a poglavito za utovar šumskih drvnih proizvoda, koja dolazi blizu granice gospodarske jedinice ili granice većeg šumskog kompleksa (grupa odjela/odsjeka) (dalje: granica) koja je predmet zahvata primarnog otvaranja šuma pod približno pravim kutom ($90^\circ \pm 20^\circ$), ali završava s vanjske strane granice, se uzima u obračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture s duljinom od 250 m umanjenom za polovicu udaljenosti njezina završetka od granice.

2.2.3. Relativna otvorenost

Za razliku od klasične otvorenosti, relativna otvorenost omogućuje detaljniji uvid u učinkovitost šumske prometne mreže. Ona izražava postotak površine šume koja je dostupna putem prometnica u odnosu na ukupnu površinu analiziranih gospodarskih jedinica. Također omogućuje pregled rasporeda prometnica, pomaže u identifikaciji područja koja su otvorena ili još uvijek neotvorena te pruža projektantima alat za odabir najprikladnijih trasa za buduće prometnice. Izračun relativne otvorenosti temelji se na metodi omeđenih površina, gdje se ove površine postavljaju na određenoj udaljenosti paralelno s obje strane šumske prometnice (Pentek 2002). Pojam omeđene površine (engl. *Buffer*) prvi je u šumarstvo uveo Backmund (1966) za računanje koeficijenta otvorenosti.

Relativna otvorenost šumskih prometnica može se podijeliti na primarnu i sekundarnu, ovisno o vrsti prometnice koja se analizira.

2.2.3.1. Primarna relativna otvorenost

Primarna relativna otvorenost odnosi se na otvorenost primarnim šumskim prometnicama, dok se sekundarna relativna otvorenost odnosi na sekundarne šumske prometnice poput traktorskih puteva i vlaka. Kod određivanja relativne otvorenosti, udaljenost od ruba omeđene površine do prometnice određuje se kao dvostruka vrijednost ciljane srednje udaljenosti privlačenja drva.

Izračun primarne relativne otvorenosti temelji se na omjeru površine šume koja je otvorena šumskim prometnicama u odnosu na ukupnu površinu analiziranog područja. U ovoj analizi uzima se u obzir samo primarna šumska prometna mreža, koja omogućava izračun postotka primarne relativne otvorenosti. Ovaj omjer pruža jasan prikaz učinkovitosti prometne mreže na određenom području, a rezultat se izražava u postotcima koji predstavljaju omjer šumske površine dostupan putem primarnih šumskih prometnica u odnosu na ukupnu površinu istraživanog područja.

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

Gdje je:

$O_{R(P)}$ – primarna relativna otvorenost, %

$P_{O(P)}$ – otvorena površina za izračunatu prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja drva, ha

P_U - ukupna površina otvaranoga područja, ha.

Primarna relativna otvorenost na temelju udjela dostupne šumske površine za definiranu ciljanu geometrijsku udaljenosti privlačenja drva se prema Pravilniku o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027, procjenjuje kako slijedi:

- ✓ nedovoljna primarna relativna otvorenost (< 55 % površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva),
- ✓ slaba primarna relativna otvorenost (od 55 do 65 % površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva),
- ✓ dobra primarna relativna otvorenost (od 65 do 75 % površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva),
- ✓ jako dobra primarna relativna otvorenost (od 75 do 85 % površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva),
- ✓ izvrsna primarna relativna otvorenost (> 85 % površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva).

Ciljana geometrijska udaljenost privlačenja drva prema istoimenom Pravilniku, ovisno o reljefnom području, iznosi:

- ✓ 330 metara za nizinsko reljefno područje,
- ✓ 250 metara za brdsko (prigorsko) reljefno područje,
- ✓ 200 metara za planinsko (gorsko) reljefno područje,
- ✓ 330 metara za krško reljefno područje.

2.2.4. Koeficijent učinkovitosti

Koeficijent učinkovitosti pojedine šumske ceste predstavlja omjer učinkovitih i neučinkovitih površina na pojedinoj šumskoj cesti.

Koeficijent se primjenjuje za analizu učinkovitosti već postojećeg primarnog šumskog transportnog sustava, kao i za procjenu unaprijedene ili novo projektirane mreže primarnih šumskih prometnica. Također se koristi za usporedbu trenutnog stanja s unaprijeđenim rješenjima ili za vrednovanje različitih mogućih scenarija buduće mreže šumskih prometnica te izbor najoptimalnije opcije (Pravilnik o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023. - 2027).

$$k_{U(\mathcal{S}C)} = \left(1 - \frac{P_N}{P_U}\right) \times 100 (\%)$$

Gdje je:

$k_{U(\mathcal{S}C)}$ – koeficijent učinkovitosti pojedine šumske ceste

P_N – ukupna površina neučinkovitih zona unutar i izvan gospodarske jedinice ili većeg šumskog kompleksa uzrokovana pojedinom šumskom cestom, ha

P_U – ukupna otvorena površina gospodarske jedinice ili većeg šumskog kompleksa pojedinom šumskom cestom, ha

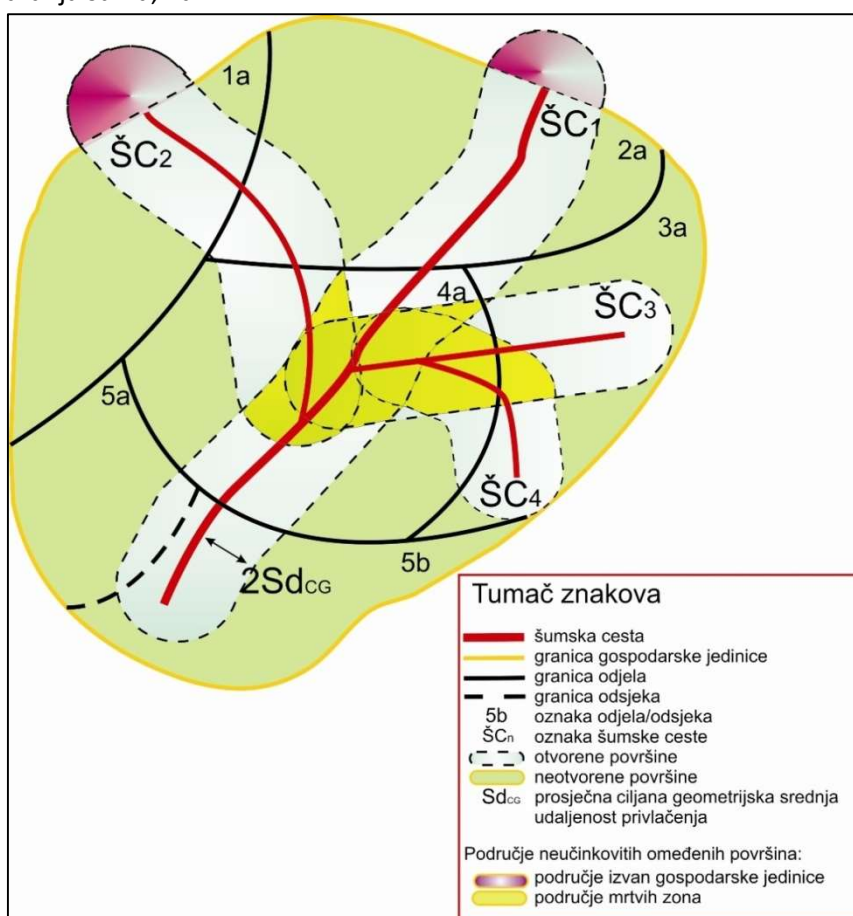
$$k_{U(P)} = \left(1 - \frac{P_n}{P_U}\right) \times 100$$

Gdje je:

$k_{U(P)}$ – koeficijent učinkovitosti postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture, %

P_n – ukupna površina neučinkovitih zona unutar i izvan gospodarske jedinice ili većeg šumskog kompleksa koji je predmet primarnog otvaranja šuma, ha

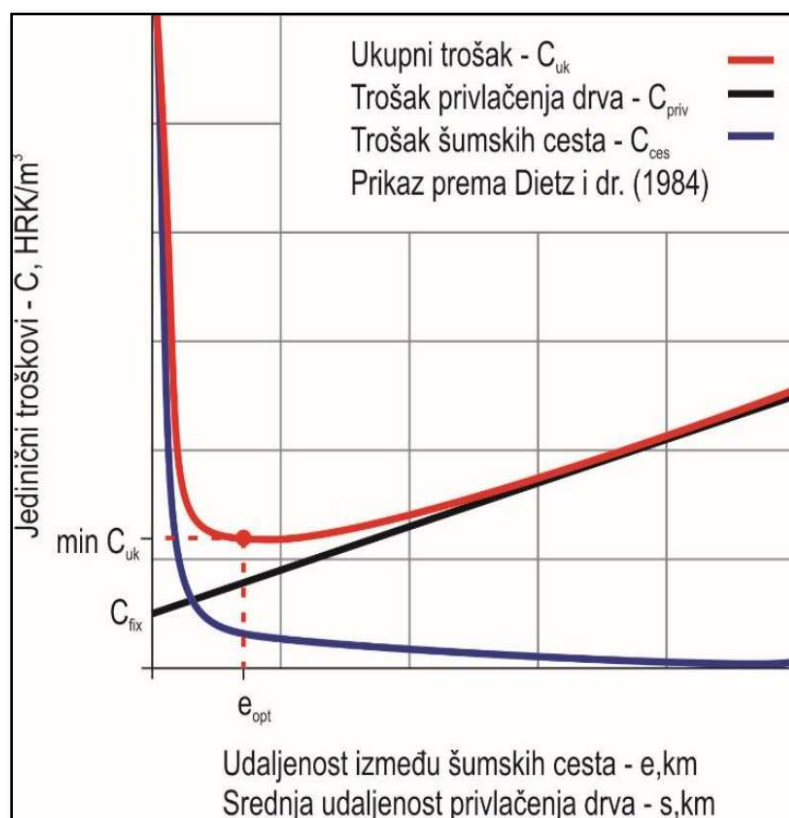
P_U – ukupna otvorena površina gospodarske jedinice ili većeg šumskog kompleksa koji je predmet primarnog otvaranja šuma, ha



Slika 4. Koeficijent učinkovitosti pojedine šumske ceste (Pravilnik o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027)

2.2.5. Međusobni razmak šumskih cesta

Mnogi autori (Dietz i dr. 1984, Sundberg i Silversided 1988, Pičman i dr. 1997, Sessions 2007) primjenjuju model u kojem međusobni razmak šumskih cesta koriste za izračun teorijske optimalne otvorenosti šuma, odnosno optimalne gustoće šumskih prometnica. S povećanjem gustoće mreže šumskih cesta, rastu troškovi njihove izgradnje i održavanja, dok troškovi pridobivanja drva opadaju. Optimalna gustoća postiže se onim razmakom između prometnica pri kojem su ukupni troškovi privlačenja drva i troškovi izgradnje i održavanja cesta najmanji.



Slika 5. Model najmanjih ukupnih troškova privlačenja drva i troškova povezanih sa šumskim cestama (Poršinsky 2008 prema Dietz i dr. 1984)

Optimalna se otvorenost izražena kroz optimalan razmak između šumskih cesta, temelji na teorijskom modelu transporta drva (Matthews 1942) koji pretpostavlja:

- ✓ pružanje šumskih cesta na međusobno jednakom razmaku,
- ✓ ravnomjeran raspored posječenih stabala na cijeloj površini,
- ✓ usporedno privlačenje smjerom okomitim na šumsku cestu,
- ✓ dvostrano privlačenje drva,
- ✓ korištenje iste tehnologije privlačenja drva na cijeloj površini.

⇒ Izračun minimalnih sveukupnih troškova mogao bi se izračunati na sljedeći način:

$$d_{opt} = 2000 * \sqrt{\frac{C_{\text{šc}}}{\frac{2 * C_{PR}}{v * V_T} * V_{ha}}}$$

gdje je:

d_{opt} – optimalan razmak među šumskim cestama, km

$C_{\text{šc}}$ – jedinični trošak gradnje i održavanja šumske ceste, kn/km

C_{PR} – trošak strojnog rada (kalkulacija), kn/h

v – brzina kretanja (ne)opterećenog vozila, km/h

V_T – obujam tovara, m³/tura

V_{ha} – sječna gustoća, m³/ha.

Prema analizi Martinića (1996) troškovi vezani uz sječu, izradbu i transport drva, troškovi izgradnje i održavanja šumskih cesta te troškovi izgradnje i popravka traktorskih putova, dosežu 59 % u strukturi ukupne prodajne cijene drva.

2.2.6. Srednja udaljenost privlačenja drva

Pičman i Pentek (1998) navode kako je srednja udaljenost privlačenja drva važan parametar koji opisuje prosječnu udaljenost na kojoj se drvo privlači od mjesta sječe do najbliže šumske prometnice ili pomoćnog stovarišta. Različiti autori koriste nekoliko metoda i podjela za definiranje ove udaljenosti:

Dietz, Knigge & Löffler (1984), prema prijašnjim istraživanjima Mathewsa (1942), Segebadena (1964, 1969), Backmunda (1966), Samseta (1975) i Abegga (1978), dijele srednju udaljenost privlačenja u tri glavne grupe:

- ✓ teorijska srednja udaljenost privlačenja (S_{dT}) koja se izračunava iz teorijskog modela mreže šumskih cesta odnosno iz teorijskog razmaka između šumskih cesta,
- ✓ geometrijska srednja udaljenost privlačenja (S_{dG}) koja predstavlja udaljenost od čvorišta mreže pravilnih četverokuta do stvarno ucrtane najbliže šumske ceste,
- ✓ stvarna srednja udaljenost privlačenja (S_{dS}) koja predstavlja udaljenost od čvorišta mreže pravilnih četverokuta do stvarne šumske ceste onim pravcem (putom) kojim se privlačenje stvarno i obavlja.

Dobre (1990) definira pet vrsta srednje udaljenosti privlačenja:

- ✓ teorijska srednja udaljenost privlačenja (Sd_1) – izračunata iz idealnog, teorijskog modela otvaranja šuma,
- ✓ geometrijska srednja udaljenost privlačenja (Sd_2) – izračunata iz stvarnog, standardnog modela otvaranja šuma,
- ✓ stvarna srednja udaljenost privlačenja (Sd_3) – korigirana sa faktorom nagiba terena,
- ✓ efektivna srednja udaljenost privlačenja (Sd_4) – korigirana sa faktorom nepravilnosti mreže sekundarnih šumskih prometnica,
- ✓ efektivna ukupna srednja udaljenost privlačenja (Sd_5) – korigirana sa faktorom privlačenja po šumskim cestama.

Pentek (2002) dijeli srednju udaljenost privlačenja u dvije glavne grupe i pet podgrupa, kako slijedi:

⇒ Srednja udaljenost privlačenja određena na osnovi teorijskog modela prostornog rasporeda mreže ŠC-a:

- ✓ teorijska srednja udaljenost privlačenja drva – predstavlja srednju udaljenost privlačenja određenu iz teorijskog modela rasporeda šumskih prometnica odnosno iz njihova međusobnog razmaka; ovisno o tome obavlja li se privlačenje s jedne ili obje strane šumskih cesta, teorijska srednja udaljenost privlačenja iznosi pola, odnosno četvrtinu međusobnog teorijskog razmaka između šumskih cesta,
- ✓ teorijska prilagođena srednja udaljenost privlačenja - umnožak teorijske srednje udaljenosti privlačenja i čimbenika korekcije mreže šumskih cesta,
- ✓ teorijska stvarna srednja udaljenost privlačenja drva – umnožak teorijske prilagođene srednje udaljenosti privlačenja i čimbenika korekcije privlačenja drva kao rezultat daje teorijsku stvarnu srednju udaljenost privlačenja; čimbenik korekcije privlačenja drva nužan je zato što se drvo ne privlači do šumskih cesta najkraćim putem, već se grade traktorski putovi ili trasiraju traktorske vlake koje se prilagođavaju konfiguraciji terena, a najveći dozvoljeni uzdužni nagib im je ograničen; također se uvažava i zaobilaženje horizontalnih prepreka

⇒ srednja udaljenost privlačenja drva određena na zemljovidima s ucrtanim šumskim cestama:

- ✓ postojeća geometrijska srednja udaljenost privlačenja drva koja je u naravi predstavljena spojnom linijom težišta pojedinog odsjeka i najbliže šumske ceste (šumske ili javne) na koju je moguće privlačenje drva; izračunava se za svaki odsjek posebno, primjenom jedne od težišnih metoda
- ✓ postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja drva koja se dobije množenjem postojeće geometrijske srednje udaljenosti privlačenja drva s čimbenikom vertikalne korekcije terena i s čimbenikom zaobilaženja horizontalnih prepreka odnosno s čimbenikom korekcije privlačenja drva koja u sebi objedinjuje oba navedena čimbenika.

Za izračun pojedinih inačica srednje udaljenosti privlačenja i njihovu implementaciju koriste se sljedeće matematičke formule:

⇒ za izračun teoretske otvorenosti iz teoretskog razmaka šumskih cesta:

$$O_T = \frac{10000}{d_T}$$

⇒ za izračun teorijske srednje udaljenosti privlačenja i teorijskog razmaka šumskih cesta, kada se privlačenje obavlja s obje strane šumske ceste:

$$Sd_T = \frac{d_T}{4}$$

⇒ za izračun teorijske srednje udaljenosti privlačenja iz teorijskog razmaka šumskih cesta, kada se privlačenje obavlja s jedne strane šumske ceste:

$$Sd_T = \frac{d_T}{2}$$

⇒ za izračun geometrijske srednje udaljenosti privlačenja iz teorijske srednje udaljenosti privlačenja:

$$Sd_G = Sd_T \times k_M$$

⇒ za izračun stvarne srednje udaljenosti privlačenja iz geometrijske srednje udaljenosti privlačenja:

$$Sd_S = Sd_G \times k_P$$

⇒ za izračun stvarne srednje udaljenosti privlačenja izravno iz teorijske srednje udaljenosti privlačenja:

$$Sd_S = Sd_T \times k_S$$

Gdje su:

Sd_T – teorijska srednja udaljenost privlačenja (m),

Sd_G – geometrijska srednja udaljenost privlačenja (m),

Sd_S – stvarna srednja udaljenost privlačenja (m),

k_M – mrežni čimbenik korekcije,

k_P – čimbenik korekcije privlačenja drvnih sortimenata,

k_S – sveukupni čimbenik korekcije teorijske srednje udaljenosti privlačenja,

d_T – teorijska udaljenost između šumskih cesta (m),

O_T – teorijska otvorenost (m/ha).

