

UNIVERZITET U BEOGRADU
ŠUMARSKI FAKULTET
STUDIJSKI PROGRAM ERASMUS+ EROZIJA ZEMLJIŠTA I PREVENCIJA OD
BUJIČNIH POPLAVA

Amina Čaluk

UTICAJ FUNKCIONALNOSTI VODOPROPUSNIH OBJEKATA
NA BRDSKO PLANINSKE VODOTOKE I PRIMARNU MREŽU
ŠUMSKE TRANSPORTNE INFRASTRUKTURE

ZAVRŠNI RAD

II CIKLUS STUDIJA

Mentor:

Prof.dr. Muhamed Bajrić

Beograd, septembar 2022. godina

UNIVERZITET U BEOGRADU

ŠUMARSKI FAKULTET

STUDIJSKI PROGRAM ERASMUS+ EROZIJA ZEMLJIŠTA I PREVENCIJA OD BUJIČNIH
POPLAVA

Amina Čaluk

**UTICAJ FUNKCIONALNOSTI VODOPROPUSNIH OBJEKATA
NA BRDSKO PLANINSKE VODOTOKE I PRIMARNU MREŽU
ŠUMSKE TRANSPORTNE INFRASTRUKTURE**

ZAVRŠNI RAD

II CIKLUS STUDIJA

Mentor:

Prof.dr. Muhamed Bajrić

Beograd, septembar 2022. godina

Zahvala

Posebno se zahvaljujem svom mentoru prof.dr.Bajrić Muhamedu na ukazanom povjerenju, strpljenju, prijateljstvu, vrijednim savjetima, kao i beskrajnoj podršci pri izradi ovog rada, kao i podršci tokom cijelog studija.

Srdačno se zahvaljujem kolegi Smajić Mahiru, dipl.ing.šum., iz Šumarije Donji Vakuf na nesebičnoj pomoći prilikom terenskih istraživanja potrebnih za izradu ovog rada.

Zahvaljujem se profesorima i asistentima Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banja Luci, Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu na prenesenim znanjima i iskustvima.

Hvala mojoj mami i sestrama na beskrajnoj podršci.

Uticaj funkcionalnosti vodopropusnih objekata na brdsko planinske vodotoke i primarnu mrežu šumske transportne infrastrukture – Amina Čaluk

Sažetak

Budući da Bosna i Hercegovina ima primarno brdsko-planinski karakter, to uz odgovarajuće geološke prilike pogoduje nastanku guste hidrografske mreže. Hidrografska mreža predstavlja sistem površinskih vodotoka nekog područja, koji se stalno ili povremeno pojavljuju. S obzirom na veliku površinu koju gospodarske jedinice obuhvataju i s obzirom na različite prirodne uslove na terenu u gospodarskim jedinicama susrećemo vrlo razvijenu hidrografsku mrežu, koja je u dosta slučajeva ispresjecana primarnom i sekundarnom mrežom šumske transportne infrastrukture. Najrizičnije pozicije kada je u pitanju negativan uticaj vodotoka na erozione procese predstavljaju tačke presjecanja šumske transportne infrastrukture, rijeka i brdsko – planinskih vodotoka.

Da bi se smanjio postotak neupotrebljivosti primarne mreže šumske transportne infrastrukture potrebno je pristupiti kvalitetnim rješenjima odvodnje površinskih voda kao i premoštavanja postojećih planinskih vodotoka. Vodna erozija jedna je od mogućih pojava, koja u nekim ekstremnim slučajevima može dovesti do pojave tipičnih bujičnih tokova, a javlja se kao posljedica negativnog djelovanja vodnih tokova.

Ovaj rad ima za cilj da analizira i utvrdi uticaj funkcionalnosti vodopropusnih objekata na brdsko planinske vodotoke i primarnu mrežu šumske transportne infrastrukture. U tu svrhu sprovedeno je istraživanje unutar gospodarske jedinice "Prusačka rijeka" koja pripada šumskogospodarskom području „Gornjevrasko“.

Analizirano je ukupno 28 pozicija, od kojih je 13 mostova, a 15 propusta. U okviru analize vodopropusnih objekata obrađena je procjena uticaja hidrografske mreže na šumsku transportnu infrastrukturu na mjestima njihovog ukrštanja, oštećenost i funkcionalnost vodopropusnih objekata, kao i erodiranost u neposrednoj blizini propusta.

Ključne riječi: primarna mreža šumske transportne infratrukture, hidrografska mreža, objekti za odvodnju, erozija zemljišta

The influence of the functionality of water-permeable structures on mountain watercourses and the primary network of forest transport infrastructure - Amina Čaluk

Abstrakt

Since Bosnia and Herzegovina has a primarily hilly-mountainous character, this, along with appropriate geological conditions, favors the creation of a dense hydrographic network. The hydrographic network represents a system of surface watercourses of an area, which appear constantly or periodically. Considering the large area covered by the economic units and considering the different natural conditions on the ground in the economic units, we encounter a very developed hydrographic network, which in many cases is intersected by the primary and secondary network of forest transport infrastructure. The most risky positions when it comes to the negative influence of watercourses on erosion processes are the intersection points of forest transport infrastructure, rivers and hill-mountain watercourses.

In order to reduce the percentage of unusability of the primary network of forest transport infrastructure, it is necessary to approach quality solutions for surface water drainage as well as bridging of existing mountain watercourses. Water erosion is one of the possible phenomena, which in some extreme cases can lead to the appearance of typical torrential flows, and occurs as a consequence of the negative effects of water flows.

The aim of this paper is to analyze and determine the impact of the functionality of water-permeable structures on mountain watercourses and the primary network of forest transport infrastructure. For this purpose, research was conducted within the economic unit "Prusačka rijeka", which belongs to the forest management area "Gornjevrasko".

A total of 28 positions were analyzed, of which 13 were bridges and 15 were culverts. As part of the analysis of permeable structures, the assessment of the impact of the hydrographic network on the forest transport infrastructure at the points of their intersection, the damage and functionality of the permeable structures, as well as the erosion in the immediate vicinity of the culverts was processed.

Keywords: primary forest transport infrastructure network, hydrographic network, drainage facilities, land erosion

Radna biografija (CV)

Ime i prezime: Amina Čaluk

Državljanstvo: Bosansko-hercegovačko

Datum rođenja: 03/06/1996

Spol: Žensko

Tel: (+387) 061095142

E-adresa: calukamina@gmail.com

Adresa: 770 slavna brdska brigada, 70220 Donji Vakuf (Bosna i Hercegovina)

Obrazovanje:

Magistar šumarstva - Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu [04/10/2018 – 20/10/2020]

Bachelor šumarstva - Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu [10/2015 – 10/2018]

Opća gimnazija - Mješovita srednja škola Donji Vakuf [09/2011 – 05/2015]

Radno iskustvo:

Referent za plan i analizu u Srednjobosanske šume d.o.o. Donji Vakuf [14/06/2021–Trenutačno]

Jezične vještine:

Maternji jezik: Bosanski jezik

Drugi jezici: Engleski jezik (C1 nivo)

Publikacije:

Uticaj brdsko - planinskih vodotoka na traktorske puteve/vlake, studij slučaja [2021] - Bajrić, M., Čaluk, A., Vranović, A., Petković, V. Uticaj brdsko - planinskih vodotoka na traktorske puteve/vlake, studij slučaja. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci p. 41-53, dec. 2021. ISSN 1512-956X.

Zdravstveno stanje šuma na području kojim gazduje ŠPD "Srednjobosanske šume" d.o.o. u 2020. godini [2021]- Mešan M., Krkić A., Čaluk A. Zdravstveno stanje šuma na području kojim gazduje ŠPD "Srednjobosanske šume"d.o.o. u 2020.godini. VI International seminar - Integrated forest protection, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, Oktobar 21. Book of abstracts, p. 39 - 40, oct 2021.

Izjava o akademskoj čestitosti

Student/kinja: Amina Čaluk

Broj indeksa: 24/21

Student/kinja: master akademskih studija: Erasmus+ Erozijska zemljišta i prevencija od bujičnih poplava

Autor/ka master rada pod nazivom: Uticaj funkcionalnosti vodopropusnih objekata na brdsko planinske vodotoke i primarnu mrežu šumske transportne infrastrukture

Potpisivanjem izjavljujem:

- o da je rad isključivo rezultat mog sopstvenog istraživačkog rada;
- o da sam rad i mišljenja drugih autora koje sam koristio/la u ovom radu naznačio/la ili citirao/la u skladu sa Uputstvom;
- o da su svi radovi i mišljenja drugih autora navedeni u spisku literature/referenci koji su sastavni deo ovog rada i pisani u skladu sa Uputstvom;
- o da sam dobio/la sve dozvole za korišćenje autorskog dela koji se u potpunosti/celosti unose u predati rad i da sam to jasno naveo/la;
- o da sam svestan/na da je plagijat korišćenje tuđih radova u bilo kom obliku (kao citata, prafraza, slika, tabela, dijagrama, dizajna, planova, fotografija, filma, muzike, formula, veb sajtova, kompjuterskih programa i sl.) bez navođenja autora ili predstavljanje tuđih autorskih dela kao mojih, kažnjivo po zakonu (Zakon o autorskom i srodnim pravima, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 104/2009, 99/2011, 119/2012), kao i drugih zakona i odgovarajućih akata Univerziteta u Beogradu;
- o da sam da sam svestan/na da plagijat uključuje i predstavljanje, upotrebu i distribuiranje rada predavača ili drugih studenata kao sopstvenih;
- o da sam svestan/na posledica koje kod dokazanog plagijata mogu prouzrokovati na predati master rad i moj status;
- o da je elektronska verzija master rada identična štampanom primerku i pristajem na njegovo objavljivanje pod uslovima propisanim aktima Univerziteta.

Beograd, _____

Potpis studenta/kinje

SADRŽAJ

Zahvala	1
Sažetak	2
Abstrakt	3
Radna biografija (CV)	4
Izjava o akademskoj čestitosti	5
Lista tabela:	8
Lista grafikona:	8
Lista slika:	8
Popis korištenih skraćenica	10
1. UVOD	11
2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA	14
2.1. Šumska transportna infrastruktura	14
2.1.1. Primarna mreža puteva	14
2.1.2. Objekti na šumskim kamionskim putevima	16
2.1.3. Kolovozi na šumskim putevima	18
2.2. Erozijska zemljišta	20
2.2.1. Faktori koji utiču na pojavu erozije	22
2.2.2. Uticaj pojedinih bioloških faktora na intenzitet erozije	23
2.2.3. Međusobni uticaj erozionih procesa i šumske transportne infrastrukture	24
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	27
3.1. Orografske karakteristike područja	28
3.2. Klimatske prilike	28
3.3. Hidrografske karakteristike područja	29
3.4. Geomorfološke karakteristike ŠGP "Gornjevrasko"	29
3.5. Geološka podloga područja	30
3.6. Miniranost područja	30
4. CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA	32
5. METODE ISTRAŽIVANJA	33
5.1. Opšta procjena postojanja erozionih procesa na šumskoj transportnoj infrastrukturi u Gospodarskoj jedinici "Prusačka Rijeka"	33
5.2. Analiza hidrografske mreže	33
5.3. Analiza primarne mreže šumske transportne infrastrukture	34
5.4. Analiza mjesta ukrštanja hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture	34

5.5. Prijedlog mjera kojima će se smanjiti međusobni negativni uticaj hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture	35
6. REZULTATI I DISKUSIJA	36
6.1. Opšta procjena postojanja erozionih procesa na šumskoj transportnoj infrastrukturi u Gospodarskoj jedinici "Prusačka Rijeka"	36
6.2. Analiza hidrografske mreže	37
6.3. Analiza primarne mreže šumske transportne infrastrukture	38
6.4. Analiza mjesta ukrštanja hidrografske mreže i primarne mreže šumske transportne infrastrukture	39
6.4.1. Analiza ukrštanja mostova i vodotoka	43
6.4.2. Analiza ukrštanja propusta i vodotoka	46
6.4.3. Analiza oštećenja puta u neposrednoj blizini vodopropusnog objekta	51
6.5. Prijedlog mjera kojima će se smanjiti međusobni negativni uticaj hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture	56
7. ZAKLJUČAK	58
8. LITERATURA	61
9. REZIME	65