Iz navedenih matematičkih formula vidljiva su tri faktora pretvorbe, a to su:

⇒ Mrežni faktor (kM) - koristi se za pretvorbu teorijske srednje udaljenosti privlačenja u geometrijsku srednju udaljenost privlačenja, a uvažava postojeću nepravilnost mreže šumskih cesta, u odnosu na teorijsku idealnost njihova prostornog rasporeda, uslijed morfoloških parametara reljefa (nagib terena, razvedenost reljefa, gustoća i razvedenost hidrografske mreže), tehničkih značajki šumskih cesta odnosno primijenjenog sustava primarnog otvaranja šuma. Vrijednosti mrežnog faktora kreću se u rasponu od 1,2 (nizina) do 2,0 (brdsko-planinsko područje).

⇒ Faktor korekcije privlačenja drva (kp) - primjenjuje se za dobivanje stvarne srednje udaljenosti privlačenja. Geometrijska srednja udaljenost privlačenja se treba korigirati, jer strojevi za privlačenje drva pri privlačenju ne koriste najkraći pravac do šumske ceste. Ovaj se faktor korekcije sastoji od faktora horizontalnog zaobilaženja prepreka i faktora vertikalne korekcije terena. Vrijednosti se faktora korekcije privlačenja drva kreću u rasponu od 1,2 (nizina) do 1,65 (gorsko-planinsko područje).

⇒ Sveukupni faktor korekcije (ks) - predstavlja interakciju mrežnog faktora i faktora korekcije geometrijske srednje udaljenosti privlačenja, a služi za neposredno pretvaranje teorijske srednje udaljenosti privlačenja u stvarnu srednju udaljenost privlačenja drva. Vrijednosti se sveukupnog faktora korekcije kreću u rasponu od 1,6 (nizina) do 3,6 (gorsko-planinsko područje).

Srednja udaljenost privlačenja se prema Pravilniku o uređivanju šuma (Meštrović & Fabijanić, 1994.) računa prema formuli:

$$P = \left(\frac{F}{l}\right) \times a$$

Gdje je:

P - srednja udaljenost privlačenja (m),

F - površina od 1 ha (10000 m²),

l - stupanj otvorenosti (m/ha),

a - faktor promjenjive udaljenosti težišta

Prema Pravilniku o uređivanju šuma (NN 97/18) postojeća i planirana geometrijska (euklidska) udaljenost privlačenja drva, određena metodom pravilne mreže točaka (razmaka 10 × 10 m), kvalitativno opisuje prostorni raspored primarne šumske prometne infrastrukture. Iskazuje se u metrima, kao prosječna vrijednost na razini gospodarske jedinice, odnosno kao srednja vrijednost na razini odsjeka.

Geometrijska udaljenost privlačenja drva prema Segebadenu (1964) predstavlja najkraću udaljenost između određene točke unutar šumskog područja i najbliže šumske ceste. Segebaden je razvio i metodu za izračun srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva, pri čemu koristi mrežu pravilno raspoređenih točaka. Srednju geometrijsku udaljenost definira kao aritmetičku

sredinu svih udaljenosti od beskonačnih broja točaka ravnomjerno raspoređenih po cijeloj površini šume do najbliže šumske prometnice, pri čemu svaka točka predstavlja vrlo mali dio te površine. Ovaj pokazatelj otvorenosti šuma uzima u obzir i nepravilnosti u obliku šumske površine te u rasporedu šumskih cesta.

Prema Penteku i dr. (2016), primjenom izračuna u ArcGIS-u dobivaju se jasni i vizualno korisni rezultati koji pomažu u prikazu otvorenih, djelomično otvorenih i neotvorenih šumskih područja. Korištenje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva omogućuje bolju analizu dostupnosti šumskih resursa i olakšava donošenje odluka u upravljanju šumama.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Ciljevi istraživanja ovog diplomskog rada usmjereni su na analizu i unapređenje upravljanja šumskim prometnicama unutar gospodarske jedinice „Mala Plješivica“ kroz sljedeće faze:

- ✓ uspostava registra primarnih šumskih prometnica istraživanog područja,
- ✓ analiza primarne mreže šumskih prometnica postojećeg stanja,
- ✓ analiza geometrijskih udaljenost privlačenja drva postojećeg stanja,
- ✓ analiza relativne otvorenosti šuma postojećeg stanja,
- ✓ prijedlog daljnjeg otvaranja gospodarske jedinice „Mala Plješivica“ u svrhu povećanja primarne relativne otvorenosti,
- ✓ analiza geometrijskih udaljenosti privlačenja drva unaprijeđenog stanja,
- ✓ analiza relativne otvorenosti šuma unaprijeđenog stanja.

4. MJESTO ISTRAŽIVANJA

Analiza i unapređenje upravljanja šumskim prometnicama provelo se za gospodarsku jedinicu (GJ) „Mala Plješivica“. GJ „Mala Plješivica“ nalazi se na području Ličko-senjske županije. Sveukupnom površinom (2773,32 ha) od čega većim dijelom u općini Udbina (2530,46 ha), manjim dijelom (242,86 ha) u općini Donji Lapac, a obuhvaća katastarske općine: Dnopolje, Jošani, Kruge, Debelo Brdo i Bjelopolje. Sastojinama gospodari šumarija Korenica, uprave šuma Podružnica Gospić.

U svom najvećem dijelu (97,13 %) površina gospodarske jedinice je radno dostupna (2693,73ha), a zbog sumnje na miniranost terena postoje radno nedostupni odsjeci (2,87 %) ukupne površine (79,59 ha).

Prostorno ova gospodarska jedinica graniči na sjeverozapadu s gospodarskom jedinicom „Trovrh – Kik“, sjeveroistočno sa gospodarskom jedinicom „Velika Plješivica – Drenovača“, istočno s gospodarskim jedinicama „Kestenovac – Nebljuška gora“ i „Kalinovača“, jugoistočno sa gospodarskom jedinicom „Karlović Korita“, na jugu sa gospodarskom jedinicom „Čardak“, a na zapadu sa gospodarskom jedinicom „Bubinka – Maričića vrh“.

Gospodarska jedinica „Mala Plješivica“ nalazi se između 15° 48' 30" i 15° 53' 28" istočne dužine, te između 44° 37' 36" i 44° 42' 4" sjeverne širine.

4.1. Orografske i hidrografske prilike

Šume ove gospodarske jedinice prostiru se po obroncima Ličke Plješivice, od glavnog grebena sa vrhova Ruda poljana i Tabla, spuštaju se u smjeru zapada prema Frkašiću. U središnjem dijelu nalazi se blaži dio gospodarske jedinice sa većim brojem manjih kosa i glavica koja su raznolikih ekspozicija, lagano se spuštajući u smjeru istoka prema Kamenskom, a u južnom dijelu lagano se uzdižu prema vrhu Mali Javornik.

Inklinacija varira od ravničastih polja i udolina do nešto strmijih padina. Nagib preko 45° dolazi u samom podnožju glavnog grebena te u nekoliko odjela na samoj granici sa gospodarskom jedinicom „Bubinka – Marčića vrh“ (odjel 56a i 57a). Ipak je u većem dijelu gospodarske jedinice teren umjereno strmi do blago valovit.

Visinska razlika unutar gospodarske jedinice je 694 m. Najniža nadmorska visina je 920 m u odsecima 61a i 61b, a najviša 1614 m u odsjeku 54b na vrhu Ruda poljana.

Unutar gospodarske jedinice nalazi se velik broj vrhova, a najviši su: Ruda poljana (1614 m), Tabla (1613 m), Debeli vrh (1510 m), Isailovka (1425 m), Mali Javornik (1371 m), Paljevina (1369 m), Mala Plješivica (1331 m), Trepetljikovac (1279 m), Šmanjkovo bilo (1279 m), Veliki Šputovac (1279 m), Šmanjkovac (1274 m), Vitorog (1257 m), Jasen (1219 m) Škorin vrh (1218 m), Mali Šputovac (1209 m), Srdelj (1196 m) i dr.

Unutar gospodarske jedinice „Mala Plješivica” nalazi se izvor „Bijeli potoci” koji se nalazi unutar značajnog krajobraza. On nikad ne presuše, a u prošlosti je izgrađen i sistem cijevi (odsjek 53a) koji se pruža do odmorišta Bijeli potoci gdje se sakuplja voda sa susjednih obronaka, koja se ulijeva u malo jezero (odsjek 59a).

4.2. Geološka podloga i tlo

Prema osnovnoj geološkoj karti mjerila 1:10000 List Udbina i List Bihać (Šušnjar i dr. 1973.), izrađena je geološka karta za gospodarsku jedinicu „Mala Plješivica”.

Središnji dio gospodarske jedinice na potezu između Bijelih potoka i Velikog Kamenskog izgrađena je od jurskih (lijas, doger, malm) naslaga. Sjeverni, sjeveroistočni dio gospodarske jedinice, te južni i jugozapadni dijelovi gospodarske jedinice izgrađeni su od naslaga krede (većim dijelom donja krede, a manjim dijelom naslagama gornje krede).

Pojava različitih vrsta tala na području gospodarske jedinice „Mala Plješivica” uvjetovana je geološkom podlogom, ekspozicijom, inklinacijom, nadmorskom visinom i nizom drugih klimatskih faktora.

Na području gospodarske jedinice „Mala Plješivica” zastupljene su tri vrste tala. To su smeđe tlo na vapnencu i dolomitu, rendzina i vapneno - dolomitna crnica.

Ovisno o reljefu terena i matičnom supstratu, navedene vrste tala dolaze u kombinacijama, pa jedna vrsta tla često naglo prelazi u drugu, na manjim površinama.

Tablica 6. Vrste tala gospodarske jedinice „Mala Plješivica”

Tip tla	Površina (ha)	%
Rendzina	620,53	22,58
Crnica na vapnencu i dolomitu	1318,01	47,95
Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu	809,97	29,47
UKUPNO:	2748,51	100,00

⇒ Rendzina je humusno akumulativno tlo koje nastaje na supstratima bogatim kalcijevim karbonatom, poput lapora, fliša, vapnenca i dolomita. Ova tla su često plitka, s humusnim horizontom dubine između 25 i 40 cm, koji omogućuje dobru propusnost i toplinsku stabilnost. Rendzine su neutralna do slabo bazična tla (pH 7 – 8), dobro opskrbljena hranjivima i pogodna za šumske zajednice, osobito na dolomitnim i flišnim područjima. Zahvaljujući svojoj strukturi i sastavu, ova tla omogućuju dobru pohranu vlage i hranjiva, što ih čini produktivnima za šumarstvo.

⇒ Crnica na vapnencu i dolomitu razvija se na planinskim područjima s nadmorskom visinom od 900 do 1600 metara, gdje prevladavaju čvrsti vapnenci i dolomiti. Ova tla bogata su

humusom, tamne boje i plitka, obično ne dublja od 30 cm. Zbog hladnije planinske klime i uvjeta koji nepovoljno utječu na mikrobiološku aktivnost, humus se akumulira, ali je mineralizacija ograničena. Crnice su suha i topla tla, neutralne do slabo kisele reakcije, a bogate su dušikom, iako je njegova mobilizacija slaba zbog nepovoljnih uvjeta.

⇒ Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu je najčešće i proizvodno vrlo značajno šumsko tlo u Hrvatskoj. Razvija se na čvrstom vapnenačko-dolomitnom supstratu na različitim nadmorskim visinama, najčešće između 0 i 1700 m. Ova tla karakterizira plitki ili srednje duboki kambični horizont žutosmeđe boje, koji nastaje nakupljanjem glinenih ostataka iz procesa okršavanja vapnenca. Dubina tla varira, ali obično ne prelazi 30 cm, a prodiranje korijenja olakšano je tamo gdje je sloj stijene okomit ili kosi.

4.3. Šumske zajednice

Područje gospodarske jedinice „Mala Plješivica“ karakterizira homogeno stanište zahvaljujući zemljopisnom položaju, nadmorskoj visini te klimatskim i drugim faktorima. Na ovom području dominiraju šumske zajednice bukve i jele, dok se na višim nadmorskim visinama pojavljuju šume pretplaninske bukve. Smreka je prisutna uglavnom u udolinama i mrazištima, a na nekim mjestima, poput područja Vitogore, smreka zamjenjuje jelu i čini zajednicu s bukvom. Na južnim i zapadnim padinama, izloženim suncu, nalazimo šume bukve uz prisustvo termofilnih biljnih vrsta kao što su crni grab, javor gluhać, mukinja, crni jasen i lipa. Također, unutar granica gospodarske jedinice nalaze se i nepošumljene površine, od kojih su neke već pošumljene običnim borom ili smrekom, dok druge postepeno osvaja prirodna vegetacija.

Tablica 7. Šumske zajednice gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Biljna zajednica	Površina, ha	%
Brdska bukova šuma s mrtvom koprivom (<i>Lamio orvalae-Fagetum sylvaticae</i> (Ht. 1983) Borhidi 1963)	174,80	6,48
Bukovo-jelove šume s mišijim uhom zapadnih dinarida (<i>Omphalodo-Fagetum</i> Marinček et al. 1993)	2256,53	83,66
Pretplaninska šuma bukve s planinskim žabnjakom (<i>As. Ranunculo platanifoli-Fagetum</i> (Horvat 1938) Marinček et al. 1993)	79,98	2,97
Bukova šuma s jasenskom šašikom (<i>Seslerio autumnalis-Fagetum sylvaticae</i> (Horvat) M.Wreber ex Borhidi 1963)	185,93	6,89
UKUPNO:	2697,24	100,00

⇒ Brdska bukova šuma s mrtvom koprivom predstavlja optimalan tip bukove šume u Hrvatskoj. Ova šuma se prostire iznad pojasa hrasta kitnjaka i običnog graba, a često se mozaično isprepliće sa zajednicom bukve i jasenske šašike. Dominantna vrsta u sloju drveća je obična bukva (*Fagus sylvatica*), dok su u nižim predjelima prisutni hrast kitnjak (*Quercus petraea*) i obični grab (*Carpinus betulus*), a u višim predjelima gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), mliječ (*Acer platanoides*), obični jasen (*Fraxinus excelsior*) i gorski brijest (*Ulmus glabra*). Sloj grmlja je često bogat vrstama poput likovca (*Daphne mezereum*), crvene

bazge (*Sambucus racemosa*), božikovine (*Ilex aquifolium*) i kozokrvine (*Lonicera xylosteum*). U sloju prizemnog rašča posebno se ističu velika mrtva kopriva (*Lamium orvala*), volujsko oko (*Haquetia epipactis*), krespin (*Epimedium alpinum*) i kranjski bijeli bun (*Scopolia carniolica*), čime se naglašava bogatstvo i raznolikost ove šumske zajednice.

⇒ Bukovo-jelova šuma s mišjim uhom zapadnih Dinarida raste na nadmorskim visinama od 650 do 1100 metara, pokrivajući različite terene, nagibe i ekspozicije. Karakteristične vrste za ove šume uključuju običnu jelu (*Abies alba*), običnu bukvu (*Fagus sylvatica*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), gorski brijest (*Ulmus glabra*), mišje uho (*Omphalodes verna*), volujsko oko (*Haquetia epipactis*), mlječiku (*Euphorbia carniolica*) i druge biljne vrste. Ova biljna zajednica dominira gospodarskom jedinicom „Mala Plješivica”, zauzimajući površinu od 2256,53 hektara, što čini 83,66 % obrasle šumske površine. Time se ističe kao najvažnija šumska zajednica u gospodarskoj jedinici, značajna i u ekološkom i gospodarskom smislu.

⇒ Pretplaninska bukova šuma s planinskim žabnjakom predstavlja značajnu zajednicu pretplaninskih bukovih šuma sjeverozapadnog dijela Dinarida. Sastojine ove zajednice mogu se pronaći i u pretplaninskom pojasu sjevernog Velebita i Risnjaka, najčešće na nadmorskim visinama iznad 1300 metara. U flornom sastavu dominira bukva, uz prisutnost gorskog javora, a na nižim položajima često je prisutna jela, dok se na višim susreće smreka. Ova zajednica nalazi se u sjevernom dijelu gospodarske jedinice, koji su najviši i često nepristupačni zbog miniranog terena.

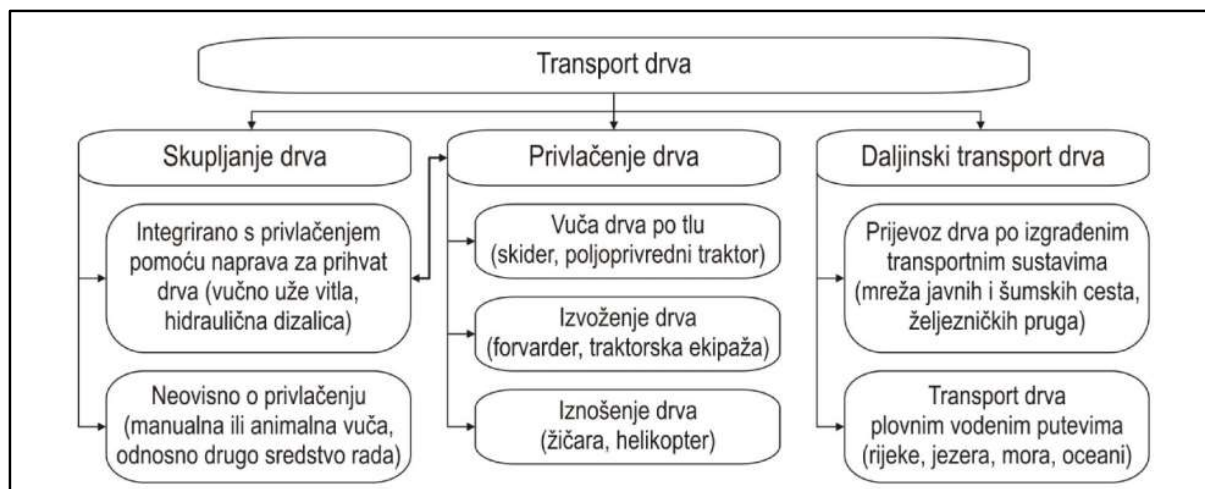
⇒ Bukova šuma s jasenskom šašikom termofilna je zajednica bukve koja se uglavnom razvija na primorskim padinama Dinarida, ali se može proširiti i prema unutrašnjosti na područjima gdje dopiru utjecaji sredozemne klime (Trinajstić i Šugar 1968). Ova zajednica čini posebnu paramediteransku vegetacijsku zonu unutar europsko-montanskog vegetacijskog pojasa. U sloju drveća, osim bukve, prisutne su vrste kao što su crni jasen (*Ostrya carpinifolia*), javor (*Acer obtusatum*) i oskoruša (*Sorbus aria*). Sloj grmlja čine svib (*Cornus mas*), kozokrvina (*Lonicera xylosteum*) i bradavičasti pajasen (*Euonymus verrucosa*), dok u sloju zeljastih biljaka dominira jesenja oštrica (*Sesleria autumnalis*).

4.4. Pridobivanje drva

Pridobivanje drva prema (Poršinsky 2005) se definira kao proces koji obuhvaća proizvodnju drvnih sortimenata kroz niz međusobno povezanih radnji, koje uključuju sječu, izradu i transport drva.

Transport drva podrazumijeva premještanje stabala ili njihovih dijelova s jednog mjesta na drugo, obuhvaćajući sve faze kretanja drva od panja u šumi do krajnjeg korisnika. Osnovni elementi u ovom procesu su teret (drvo), transportna sredstva (vozila) i mreža transportne infrastrukture. Ovisno o metodi izradbe, drvo ili drvni sortimenti često su razasuti po velikom području, stoga ih je prvo potrebno prikupiti i privući preko šumskog terena do pomoćnog stovarišta, a zatim transportirati do mjesta primarne prerade (Poršinsky i dr. 2014).

Prema Krpanu (1991), suvremene metode, tehnike i tehnologije pridobivanja drva dijele transport drva na tri osnovne faze: sakupljanje, privlačenje i daljinski transport.

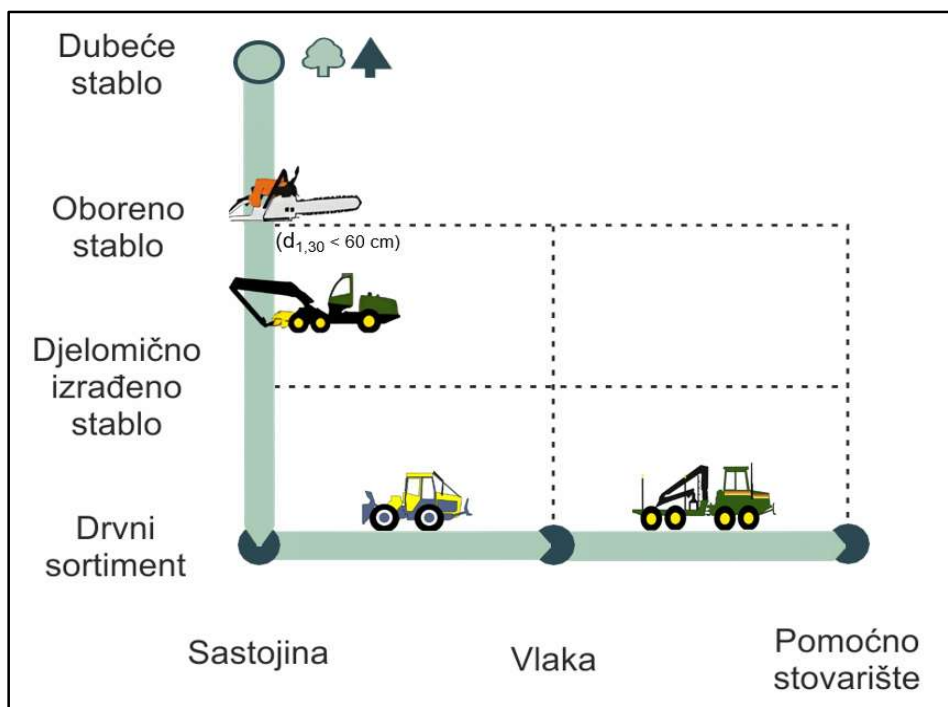


Slika 6. Osnovne faze pridobivanja drva prema (Poršinsky 2008)

U gospodarskoj jedinici „Mala Plješivica” najdominantniji je djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva sortimentom metodom. ustav se zasniva na skupnom radu harvester na sječi i izradi stabala, skidera koji privitlava sortimente do šumske vlake, nakon čega slijedi primaran transport drva forvarderom od mjesta sakupljanja sortimente do pomoćnog stovarišta.

Harvester sječe i izrađuje stabla s pomoću sječne glave koja može obarati i obrađivati stabla do promjera 60 cm, dok se stabla debljeg promjera obaraju i djelomično obrađuju ručno pomoću sustava sjekač/motorna pila. Sjekač obara i obrađuje deblji dio stabla sve dok ne dođe do tanjeg dijela (promjer manji od 60 cm) kojeg harvester može preuzeti i nastaviti izradu. Kod listača, zbog njihovih razgranatih i nepravilnih krošnji sa snažnim granama, stablo često mora biti potpuno obrađeno ručno od strane sjekača. Suprotno tome, kod četinjača su krošnje pravilnijeg oblika s tanjim granama, što harvesteru olakšava kresanje grane i daljnju obradu stabla bez potrebe za dodatnim ručnim radom.

Ovaj pristup postaje nužan zbog manjka radnika sjekača, što dovodi do povećane potrebe za primjenom mehanizacije u šumarstvu. Gdje god je to moguće, tvrtka Hrvatske šume d.o.o. Zagreb koristi moderne strojeve poput harvester kako bismo nadomjestili nedostatak radne snage i optimizirali proizvodnju drva, čime se povećava učinkovitost i smanjuje oslanjanje na tradicionalne metode rada (Mijoč 2022).



Slika 7. Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja drva (Poršinsky 2005)

4.5. Ugroženost šuma od požara

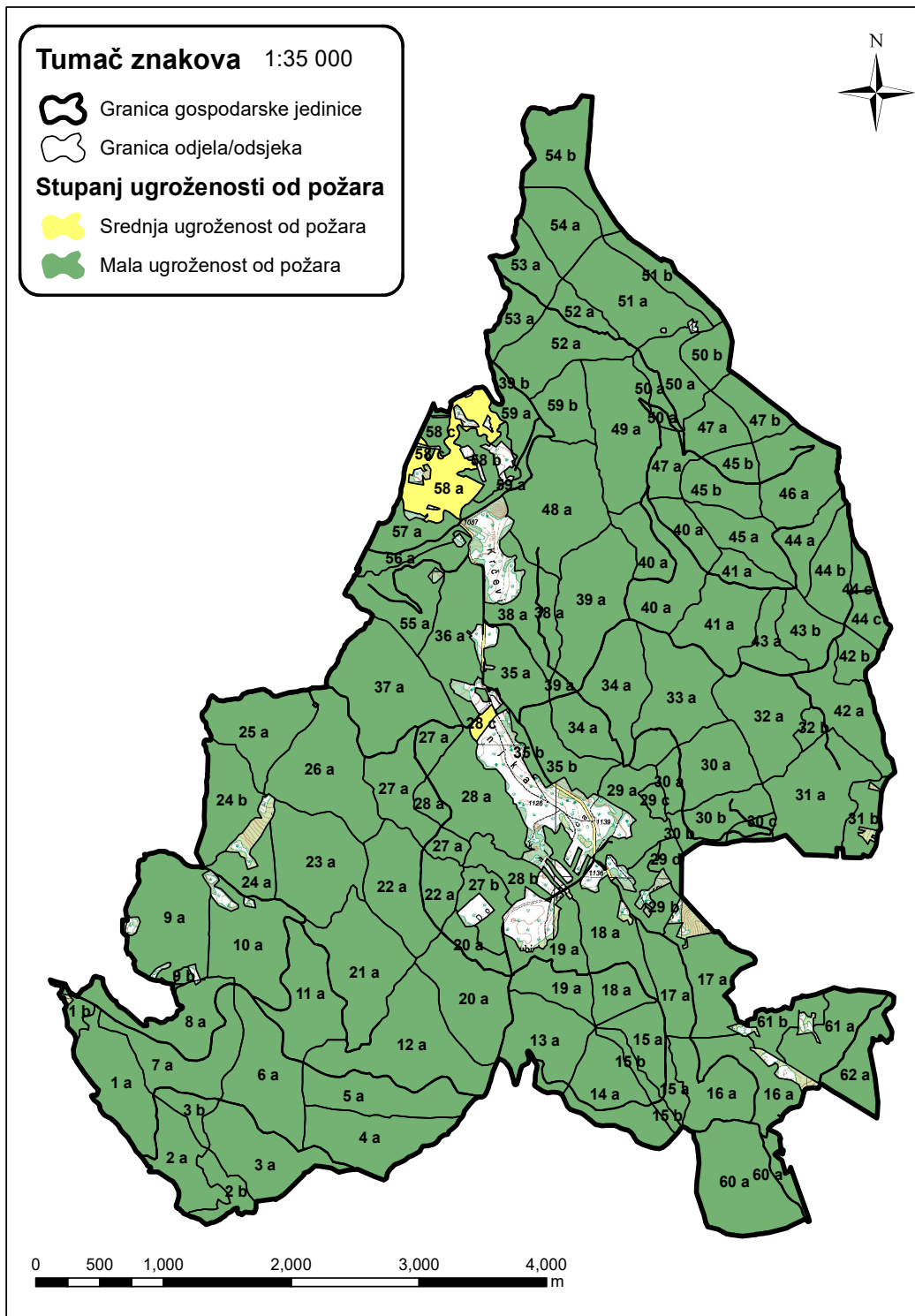
Zaštita šuma od požara regulirana je Zakonom o zaštiti od požara, Zakonom o šumama te Pravilnikom o zaštiti šuma od požara. Kako bi se sustavno provodila zaštita šuma od požara, sve šumarije izrađuju godišnji plan zaštite, uključujući i šumariju Korenica, koja upravlja gospodarskom jedinicom „Mala Plješivica”. Unutar protupožarnog sustava organizirana je motriteljsko-dojavna služba koja obavlja motrenje i dojavu požara, a aktivna je od 1. lipnja do 15. rujna, kada je rizik od izbijanja požara najveći. Prema podacima šumarije Korenica za gospodarsku jedinicu „Mala Plješivica”, u posljednjem razdoblju nisu zabilježeni šumski požari.

Opasnost od požara podijeljene su, prema Pravilniku o zaštiti šuma od požara (NN 33/2014), u četiri stupnja:

- I – vrlo velika opasnost
- II – velika opasnost
- III – srednja opasnost
- IV – mala opasnost

Pravilnik o zaštiti šuma od požara (NN 33/2014) navodi kako u cilju smanjenja opasnosti i sprječavanja šteta od požara nužno je provoditi sve mjere šumskog reda. Sve objekte u šumi (stare lugarnice, lovno gospodarski objekti i sl.) treba redovito održavati i čistiti od korova, eventualnog smeća i ostalog materijala. Ne smije se dopustiti da u šumi nastanu divlja odlagališta otpada koja osim svoje ekološke neprihvatljivost predstavljaju i stalnu opasnost od izbijanja požara.

Na temelju prikazane karte gospodarske jedinice „Mala Plješivica” (slika 8), vidljivo je da se područje karakterizira bez značajne opasnosti od požara. Područja su kategorizirana u stupnjeve ugroženosti, pri čemu većina odsjeka pripada kategoriji male, a svega 2 odsjeka (58a, 28c) srednje ugroženosti od požara.



Slika 8. Stupanj ugroženosti od požara u gospodarskoj jedinici „Mala Plješivica”

4.6. Zanimljivosti vezane za gospodarsku jedinicu „Mala Plješivica”

U srcu Ličke Plješivice nalazi se područje značajnog krajobraza „Bijeli potoci – Kamensko”, prepoznato po svojim prirodnim i povijesnim vrijednostima. Ovo područje je 1972. godine proglašeno memorijalnim prirodnim spomenikom, a od 1994. godine kategorizirano je kao zaštićeni krajolik prema Zakonu o zaštiti prirode. Godine 2003. dobilo je službeni status značajnog krajobraza. Tijekom Drugog svjetskog rata, Korenica i Lička Plješivica bile su važna partizanska uporišta, a 1942. godine na Bijelim potocima osnovana je partizanska bolnica. Zbog tog povijesnog značaja, 1974. godine započela je izgradnja spomen-područja s ciljem obilježavanja narodnooslobodilačke borbe, uključujući spomenik i skulpture iz ciklusa „Tifusari“ kipara Vanje Radauša, koje su nažalost nestale tijekom Domovinskog rata. Spomenik je kasnije uništen, a danas su vidljivi samo njegovi temelji.

Osim povijesnog značaja, „Bijeli potoci – Kamensko” ističe se svojom izuzetnom prirodnom vrijednošću. Na površini od 776,56 hektara nalaze se visoke bukove i bukovo-jelove šume koje se smjenjuju s prostranim planinskim pašnjacima, čime se stvara bogato stanište za mnoge vrste flore i faune. Jedan od najimpresivnijih dijelova ovog područja je Veliko Kamensko polje, koje zajedno s Donjim poljem čini veliku livadu usred Plješivice, prostirući se na površini većoj od 300 hektara.



Slika 9. Ostaci spomenika na Bijelim potocima (Foto: Renata Rudelić)

5. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

5.1. Geoinformacijski sustav

Kako bi se ispunili postavljeni ciljevi ovog istraživanja korišten je geo informacijski sustav, odnosno programski paket ArcMap (10.8). Analiza je provedena na osobnom računaru sljedećih karakteristika:

- ✓ Procesor: Intel(R) Core(TM) i5-9300H CPU @ 2.40GHz
- ✓ Grafička kartica: NVIDIA GeForce GTX 1050
- ✓ Integrirana grafička kartica: Intel(R) UHD Graphics 630
- ✓ RAM: 8.0 GB
- ✓ Operacijski sustav: Windows 10

Geografski informacijski sustav (GIS) je kompleksan alat koji se koristi za prikupljanje, analizu i vizualizaciju prostornih podataka. Razni autori različito tumače GIS, naglašavajući različite aspekte njegovog funkcioniranja i primjene. Na primjer:

ESRI (2003) navodi kako se GIS koristi u gotovo svakoj industriji. Primjenjuje se u obrazovanju, upravljanju zemljištem, upravljanju prirodnim resursima, te u okolišnim i aeronautičkim aplikacijama (prikupljanje podataka o stijenama, vodi, tlu, atmosferi, biološkoj aktivnosti, prirodnim opasnostima i katastrofama na različitim prostornim razinama rezolucije).

Rolf (2001) Geografski informacijski sustav (GIS) predstavlja kao računalni sustav koji omogućuje prikupljanje, organizaciju, analizu i vizualizaciju podataka koji su vezani uz prostor. GIS je osobito koristan u slučajevima gdje su podaci povezani s određenim lokacijama ili koordinatama na Zemlji.

Geografski informacijski sustav (GIS) je sustav koji uključuje hardver, softver, podatke, ljude, organizacije i metode za prikupljanje, pohranu, analizu i distribuciju informacija o područjima na Zemlji (Dueker i Kjerne 1989).

Stars i Estes (1990) definiraju GIS-a kao sustav baze podataka s posebnim funkcijama za prostorno-referencirane podatke, uz dodatni skup alata za njihovu obradu i analizu.

Prema Tutiću i dr. (2002) u geografskom informacijskom sustavu koriste se različite vrste podataka, a svaki tip ima svoje specifične karakteristike. Prostorni podaci opisuju određeni položaj, bilo neposredno ili posredno, te se mogu prikazati u grafičkom ili ne grafičkom obliku. Istoimeni autori dijele podatke na:

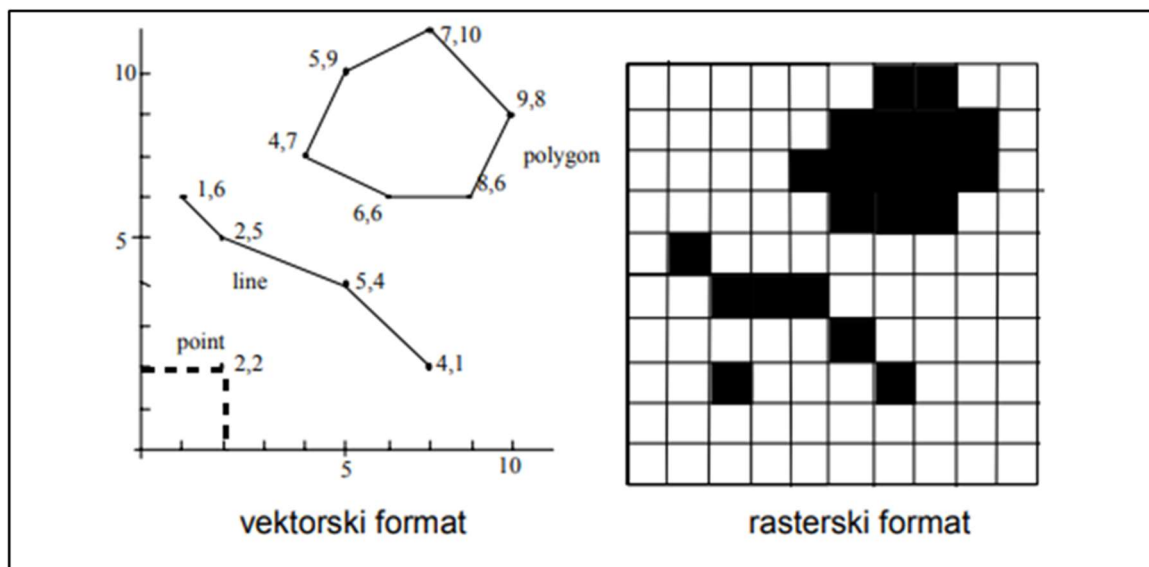
- ✓ Prostorne: karte, fotografije, videografije i adrese,
- ✓ Neprostorene: dijagrame, slike, filmove, financijske podatke.