Lista tabela:

Tabela 1: Prikaz površina G.J. Prusačka Rijeka

Tabela 2: Prikaz dužina primarne mreže puteva G.J."Prusačka Rijeka" iz važeće ŠGO

Tabela 3: Prikaz broja mostova u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na stepen oštećenja

Tabela 4: Prikaz broja propusta u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na stepen oštećenja

Lista grafikona:

Grafikon 1: Broj vodopropusnih objekata u G.J."Prusačka Rijeka"

Grafikon 2: Broj vodopropusnih objekata s obzirom na tip i stepen oštećenja u G.J."Prusačka Rijeka"

Grafikon 3: Broj propusta s obzirom na funkcionalnost

Grafikon 4: Broj propusta s obzirom na oštećenja puta u neposrednoj blizini vodopropusnog objekta

Grafikon 5: Grafički prikaz broja mostova u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na stepen oštećenja

Grafikon 6: Grafički prikaz broja mostova u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na funkcionalnost

Grafikon 7: Propusti u G.J."Prusačka Rijeka"

Grafikon 8: Prikaz broja propusta s obzirom na stepen oštećenja

Grafikon 9: Broj propusta s obzirom na funkcionalnost

Grafikon 10: Oštećenje puta u neposrednoj blizini vodopropusnog objekta

Lista slika:

Slika 1: Šematski prikaz osnovnih elemenata različitih vrsta kolovoznih konstrukcija (Pičman, 2007)

Slika 2: Područje istraživanja G.J."Prusačka Rijeka"

Slika 3: Karta miniranosti G.J. "Prusačka Rijeka"

Slika 4: Znakovi upozorenja na miniranost područja (Čaluk, 2022)

Slika 5: Odroni na šumskom kamionskom putu kao rezultat nepravilno izvedene kosine usjeka (Čaluk, 2022)

Slika 6: Prikaz hidrografske mreže u G.J. "Prusačka Rijeka"

Slika 7: Primarna mreža šumske transportne infrastrukture

Slika 8: Pozicije presjecanja primarne mreže šumske transportne infrastrukture i vodotoka

Slika 9: Pozicije mostova u G.J. "Prusačka Rijeka"

Slika 10: Primjer mosta s normalnom funkcionalnošću (voda slobodno teče)(Čaluk, 2022)

Slika 11: Primjer mosta s oslabljenom funkcionalnošću (prisutna određena količina nanesenog materijala) (Čaluk, 2022)

Slika 12: Pozicije propusta u G.J. "Prusačka Rijeka"

Slika 13: Primjer oštećenog propusta koji nije funkcionalan

Slika 14: Propust Ø100 bez oštećenja s normalnom funkcionalnošću (Čaluk, 2022)

Slika 15: Propust Ø100 gotovo u potpunosti zatrpan nanesenim materijalom, protok vode otežan (Čaluk, 2022)

Slika 16: Primjer propusta koji je zatrpan i nije u funkciji (Čaluk, 2022)

Slika 17: Primjer dvorednog propusta Ø100 cm (bez ulazno izlaznih betonskih krila)(Čaluk, 2022)

Slika 18: Slika 18: Primjeri oštećenja u neposrednoj blizini propusta (Čaluk, 2022)

Slika 19: Primjer oštećenja puta na lokaciji gdje nedostaju vodopropusni objekti

Slika 20: Prikaz minimalno nedostajućih vodopropusnih objekata

Slika 21: Oštećenje na ŠKP (Čaluk, 2022)

Slika 22: Vodovodne cijevi u koritu rijeke (Čaluk, 2022)

Slika 23: Primjer pravilno postavljene cijevi (Čaluk, 2022)

Slika 24: Procjednica na šumskom kamionskom putu

Popis korištenih skraćenica

BiH – Bosna i Hercegovina

FBiH – Federacija Bosne i Hercegovine

RS – Republika Srpska

ŠPD/ŠGD – Šumskoprivredno društvo/Šumskogospodarsko društvo

ŠKP – Šumski kamionski put

ŠGP – Šumskogospodarsko područje

ŠGO – Šumskogospodarska osnova

G.J. – Gospodarska jedinica

1. UVOD

Krajem 18. i početkom 19. vijeka počinje se sa otvaranjem šuma na području BiH radi transporta drvnih sortimenata. Veliko bogatstvo drvnom masom, kao i niski troškovi privlačenja zbog jeftine ljudske i zaprežne snage bili su osnovni razlozi da se šume otvaraju uglavnom šumskim željeznicama. Eksploatacija šuma odvijala se na terenima koji su lako pristupačni, sjekla su se samo najbolja stabla, sječe su bile u blizini naselja i fabričkih postrojenja za preradu drveta što je za rezultat imalo devastiranje i pustošenje šuma na ovom području. U periodu do devedesetih godina 20. vijeka dinamika gradnje šumskih kamionskih puteva na području BiH je imala značajan trend rasta što je dovelo do povećanja prosječne otvorenosti šuma. Osnovni razlozi za intenzivniju gradnju šumskih kamionskih puteva u prošlosti bili su bogatstvo drvnom masom koja je mogla pravdati visoke troškove gradnje, kao i pomoć države u gradnji puteva kroz davanje povoljnih linija kredita (Sokolović i Bajrić 2011).

Prema Zakonu o šumama FBiH (2002) koji je van snage, pojam šumske transportne infrastrukture je definisan na sljedeći način: "Šumska infrastruktura su šumske prometnice, stalne vlake, stalne žičare i druge šumske komunikacije i kapaciteti u šumama koji su namijenjeni za gospodarenje šumama", također je istaknuto „Šumske prometnice su prometnice, sa pratećom infrastrukturom, koje su namijenjene za prevoz šumskih proizvoda i sav promet vezan za gospodarenje šumama i za spajanje sa sistemom javnih puteva. Vlaku nisu šumske prometnice osim ako ne zadovoljavaju minimalne standarde određene za šumske prometnice."

Sokolović i Bajrić (2011) na osnovu podataka dobijenih od Šumskoprivrednih društava (ŠPD/ŠGD) iz FBiH pišu da ukupna dužina puteva koji otvaraju šume u FBiH iznosi 11.364,1 km (bez Hercegovačkoneretvanskog kantona - HNK) što čini prosječnu otvorenost 10,8 m/ha (odnosi se na površinu od cca 1.052.231,5 ha).

Prema podacima Dražić i drugi (2018) u Republici Srpskoj šumskih puteva je 7.825,7 km, a javnih puteva koji otvaraju šume 1.628,1 km, što ukupno iznosi 9.453,7 km. Prema navedenim podacima otvorenost samo šumskim putevima iznosi 9,28 m/ha, dok je ukupna otvorenost (šumski + javni putevi) 11,21 m/ha.

Mreža šumskih kamionskih puteva se veže na mrežu javnih puteva. Mreža javnih puteva je naročito razvijena u blizini naselja. Prema podacima Dobre (1985) procentualno učešće javnih puteva u ukupnoj mreži puteva koji otvaraju šume BiH iznosilo je 29%. Prema podacima prikupljenim za cca 70% od ukupne površine svih šuma u FBiH Sokolović i Bajrić (2011) su došli do podataka da javni putevi čine cca 50%. Iako se ne radi o podacima za sve šumske

površine FBiH, ovo je veoma interesantan pokazatelj o odnosu javnih i šumskih kamionskih puteva u navedenom periodu, koji govore o značajnom povećanju udjela javnih puteva. Razlozi za povećanje udjela javnih puteva u otvaranju šuma u FBiH u navedenom periodu mogu biti:

- intenzivnija gradnja javnih puteva,
- nepridržavanje propisima o obračunu puteva koji otvaraju šumu (uzimaju se svi javni putevi koji su izgrađeni na nekom području),
- prevođenje šumskih kamionskih puteva u javne.

Prema zakonskim propisima u F BiH, javne puteve gradi i održava Direkcija za ceste i nadležni kantonalni organi, dok šumske kamionske puteve grade i održavaju oni koji gazduju sa šumama (ŠPD/ŠGD).

Prema zakonu o šumama Republike Srpske (2008) planiranje, izgradnju i održavanje puteva u funkciji gazdovanja šumama vrši korisnik šuma i šumskog zemljišta u svojini Republike nakon pribavljene saglasnosti Agencije za šume, uz učešće predstavnika jedinice lokalne samouprave kada učestvuju u finansiranju izgradnje i održavanja puteva.

Prema Zakonu o šumama FBiH (2002) šumska transportna infrastruktura (ŠTI) mora biti planirana, izgrađena i održavana tako da, pored poštivanja tehničkih, ekonomskih i ekoloških uvjeta, minimalno utiče na floru i faunu, šumski biodiverzitet i cjelokupan ekosistem. Prilikom planiranja šumskih puteva, pored značaja puta za gospodarenje šumama, potrebno je voditi računa i o uklapanju puta u okolinu, značaju puta za opstanak i razvoj planinskih sela kao i turističke i rekreacijske potrebe.

U okviru strateškog plana šumskih puteva u Republici Srpskoj (2019) date su i smjernice za građenje, rekonstrukciju rehabilitaciju i održavanje mreže šumskih puteva koje trebaju biti strateški pravac postupanja sa šumskom transportnom infrastrukturuom u ovom entitetu.

Greške koje nastaju zbog neplanskog i neodgovarajućeg načina gradnje ŠKP su velike (ekonomske) i često nepopravljive (ekološke). Zbog toga je neophodno otvaranje šuma raditi planski i studiozno za duži vremenski period (npr: Master planovi).

Kako bi izgrađeni šumski kamionski putevi imali minimalan negativan uticaj na okoliš, istu je neophodno redovno i periodično održavati. Posebno je bitno održavati kolovoznu konstrukciju i vodopropusne objekte. Šumski kamionski putevi su u 99% slučajeva makadamski, što iste čini značajno podložnim negativnom uticaju erozionih procesa. Potreba za gradnjom kako primarne tako i sekundarne mreže stalno je prisutna, međutim u većem broju slučajeva gradnje i eksploatacije, kao česta prateća negativna pojava je pojava erozionih procesa različitog

intenziteta. (Bajrić, 2012). Šumski kamionski putevi se grade prema tehničkim propisima, koji između ostalog definišu i elemente za odvodnju površinskih i oborinskih voda (poprečni nagib kolovoza, podužni kanali, objekti za odvodnju kao što su propusti i mostovi), te isti ukoliko se kvalitetno izgrade i redovno održavaju značajno smanjuju rizik od erodiranja istih.