Tutić i dr. (2002) navode kako sustav koristi dva osnovna modela geografskih podataka: vektorski i rasterski. U vektorskom modelu informacije o točkama, linijama i poligonima pohranjuju se kao skup x i y koordinata (Lusch 1999, Chiang i dr. 2014).

Linijski podaci, poput cesta i rijeka, pohranjuju se kao skup točaka s pripadajućim koordinatama (Perković 2010).

Poligonski podaci, koji se odnose na teritorije, jezera i katastarske čestice, predstavljeni su kao zatvorene petlje koordinata, što osigurava preciznost i potpunost informacija (Čekolj 1999).

S druge strane, rasterski model se temelji na slikovnim elementima ili pikselima, što ga čini pogodnim za modeliranje kontinuiranih značajki, poput vrsta tla ili nagiba terena (Scott i Jennings 1998, Loveland i dr. 1999, Vogelmann i dr. 2001, Wade i dr. 2003).



Slika 10. Prikaz vektorskog i rasterskog oblika podataka (Tutić i dr. 2002)

Prema ESRI-u (Environmental Systems Research Institute) (2003), sustav ArcGIS predstavlja integrirani geografski informacijski sustav (GIS) koji obuhvaća nekoliko ključnih komponenti, a to su:

- ✓ *ArcGIS Desktop*, koji je napredni softver s integriranim skupom aplikacija za GIS, omogućujući korisnicima izvođenje raznovrsnih zadataka, uključujući analize, kartografiju i vizualizaciju prostornih podataka.

Sustav također sadrži:

- ✓ *ArcSDE®*, sučelje za upravljanje geo datotekama unutar sustava za upravljanje bazama podataka (DBMS),
- ✓ *ArcIMS®*, internet-baziranu GIS platformu koja omogućava distribuciju podataka i usluga putem interneta.

Također ESRI (2003) objašnjava kako ArcGIS pruža okvir za implementaciju GIS-a kako za pojedinačne korisnike, tako i za veće korisničke skupine, uz mogućnost proširenja dodatnim softverom, kao što je ArcPad® za Windows® CE uređaje.

Ovaj sustav omogućava korisnicima da izvode složene analize i vizualizacije, čime se unapređuje njihovo razumijevanje geografske prirode podataka koje obrađuju, a kao glavne komponente ArcGIS Desktop (ESRI 2003), navodi:

- ✓ *ArcMap*, aplikaciju za sve zadatke vezane uz karte, uključujući analizu, kartografiju i uređivanje. Korisnici mogu raditi s mapama, pregledavati geografske podatke i upravljati rasporedom prikaza,
- ✓ *ArcCatalog*, koji služi za organizaciju i upravljanje GIS podacima, omogućujući pretraživanje geoinformacija i upravljanje metapodacima,
- ✓ *ArcToolbox*, jednostavna aplikacija koja sadrži različite GIS alate za geoprociranje i analizu prostornih podataka.

5.2. GIS u šumarstvu

Geografski informacijski sustav (GIS) ima značajnu ulogu u šumarstvu, omogućujući efikasno upravljanje prostorom i podacima.

Hentschel (1999) i Janowsky (2001) opisuju GIS sustav kao alat za usporedbu različitih metoda izračunavanja značajki prometnica, s naglaskom na optimizaciju mreže cesta s višestrukim namjenama. Slično ga opisuju i Enache i dr. (2013), kao alat koji pomaže u odlučivanju na temelju više kriterija u svrhu usporedbe različitih scenarija šumskih cesta.

Kane (1997) naglašava važnost GIS-a u izradi karata koje su nezaobilazan alat u modernom gospodarenju šumama, koje sadržavaju različite slojeve podataka. Posebno naglašava uporabu karata u procesu pridobivanja drva, za određivanje smjera sječe stabala, smjera izvlačenja i planiranje pomoćnih stovarišta.

Chuvieco i dr. (1989) navode kako je GIS koristan u prevenciji požara, jer nudi mogućnost predviđanja ugroženih područja od požara na temelju različitih podataka poput nagiba terena, nadmorske visine, ekspozicije terena, brzine vjetra, temperature, vlage u tlu i sl.

Wulder i Franklin (2007) ističu važnost GIS-a za prikupljanje i obradu podataka o šumskom inventaru pomoću kojih možemo unaprijediti gospodarenje. Kao primjer navode mogućnost korištenja GIS-a za razvoj modela koji usmjeravaju aktivnosti pridobivanja drva, šumsko-uzgojnih radova i predviđanje požara. Također navode i druge modele poput osiguravanja staništa za divljač, minimiziranje vizualnog utjecaja procesa pridobivanja drva te pružanja dodatnih rekreacijskih mogućnosti široj javnosti.

Razvoj suvremenih geodetskih mjernih uređaja dodatno unapređuje primjenu GIS tehnologija u šumarstvu. Pernar (2000) naglašava da će ova tehnologija, osobito u optimizaciji transporta,

postati sve važnija, što potvrđuju Acosta i dr. (2023) ističući da se primjenom GIS-a troškovi izgradnje primarnih šumskih prometnica mogu umanjiti za 23,14 %.

GIS-a istraživanog područja stvoren je na temelju podataka dobivenih od javnog poduzeća Hrvatske šume d.o.o., dok je uspostava registra primarnih šumskih prometnica istraživanog područja obavljena u programskom alatu MS Office (2016) prema uputama Pravilnika o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023. – 2027.

5.3. Određivanje klasične otvorenosti putem GIS alata

Za određivanje klasične otvorenosti šuma putem GIS alata slijedio se jasno definirani postupak prema kojem na temelju osnovnih/eliminacijskih kriterija i posebnih/prostornih kriterija (vidi 2.2.1 Gustoća šumskih prometnica) sam vršio raščlambu šumskih, javnih ili nerazvrstanih cesta kako bi odredio koliko se pojedina cesta uzima u obračun gustoće šumske prometne infrastrukture.

Kako bi se pravilno odredile ceste koje ulaze u obračun otvorenosti sa 50 % svoje duljine, postavljene su omeđene površine (eng. *buffer*) u iznosu od 250 metara s vanjske strane granice gospodarske jedinice te 125 metara s unutarnje strane granice gospodarske jedinice. Nakon definiranja omeđenih površina, koristio se alat za rezanje (eng. *clip*) cesta prema stvorenim granicama omeđenih površina. Ovim postupkom dobili smo novi shapefile koji sadrži prometnice koje ulaze u obračun otvorenosti sa 50 % svoje duljine.

Za određivanje cesta koje ulaze u obračun otvorenosti sa 100 % svoje duljine kreirana je omeđena površina koja je površinom jednaka granicama gospodarske jedinice, te alatom *Erase* umanjena njena površinu za prethodno kreirani buffer unutar gospodarske jedinice u iznosu od 125 metara. Na taj način precizno su određene duljine cesta koje ulaze u obračun otvorenosti sa 100 % svoje duljine.

Nakon izvršenih radnji, pomoću alata *Table to Excel* podaci su izvedeni u Excel program gdje je izračunata gustoće šumskih prometnica prema prethodno opisanoj formuli. (vidi 2.2.1 Gustoća šumskih prometnica).

5.4. Određivanje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva putem GIS alata

U današnje vrijeme, zahvaljujući naprednim sustavima poput GIS-a, moguće je precizno izračunati euklidsku udaljenost korištenjem alata *Euclidean Distance* iz modula *Spatial Analyst*. Ova metoda omogućuje brzu i efikasnu procjenu prosječne geometrijske udaljenosti privlačenja drva. Prema Bumberu (2011) i Đuki (2014), ovaj pristup vrlo je učinkovit za izračun prosječne geometrijske udaljenosti na razini gospodarske jedinice (GJ), kao i za pojedinačne odjele ili odsjeke, što se u praksi pokazalo kao koristan alat koji se oslanja na temeljna načela Segebadenove (1964) metode.

Korištenjem alata *Zonal Statistics as Table*, posebno odabirom opcije *Mean* koja označava srednju vrijednost, moguće je izračunati i prikazati prosječnu euklidsku udaljenost unutar definiranih zona. Ova opcija omogućuje detaljnu analizu srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva na razini odjela/odsjeka.

5.5. Određivanje relativne otvorenosti šuma putem GIS alata

Određivanje relativne otvorenosti šuma putem GIS alata se odvija u više koraka. Prvi korak analize zahtijevao je prikupljanje vektorskih i rasterskih podataka. Od vektorskih podataka potrebni su nam poligoni gospodarske jedinice, granice odjela/odsjeka, linijski podaci šumske prometne infrastrukture te tematska karta koja sadrži slojnice terena (rasterski oblik podatka). Kako bi se osigurala točnost i usporedivost prostornih podataka, sve prikupljene podatke potrebno je učitati u isti koordinatni sustav. Na taj način se omogućava ispravna georeferencirana analiza i izbjegavaju se pogreške koje bi mogle nastati zbog različitih projekcija.

Za potrebe analize relativne otvorenosti šuma, prema važećem Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18), oko svih prometnica koje se mogu koristiti pri održivom gospodarenju, polazile su se omeđene površine (eng. *buffer*). Vrijednost omeđenih površina prema istoimenom Pravilniku varira u odnosu na reljefna područja Republike Hrvatske (vidi 2.2.3.1 Primarna relativna otvorenost).

Postupak stvaranja omeđenih površina započinje odabirom objekata koji služe kao osnova za analizu, u ovom slučaju šumske prometnice. U GIS programu koristio se alat *Buffer* koji se nalazi u izborniku *Geoprocessing*. Nakon odabira objekata i određivanja željene širine omeđenih površina, program automatski generira nove geometrijske objekte oko šumskih prometnica.

Nakon što su definirane omeđene površine, analiza dalje razdvaja površine na:

- ✓ jednostruko – područja gdje omeđena površina pokriva dio šume bez preklapanja s drugim omeđenim površinama,
- ✓ višestruko – područja gdje se omeđene površine dviju ili više prometnica preklapaju (križanja, razmak šumskih cesta),
- ✓ neotvorene površine – ove zone ukazuju na područja bez adekvatnog pristupa, te se identificiraju kao mjesta gdje je potrebno planirati daljnje otvaranje šuma novim prometnicama.

Nakon kreiranja slojeva omeđenih površina, površine se izračunavaju putem *atributne tablice* koristeći funkciju *Calculate Geometry*. Ova funkcija omogućava automatsko izračunavanje površina izraženih u odabranim jedinicama mjere. Nakon što su površine *omeđenih površina* izračunate, ukupna otvorena površina dijeli se s ukupnom površinom otvaranog područja (gospodarske jedinice) te se rezultat pomnoži s 100 kako bi se dobio postotak otvorenosti.

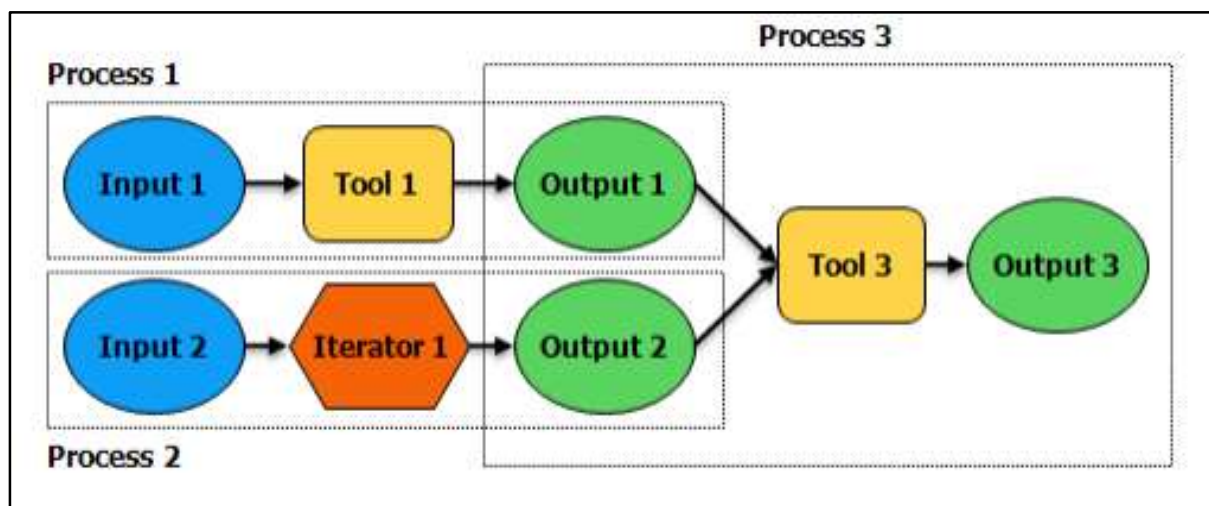
Analiza ovih podataka omogućuje planiranje daljnjih ulaganja u šumsku infrastrukturu s ciljem optimalnog pristupa i upravljanja šumskim resursima.

5.6. Modelbuilder

ESRI (2003) opisuje ModelBuilder kao alat unutar ArcGIS-a koji omogućuje izradu, uređivanje i upravljanje modelima. Model se može smatrati oblikom vizualnog programiranja koji korisnicima olakšava povezivanje podataka različitim alatima kako bi prikazali rezultate analiza, pri čemu rezultat jednog alata (eng. Output) služi kao ulaz (eng. Input) za sljedeći alat u nizu. Modeli automatiziraju mnoge zadatke, čime se smanjuje potreba za ručnim ponavljanjem istih koraka.

Osnovne funkcije ModelBuildera uključuju:

- ✓ izgradnju modela – Korisnici mogu dodavati razne podatke i alate te ih povezivati u skladu s vlastitim potrebama,
- ✓ obradu podataka – Model može obraditi različite tipove podataka, uključujući slojeve s kartama, slike i tablice, što mu daje veliku fleksibilnost,
- ✓ vizualizaciju – Sve aktivnosti unutar modela prikazane su kao dijagram, što olakšava praćenje tijeka rada i razumijevanje procesa,
- ✓ pokretanje modela – Moguće je pokretati model korak po korak ili odjednom cijeli model, što omogućuje veću kontrolu nad analizom,
- ✓ dijeljenje modela – Kreirani modeli mogu se dijeliti s drugim korisnicima ili koristiti u Python skriptama, čime se proširuju mogućnosti analize



Slika 11. Primjer ModelBuilder-a. IZVOR: <https://desktop.arcgis.com>

5.7. Analiza relativne otvorenosti putem ModelBuilder-a

U okviru analize primarne relativne otvorenosti šuma, korišten je ModelBuilder kao alat za automatizaciju procesa u ArcGIS-u. U ovom slučaju, ModelBuilder je korišten kako bi se

izračunala primarna relativna otvorenost šumskih prometnica na području gospodarske jedinice „Mala Plješivica“.

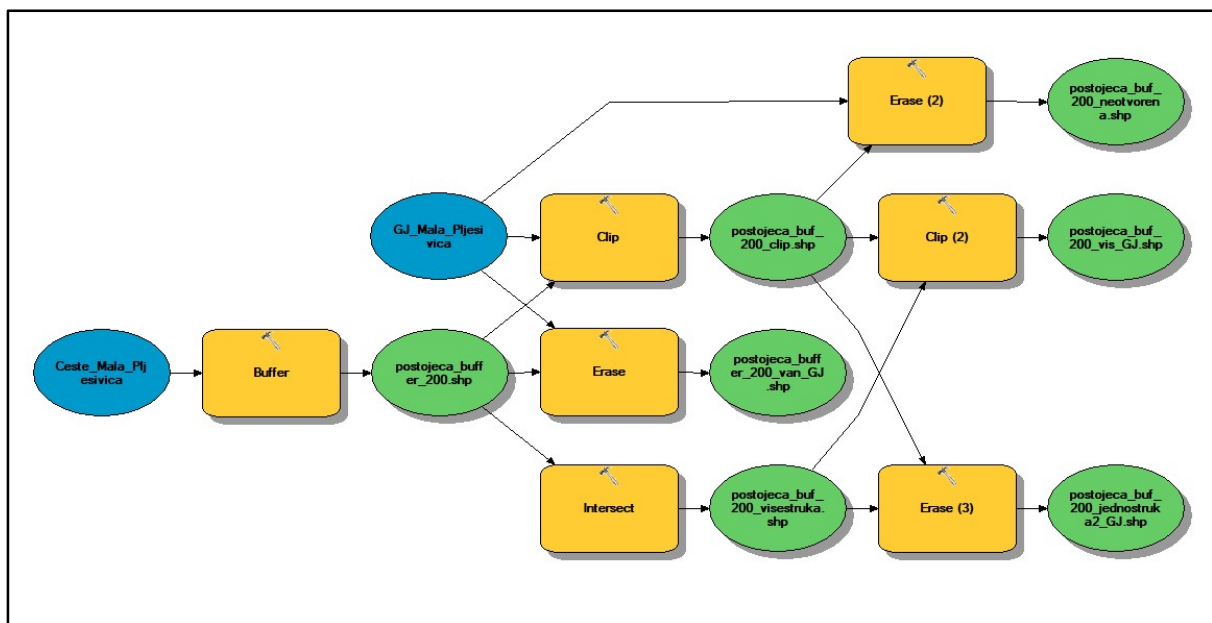
Prvi korak u modelu odnosi se na učitavanje podataka o postojećim šumskim cestama, pohranjenih u obliku shapefile-a pod nazivom „Ceste_Mala_Plješivica“. Za ove ceste generirane su omeđene površine pomoću alata *Buffer*, pri čemu je definirana udaljenost od 200 metara, sukladno važećem Pravilniku (vidi 2.2.3.1 Primarna relativna otvorenost).

Nakon stvaranja omeđenih površina, alatima *Clip* prilagođene su granicama gospodarske jedinice. Ovim korakom analizirane površine ostaju unutar definiranih granica.

Alat *Erase* omogućava identifikaciju i uklanjanje višestruko otvorenih površina iz analize. Ovaj korak je važan kako bi se izdvojile samo površine koje su jednostruko otvorene ili neotvorene, čime se olakšava planiranje i projektiranje novih šumskih prometnica.

Alatom *intersect* objedinjuju se višestruko omeđene površine na određenim mjestima gdje postoje preklapanja. Objedinjavanjem ovih zona u jednu cjelinu znatno olakšava proces vizualizacije i interpretacije rezultata.

Nakon pokretanja cijelog modela, produkti analize su različite su omeđene površine (bufferi) od kojih ističemo tri najvažnija koja se koriste u računanju relativne otvorenosti šuma, a to su: jednostruko otvorene (gdje se omeđene površine ne preklapaju), višestruko otvorene (gdje dolazi do preklapanja omeđenih zona, primjerice na raskrižjima), te neotvorene površine koje označavaju zone koje još nisu obuhvaćene prometnicama, a koje će biti ključne za daljnje planiranje i izgradnju šumskih prometnica.



Slika 12. Korišteni model za izračun primarne relativne otvorenosti šuma

5.8. Definiranje idejnih trasa budućih šumskih cesta

Nakon analize postojećeg stanja mreže primarnih šumske prometne infrastrukture definirane su idejne trase budućih šumskih cesta postavljanjem idejnih inačica nulnih linija. Nulta linija predstavlja niz točaka s ishodištem na postojećoj šumskoj prometnici koja prikazuje uzdužnu os idejne trase šumske ceste do kardinalnih (ključnih) i/ili krajnjih točaka prema kojoj bi količina zemljanih radova bila jednaka nuli. Utvrđivanjem kardinalnih (ključnih) i/ili krajnjih točaka te mjesta početka nul liniji potrebno je izračunati nagib nul-linijskog poligona za svaki segment idejne trase prema formuli (Pičman 2007):

$$n = \frac{H}{L} \times 100$$

Gdje je:

n - nagib nul-linije, %

H - visinska razlika između zadanih točaka, m

L - udaljenost između zadanih točaka, m

Maksimalno dozvoljeni nagib pri definiranju nul-linije iznosi 12 % (u iznimnim slučajevima 15%) te se na temelju izračunatih nagiba određuje duljina koraka šestara, koja predstavlja stalnu udaljenost između slojnica za određeni nagib, a računa se prema formuli (Pičman 2007):

$$n = \frac{e \times 100}{d}$$

Gdje je:

d - udaljenost između slojnica, tzv. korak šestara, m

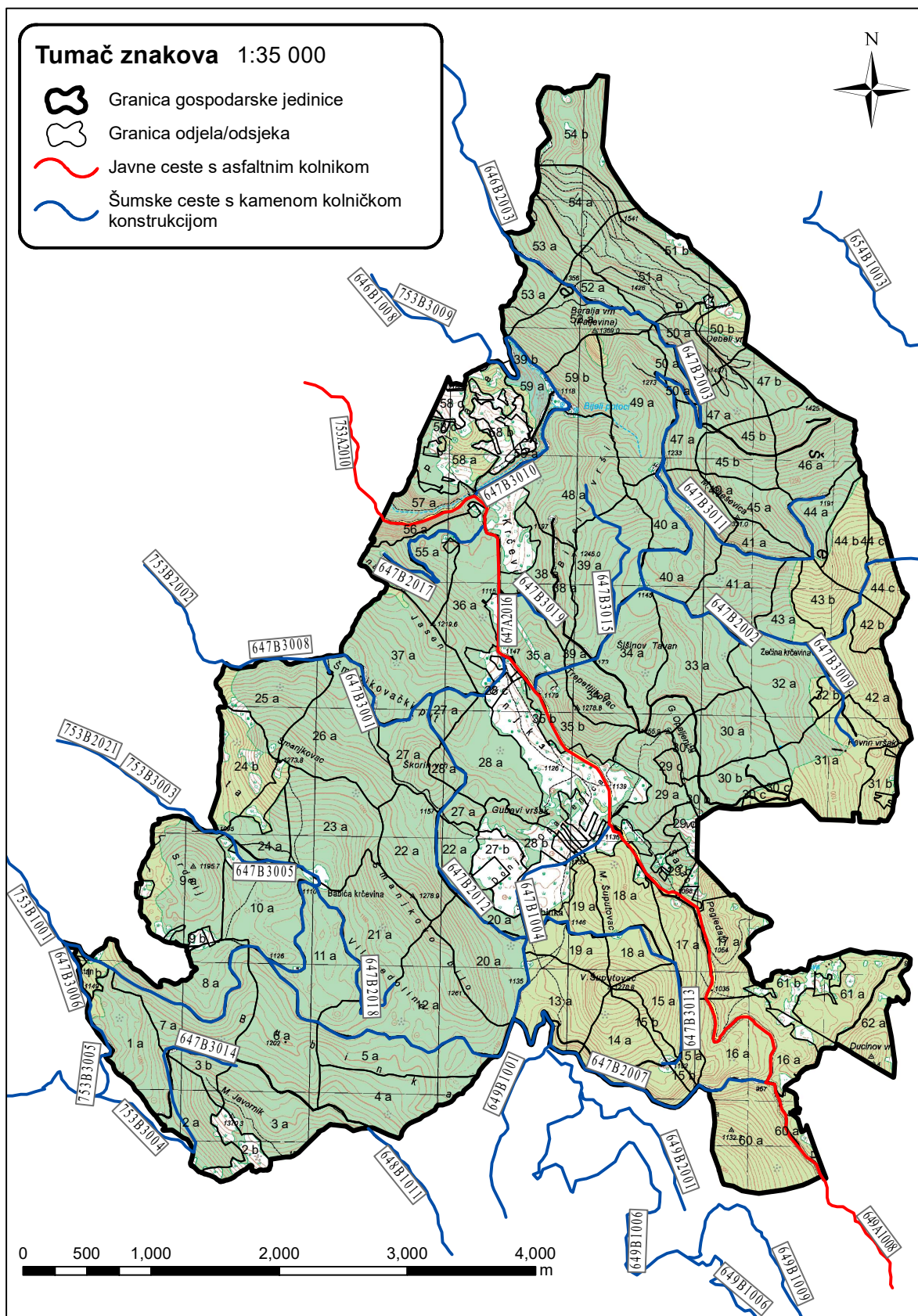
e - visinska razlika između slojnica, tzv. ekvidistanta, m

n - nagib nul-linije, %

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1. Analiza postojećeg stanja mreže primarnih šumskih prometnica gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Analizom postojećeg stanja šumske prometne infrastrukture u gospodarskoj jedinici „Mala Plješivica“ ustanovljeno je postojanje 35 šumskih prometnica ukupne duljine 77,931 km (Slika 13). Od ukupnog iznosa dužine prometnica postojeće prometne infrastrukture, dužina prometnica koje prema važećem Pravilniku o provedbi mjere M04 (NN 106/2015, 65/17, 77/17, 84/18) i Pravilnikom o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023. – 2027, ulaze u obračun otvorenosti sa 100 % svoje duljine iznosi 41,361 km, dok ostatak šumskih prometnica duljine 7,961 km ulaze u obračun otvorenosti sa 50 % svoje duljine.



Slika 13. Karta postojeće primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice „Mala Plješevica“

Prema provedenoj analizi gustoća šumskih prometnica postojećeg stanja iznosi 16,63 km/1000ha, dok po Pravilniku o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027, ciljana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture ovog reljefnog područja koje spada u planinsko uključujući visoki krš iznosi 30 km/1000 ha.

Tablica 8. Registar postojeće primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Red. br.	Naziv ceste	Br. ceste iz registra	Vrsta kolničke konstrukcije		Bez kolničke konstrukcije	Ukupna duljina ceste (5 + 6 + 7)	Uzima se u obračun primarne otvorenosti	Utječe na primarnu otvorenost	Napomena
			Asfalt	Tucanik					
			km					km/1000ha	
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1.	Bjelopolje(D1) - Donji Lapac (D218)	653A2009	1.108	-	-	1.108	0.148	0.050	
2.	Bjelopolje (D1) - Donji Lapac (D218)	647A2016	6.924	-	-	6.924	6.834	2.305	
3.	Bjelopolje (D1) - Donji Lapac (D218)	753A2010	1.349	-	-	1.349	0.122	0.041	
4.	Ukupno javne i nerazvrstane ceste (1 + 2 + 3)		9.381	0.000	-	9.381	7.104	2.396	
5.	Uvale	646B2003	-	1.748	-	1.748	0.117	0.040	
6.	Trepetljikovac-Opaljenica	647B1004	-	6.714	-	6.714	6.096	2.056	
7.	Panovaca-D.kamensko	647B2002	-	3.962	-	3.962	3.899	1.315	
8.	B.Krcevine-Uvale	647B2003	-	5.135	-	5.135	5.024	1.694	
9.	M.Ruka-Manita draga	647B2007	-	3.784	-	3.784	2.084	0.703	
10.	Smanjkovac-Vrscici	647B2012	-	2.484	-	2.484	2.484	0.838	
11.	Upravac - Poljane	647B2017	-	1.652	-	1.652	1.651	0.557	
12.	Krcevine - Stakor vila	647B2018	-	1.615	-	1.615	1.615	0.545	
13.	Unjka-Smanjovac	647B3001	-	2.268	-	2.268	2.073	0.699	
14.	Babic krcevina	647B3005	-	2.568	-	2.568	2.331	0.786	
15.	Mala Bubinka-Mandic jezero	647B3006	-	1.019	-	1.019	0.509	0.172	
16.	Do Prugice	647B3008	-	0.674	-	0.674	0.337	0.114	
17.	Zecina - Krcevine	647B3009	-	0.957	-	0.957	0.957	0.323	
18.	Bijeli potoci-Unjka	647B3010	-	1.887	-	1.887	1.759	0.593	
19.	Bijeli Vrsoci-Mala Plješivica	647B3011	-	2.342	-	2.342	2.342	0.790	
20.	Pogledalo	647B3013	-	2.396	-	2.396	2.396	0.808	
21.	Palas suma-Erdelj	647B3014	-	1.442	-	1.442	1.294	0.436	
22.	Bijeli Vrsoci	647B3015	-	1.344	-	1.344	1.344	0.453	
23.	Upravac	647B3019	-	0.482	-	0.482	0.482	0.163	
24.	C-32, C-37, C-42	648B1011	-	1.230	-	1.230	0.230	0.077	
25.	K.Draga - D.Korita	649B1001	-	1.580	-	1.580	0.227	0.076	
26.	Manita draga - Vukosavica	649B1006	-	5.523	-	5.523	0.288	0.097	
27.	Rasova - Staza2 - Staza1	649B1009	-	1.766	-	1.766	0.240	0.081	
28.	Macino Tocilo	649B2001	-	1.482	-	1.482	0.381	0.128	
29.	VP-D 23, VP-D 26,VP-D 44	654B1003	-	5.469	-	5.469	0.135	0.045	
30.	Gorica	753B1001	-	1.352	-	1.352	0.289	0.097	
31.	Dabina kosa - Kljuc	753B2002	-	1.212	-	1.212	0.205	0.069	
32.	Padaliste	753B3003	-	0.685	-	0.685	0.180	0.061	

Red. br.	Naziv ceste	Br. ceste iz registra	Vrsta kolničke konstrukcije		Bez kolničke konstrukcije	Ukupna duljina ceste (5 + 6 + 7)	Uzima se u obračun primarne otvorenosti	Utječe na primarnu otvorenost	Napomena
			Asfalt	Tucanik					
			km					km/1000ha	
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
33.	Bubinka-Mandica jezero	753B3004	-	0.938	-	0.938	0.467	0.157	
34.	B-MV 70a	753B3005	-	0.972	-	0.972	0.209	0.070	
35.	B-MV 50a	753B3008	-	0.192	-	0.192	0.096	0.032	
36.	B-MV 52	753B3009	-	1.674	-	1.674	0.478	0.161	
37.	Ukupno šumske ceste postojeće (1 + 2 + 3 + ...35)		0.000	68.550	-	68.550	42.218	14.238	
38.	Sveukupno javne, nerazvrstane i šumske ceste (4 + 37)		9.381	68.550	-	77.931	49.322	16.633	

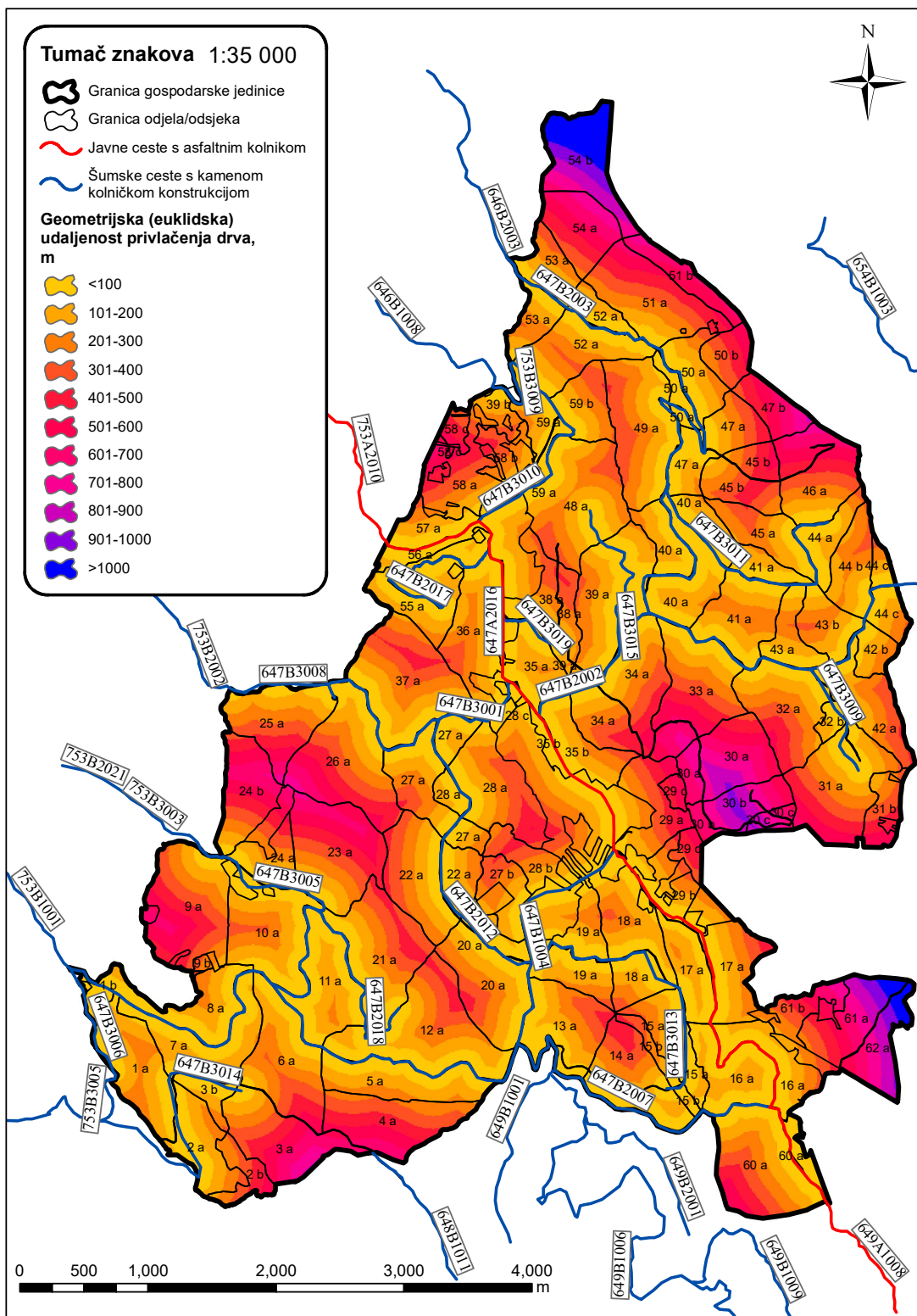


Slika 14. Karta primarne šumske prometne infrastrukture koja ulazi u obračun klasične otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

6.2. Analiza postojećeg stanja geometrijskih udaljenosti privlačenja drva gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Analizom geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva postojeće primarne prometne infrastrukture izračunata je srednja udaljenost privlačenja drva za svaki odsjek u gospodarskoj jedinici „Mala Plješivica“. Vrijednosti srednje udaljenosti privlačenja drva su se kretale od 46,36 m (odsjek 1b) sve do 906,34 m (odsjek 54b), dok je aritmetička sredina svih srednji