Obzirom na bogatstvo Bosne i Hercegovine brdsko – planinskim vodotokovima i gusto razvijenoj mreži šumskih kamionskih puteva, česta su presjecanja istih, te su ove pozicije posebno ugrožene negativnim međusobnim uticajem (Bajrić i dr. 2021). Prilikom projektovanja šumskih kamionskih puteva neizbježne su situacije na terenu koje zahtijevaju planiranje i građenje vodopropusnih objekata. Neodgovarajuća odvodnja jedan je od glavnih uzročnika erodiranja šumskih kamionskih puteva (Ice i dr. 2004). U gospodarenju šumama, odnosno izvođenju radova na iskorištavanju šuma, kao relativno čest problem javlja se negativan uticaj vodenih tokova na primarnu ili sekundarnu mrežu šumske transportne infrastrukture ili obrnuto. Bajrić i dr. (2022), identifikuju šumsku transportnu infrastrukturu kao ključni faktor negativnog uticaja na hidrografsku mrežu GJ „Kruščica“. Mrežu šumske transportne infrastrukture nije moguće položiti tako da se ista ne ukršta sa brdsko-planinskim vodotocima. Pozicije ukrštanja mogu biti jako osjetljiva mjesta, posebno ukoliko im se ne posveti odgovarajuća pažnja, tj., ukoliko se ne iznađu tehnička rješenja koja će minimizirati mogućnost negativnog uticaja. Nerijetko se u šumarskoj operativi dešava da usljed loših tehničkih rješenja ukrštanja vodenih tokova i mreže infrastrukture dođe do intenziviranja erozionih procesa izazvanih negativnim djelovanjem vode. Također, i sama infrastruktura može negativno djelovati na prirodni tok, te kao posljedicu lošeg rješenja trase isti preusmjeriti šumskim kamionskim putem ili traktorskim putem, odnosno moguća je pojava vodne erozije, koja u nekim ekstremnim slučajevima može dovesti do pojave bujičnih tokova. Usljed razvijene mreže vodnih tokova vrlo često dolazi do oštećenja primarne i sekundarne mreže šumske transportne infrastrukture do stanja neupotrebljivosti. Vodopropusni objekti na šumskim kamionskim putevima postavljaju se na mjestima gdje je potrebno propuštanje vode kroz trup puta. Zbog prelaska trase prometnice preko stalnoga ili povremenoga vodotoka potrebno je osigurati nesmetano strujanje vode. Najčešća rješenja takvih situacija na terenu izvode se pomoću postavljanja betonskih cijevnih propusta za manje vodotoke, dok se za veće vodotoke grade različite mosne konstrukcije. Najveću primjenu na šumskim kamionskim putevima imaju betonski propusti (Sokolović 2018). Ako su nepravilno projektovani ili instalisani, ti prelazi mogu imati ozbiljnu eroziju (Harris i dr. 2008).

2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

2.1. Šumska transportna infrastruktura

Šumski kamionski putevi su dominantno makadamski, što iste čini značajno podložnim negativnom uticaju erozionih procesa. Ovi putevi se grade prema tehničkim propisima, koji između ostalog definišu i elemente za odvodnju površinskih i oborinskih voda (poprečni nagib kolovoza, podužni kanali, objekti za odvodnju kao što su propusti i mostovi), te isti ukoliko se kvalitetno izgrade i redovno održavaju značajno smanjuju rizik od erodiranja istih. Da bi aktivnosti vezane za planiranje, projektovanje i gradnju šumskih puteva bile jednostavnije, isti ili slični putevi se grupišu u određene tipove – kategorije šumskih puteva.

Prema Sokolović (2018) šumska transportna infrastruktura se dijeli na primarnu i sekundarnu mrežu.

I. Primarna mreža se dijeli na:

1. Javne puteve (na koje je moguć utovar i transport drveta)
2. Šumske kamionske puteve:
 - a. Glavni
 - b. Sporedni
 - c. Prilazni

II. Sekundarna mreža se dijeli na:

1. Traktorski putevi - vlake
2. Animalne vlake
3. Šumske žičare
4. Riže

2.1.1. Primarna mreža puteva

Šumski kamionski putevi su trajni građevinski objekti koji otvaraju šumu i njihova uloga i zadaća je višestruka. Najznačajniji razlog gradnje šumskih kamionskih puteva jeste povezivanje šume sa javnim putevima čime se omogućava mehaniziran i brz pristup u šumu radi svih vrsta radova, od uzgoja preko zaštite do iskorištavanja šuma. Posječeni drvni sortimenti se najbrže i najekonomičnije transportuju po šumskim kamionskim putevima do centara prerade drveta jer je moguće isovremeno u jedinici vremena transportovati veću količinu drveta. Istovremeno, šumski

kamionski putevi omogućavaju pristup u šumu i za sve ostale korisnike: rekreacija, turizam, razvoj ruralnih područja, itd. Tehničke karakteristike šumskih kamionskih puteva moraju biti takve da je moguć promet motornih vozila u svim vremenskim uslovima i godišnjim dobima. (Sokolović i Bajrić, 2011).

Pičman (2007) grupiše šumske kamionske puteve prema:

- A. Svrsi (glavni, sporedni, prilazni)
- B. funkcionalnosti (produktivni i neproduktivni)
- C. saobraćajnom opterećenju.

A. Prema svrsi šumski kamionski putevi se dijele na:

- glavne
- sporedne
- prilazne puteve.

Glavni šumski kamionski putevi se vežu za javne puteve, te na taj način spajaju šumu sa mjestima prerade ili potrošnje drveta čime se omogućava kontinuiran transport. Po njima se transportuje sva posječena drvena masa sa datog područja.

Sporedni šumski kamionski putevi se odvajaju od glavnih šumskih kamionskih puteva, otvaraju slivove ili grupe odjela. Po ovim putevima je izraženo opterećenje u vrijeme realizacije etata iz datog sliva. Koriste se privremeno i to samo kada je lijepo vrijeme. Ovi putevi se grade sa tehničkim elementima istim (širina kolovoza, radijusi krivina, usponi) kao kod glavnih šumskih puteva. Razlikuju se od glavnih šumskih puteva zbog tanje debljine kolovoza. Zbog toga su troškovi gradnje ovih puteva nešto niži u odnosu na glavne šumske puteve.

Prilazni šumski kamionski putevi odvajaju se od sporednih ili glavnih šumskih puteva i otvaraju pojedine odjele. Sezonskog su karaktera i koriste se periodično u manjim ili dužim intervalima. Grade se bez kolovoza.

B. Prema funkcionalnosti šumski kamionski putevi se dijele na:

- produktivne i
- neproduktivne.

Kod **produktivnih puteva** moguć je utovar drveta na vozila cijelom dužinom puteva.

Za razliku od produktivnih puteva na **neproduktivne puteve** nije moguć utovar drveta jer se radi o visokim nasipima, dubokim usjecima ili o veoma strmim padinama.

C. Prema saobraćajnom opterećenju putevi se dijele na:

- puteve za srednje težak saobraćaj (500 – 2.500 bruto tona dnevno),
- puteve za lahki saobraćaj (100 – 500 bruto tona dnevno) i
- puteve za neznatan saobraćaj (ispod 100 bruto tona dnevno).

Prema Pičman (2007) najznačajniji tehnički elementi šumskih kamionskih puteva su: širina kolovoza, širina bankina, širina jaraka - rigola, poprečni nagib, uzdužni nagib, vertikalne krivine, horizontalne krivine, proširenje kolovoza u krivinama i vrste kolovoza na šumskim kamionskim putevima.

Za predmetnu problematiku rada, poseban značaj imaju tehnički elementi šumskih kamionskih puteva koji se odnose na odvodnju oborinskih i površinskih voda, a to su:

- kanali duž trase šumskog kamionskog puta,
- propusti za odvodnju,
- mostovi na šumskim kamionskim putevima.

Uz navedene tehničke elemente, na vodnu eroziju utiču :

- kosine nasipa i usjeka
- uzdužni i poprečni nagib kolovoza

Da bi objekti za odvodnju bili u punoj funkciji, isti moraju biti projektovani i izvedeni na način da mogu propustiti maksimalnu količinu vode koje se može očekivati na poziciji gdje se izvode objekti za odvodnju. Uz pravilan pristup projektovanju i izgradnji, ništa manje značajan segment predstavlja i eksploataciono održavanje.

2.1.2. Objekti na šumskim kamionskim putevima

Djelovanje vode na šumske puteve možemo smatrati jednim od vrlo čestih uzročnika propadanja istih (Pičman, 2007). Pojava vode koja prolazi kroz geološke slojeve, uz poznavanje hidrogeoloških karakteristika zemljišta, geomehaničkih i geotehničkih svojstava, mora biti vrlo studiozno proučena kako bi se mogli projektovati odgovarajući tehnički elementi šumskih puteva i objekti za odvodnju površinskih i oborinskih voda (Pičman, 2007)

Direktni uticaj vode na šumski kamionski put može biti u obliku (Sokolović i Bajrić, 2013):

- padavina
- površinskih vodotoka i

- podzemnih vodotoka

Površinski vodotoci zahtijevaju izgradnju objekata (mostova i propusta) za njihovo premošćavanje ili za osiguranje puta od poplava pri visokom vodostaju. Iskustva su pokazala da problemi sa prelijevanjem vode preko propusta i mostova nisu posljedica nedovoljnog otvora za prolazak vode, već najčešće zatrpavanja sa nanosima drveta i kamenog materijala, što se dešava naročito u vrijeme velikih oluja. Objekti na šumskim kamionskim putevima se javljaju na mjestima gdje je neophodno propuštanje vode kroz trup puta, npr.: prelasci puta preko potoka, rijeke i sl. te na mjestima gdje je radi terenskih uvjeta i promjene oblika poprečnog presjeka puta potrebno odvođenje vode ispod trupa puta.

Prema Pičmanu (2007) objekti za odvodnju na ŠKP dijele se na:

- objekte za površinsku odvodnju (bočni ili postrani jarci, rigoli, odvodnja pomoću ivičnjaka, površinski propusti, procjednice i preljevnice)
- objekti za podzemnu odvodnju (cijevni propusti, pločasti propusti, nadsvođeni propusti, plitke drenaže, duboke podzemne ili zatvorene drenaže).

Samu odluku o odabiru tipa vodopropusnoga objekta donosi projektant prilikom terenskih radova na trasiranju prometnice. Propusti su osjetljivi na začepljenje ako se s nagnutih padina ne uspije spriječiti taloženje tla ili drugih ostataka u kanalima, ili ako nisu projektirani s dovoljnim nagibom da se izbjegne taloženje organskih ostataka, poput lišća i drvenastoga materijala (Edwards i dr. 2016). Minimalni promjer cjevastog propusta je 15 inča (38,1 cm). Dimenzija cjevastog propusta od 15 inča (38,1 cm) minimalna je preporučena veličina promjera za poprečnu odvodnju. Manji propusti mogu se začepiti otpadom i zahtijevaju često održavanje (BMP 2019). Nažalost, rijetki su slučajevi da se koriste neki od poznatih obrazaca za izračun maksimalne količine vode (Q_{max}) koja teče, pa u takvim slučajevima vodopropusni objekti ne mogu propustiti maksimalnu količinu vode koja se može pojaviti. Proračun maksimalne količine vode koja se javlja na ŠKP treba biti glavni ulazni podatak za dimenzioniranje propusnih objekata (odvodni kanali, rigoli, propusti). U literaturi postoji velik broj formula za proračun maksimalnoga protoka, a među njima je najčešće primjenjivana racionalna metoda koja zahtijeva precizne podatke o intenzitetu kiše i koeficijentu otjecanja (Letić i dr. 2004). Osim toga često se radi uštede početnih ulaganja, umjesto odgovarajuće mosne konstrukcije, kao rješenje se uzima postavljanje paralelnih betonskih cjevastih ili drugih improviziranih tipova propusta. Takva su rješenja najčešće s aspekta protoka velikih voda zadovoljavajuća, ali kod istih lako dolazi do začepjenja "zemljano-kamenim" nanosom ili ostatkom šumskih drvnih sortimenata nakon završetka radova na pridobivanju drveta. Kao posljedica toga, a zbog lošega redovnog

održavanja tih objekata, učestala su značajna oštećenja i pojave izlivanja vode na trasu prometnice i njezino erodiranje, što u krajnjem smislu uzrokuje povećane troškove održavanja.

Mostovi se uglavnom grade radi prelaska puta preko rijeke ili većeg potoka, raspona minimalno 5 m, dok se za manje raspone kao i za provođenje oborinske vode ispod trupa puta koriste propusti. Troškovi gradnje mostova po 1 m dužnom, su 25 – 30 puta veći od 1 m dužnog izgrađenog šumskog kamionskog puta. (Bajrić i Sokolović, 2013). U istom odnosu je i visina sredstava potrebnih za rekonstrukciju. Mostovi na šumskim kamionskim putevima su u počecima građeni uglavnom od drveta, dok se u periodu iza 80 – ih godina prošlog vijeka pretežno grade kao „AB mostovi” (armirano – betonski) ili spregnute konstrukcije (pri čemu se najčešće koriste beton i čelični profili kao materijal za sprezanje) (Sokolović i Bajrić, 2013). Pored mostova kao najčešće rješenje, izgrađuju se betonski propusti različitih profila (Ø100 cm, Ø80 cm, Ø60 cm, Ø40 cm) čija je funkcija odvođenje vode kroz trup puta, međutim ukoliko su oni zatrpani dolazi do gubitka prvobitne funkcije, te do prelijevanja i tečenja vode po kolovozu, što dovodi do destrukcije i razaranja kolovozne konstrukcije. Česti su slučajevi u šumarskoj praksi da se ovaj segment zapostavlja, te se vrlo često dešava da brdsko-planinski vodotoci imaju snažan destruktivni uticaj na šumske kamionske puteve.

2.1.3. Kolovozi na šumskim putevima

Kolovozni zastor je završni sloj kolovozne konstrukcije koji sile izazvane dejstvom vozila (vertikalne, tangencijalno uzdužne i tangencijalno poprečne) prima i prenosi na niže slojeve kolovoza (donji stroj). Osim sila izazvanih dejstvom vozila, kolovozni zastor mora biti otporan i na klimatske i hidrološke promjene, jer je direktno izložen uticaju ovih faktora. (Kozar i dr., 2009).

Jeličić (1983) prema vrsti materijala od kojeg je izgrađen kolovoz daje slijedeću podjelu šumskih puteva:

- zemljani putevi,
- putevi sa kamenim kolovozom,
- putevi sa savremenim kolovozom i
- razne kamene kaldrme.

Zemljani putevi su izgrađeni bez kolovoznog zastora od postojećeg zemljišta na terenu gdje se put gradi. Kvalitet zemljanih puteva se poboljšava ukoliko se uradi stabilizacija prirodnog zemljišta nekom od poznatih metoda: prirodna stabilizacija, mehanička i hemijska stabilizacija.

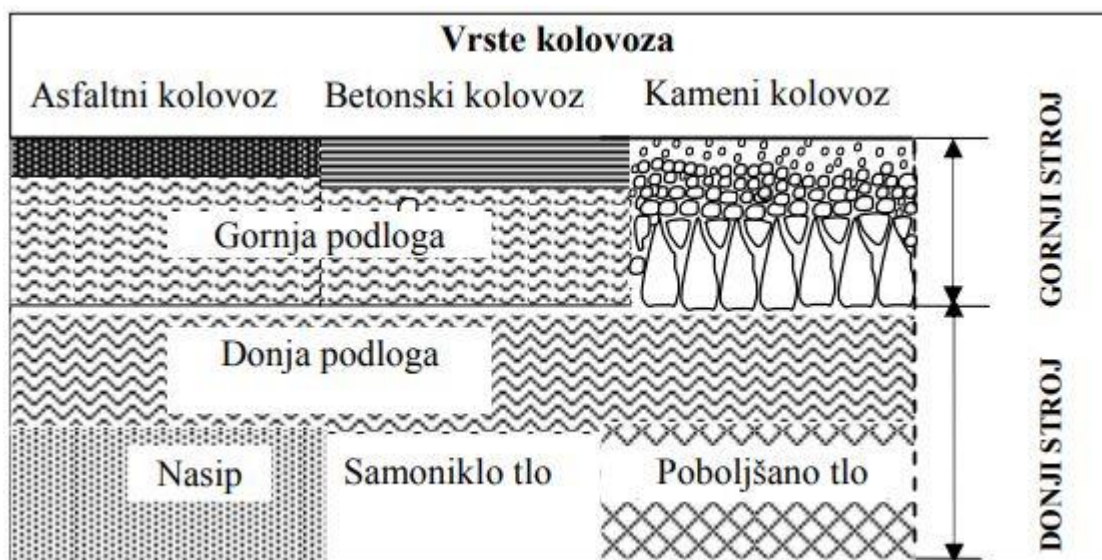
Kameni kolovozi s obzirom na debljinu kolovozne konstrukcije mogu biti slijedećih sistema:

- Tucanički kolovoz sistema Mac Adam – Sastoji se iz više slojeva debljine 10 – 70 cm u uvaljanom stanju. Debljina kolovoza zavisi od nosivosti tla; što je nosivost tla manja debljina kolovoza je veća. Izrada ovakvog kolovoza sastoji se iz tri faze.
- Tucanički kolovoz sistema Telford ili šose – Sastoji se iz kamene podloge nosivog sloja debljine 15 – 20 cm i gornjeg sloja (zastora) debljine 8 – 15 cm. Ovakva vrsta kolovoza se do 1965. godine primjenjivala na svim šumskim putevima jer se smatralo da podloga od lomljenog kamena ima funkciju temelja i sprječava formiranje kliznih površina.
- Šljunčani kolovoz – Sastoji se iz dva sloja šljunčanog materijala 10 – 70 cm debljine u uvaljanom stanju. Oko 80 % šljunčanog materijala ima veličinu zrna 10 / 60 mm, a 20 % su veličine ispod 10 mm.

Savremeni kolovozi se grade pomoću raznih vrsta veziva koja daju čvrstoću kamenom agregatu u površinskom ili habajućem sloju. Ovisno o vrsti veziva, savremeni kolovozi se dijele na dvije vrste: asfaltni i betonski.

Na osnovu veziva kojim je obavijen ili vezan kameni materijal u zastoru dijele se na:

- kolovozne zastore sa ugljovodoničnim vezivom,
- kolovozne zastore sa hidrauličkim vezivom,
- savremene kamene kolovoze.



Slika 1: Šematski prikaz osnovnih elemenata različitih vrsta kolovoznih konstrukcija
(Pičman, 2007)

Najbitniji uticajni faktori za izbor vrste kolovoza su: saobraćajno opterećenje, nosivost posteljice, uticaj okoline i uticaj deformacije tla, Pičman (2007). Problem izbora vrste kolovoza je složen i komplikovan, a naročito u slučajevima kada su uticajni faktori mnogobrojni i različiti, ponekad čak u suprotnosti. Zbog toga je potrebno dobro poznavanje značaja pojedinih uticaja kod rješavanja svakog slučaja. Kvalitet i nosivost tla su, pored saobraćajnog opterećenja, najznačajniji faktori kako za debljinu kolovozne konstrukcije tako i vrstu kolovoznog zastora. Kad je tlo dovoljne i ravnomjerne nosivosti, mogućnosti za izbor vrste kolovoza su znatno šire. Za manje nosiva tla dobro rješenje je cementno betonski kolovoz jer ravnomjernije prenosi opterećenje na tlo. Asfaltni i kameni kolovozi sa tucaničkom podlogom su elastični i pogodni za tla neravnomjerne nosivosti (nasip nejednake ili nedovoljne zbijenosti i sl.). Izbor kolovoznog zastora u velikoj mjeri određuje saobraćajno opterećenje (Kozar, i drugi, 2009).

2.2. Erozija zemljišta

Erozija zemljišta pojam je koji je redovno prisutan u šumarstvu i poljoprivredi. Pod pojmom erozija podrazumijevaju se promjene na površinskom sloju zemljišta koje nastaju kao posljedica djelovanja kiše, snijega, mraza, temperaturnih razlika, vjetra, valova, struja, tekućih voda i antropogenih faktora. Te promjene uvijek označavaju procese isključivo vezane za otkidanje, transport i taloženje. Mnogi stručnjaci i organizacije su dali svoju definiciju procesa erozije.

Prema Ćiriću (1984) erozija zemljišta podrazumijeva proces odvajanja zemljišnog materijala od mase cjelokupnog zemljišta i transport tog materijala erozivnim agensima.

Prema Resulović i drugi (2008) pod pojmom erozije tla se podrazumijeva proces koji dovodi do razaranja i odnošenja, odnosno do gubitka tla, djelovanjem vode i vjetra.

Prema Thompsonu (2007) erozija tla je trošenje površine zemljišta od strane fizičkih uticaja, kao što su: padavine, tekuća voda, vjetar, led, promjene temperature, gravitacija ili drugih prirodnih ili antropogenih faktora koji troše, odvajaju i premiještaju zemljište ili geološki materijal od jedne tačke na zemljinoj površini i vrše deponovanje na neko drugo mjesto.

U elementarnom smislu, erozija zemljišta (od latinske riječi erodirati, znači proces razaranja zemljišta) podrazumijeva razaranja površinskog dijela terena (reljefa), usljed djelovanja atmosferskih padavina, leda, mraza, temperaturnih razlika, vjetra i tekućih voda, te antropogenih faktora. (Jahić, 2008).

Prema Jahiću (2008) eroziju prate pojave koje su komponente tog istog procesa:

- **denudacija**, ogoljavanje tla pod dejstvom atmosferskog taloga,
- **ablacija**, odnošenje raspadnutog materijala,
- **akumulacija**, gomilanje i taloženje raspadnutog materijala,
- **korozija**, razaranje usljed hemijskog djelovanja vode,
- **sufozija**, erozija tla nastala radom podzemnih voda.

U zavisnosti od uzroka pojave, razlikuje se više vrsta erozije:

- **Vodna erozija** (erozija vodom), i to:
 - pluvijalna erozija (erozija kišom),
 - fluvijalna erozija (erozija tekućom vodom),
 - glacijalna erozija (erozija ledom i sniježnim lavinama),
 - kraška erozija (hemijski rad vode)
- **Eolska erozija** (erozija vjetrom),
- **Abraziona erozija** (erozija kombinovana radom vode i vjetra).

U našim klimatskim prilikama najvažniju ulogu ima vodna erozija, koju uzrokuju površinske ili oborinske vode. Svi procesi vodne erozije su posljedica mehaničkog rada vode koja otiče površinom terena. Njih pospješuje raspadanje stjenske mase koje se vrši pod uticajem toplotne i hemijske energije podzemnih voda i atmosferilija (Jahić, 2008). To je naročito česta pojava kod izgradnje traktorskih puteva velikog uzdužnog nagiba, te je potrebno provesti niz pravovremenih postupaka kako bi se izbjegle negativne posljedice koje uzrokuje ova pojava, ili bar da bi se u najvećoj mjeri iste ublažile.

Vodna erozija, prema načinu kako odnosi površinske slojeve zemljišta može biti:

- **površinska erozija** (obična površinska, laminarna i osulinska),
- **dubinska ili linearna erozija** (brazdasta, jaružasta, kombinovana, urvinska s jakim pokretima zemljišta i jaka kraška erozija),
- **mješovita erozija** (površinska s mjestimičnim brazdama i jaružicama, površinska s manjim klizanjem zemljišta kraška erozija i površinska kombinovana).

Erozija zemljišta je prirodni fenomen prisutan na cjelokupnoj površini zemljišta na čiji intenzitet direktan uticaj imaju ljudske aktivnosti i to, kako u negativnom, tako i u pozitivnom smislu. Erozija i sedimentacija su faze univerzalnog procesa koji se odigrava na zemljinoj površini i koji neprekidno djeluje nasuprot endogenim silama zemlje, izazivajući tako izravnavanje (aplanaciju)

neravnina nastalih nabiranjem i tektonskim procesima (Ćirić, 1984). Neodvojivi dio erozionih procesa je sedimentacija. Erodirani materijal može se taložiti na svega nekoliko milimetara od mjesta odvajanja, ali isto tako može biti transportovan i desetinama kilometara. Sanacija erozijom oštećenih zemljišta vrši se kombinacijom tehničkih i biotehničkih radova, ali i posebnim vidom borbe sa erozijom, odnosno putem administrativnih obaveza, zabranama i ograničenjima prava korisnika zemljišta po slobodnom izboru načina korišćenja zemljišta. Ako se problem erozije (prije svega vodne erozije koji je u našim uslovima dominantan) posmatra kroz prizmu radova u šumarstvu, kao jedan od značajnih faktora koji mogu prouzrokovati iste, ili u ekstremnim prilikama čak i nastanak bujičnih tokova, su traktorske vlake velikih uzdužnih nagiba.