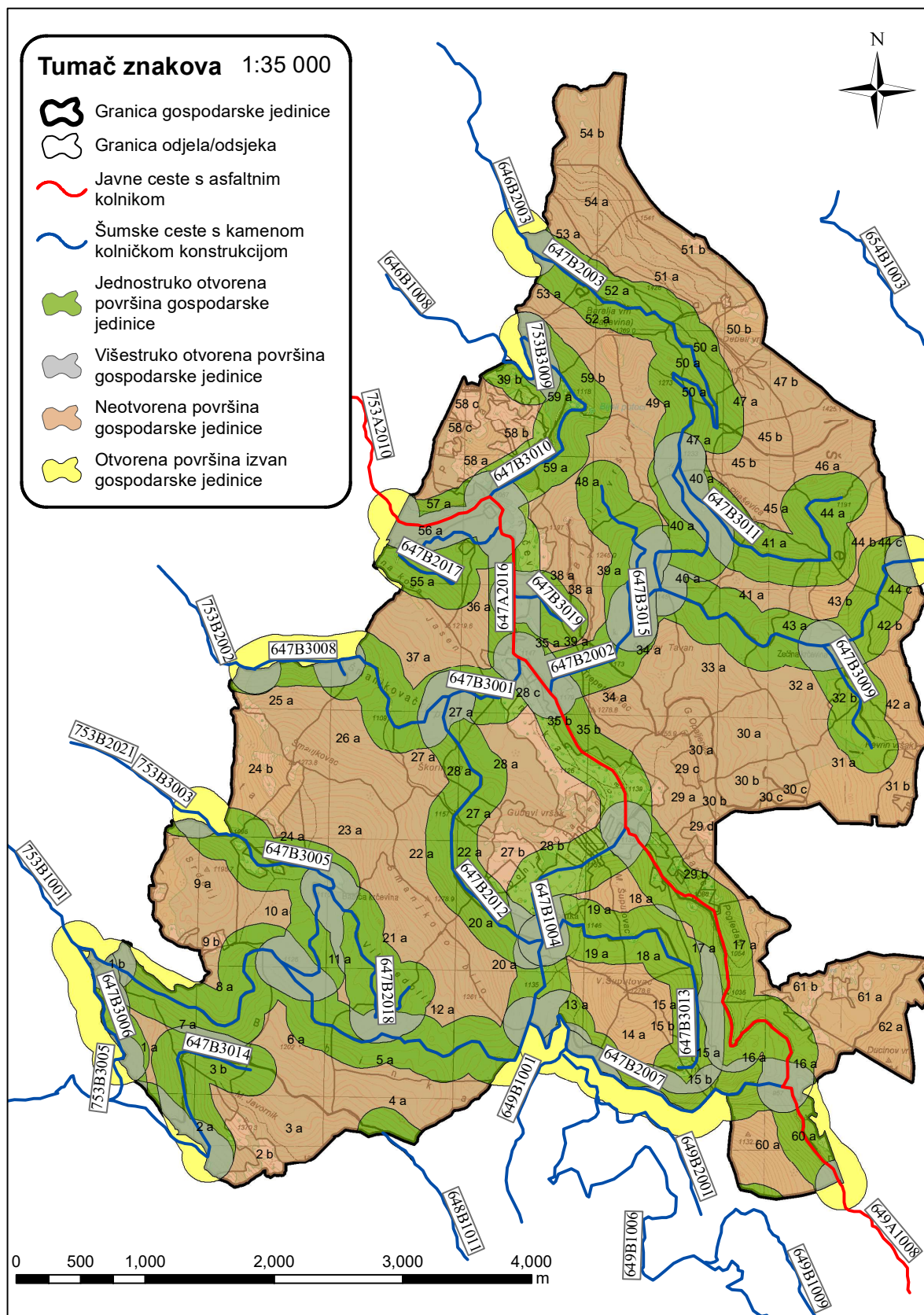
udaljenosti privlačenja drva po odsjecima iznosi 255,27 metara. Prema Pravilniku o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027 u planinskom (gorskom) reljefnom području ciljana geometrijska udaljenost privlačenja drva iznosi 200 metara.



Slika 15. Karta postojeće euklidske (geometrijske) srednje udaljenosti privlačenja gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

6.3. Analiza postojećeg stanja relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Gospodarska jedinica „Mala Plješivica“ raspoređena se na 2965,24 hektara, te spada u kategoriju planinskog (gorskog) reljefnog područja. Za potrebe ove analize korištene su omeđene površine (eng. buffer) oko postojeće šumske infrastrukture u vrijednosti 200 metara. Kao rezultat izračunate su sljedeće površine: jednostruko otvorene površine (1228,84 ha), višestruko otvorene površine (350,04 ha) i neotvorene površine (1386,36 ha). Prema navedenom, relativna otvorenost gospodarske jedinice iznosi 53,25 % te prema Pravilniku o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027 ima nedovoljnu primarnu relativnu otvorenost. Koeficijent učinkovitosti primarnih šumskih prometnica postojećeg stanja iznosi 58,46 %.



Slika 16. Karta postojeće primarne relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

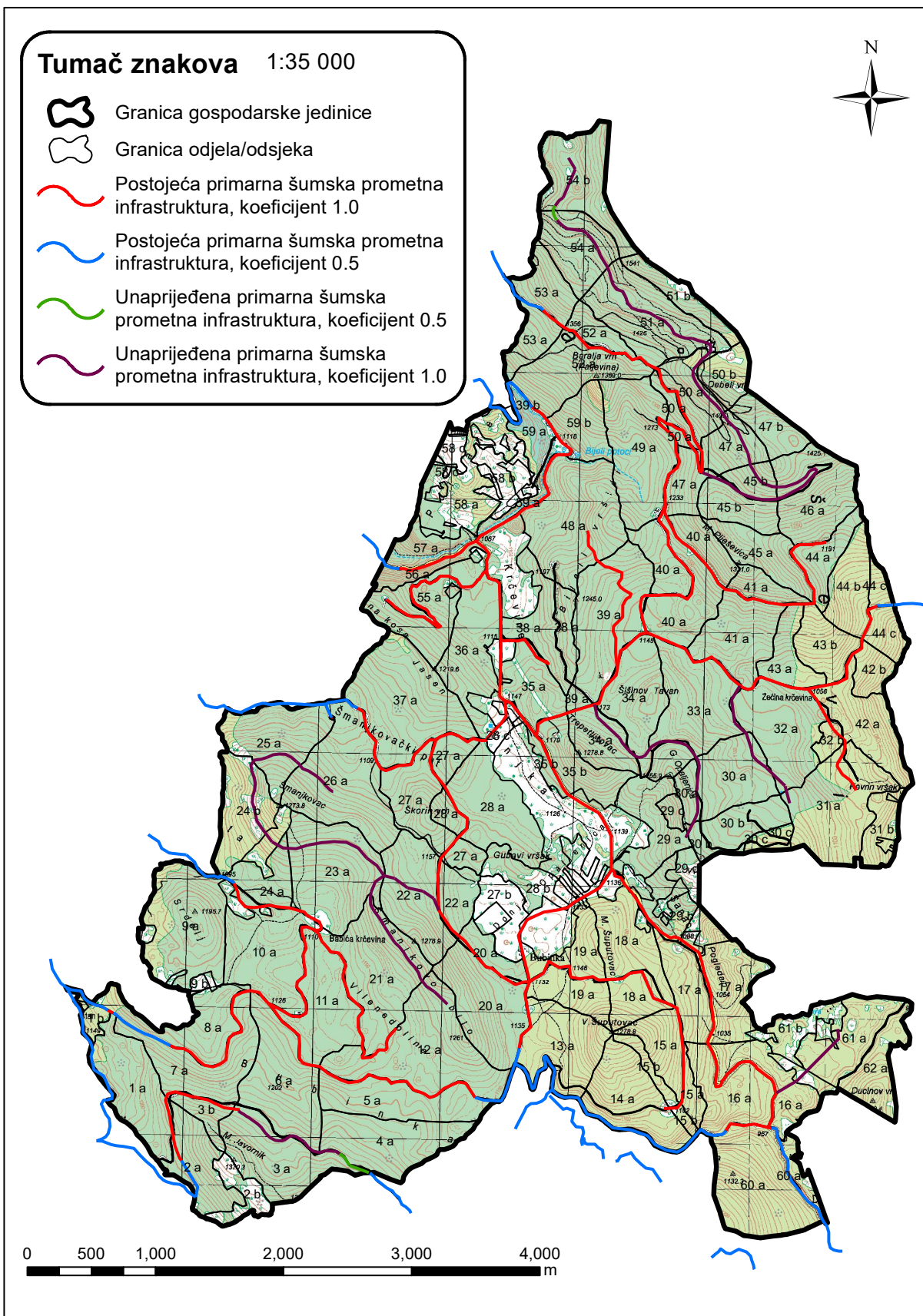
6.4. Prijedlog daljnjeg otvaranja gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

U gospodarskoj jedinici „Mala Plješivica“ ukupno je projektirano 18 novih inačica šumskih prometnica ukupne duljine 28,775 km s prosječnim nagibom 5,50 %. Ukupna duljina novoprojektiranih šumskih cesta koje se uzimaju u obračun sa 100 % svoje duljine iznosi 27,994 km dok duljina novo projektiranih cesta koje se uzimaju u obračun sa 50 % svoje duljine iznosi 0,390 km. Gustoća prometnica unaprijedenog stanja iznosi 26,21 km/1000 ha.

Tablica 9. Registar unaprijedene primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Red. br.	Naziv ceste	Br. ceste iz registra	Vrsta kolničke konstrukcije		Bez kolničke konstrukcije	Ukupna duljina ceste (5 + 6 + 7)	Uzima se u obračun primarne otvorenosti	Utječe na primarnu otvorenost	Napomena
			Asfalt	Tucanik					
			km				km/1000ha		
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1.	Bjelopolje(D1) - Donji Lapac (D218)	653A2009	1,108	-	-	1,108	0,148	0,050	
2.	Bjelopolje (D1) - Donji Lapac (D218)	647A2016	6,924	-	-	6,924	6,834	2,305	
3.	Bjelopolje (D1) - Donji Lapac (D218)	753A2010	1,349	-	-	1,349	0,122	0,041	
4.	Ukupno javne i nerazvrstane ceste (1 + 2 + 3)		9,381	0,000	-	9,381	7,104	2,396	
5.	Uvale	646B2003	-	1,748	-	1,748	0,117	0,040	
6.	Trepetljikovac-Opaljenica	647B1004	-	6,714	-	6,714	6,096	2,056	
7.	Panovaca-D.kamensko	647B2002	-	3,962	-	3,962	3,899	1,315	
8.	B.Krcevine-Uvale	647B2003	-	5,135	-	5,135	5,024	1,694	
9.	M.Ruka-Manita draga	647B2007	-	3,784	-	3,784	2,084	0,703	
10.	Smanjkovac-Vrscici	647B2012	-	2,484	-	2,484	2,484	0,838	
11.	Upravac - Poljane	647B2017	-	1,652	-	1,652	1,651	0,557	
12.	Krcevine - Stakor vila	647B2018	-	1,615	-	1,615	1,615	0,545	
13.	Unjka-Smanjovac	647B3001	-	2,268	-	2,268	2,073	0,699	
14.	Babic krcevina	647B3005	-	2,568	-	2,568	2,331	0,786	
15.	Mala Bubinka-Mandic jezero	647B3006	-	1,019	-	1,019	0,509	0,172	
16.	Do Prugice	647B3008	-	0,674	-	0,674	0,337	0,114	
17.	Zecina - Krcevine	647B3009	-	0,957	-	0,957	0,957	0,323	
18.	Bijeli potoci-Unjka	647B3010	-	1,887	-	1,887	1,759	0,593	
19.	Bijeli Vrscici-Mala Pljesivica	647B3011	-	2,342	-	2,342	2,342	0,790	
20.	Pogledalo	647B3013	-	2,396	-	2,396	2,396	0,808	
21.	Palas suma-Erdelj	647B3014	-	1,442	-	1,442	1,294	0,436	
22.	Bijeli Vrscici	647B3015	-	1,344	-	1,344	1,344	0,453	
23.	Upravac	647B3019	-	0,482	-	0,482	0,482	0,163	
24.	C-32, C-37, C-42	648B1011	-	1,230	-	1,230	0,230	0,077	
25.	K.Draga - D.Korita	649B1001	-	1,580	-	1,580	0,227	0,076	
26.	Manita draga - Vukosavica	649B1006	-	5,523	-	5,523	0,288	0,097	
27.	Rasova - Staza2 - Staza1	649B1009	-	1,766	-	1,766	0,240	0,081	
28.	Macino Tocilo	649B2001	-	1,482	-	1,482	0,381	0,128	

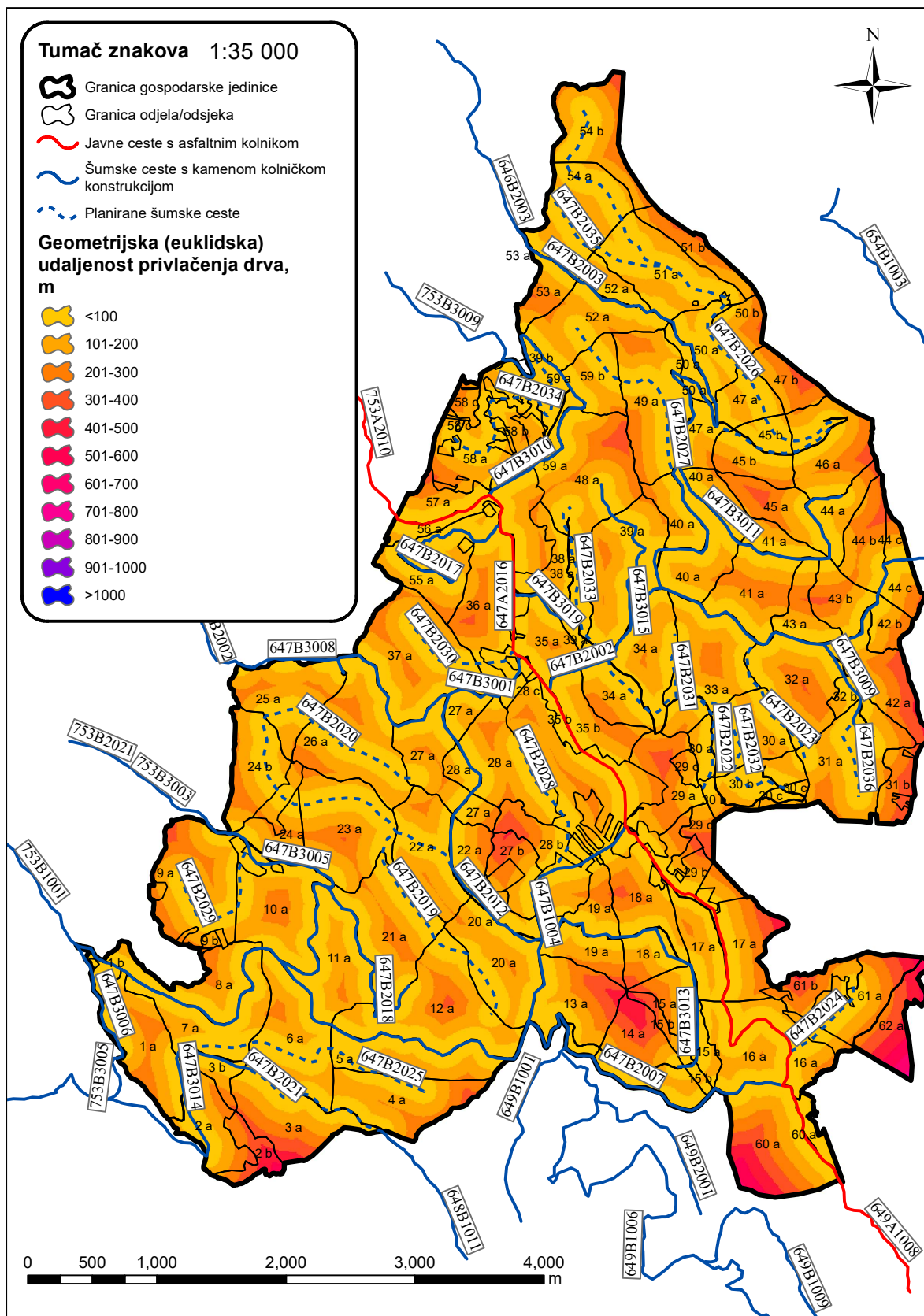
Red. br.	Naziv ceste	Br. ceste iz registra	Vrsta kolničke konstrukcije		Bez kolničke konstrukcije	Ukupna duljina ceste (5 + 6 + 7)	Uzima se u obračun primarne otvorenosti	Utječe na primarnu otvorenost	Napomena
			Asfalt	Tucanik					
			km				km/1000ha		
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
29.	VP-D 23, VP-D 26, VP-D 44	654B1003	-	5,469	-	5,469	0,135	0,045	
30.	Gorica	753B1001	-	1,352	-	1,352	0,289	0,097	
31.	Dabina kosa - Ključ	753B2002	-	1,212	-	1,212	0,205	0,069	
32.	Padaliste	753B3003	-	0,685	-	0,685	0,180	0,061	
33.	Bubinka-Mandica jezero	753B3004	-	0,938	-	0,938	0,467	0,157	
34.	B-MV 70a	753B3005	-	0,972	-	0,972	0,209	0,070	
35.	B-MV 50a	753B3008	-	0,192	-	0,192	0,096	0,032	
36.	B-MV 52	753B3009	-	1,674	-	1,674	0,478	0,161	
37.	Ukupno šumske ceste postojeće (1 + 2 + 3 + ...35)		0,000	68,550	-	68,550	42,218	14,238	
38.	Sveukupno javne, nerazvrstane i šumske ceste (4 + 37)		9,381	68,550	-	77,931	49,322	16,633	
39.		647B2019	-	2,381	-	2,381	2,381	0,803	
40.		647B2020	-	3,045	-	3,045	3,045	1,027	
41.		647B2021	-	1,232	-	1,232	1,086	0,366	
42.		647B2022	-	1,759	-	1,759	1,759	0,593	
43.		647B2023	-	1,104	-	1,104	1,104	0,372	
44.		647B2024	-	0,728	-	0,728	0,728	0,245	
45.		647B2025	-	2,052	-	2,052	1,991	0,672	
46.		647B2026	-	5,048	-	5,048	5,048	1,702	
47.		647B2027	-	1,550	-	1,550	1,550	0,523	
48.		647B2028	-	1,129	-	1,129	1,129	0,381	
49.		647B2029	-	1,150	-	1,150	1,150	0,388	
50.		647B2030	-	0,981	-	0,981	0,981	0,331	
51.		647B2031	-	0,502	-	0,502	0,502	0,169	
52.		647B2032	-	1,250	-	1,250	1,250	0,422	
53.		647B2033	-	1,322	-	1,322	1,322	0,446	
54.		647B2034	-	1,816	-	1,816	1,683	0,568	
55.		647B2035	-	1,089	-	1,089	1,038	0,350	
56.		647B2036	-	0,636	-	0,636	0,636	0,215	
57.	Ukupno šumske ceste planirane (39 + 40 + ...56)		0,000	28,775	-	28,775	28,384	9,572	
58.	Sveukupno šumske ceste (38 + 57)		9,381	97,325	-	106,706	77,706	26,206	



Slika 17. Karta unaprijedene klasične otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješevica“

6.5. Analiza unaprijedenog stanja geometrijskih udaljenosti privlačenja drva gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Analizom novo projektiranih šumskih prometnica geometrijska srednja udaljenost privlačenja drva se smanjila. Raspon geometrijskih srednjih udaljenosti privlačenja drva po odsjecima sad iznosi od 31,56 metara (odsjek 59a) do 439,81 metara (odsjek 62a). Odsjeci u kojima se najviše smanjila geometrijska srednja udaljenost privlačenja drva su: odsjek 54b (smanjenje od 759,01 m), odsjek 30c (smanjenje od 654,36 m) i odsjek 30b (smanjenje od 651,38 m). Odsjeci u kojima se najmanje srednja udaljenost privlačenja drva smanjila su: 1a, 1b, 2a, 3b, 11a, 13a, 14a, 15a, 15b, 19a, 27b, 28c, 31b, 40a, 44a, 55a, 57a. Aritmetička sredina svih geometrijskih srednjih udaljenosti privlačenja drva po odsjecima iznosi 134,62 metara.