2.2.1. Faktori koji utiču na pojavu erozije

Brojni faktori utiču na eroziju, pri čemu najčešće djeluju u suodnosu i na taj način međusobnim djelovanjem proces erozije biva intenziviran, ali isto tako pojedini faktori mogu imati i pozitivnu ulogu kada je u pitanju razvoj erozionih procesa. Rezultat uzajamnog dejstva svih tih mnogobrojnih faktora izazivaju pojave erozionih procesa različitih tipova i intenziteta.

Prema Gavriloviću (1972), Jahiću (2008), Kostadinovu (2008), faktori koji utiču na eroziju mogu se svrstati u nekoliko grupa:

- klimatski faktori,
 - padavine;
 - temperatura vazduha i zemljišta;
- zemljište,
 - mehanički sastav zemljišta;
 - struktura zemljišta;
 - podložnost zemljišta eroziji (erodibilnost);
- geološka podloga,
- reljef;
- vegetacioni pokrivač;
- antropogeni i drugi faktori.

Nemaju svi faktori pojave erozije zemljišta isti intenzitet. Za ovo istraživanje su od posebnog značaja klimatski faktori, te će u narednom dijelu biti više govora o ovoj grupi faktora.

2.2.2. Uticaj pojedinih bioloških faktora na intenzitet erozije

Temperatura i padavine najvažniji su klimatski faktori za pojavu erozije (Jahić, 2008).

Za pojavu i intenzitet erozije nije najbitnija količina padavina. Za pojavu erozije važniji je karakter padavina od ukupne količine, uz karakter padavina bitna je i infiltracija vode u zemljište jer u slučajevima velike brzine infiltracije vode u zemljište manji su viškovi vode koji ostaju na površini i koji uzrokuju proces erozije. Infiltracija vode u zemljište indirektno utiče i na smanjenje ili povećanje intenziteta erozije. Od intenziteta infiltracije zavisi da li će doći do površinskog oticaja koji prouzrokuje erodiranje zemljišta odnoseći otkinute čestice (Bajrić, 2012). Kod intenzivnih padavina kiše koja je veća od brzine infiltracije na površini zemljišta dolazi do sakupljanja vode koja obrazuje površinsko oticanje. Višak vode koji se obrazuje u procesu infiltracije upravo predstavlja jedan od bitnih faktora erozije. Ovdje je važno napomenuti i činjenicu da je na površinama prekrivenim šumskom vegetacijom brzinu infiltracije vrlo teško odrediti i taj podatak može biti prilično nepouzdan. Naime, prisustvo korjenja u zemljištu, kao i „hodnika“ koji su nastali odumiranjem korjena biljaka, infiltraciju može značajno da ubrza. Prema (Sasaki, 2004), kišne padavine predstavljaju osnovni faktor koji utiče na nivo erozivnosti. Prema Bajriću (2012) kod razmatranja padavina najznačajniji su podaci o ukupnoj godišnjoj visini padavina, maksimalnoj dnevnoj visini padavina i njihovoj učestalosti u toku godine te podaci o intenzitetu padavina. Šumska vegetacija pruža najbolju zaštitu tlu od ubrzane erozije (Prpić i dr. 2005). Stalni vegetacioni pokrivač popravljajući strukturu zemljišta i povećava njegovu moć upijanja padavina. Biljni pokrivač smanjuje površinsko oticanje, a time i pikove poplavnih voda. Šume su značajni potrošači vode, ali istovremeno funkcionišu kao prirodni filteri za vodu i rezervoari (Planišek i dr., 2011). Svojim nadzemnim i podzemnim dijelom šume regulišu oticanje i prodiranje površinske vode, te ujedno štite tlo od vodene erozije Chang (2006). Vegetacija štiti tlo od direktnog utjecaja atmosferilija kao što su: zrak, sunce, vjetar, kiša, tuča, mraz i drugo. Svi pobrojani faktori imaju uticaja na raspadanje tla, stoga ako je ono pokriveno vegetacijom njihov uticaj je znatno manji. Prilikom pada vodenog taloga (kiše ili snijega), jedan dio ostaje na lišću drveća i ne dospijeva do tla, nego se isparava. Koliko će se vodenog taloga zadržati na krošnjama drveća, zavisi od vrste drveća, njegove starosti, sklopa, te količine kiše i njenog trajanja. U tu svrhu vršena su mnoga istraživanja, gdje su za iste uslove dobijeni približno identični rezultati. Kao srednja vrijednost atmosferskih taloga koji se zadržavaju na krošnjama stabala u šumi uzima se 20-25% od srednjeg godišnjeg taloga, a kao krajnje vrijednosti najmanje 10% kod rijetkih lišćarskih šuma, a najviše 33% kod gustih četinarskih šuma. Čavar (2006), citat prema F. Rajneru navodi, da u aridnim klimatskim područjima gubici vode zbog isparavanja mogu iznositi čak 80-90% od ukupnog godišnjeg

atmosferskog taloga. Od ukupne količine vodenog taloga koji pada na šumske površine na tlo dospijeva 75-80% (na krunama se zadržava 20-25%).

Na temperaturu kao faktor nastanka erozije može se posmatrati sa dva aspekta, i to kao temperaturu zemljišta i temperaturu zraka. Istraživanja su pokazala da je erozija zastupljenija gdje su srednje godišnje temperature najviše.

2.2.3. Međusobni uticaj erozionih procesa i šumske transportne infrastrukture

Šumski kamionski putevi su dominantno makadamski, što ih čini znatno podložnijim erozionim procesima u odnosu na asfaltne puteve. Ukoliko se isti ne grade u skladu sa tehničkim propisima i odgovarajućeg kvaliteta, opasnost od erodiranja istih značajno se povećava. Strmi putevi dovode do većih stopa erozije (Luce & Black 2001; Sidle et al. 2006; Byblyuk et al. 2010; Fu et al. 2010). Dužina padine također ima značajnu ulogu u eroziji. Kako su Luce i Black (1999.) otkrili, povećanje dužine puta i nagiba može dovesti do povećane erozije. Naveli su i da je erozija proporcionalna umnošku dužine puta i kvadrata nagiba ($E \sim LS^2$).

Tri su glavne grupe uzroka degradacije šumskih puteva (Potočnik, 1992):

- posljedica planiranja i izgradnje šumskih puteva,
- posljedica neodgovarajućeg korištenja šumskih puteva,
- posljedica prirodnih sila.

Prema Pičmanu (2007) s obzirom na učestalost pojedinih vrsta radova, tj. vremensko razdoblje u kojem se ti radovi izvode, postoje dvije osnovne grupe održavanja:

- redovno održavanje, i
- investiciono održavanje.

Redovno održavanje se sastoji u stalnom nadzoru i kontroli radi utvrđivanja eventualnih nedostataka i oštećenja na putu. U redovno održavanje spada i čišćenje jaraka, kolovoza od blata i nanosa, održavanje kosina usjeka i nasipa, bankina, čišćenje snijega i sprječavanje poledice. Investiciono održavanje se sastoji u obnovi kolovoza na površinama gdje udarne rupe pokrivaju 15% ukupne površine kolovoza, ili na površinama na kojima je došlo do deformisanja ili propadanja kolovozne konstrukcije. U investiciono održavanje spada jačanje kolovozne konstrukcije izradom novog sloja, zamjena oštećenih drenaža, sanacija klizišta, oštećenih potpornih zidova i popravke mostova.

Kao posljedica ne provođenja mjera redovnog i periodičnog održavanja često dolazi do „začepljenja“ vodopropusnih objekata. Lošim rješenjima ili ne održavanjem postojećih vodopropusnih objekata ugrožavaju se brdsko – planinski vodotokovi, ali dolazi i do erodiranja kolovozne konstrukcije čija destrukcija može u potpunosti onemogućiti odvijanja saobraćaja po istim. Redovno i periodično održavanje šumskih kamionskih puteva je jedini efikasan način koji omogućuje nesmetano kontinuirano korištenje istih. Neophodno je obezbijediti kontinuirano kontrolisano oticanje površinskih voda, podužnim kanalima uz trup puta i poprečnim vodopropusnim objektima, kao i poprečni oticaj kolovoznom konstrukcijom koji se obezbjeđuje odgovarajućim poprečnim nagibom kolovoza prema tehničkim propisima. Izostanak redovnog i periodičnog održavanja ŠKP, posebno objekata za odvodnju površinskih i podzemnih voda uzrokuju značajna oštećenja te jačanje erozije na kolovoznoj konstrukciji, što uveliko utječe na zamucenje vodotoka i izvorišta vode (Bajrić i dr. 2022). Uz to, ubrzanju propadanja postojećih ŠKP prilično pridonose i savremeni kamionski strojevi čije osovinsko opterećenje značajno premašuje nosivost ranije izgrađenih šumskih puteva. Putevi izgrađeni s minimalnim standardima ili ispod standarda mogu ubrzano erodirati pa se sedimenti zato nanose u vodne tokove (Grace III i Clinton 2007). Erozijska je česta pojava na svim neasfaltiranim putevima, posebno za vrijeme jakih kišnih dana i na putevima strmih nagiba (Wang i dr. 2021). Izostanak vodopropusnih objekata ili loša rješenja odvodnje mogu izazvati niz negativnih posljedica na kolovoznoj konstrukciji, što se posebno odnosi na intenziviranje erozionih procesa. Kvalitetna rješenja vodopropusnih objekata imaju veliko značenje zbog propusne moći te omogućavanja nesmetanoga transporta sadržaja vodotoka ispod trupa puta. Prema Elliotu i dr. (2009) voda koncentrisana u jarcima i kanalima veći je rizik od erozije iz sliva i može lakše odvojiti i transportovati talog. Vjerojatnije je da će jarci erodirati ako imaju ogoljelo tlo zbog nedavne gradnje ili održavanja. Intenziviranje erozije na šumskim putevima nastaje najčešće zbog strmih nagiba, oštih zavoja, strmih bočnih kosina, mekoga ili erodiranog površinskog materijala, nepravilnoga prelaza preko potoka, blizine potoka i loše odvodnje (Lakel 2008).

Štete nanese šumama i drugoj vegetaciji od strane čovjeka uzrokuju, sa sigurnošću najjaču eroziju zemljišta. Riječ je o širenju prekomjerne ispaše, neodrživoj sječi šuma, neodgovarajućoj zaštiti od požara, širenju šteta uzrokovanim zagađenjem zraka, toplotnih uticaja na vegetacioni pokrivač i sl. (Jahić, 2008).

Čovjek može da ima vrlo značajan pozitivan ili negativan utjecaj, na fizičke karakteristike zemljišta, kao i na vegetacioni pokrivač. Sa druge strane, izražen uticaj čovjek može imati na povećanje površinskog oticanja vode, a time i na povećanje intenziteta erozionih procesa, a koje može izazvati svojim nesavjesnim ponašanjem. Ipak, treba istaći da pored negativne uloge koju

čovjek ima na razvoj erozionih procesa, može svojim postupcima doprinjeti usporavanju i zaustavljanju ovih procesa, posebno kada su oni izazvani nekom prirodnom katastrofom, gdje bi bez intervencije čovjeka štetne posljedice mogle biti nesagledive. Upravo aktivnosti koje čovjek provodi u šumarstvu, a radi ostvarenja materijalne koristi, mogu ukoliko se ne postupa po načelima dobrog upravljanja, biti jedan od najčešćih uzroka pokretanja erozionih procesa u šumi (Bajrić, 2012).

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Šumskogospodarsko područje "Gornjevrasko" locirano je u središnjem dijelu BiH, u jugozapadnom dijelu Srednjobosanskog kantona u slivu gornjeg toka rijeke Vrbas. Ovim područjem gospodari ŠPD/ŠGD „Šume Središnje Bosne/Srednjobosanske šume" d.o.o. Donji Vakuf. Ukupna površina Šumskogospodarskog područja "Gornjevrasko" iznosi 62.265,1 ha, a ukupna površina gospodarske jedinice "Prusačka Rijeka" iznosi 3.922,11 ha, podjela površine po kategorijama šuma prikazana je u tabeli 1. Najniža tačka šumskogospodarskog područja je 516 m nadmorske visine i nalazi se na ušću Babina potoka u Vrbas, a najviša je kota „Nadkrstac“ (2110 m. nadmorske visine). Najniža tačka gospodarske jedinice je 600 m.n.v. i nalazi se u Pruscu, dok je najviša tačka 1400 m.n.v. i nalazi se u blizini Kupreških vrata. Visinski dijapazon rasprostiranja šumskogospodarskog područja iznosi 1594 m, a visinski dijapazon rasprostiranja gospodarske jedinice iznosi 800 m. Na slici 2 prikazan je položaj gospodarske jedinice "Prusačka Rijeka" u Srednjobosanskom kantonu.



Slika 2: Područje istraživanja G.J."Prusačka Rijeka"

Tabela 1: Prikaz površina G.J. Prusačka Rijeka

Kategorija šuma	Površina neminirano (ha)	Površina minirano (ha)	Ukupno (ha)
Visoke šume sa prirodnom obnovom (1000)	1628,78	1677,42	3306,20
Šumski zasadi (kulture) (3000)			257,84
Izdanačke šume (4000)	95,52	156,98	252,50
Šibljadi unutar pojasa šuma (5000)	7,84		7,84
Goleti unutar pojasa šuma (6000)			43,32
Neproductivne površine u pogledu šumarstva (7000)			54,41
UKUPNO		1834,40	3922,11

3.1. Orografske karakteristike područja

Prema geomorfološkom oblikovanju, razvijenosti reljefa i konfiguraciji terena, teritorij Gornjevrškog područja može se svrstati u brdsko-planinsko područje. U odnosu na morfogenetske karakteristike ovdje je dobro razvijena morfoskulptura sa svim oblicima reljefa:

- denudaciona,
- fluvijalna,
- nivaciona,
- glacijalna.

Nagib (inklinacija) područja je tijesno povezana sa svim ostalim orografskim faktorima i možemo reći da ovo područje spada u red umjereno strmih u pogledu nagiba terena. Skupnim djelovanjem svih pomenutih orografskih faktora modificira se i osnovni tip klime pretvarajući se u mikroklimu na manjem prostoru i stvarajući široku lepezu vegetacionih tipova ovog područja. (ŠGO "Gornjevrško" knjiga 1)

3.2. Klimatske prilike

Ovo područje i njegovu širu okolinu karakteriše planinsko – kontinentalna klima sa kratkim ljetima i dugim i ostrim zimama sa dosta padavina.

Gornjevrško područje pripada južnom dijelu sjevernog umjerenog klimatskog pojasa. U ovom području dolazi do sudaranja umjerenog-kontinentalne klime, čiji uticaj dolazi dolinom Vrbasa iz Panonske nizije i hladne planinske klime čije se hladne mase spuštaju sa Vranice i Raduše prema

Vrbaskoj kotlini. Čitavo ovo šumskogospodarsko područje može se u odnosu na klimu podijeliti u tri zone, koje karakterišu tri tipa klime i to:

- planinski tip klime,
- dolinsko – kotlinsk tip,
- alpski tip klime.

Dolinsko – kotlinski tip klime obuhvata dijelove područja ispod planinskog tipa sa povoljnijim termičkim prilikama ali i sa manje padavina. Po podacima meteoroloških stanica Bugojno, G. Vakuf, D. Vakuf i Kupres srednja godišnja temperatura iznosi 16°C. Srednja godišnja količina padavina oko 900 l/m².

3.3. Hidrografske karakteristike područja

U hidrografskom smislu "Gornjevrasko" područje pripada crnomorskom slivnom području, tj. slivu rijeke Vrbas sa svojim pritokama. Dionica toka rijeke Vrbas teče uskom kanjonskom dolinom u gornjem toku skoro sve do Gornjeg Vakufa, odakle se širi u široku kotlinu koja traje skoro do Donjeg Vakufa. Ispod Donjeg Vakufa opet počinje uska kanjonska dolina koja povremeno prelazi u klisuru. Izvorište rijeke Vrbas je na Zec planini, na svom toku od izvorišta u Vrbas se sa desne strane ulijevaju: Sikirski potok (poznat po prelijepom vodopadu), Deralski potok, potok Kozička rika i Osojni potok. Dalje njegove pritoke čine rijeke (ili riječice): Kruščica, Bistrica, Ričica, Oboračka Rijeka, Vitina, zatim niz potoka: Zaneski, Goruški, potok Drvetinska Rijeka, Pločki, Sandžački i Babin potok.

Manje rijeke koje se nalaze unutar ove G.J. su: Prusačka Rijeka, i niz potoka od koji su bitniji: Ognjevica, Arapka, Ajvatovica potok, Radaljsko vrelo, Mala rijeka, Čalinovac, Smrdalj i Deman.

Sva pobrojana slivna područja imaju jako razvijenu mrežu šumskih izvorišta i potoka stalnog i povremenog karaktera, tako da uz ostale prirodne faktore cjelokupno područje predstavlja vrlo dobro stanište za autohtone biljne i životinjske vrste.

3.4. Geomorfološke karakteristike ŠGP "Gornjevrasko"

U geomorfološkom smislu ŠGP "Gornjevrasko" predstavlja vrlo heterogeno područje u kojem su zastupljeni najraznovrsniji geomorfološki oblici. Ovo područje pripada geotektonskom kompleksu Centralnih Dinarida. Veći dio ovog područja po svojim tektonskim elementima spada

u rudne planine Bosne. Najznačajnija planina ovog područja je Vranica koja predstavlja paleozojsko jezgro Bosansko-hercegovačkih planina. Lijeva obala Vrbasa ovog područja sastavljena je od trijaskih krečnjaka i dolomita, a i ona predstavlja integralni dio dinarsko vjenačkih planina, pa prema tome zadržava dinarski pravac pružanja. Osim navedenih reljefnih oblika javljaju se još i kupasta uzvišenja, sedla, doline, platoi i dr.

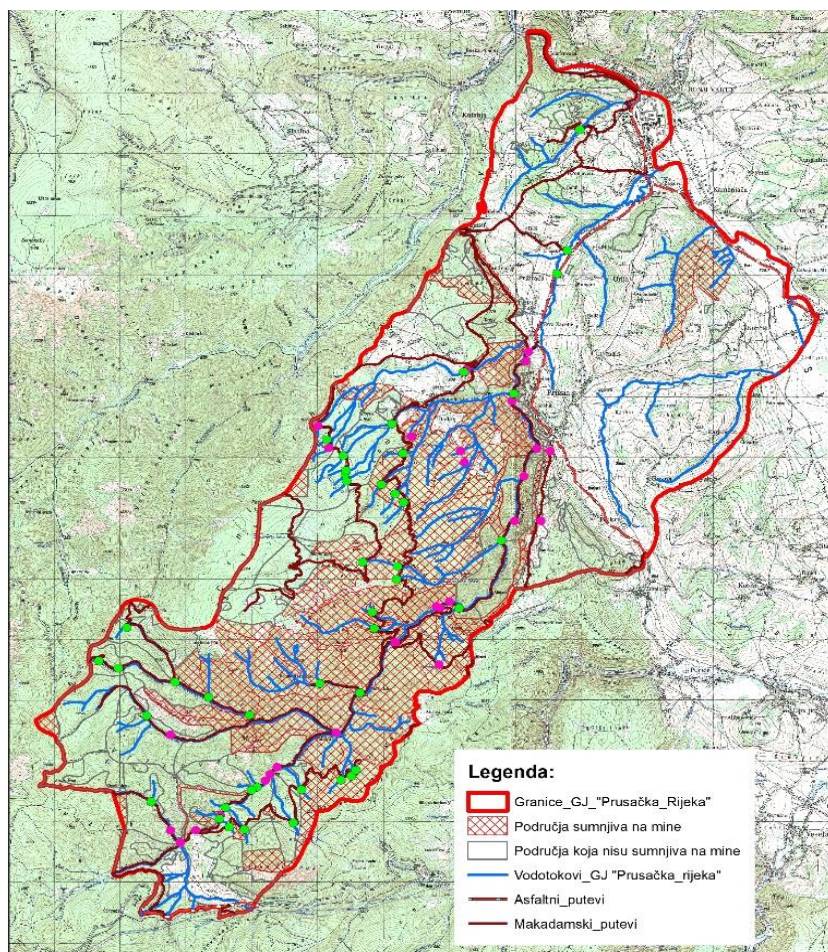
3.5. Geološka podloga područja

"Gornjevrasko" ŠGP po geološkoj kartografiji je smješteno u oblasti unutarnjih Dinarida, čiju osnovnu podlogu čine paleozojski škriljci i mezozojski krečnjaci. Desna strana rijeke Vrbas izgrađena je od paleozojskih formacija, a lijeva od tvorevina mezozoika, također su u manjoj mjeri zastupljene i tvorevine kenozoika.

3.6. Miniranost područja

Tokom ratnih dejstava u periodu 1992. – 1995. godine značajan dio šumskogospodarskog područja "Gornjevrasko" je miniran minsko – eksplozivnim sredstvima. Za vrijeme obavljanja taksacionih snimanja, uz maksimalan angažman na prikupljanju relevantnih informacija o miniranim površinama i detaljnim analizama svakog lokaliteta, a zatim konačnim uređenjem šuma i šumskih zemljišta ovog područja, dobiven je spisak miniranih površina. Ukupna minirana površina šumskogospodarskog područja iznosi 9671,05 ha (od čega na visoke šume otpada 6746,04 ha; visoke degradirane šume 600,22 ha; šumske zasade 386,79 ha; izdanačke šume 1871,04 ha; i neproduktivne površine u šumarskom pogledu 66,96ha) ili 15,55% ukupne površine šumskogospodarskog područja.

Ukupna minirana površina gospodarske jedinice "Prusačka Rijeka" iznosi 1834,40 ha, dok je ukupna površina gospodarske jedinice 3922,11 ha, što iznosi gotovo 50% teritorije G.J. Zbog miniranosti na određenim dionicama nisu vršena terenska snimanja.



Slika 3: Karta miniranosti G.J. "Prusačka Rijeka"



Slika 4: Znakovi upozorenja na miniranost područja

4. CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA

- ✓ Glavni cilj istraživanja je utvrditi pozicije ukrštanja hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture (šumski kamionski putevi), te intenzitet oštećenja na vodopropusnim objektima;
- ✓ Izračunati gustinu hidrografske mreže (D_u), i na osnovu dobivene vrijednosti dati procjenu opasnosti uticaja hidrografske mreže na šumsku transportnu infrastrukturu;
- ✓ Utvrditi pojavu oštećenja vodopropusnih objekata na mjestima ukrštanja sa ocjenom uticaja na dalju upotrebljivost šumske transportne infrastrukture;
- ✓ Utvrditi funkcionalnost mostova i vodopropusnih objekata;
- ✓ Utvrditi oštećenja u blizini vodopropusnih objekata;
- ✓ Predložiti mjere kojima će se smanjiti negativan uticaj hidrografske mreže na šumsku transportnu infrastrukturu.