Slika 18. Karta unaprijeđene euklidske (geometrijske) srednje udaljenosti privlačenja gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Tablica 10. Prikaz postojeće i unaprijeđene geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

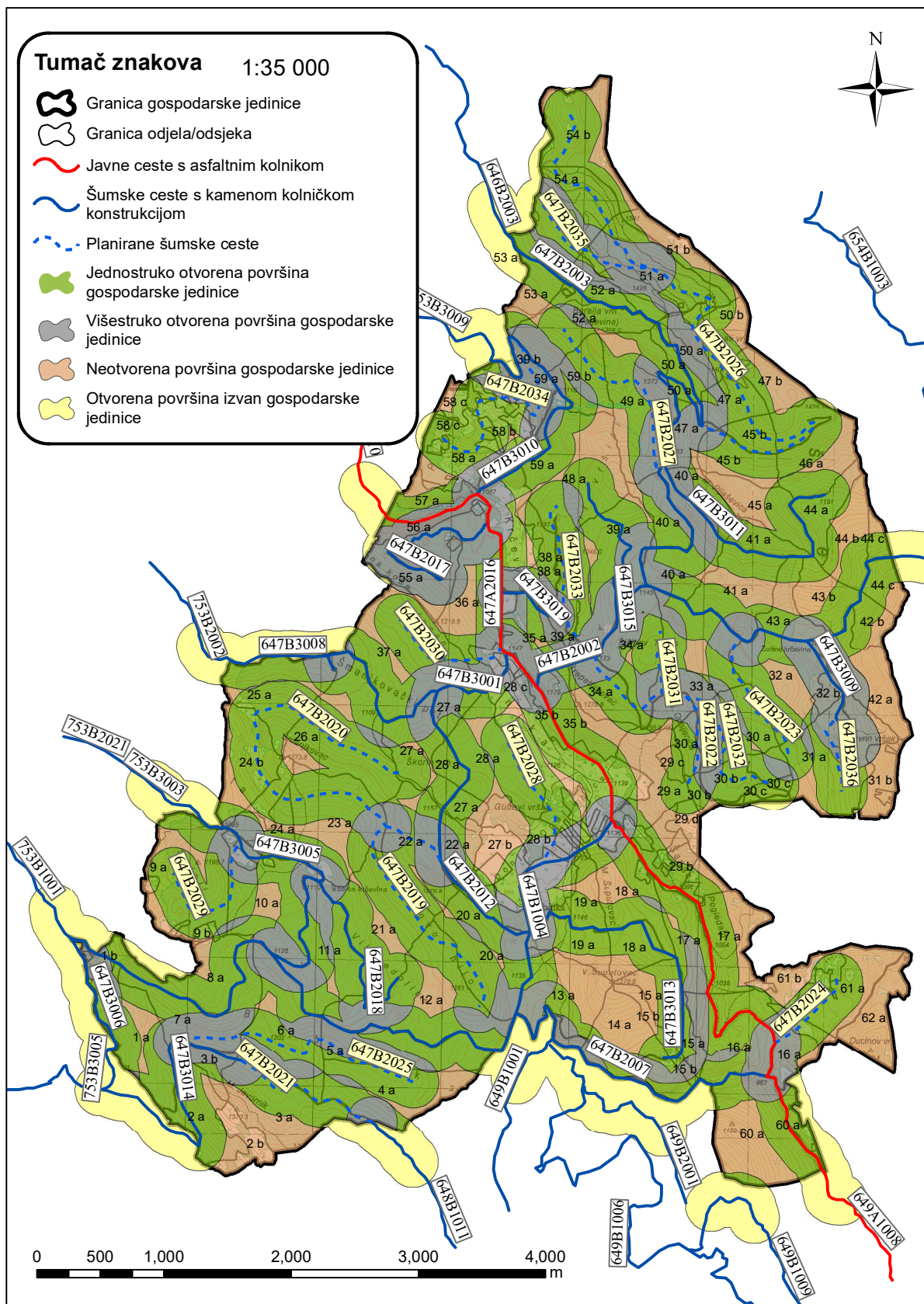
Odjel/odsjek	Geometrijskih udaljenosti privlačenja drva postojećeg stanja	Geometrijskih udaljenosti privlačenja drva unaprijeđenog stanja
1A	121,314	121,314
1B	46,336	46,584
2A	122,882	123,539
2B	355,026	347,255
3A	387,203	168,057
3B	99,322	99,049
4A	278,302	133,011
5A	116,055	76,567
6A	220,374	85,670
7A	82,817	67,423
8A	99,058	97,999
9A	344,748	124,074
9B	290,474	154,375
10A	135,019	104,083
11A	82,454	82,479
12A	173,382	120,640
13A	165,596	165,596
14A	185,049	185,049
15A	120,164	120,164
15B	194,975	194,975
16A	90,896	81,545
17A	136,783	136,783
18A	132,768	132,768
19A	116,805	116,805
20A	155,884	131,088
21A	218,239	99,637
22A	193,885	118,946
23A	392,562	115,658
24A	176,790	111,320
24B	441,608	119,959
25A	246,424	108,731
26A	332,801	148,096
27A	133,385	132,806
27B	196,938	196,863
28A	224,251	102,786
28B	236,864	171,422
28C	52,846	52,846

Odjel/odsjek	Geometrijskih udaljenosti privlačenja drva postojećeg stanja	Geometrijskih udaljenosti privlačenja drva unaprijedenog stanja
29A	341,765	211,687
29B	163,283	152,110
29C	521,889	170,811
29D	441,576	263,475
30A	659,990	72,042
30B	742,677	90,923
30C	751,680	97,316
31A	280,609	211,823
31B	390,983	390,983
32A	229,050	131,054
32B	79,665	79,665
33A	340,958	102,263
34A	243,064	96,684
35A	93,609	91,452
35B	123,042	112,176
36A	160,199	137,714
37A	211,036	108,068
38A	211,775	77,144
39A	113,694	92,082
40A	87,869	87,869
41A	126,694	126,694
42A	212,539	212,539
42B	161,916	161,916
43A	129,690	129,690
43B	158,994	158,994
44A	108,857	108,857
44B	190,528	190,528
44C	143,623	143,623
45A	192,967	184,620
45B	339,937	104,818
46A	390,361	138,219
47A	177,011	75,680
47B	578,374	226,316
48A	178,091	139,508
49A	194,575	109,151
50A	110,148	48,297
50B	415,716	162,325
51A	343,078	74,130
51B	610,504	223,643
52A	132,798	92,830
53A	161,535	104,593

Odjel/odsjek	Geometrijskih udaljenosti privlačenja drva postojećeg stanja	Geometrijskih udaljenosti privlačenja drva unaprijeđenog stanja
54A	542,209	77,365
54B	906,304	147,295
55A	79,899	79,227
56A	52,473	52,473
57A	113,790	113,277
58A	302,080	103,804
58B	248,105	95,516
58C	445,901	180,766
59A	75,139	31,556
59B	203,539	90,533
60A	178,791	178,806
61A	680,170	179,755
61B	466,051	225,041
62A	843,643	439,809
̄:	255,269	134,625

6.6. Analiza unaprijeđenog stanja relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Nakon provedene analize relativne otvorenosti postojećeg stanja, ustanovili smo relativnu otvorenost za gospodarsku jedinicu „Mala Plješivica“ u iznosu 53,25 % - nedovoljna primarna relativna otvorenost. Analizom novo projektiranih šumskih cesta, relativna otvorenost je dosegla iznos od 81,81 %, što je prema Pravilniku o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027 jako dobra primarna relativna otvorenost.

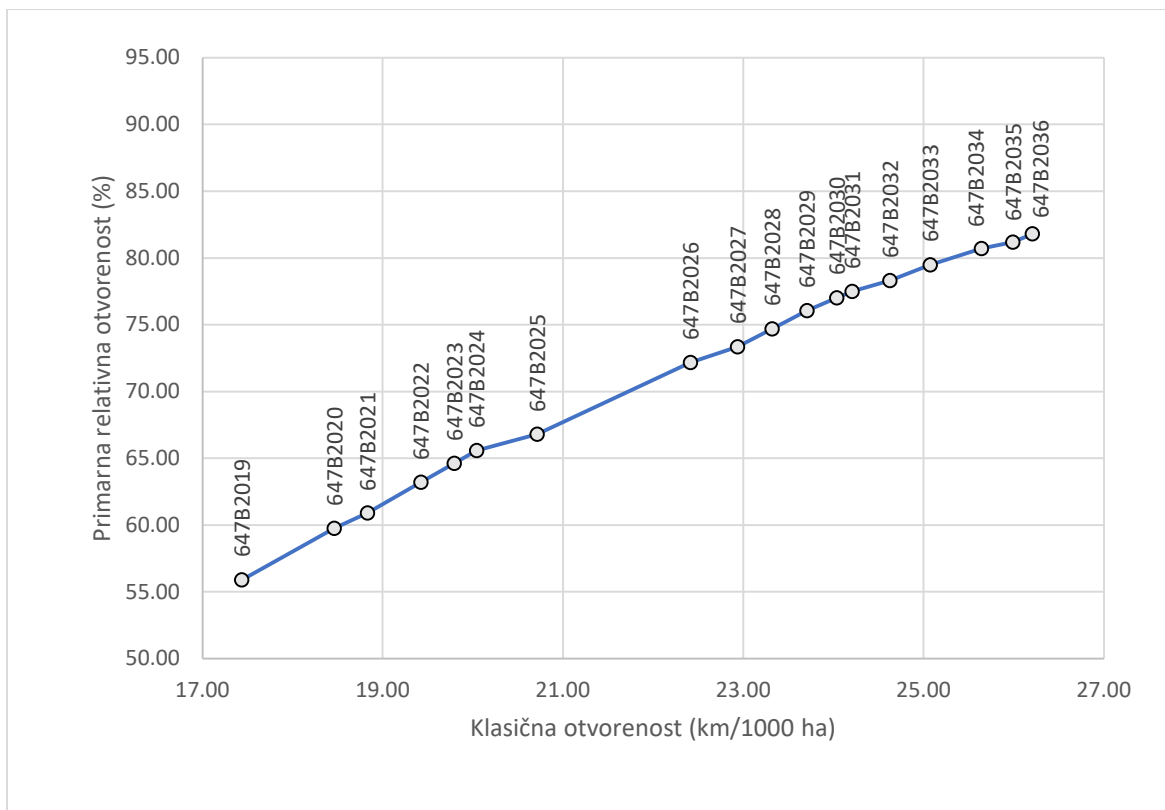


Slika 19. Karta unaprijedene relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

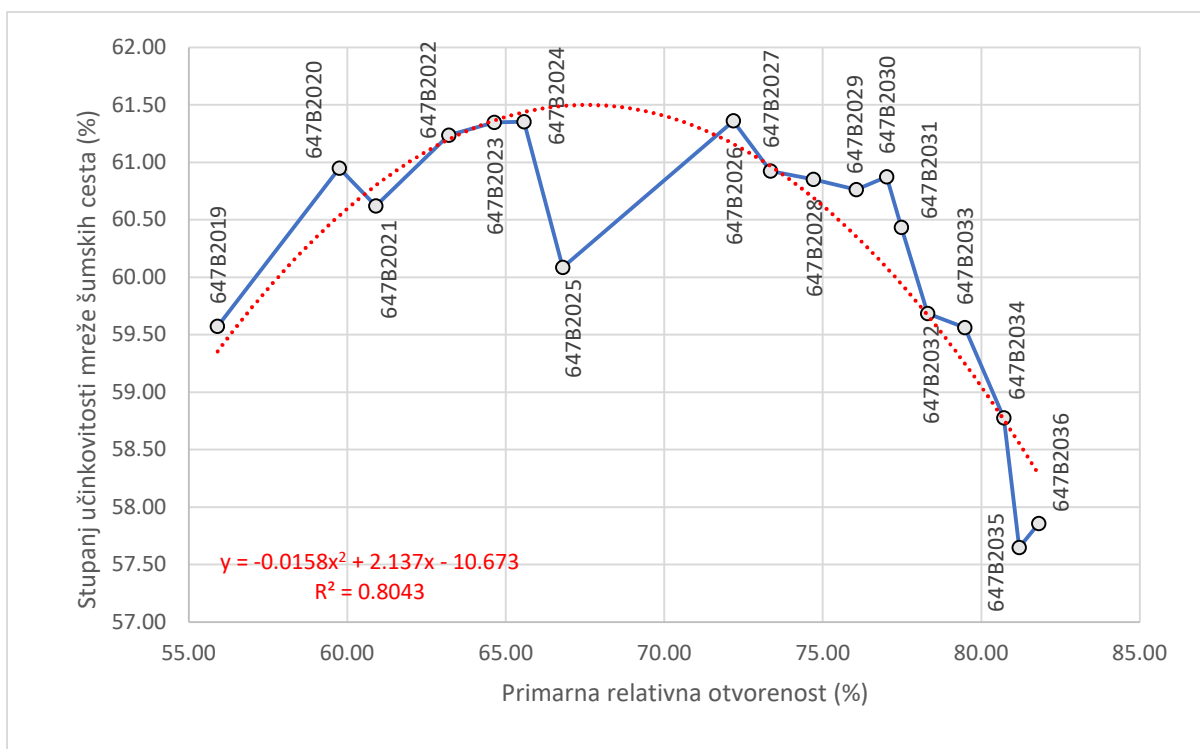
Najveći utjecaj, kako na klasičnu, tako i na relativnu primarnu otvorenost GJ „Mala Plješivica“ imala je novo planirana cesta registracijske oznake 647B2026, ukupne duljine 5,048 km, dok je najmanji utjecaj imala cesta 647B2031, duljine 0,502 km (tablica 10). Koeficijent učinkovitosti mreže šumskih prometnica se povećavao postavljanjem novih idejnih trasa šumskih cesta. Najveće povećanje ovog koeficijenta je između postavljanja idejnih trasa 647B2025 i 647B2026.

Tablica 11. Koeficijent učinkovitosti pojedine novoplaniranih šumskih cesta gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Broj prometnice iz katastra	Duljina, km	Ploština neučinkovitih omeđenih površina, ha	Ploština učinkovitih omeđenih površina, ha	Koeficijent učinkovitosti pojedine šumske ceste, %
647B2019	2,381	27,388	106,296	74,234
647B2020	3,045	16,356	130,290	87,447
647B2021	1,232	34,123	61,305	44,338
647B2022	1,759	13,994	82,244	82,985
647B2023	1,104	13,913	56,497	75,374
647B2024	0,728	13,804	41,546	66,774
647B2025	2,052	56,823	93,168	39,011
647B2026	5,048	33,073	193,285	82,889
647B2027	1,550	39,492	74,185	46,765
647B2028	1,129	17,222	57,644	70,124
647B2029	1,150	18,054	58,133	68,944
647B2030	0,981	23,196	51,612	55,057
647B2031	0,502	18,444	32,501	43,250
647B2032	1,250	36,211	60,738	40,381
647B2033	1,322	30,595	65,148	53,038
647B2034	1,816	50,568	79,195	36,147
647B2035	1,089	41,739	55,970	25,427
647B2036	0,636	19,447	37,722	48,446



Slika 20. Odnos klasične i relativne otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“



Slika 21. Odnos relativne otvorenosti i koeficijenta učinkovitosti mreže šumskih prometnica gospodarske jedinice „Mala Plješivica“

Ukoliko se analizira učinkovitost pojedine šumske ceste, najmanji koeficijent učinkovitosti ima šumska cesta koja je prva postavljena (647 B2 035), čiji koeficijent iznosi 25,427 %, dok najveći ima novoplanirana cesta 647 B2 020 (Tablica 11). Najduža novo planirana šumska cesta 647 B2 026 ima koeficijent 82,89 %.