Za postizanje zadanih ciljeva bit će neophodno realizovati sljedeće zadatke:

- ✓ Prikupiti osnovne podatke o Gospodarskoj jedinici;
- ✓ Prikupiti osnovne informacije o primarnoj mreži šumske transportne infrastrukture;
- ✓ Prikupiti osnovne informacije o hidrografskoj mreži unutar Gospodarske jedinice;
- ✓ Na terenu snimiti sve tipove postojećih mostova uz evidenciju vrste i stanja mostova sa stanovišta njihove dalje upotrebljivosti;
- ✓ Izvršiti evidenciju propusta na primarnoj mreži šumske transportne infrastrukture unutar Gospodarske jedinice „Prusačka Rijeka“ uz evidenciju profila istih te, ocjeniti njihovo stanje sa stanovišta dalje upotrebljivosti;
- ✓ Obraditi dobijene podatke, prikazati rezultate, komentarisati iste i dati odgovarajuće zaključke.

5. METODE ISTRAŽIVANJA

Kao osnovna podloga za istraživanje korištena je postojeća Šumskogospodarska osnova za područje „Gornjevrubasko“ (G.J.Prusačka Rijeka), postojeći GIS projekat za navedenu gospodarsku jedinicu sa kreiranim slojevima: primarna mreža puteva i hidrografska mreža, te su provedena odgovarajuća terenska istraživanja.

5.1. Opšta procjena postojanja erozionih procesa na šumskoj transportnoj infrastrukturi u Gospodarskoj jedinici "Prusačka Rijeka"

Procjena postojanja erozionih procesa u G.J. „Prusačka Rijeka“ izvršit će se na osnovu obilaska terena i vizuelne ocjene opšteg stanja kada je riječ o erozionim procesima.

Erozioni procesi će se identifikovati vizuelno, te na osnovu stvarnih prilika na terenu, te dati ocjena da li postoji neki od vidova erozionih procesa (pojava nagnutih stabala, puzanja terena, odroni zemljišta, klizišta, sipari i slično).

5.2. Analiza hidrografske mreže

Analiza hidrografske mreže urađena je evidentiranjem svih površinskih tokova u G.J. "Prusačka Rijeka" i njihovim kartiranjem u GIS-u. Krajnji rezultat analize hidrografske mreže je izračunata vrijednost gustine hidrografske mreže u km/km^2 .

– *gustina hidrografske mreže, D_u (km/km^2)*

Obračun ovog faktora vrši se prema obrascu (Gavrilović, 1972):

$$D_u = \frac{\sum L_i}{A} (\text{km}/\text{km}^2)$$

D_u – gustina hidrografske mreže - (km/km^2),

$\sum L_i$ – ukupna dužina svih tokova na posmatranom području - (km),

A – površina posmatranog područja - (km^2)

Ocjena gustine hidrografske mreže izvršit će se prema kriteriju (Gavrilović, 1972):

– $D_u < 0.5 \text{ km}/\text{km}^2$, smatra se da je gustoća hidrografske mreže slaba,

- $D_u = 0.5$ do 1.0 km/km², srednja gustoća hidrografske mreže,
- $D_u = 1.0$ do 2.0 km/km², jaka,
- $D_u > 2.0$ km/km², vrlo jaka.

5.3. Analiza primarne mreže šumske transportne infrastrukture

Ova analiza je također izvršena na osnovu već urađenog GIS projekta sa kreiranim slojevima primarne mreže. U G.J. "Prusačka Rijeka" predmet istraživanja biti će primarna mreža šumske transportne infrastrukture (šumski kamionski putevi i javni koji otvaraju šumu).

U okviru ove analize izvršit će se mjerenje i kvalifikacija (makadamski ili asfaltni putevi) svih puteva koji otvaraju šumu.

5.4. Analiza mjesta ukrštanja hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture

Ova analiza je provedena kombinovano kroz GIS aplikaciju i terensko snimanje pozicija, hidrografske mreže i puteva, odnosno mjesta propuštanja vode kroz „trup“ puta. Na mjestima ukrštanja izvršit će se procjena uticaja vodnih tokova na šumsku transportnu infrastrukturu.

- Prilikom procjene stepena oštećenja, identifikovat će se uticaj vodnog toka na šumsku transportnu infrastrukturu i to pomoću sljedeće bodovne skale:
 - (1) nema oštećenja,
 - (2) malo oštećenje – saobraćaj moguć,
 - (3) značajno oštećenje – saobraćaj ugrožen, i
 - (4) teško oštećenje – saobraćaj nije moguć.

- Prilikom terenskih snimanja položaja ukrštanja hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture, identifikovat će se i funkcionalnost mostova i vodopropusnih objekata i to pomoću sljedeće skale za mostove:
 - 1) funkcionalnost mosta normalna (voda slobodno otiče),
 - 2) oslabljena funkcionalnost mosta (prisutna određena količina nanesenog materijala koja otežava oticaj vode), i
 - 3) onemogućena funkcionalnost mosta (usljed oštećenja i zatrpanosti nanesenim materijalom).

- Za ocjenu funkcionalnosti vodopropusnih objekata je korištena sljedeća skala:
 - (a) propust funkcionalan (voda ima slobodan profil za oticaj),
 - (b) oslabljena funkcionalnost (u propustu se nalazi nanoseni materijal, ali je i dalje omogućen oticaj), i
 - (c) propust nije u funkciji (propust zatrpan, popunjen nanesenim materijalom).

- Za ocjenu oštećenja puteva u blizini vodopropusnih objekata korištena je sljedeća skala:
 - 1. u blizini propusta nema vidljivih oštećenja puta;
 - 2. u blizini propusta registrovana su djelomična oštećenja puta;
 - 3. u blizini propusta registrovana su značajna oštećenja ali je saobraćaj moguć;
 - 4. u blizini propusta registrovana su značajna oštećenja, saobraćaj nije moguć.

5.5. Prijedlog mjera kojima će se smanjiti međusobni negativni uticaj hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture

U svrhu smanjenja negativnih posljedica uzajamnog djelovanja šumske transportne infrastrukture i hidrografske mreže, neophodno je propisati i provoditi odgovarajuće mjere koje imaju za cilj minimiziranje međusobnog negativnog uticaja. Mjere koje će se preporučiti za unapređenje stanja se utvrđuju na osnovu evidentiranih nedostataka na terenu i mogućnosti realizacije optimalnih postupaka za otklanjanje istih.

6. REZULTATI I DISKUSIJA

6.1. Opšta procjena postojanja erozionih procesa na šumskoj transportnoj infrastrukturi u Gospodarskoj jedinici "Prusačka Rijeka"

Terenskim istraživanjem, uočeni su vidljivi erozioni procesi na šumskim putevima. Isti se najčešće identifikuju kao odroni ili osipanje materijala sa kosine usjeka puta. Najčešći razlog odrona ili osipanja materijala sa kosina usjeka na podužne odvodne kanale i trup puta je nepravilno izvedena kosina usjeka prilikom izgradnje šumskih kamionskih puteva. Naime, prilikom izvođenja radova na izgradnji šumskih puteva, izvođači često da bi smanjili obim zemljanih radova kosinu usjecanja ne prilagode kategoriji terena (prema vrsti geološke podloge), pri čemu se kosine izvode pod većim nagibom što usljed uticaja atmosferilija (mraz, padavine i sl.) tokom vremena dovodi do odrona i osipanja materijala, kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5: Odroni na šumskom kamionskom putu kao rezultat nepravilno izvedene kosine usjeka (Čaluk, 2022)

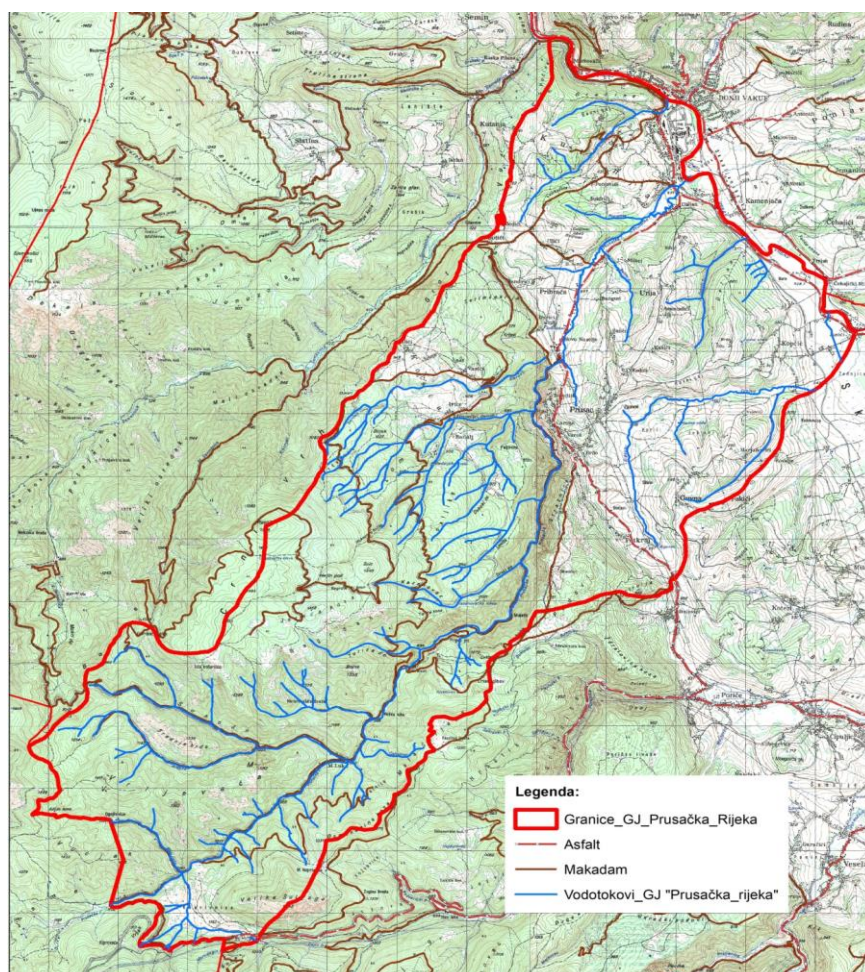
6.2. Analiza hidrografske mreže

Ukupna dužina svih vodotokova u G.J. "Prusačka Rijeka" iznosi 80.105,8 m, odnosno 80,1 km. Ukupna površina gospodarske jedinice iznosi 3.922,11 ha odnosno 39,22 km². Hidrografska mreža u GJ „Prusačka rijeka“ prikazana je na slici 6.

$$D_u = \frac{\sum L_i}{A} \left(\frac{km}{km^2} \right) = \frac{80,1}{39,22} = 2,04 \text{ km/km}^2$$

Prema dobijenoj vrijednosti gustine hidrografske mreže G.J. „Prusačka Rijeka“, spada u kategoriju - Vrlo jaka razvijenost hidrografske mreže ($D_u > 2.0 \text{ km/km}^2$, vrlo jaka).