Tablica 12. Tablica registarskih oznaka planiranih šumskih cesta i njihov utjecaj na klasičnu i relativnu otvorenost te koeficijent učinkovitosti mreže šumskih prometnica

Registarska oznaka ceste	Ukupna duljina, km	Koeficijent 1.0	Koeficijent 0.5	Utječe na klasičnu otvorenost	Relativna otvorenost nakon postavljanja idejne trase	Koeficijent učinkovitosti mreže šumskih prometnica
	km			km/1000ha	%	%
647B2019	2,38	2,38	0,00	0,80	55,91	59,57
647B2020	3,04	3,04	0,00	1,03	59,75	60,95
647B2021	1,23	1,09	0,29	0,37	60,90	60,62
647B2022	1,76	1,76	0,00	0,59	63,20	61,24
647B2023	1,10	1,10	0,00	0,37	64,63	61,35
647B2024	0,73	0,73	0,00	0,25	65,57	61,35
647B2025	2,05	1,99	0,12	0,67	66,79	60,09
647B2026	5,05	5,05	0,00	1,70	72,18	61,36
647B2027	1,55	1,55	0,00	0,52	73,35	60,93
647B2028	1,13	1,13	0,00	0,38	74,70	60,85
647B2029	1,15	1,15	0,00	0,39	76,05	60,76
647B2030	0,98	0,98	0,00	0,33	77,01	60,87
647B2031	0,50	0,50	0,00	0,17	77,48	60,43
647B2032	1,25	1,25	0,00	0,42	78,31	59,68
647B2033	1,32	1,32	0,00	0,45	79,48	59,56
647B2034	1,82	1,68	0,26	0,57	80,71	58,78
647B2035	1,09	1,04	0,10	0,35	81,19	57,65
647B2036	0,64	0,64	0,00	0,21	81,81	57,86

7. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

GIS sustavi omogućavaju brzu i točnu analizu optimalnosti određene mreže šumskih prometnica. U ovom istraživanju analizirano je upravljanje odnosno dobrota postavljene mreže primarnih šumskih prometnica unutar gospodarske jedinice „Mala Plješivica“. Utvrđena je primarna klasična otvorenost u iznosu od 16,63 km/1000 ha. Kako primarna klasična otvorenost ne govori o kvaliteti rasporeda šumskih cesta provedena je analiza geometrijske srednje udaljenosti privlačenja drva. Utvrđena prosječna geometrijska udaljenost privlačenja drva za odsjke istraživane gospodarske jedinice iznosila je 255,27 metara, dok je najveća zamijećena u odsjeku 54b. Postojeća primarna relativna otvorenost gospodarske jedinice iznosi 53,25 % te je prema Pravilniku o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027 definirana kao nedovoljna primarna relativna otvorenost. Na temelju dobivenih podataka o neotvorenim područjima koje je potrebno otvoriti šumskim cestama, uslijedilo je postavljanje novo planiranih šumskih cesta (idejnih trasa šumskih cesta).

Ukupno je postavljeno 18 idejnih trasa ukupne duljine 28,775 metara, od kojih 28,384 metara je korišteno za izračun unaprijeđene primarne klasične otvorenosti gospodarske jedinice. Naime, prilikom postavljanja idejnih trasa šumskih cesta vodilo se računa da se idejne trase ne postavljaju u rubnim dijelovima gospodarske jedinice, kako bi se izbjeglo korištenje koeficijenta 0,5, odnosno kako bi što veća udaljenost ušla u obračun unaprijeđene primarne klasične otvorenosti dok je prosječni uzdužni nagib novo planiranih nul linijskih poligona iznosio 5,5 %. Važno je istaknuti kako je i maksimalno korišteni uzdužni nagib pri planiranju novih trasa šumskih cesta iznosio 10 % koji je i dalje bio manji od maksimalno dozvoljenih uzdužnih nagiba šumskih cesta definiranih pravilnikom pisanom za provedbu intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027. a koji za najnižu kategorije šumskih cesta (prilazne šumske ceste) u planinskom reljefnom području iznosi 12 % a u iznimnim slučajevima i do 15 %. Razlog nekorištenja maksimalnih vrijednosti uzdužnih nagiba pri planiranju nul linijskih poligona idejnih trasa šumskih cesta leži u činjenici kako je na ovakav način taktičkog planiranja ostavljena određena mogućnost korekcije odnosno odstupanja osovinskih poligona (predstavljaju operativnu razinu planiranja) u odnosu na planirane nul linijske poligone. Razlog navedenog odstupanja vrlo često se očituje u točnosti odnosno odstupanju digitalnih karata ili digitalnih modela terena u odnosu na stvaran izgled terenskih uvjeta istraživanog područja.

Unaprijeđena primarna klasična otvorenost iznosi 26,21 km/1000 ha, što je i dalje manje od ciljane gustoće primarne šumske prometne infrastrukture planinskog područja koju definira Pravilnik o provedbi intervencije 73.08. Izgradnja šumske infrastrukture 2023.-2027. a zanimljivo je ustvrditi kako je primarna relativna otvorenost dosegla 81,81 % što prema Pravilniku predstavlja jako dobru primarnu relativnu otvorenost šuma. Ustanovljeno je kako se prosječna geometrijska udaljenost privlačenja za odsjke istraživane gospodarske jedinice smanjila se za 120,64 metara, najviše u odsjeku 54b gdje je sa 906,30 m koliko je iznosila pri postojećem stanju primarne klasične otvorenosti pala na 147,29 m koliko je iznosila u analizi unaprijeđenog stanja.

Zanimljivo je pratiti trend kretanja koeficijenta učinkovitosti za kompletnu mrežu šumskih prometnica istraživanog područja. Naime, koeficijent učinkovitosti mreže šumskih prometnica ima tendenciju rasta do maksimalno zabilježenog iznosa od 61,36 % koliko je iznosio nakon planiranja nul linijskog poligona za trasu šumske ceste 647B2026 pri čemu je primarna relativna otvorenost gospodarske jedinice „Mala Plješivica“ u tom trenutku iznosila 72,18 % (Tablica 12). Isto odnos primarne relativne otvorenosti i koeficijenta učinkovitosti mreže šumskih prometnica gospodarske jedinice „Mala Plješivica“ uočen je za sve analizirane podatke prikazane na slici 21 gdje je regresijskom krivuljom drugoga reda dobiven vrlo visoki koeficijent determinacije u iznosu od 80 % ($R^2 = 0,8043$) što prema Chadockovoj ljestvici determinacije predstavlja vrlo čvrstu vezu između promatranih varijabli. Iz dobivenih rezultata vidljivo je kako regresijska linija koja predstavlja odnos primarne relativne otvorenosti i koeficijenta učinkovitosti mreže šumskih prometnica ima tendenciju rasta do maksimalnih vrijednosti koeficijenta učinkovitosti mreže šumskih prometnica u iznosu od 61,50 % zamijećenog pri primarnoj relativnoj otvorenosti gospodarske jedinice „Mala Plješivica“ u iznosu od 67,50 % što predstavlja dobru relativna otvorenost promatranog područja (slika 21). Nakon navedenih vrijednosti stupanj učinkovitosti mreže šumskih prometnica opada sa povećanjem primarne relativne otvorenosti promatrane gospodarske jedinice dok bi daljnjim otvaranjem zasigurno došlo do dodatnog smanjenja koeficijenta učinkovitosti kompletne mreže primarnih šumskih prometnica istraživanog područja što bi za sobom povlačilo i pitanje ekonomske isplativosti daljnjeg primarnog otvaranja istraživanog područja osobito sa gledišta gradnje i održavanja. Treba istaknuti kao su navedeni rezultati dobiveni na relativno malom uzorku (18 novo planiranih nul linijskih poligona) te bi se svakako dobivene rezultate trebali testirati na većem uzorku s ciljem dobivanja veće pouzdanosti i sigurnije interpretacije dobivenih podataka.

8. LITERATURA

1. Abegg, B., 1978: Die Schätzung der optimalen Dichte von Waldstraßen in traktorfuhrbaren Gelände. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitteilungen 54, 2.
2. Acosta, F. C., Rengifo, S. P., García, M. L., Trondoli Matricardi, E. A., Castillo, G. B., 2023: Road Network Planning in Tropical Forests Using GIS. Croatian Journal of Forest Engineering 44 (1): 1-17. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2023.1742>
3. Backmund, F., 1966: Kennzahlen für den Grad der Erschließung von Forstbetrieben durch autofahrbare Wege. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 85(11), 342-354.
4. Brinker, R. W., Tufts, R. A., 1995: Forest Roads And Construction Of Associated Water Diversion Devices. Alabama cooperative extension system, ANR – 0916, 1 – 4.
5. Bumber, Z., 2011: Primjena GIS-a pri analizi otvorenosti GJ Šiljakovačka dubrava II kroz strukturu prihoda drva u prostoru i vremenu. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–139.
6. Butković, M., 1963: Otvorenost šuma u NR Hrvatskoj. Šum. list 87(1–2): 37–42.
7. Chiang, Y.-Y., Leyk, S., Knoblock, A. C., 2014: A Survey of Digital Map Processing Techniques. ACM Computing Surveys. 47.
8. Chuvieco E, Congalton RG (1989) Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. Remote Sens Environ 29: 147-159.
9. Čekolj, T., 1999: Obrada katastarskih planova ARC/INFO-m. Diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
10. Dietz, P., H. Löffler, W. Knigge, 1984: Walderschließung, Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebaus. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, p. 1–196.
11. Dobre , A., 1990: Nekateri dejavniki odpiranja gozdnega prostora - Raziskovalna naloga, Institut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani, Ljubljana, str. 1-138.
12. Dueker K J and Kjerne D 1989 Multipurpose Cadastre: Terms and Definitions. Falls Church VA, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping**
13. Đuka,A., 2014:Razvoj modela prometnostiterena za planiranje privlačenja drva skiderom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–303.
14. Enache, A., Kühmaier, M., Stampfer, K., Ciobanu, V.D., 2013: An integrative decision support tool for assessing forest road optionsin a mountainousregion in Romania.Croatian Journal of Forest Engineering 34 (1): 43–60.
15. GIS standards and interoperability. In Arc News. The Environmental Systems Research Institute (ESRI), 2003, Vol. 25, No.1.**
16. Glavaš, M., Pičman, D., 1997: Organizacija preventivnog sustava zaštite šuma od požara u Republici Hrvatskoj, Posvetovanje "Gozdove v Sloveniji ogrožajo tudi požari" (povzetki referatov), Ljubljana, str. 1-8
17. Godišnje izvješće 2022 dioničarskog društva Hrvatske sume, 2023.
18. Gucinski, H. (2001). Forest roads: a synthesis of scientific information (Vol. 509). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

19. Heinemann, H. R. (2021). Pavement engineering for forest roads: Development and opportunities. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 42(1), 91-106.
20. Hentschel, S., 1999: Funktionenbezogene Optimierung der Walderschließung im Göttinger Stadtwald unter Einsatz Geographischer Informationssysteme (Functional optimization of forest road networks in the Göttingen City Forests using Geographic Information Systems). Doctoral Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen, 227 p.
21. Hruza, P., & Vyskot, I. (2010). Social-recreation evaluation of Forest roads and their suitability for trails: towards a complex approach. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 31(2), 127-135.
22. <http://www.esri.com/software/arcgis/about/gis-forme.html>.
23. Janowsky von D., 2001: Multifunktionalität forstbetrieblicher Wegenetze: Erfassung der Inanspruchnahme und Optimierung für die verschiedenen Nutzergruppen unter Einsatz von Instrumenten der Informationstechnologie – dargestellt am Beispiel des Stuttgarter Waldes (Multifunctional forest road networks: Detection of traffic intensity and optimization for various user groups using tools of information technology – the example of the Stuttgart forests). Inaugural-Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., 209 p.
24. Jeličić, V., 1983: Otvaranje šuma primarnom i sekundarnom mrežom šumskih puteva. *Mehanizacija šumarstva*, 8(11-12): 1-192.
25. Knebl, F., 1960: O perspektivama šumarstva Hrvatske. *Šumarski list*, 84 (1-2): 1-6.
26. Krpan, A. P. B. (1992). Analiza čimbenika daljinskog transporta drva kamionima (Doctoral dissertation, Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–264).
27. Krpan, A.P.B., 1991: Daljinski transport drvene mase u Hrvatskoj – faktori razvoja i stanje. *Drvena industrija* 42(3–4): 49–54.
28. Lepoglavec, K. (2014). Optimizacija primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture nagnutih terena.
29. Loveland, T.R., Zhu, Z., Ohlen, D.O., Brown, J.F., Reed, B.C., Yang, L., 1999: An analysis of the IGBP global land-cover characterization process. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 65(9):1021–1032.
30. Lusch, D. P., 1999: Fundamentals of GIS. Emphasizing GIS Use for Natural Resource Management, Department of Geography, Michigan state University
31. Martinić, I. 1996: Doktorski rad
32. Matthews, D.M., 1942: Cost Control in the Logging Industry. McGraw–Hill Book Company Inc., New York, USA, 1–374.
33. Papa, I., 2024: Predavanja iz nastavnog predmeta Otvaranje šuma, pptx 1–11.
34. Papa, I., Pentek, T., Janeš, D., Valinčić, E., & Đuka, A. (2019). Studija primarnoga otvaranja šuma gospodarske jedinice Crno jezero–Marković rudine Šumarije Otočac. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 40(1), 59-70.
35. Pentek, T., 2002: Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbenike. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 1–271

36. Pentek, T., 2012: Šumske prometnice. Skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–373.
37. Pentek, T., 2014: Predavanja iz nastavnog predmeta Šumske prometnice, pptx 1–13
38. Pentek, T., Đuka, A., Papa, I., Damić, D. i Poršinsky, T., 2016: Elaborat učinkovitosti primarne šumske prometne infrastrukture – alternativa studiji primarnog otvaranja šuma ili samo prijelazno rješenje?. Šumarski list, 140 (9-10), 435-452
39. Pentek, T., Nevečerel, H., Ecimović, T., Lepoglavec, K., Papa, I., Tomašić, Ž., 2014b: Strategijsko planiranje šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj – raščlamba postojećeg stanja kao podloga za buduće aktivnosti. Nova mehanizacija šumarstva, 35, 63-78.
40. Pentek, T., Pičman, D., Nevečerel, H., Lepoglavec, K., Papa, I., Potočnik, I., 2011: Primarno otvaranje šuma različitih reljefnih područja Republike Hrvatske. Croatian Journal of Forest Engineering, 32(1): 401–416.
41. Pentek, T., Pičman, D., Nevečerel, H., 2006: Uspostava optimalne mreže šumskih cesta na terenu – smjernice za unaprijeđenje pojedine faze rada. Glasnik za šumske pokuse, 1(Posebno izdanje 5), 647-663.
42. Perković, D., 2010: Osnove geoinformatike. Kartografija u GISu (predavanje). Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-40.
43. Pernar, R., 2000: Globalni pozicijski sustav (GPS) – Nove mogućnosti studija radnoga vremena u šumarstvu. Mehanizacija šumarstva 25(1–2): 59–62.
44. Peternel, J. (1955). Šumske komunikacije u NR Hrvatskoj. Šum. list, 79(11-12), 428-435.
45. Pičman, D., & Pentek, T. (1998). Određivanje srednje udaljenosti privlačenja težišnim metodama primjenom osobnog računala. Šumarski list, 122(9-10), 423-435.
46. Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.
47. Poršinsky, T., Slunjski, M., 2014: Elaborat radilišta – operativno planiranje pridobivanja drva. Predavanje za članove Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije, 1–48.
48. Potočić, z., 1983: Sječa šuma. Šumarska enciklopedija II, JLZ Miroslav Krleža, Zagreb, 1-92.
49. Potočnik, I., 1996: Mnogonamenska raba gozdnih cest kot kriterij za njihovo kategorizaciju. Disertacija, Universa v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, str.1–241.
50. Potočnik, I., Yoshioka, T., Miyamoto, Y., Igarashi, H., Sakai, H., 2005: Maintenance of forest road network by natural forest management in Tokyo University Forest in Hokkaido, Croatian Journal of Forest Engineering 26(2): 71–78.
51. Pravilnik o provedbi intervencije 73.08. »Izgradnja šumske infrastrukture« Iz strateškog plana zajedničke poljoprivredne politike Republike Hrvatske 2023. – 2027.
52. 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. NN 106/15, 65/17, 77/17.
53. Rolf A. de By, Principles of Geographic Information Systems, ITC (The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences), Enschede, The Netherlands, 2001.**

54. Scott, J.M., Jennings, M.D., 1998: Large-area mapping of biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85:34–47.
55. Segebaden, G., 1964: Studies of Cross-Country Transport Distances and Road Net Extension. *Studia Forestalia Suecica* 18: 1–70.
56. Sessions, J., 2007: *Harvesting operations in the tropics*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1–170
57. Silversides., C.R., Sundberg, U., 1988: *Operational Efficiency in Forestry – Volume 1: Analysis*. Kluwer Academic Publishers – Forest Sciences, Dodrecht/Boston/Lancaster, 1–219
58. Star J and Estes J 1990 *Geographic Information Systems: An Introduction*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall**
59. Šikić, D. i dr. 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste, Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb, str. 1–40.
60. Šunjić, S., 2005: Šumske prometnice. *Mehanizacija šumarstva 2001 - 2004*, pos. izd. časopisa *Nova mehanizacija šumarstva*, 26 (1): 113-116.
61. Tehrani, F.B., B. Majnounian, E. Abdi, G. Z. Amiri, 2015: Impacts of Forest Road on Plant Species Diversity in a Hyrcanian Forest, Iran. *Croatian Journal of Forest Engineering* 36(1): 63–71.
62. Tonković, D., 2001: Šumske željeznice u Hrvatskoj. *Šum. list* 124(1–2): 63–67.
63. Tutić, D., Vučetić, N., Lapaine, M., 2002: *Uvod u GIS, Priručnik*, Geodetski fakultet u Zagrebu, 1-39.
64. Vogelmann, J.E., Howard, S.M., Yang, L., Larson, C.R., Wylie, B.K., Van Driel, N., 2001: Completion of the 1990s National Land Cover Data Set for the Conterminous United States from Landsat Thematic Mapper data and ancillary data sources. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 67:650–662.
65. Wade, T. G., Wickham, J. D., Nash, M. S., Neale, A. C., Riitters, K. H., Jones, K. B., 2003: A comparison of vector and raster GIS methods for calculating landscape metrics used in environmental assessments. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(12), 1399-1405.
66. Wulder MA, Franklin SE (2007) *Understanding forest disturbance and spatial pattern: Remote sensing and GIS approaches*. CRC press, Boca Raton 1-246.