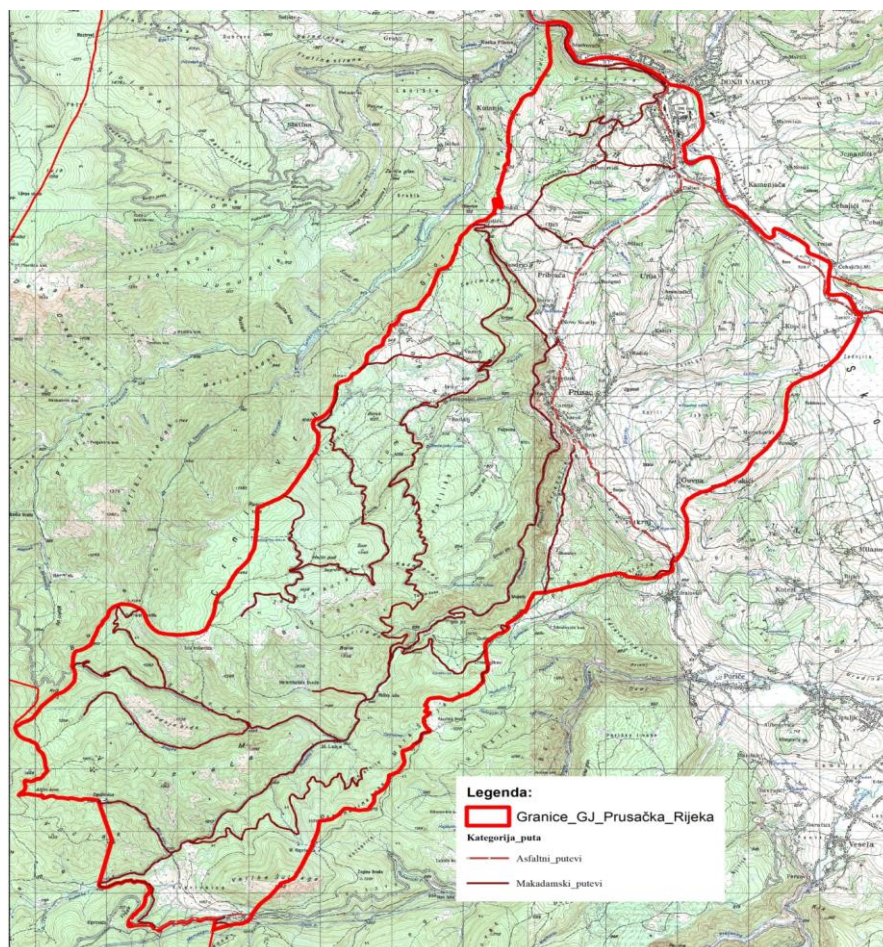
Dobijeni podatak može biti dobar indikator kada je u pitanju uticaj hidroloških prilika na erozione procese. Ovaj podatak za konkretnu gospodarsku jedinicu iznosi 2,04 km/km², te nas upozorava da je neophodno posvetiti posebnu pažnju prilikom planiranja i izgradnje šumske transportne infrastrukture a posebno kod odluke o odabiru broja i dimenzija vodopropusnih objekata, kako bi se minimizirao negativan uticaj vodotokova i omogućio nesmetan proticaj površinskih i oborinskih voda.



Slika 6: Prikaz hidrografske mreže u G.J. „Prusačka Rijeka“

6.3. Analiza primarne mreže šumske transportne infrastrukture

Prostorni raspored primarne mreže šumske transportne infrastrukture u G.J. "Prusačka Rijeka" prikazan je na sljedećoj slici:



Slika 7: Primarna mreža šumske transportne infrastrukture

Tabela 2: Prikaz dužina primarne mreže puteva G.J. "Prusačka Rijeka" iz važeće ŠGO

Kategorija puta	Dužina (km)
Javni putevi	14,91
Šumski kamionski putevi	76,95
Ukupno	91,86

Ukupna dužina puteva u G.J. "Prusačka Rijeka" iznosi 91,86 km, a površina gospodarske jedinice 3.922,11 ha, pri čemu otvorenost ove gospodarske jedinice iznosi 23,42 m/ha.

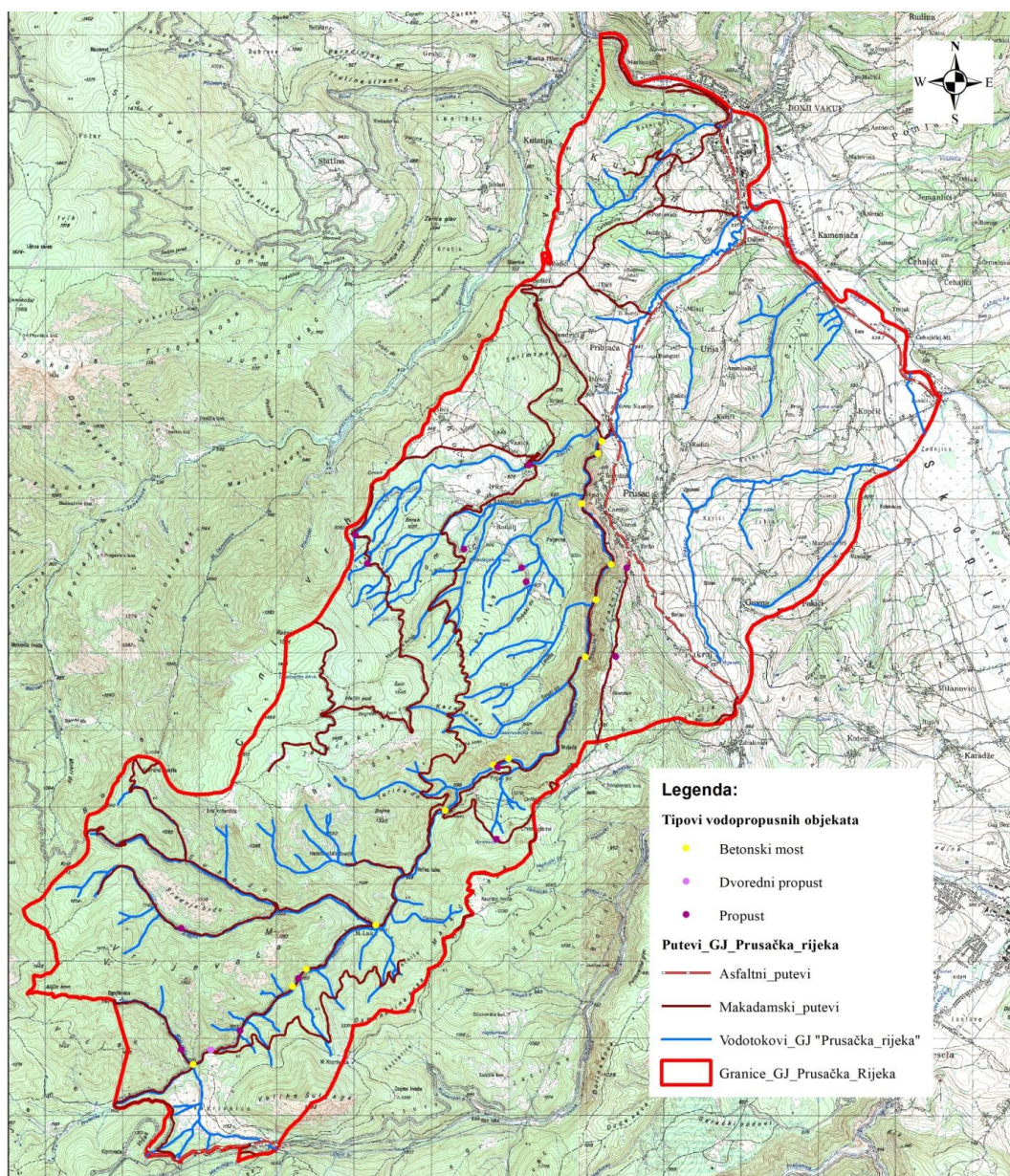
Otvorenost ove gospodarske jedinice je značajno veća od prosječne otvorenosti u FBiH koju su Sokolović i Bajrić (2011) izračunali na osnovu podataka dobijenih od ŠPD/ŠGD iz FBiH, a koja iznosi 10,8 m/ha.

U G.J. "Prusačka Rijeka" nalazi se ukupno 76,95 km šumskih kamionskih puteva s makadamskom kolovoznom konstrukcijom. Za opšte stanje šumskih kamionskih puteva uopšteno se može reći da nije zadovoljavajuće. Kao primarni razlog takvog stanja se ističe loše održavanje postojećih vodopropusnih objekata uz značajan nedostatak broja istih na izgrađenim dionicama šumskih kamionskih puteva. Na pojedinim dionicama puteva javljaju se različita oštećenja usljed negativnog djelovanja površinskih i oborinskih voda, nepostojanja odvodnih kanala, nedovoljnog broja vodopropusnih objekata, kao i posljedica neredovnog sezonskog i periodičnog održavanja.

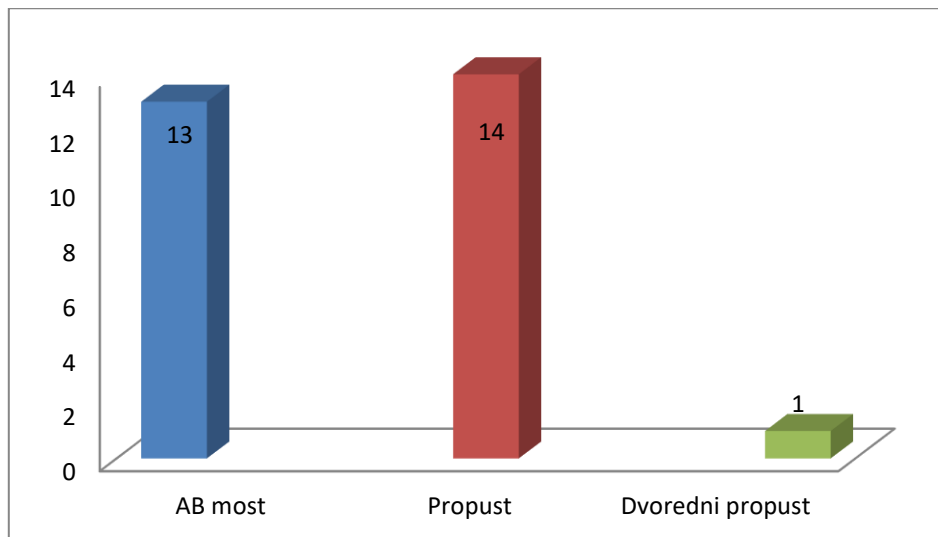
6.4. Analiza mjesta ukrštanja hidrografske mreže i primarne mreže šumske transportne infrastrukture

U G.J. "Prusačka Rijeka" projektovana i izgrađena primarna mreža šumske transportne infrastrukture vodotoke presjeca na dvadesetosam (28) pozicija na kojima se nalaze vodopropusni objekti, od toga 13 mostova i 15 cijevnih propusta koji su po vrsti prikazani na grafikonu broj 1. Terenskim istraživanjem uočen je značajan nedostatak broja vodopropusnih objekata koje je bilo potrebno planirati prilikom izrade glavnih projekata za izgrađene šumske kamionske puteve. Naime, prema inženjerskim iskustvima potrebno je propuste projektovati na svakih 250 do 300 m. Uz pretpostavku da se postupilo po navedenom, u ovoj G.J. broj potrebnih objekata iznosio bi 308 (257). Na osnovu navedenog optimalnog broja objekata za odvodnju površinskih voda, te broja izgrađenih propusta (mostova), očigledan je nedostatak od 280 (229) objekata za odvodnju. Obzirom na nedovoljan broj vodopropusnih objekata u gospodarskoj jedinici, kao jedan od uzroka oštećenja puteva svakako se može objasniti navedenom činjenicom. Također, uz navedeni nedostatak, evidentirana je i nefunkcionalnost postojećih kanala za odvodnju površinskih i oborinskih voda skoro cijelom dužinom šumskih kamionskih puteva. Pored lošeg održavanja podužnih kanala za odvodnju površinskih i oborinskih voda, na većini snimljenih dionica šumskih kamionskih puteva nije niti registovana izgradnja istih, što je evidentan inženjerski propust prilikom projektovanja i izgradnje. Uz navedene nedostatke vezane za projektovanje i izgradnju podužnih kanala, česti su slučajevi odronjavanja i osipanja materijala sa loše izvedenih kosina usjeka kamionskih puteva, te su tokom vremena eksploatacije kanali posali zatrpani i nefunkcionalni. Kao posljedica navedenog na kolovozima kamionskih puteva javljaju se veća ili manja oštećenja radi oticanja površinske vode istima.

Terenskim snimanjem registrovane pozicije presjecanja primarne mreže šumske transportne infrastrukture i vodotoka na kojima su izgrađeni vodopropusni objekti, sa naznačenim tipom objekta, prikazane su na slici 8.

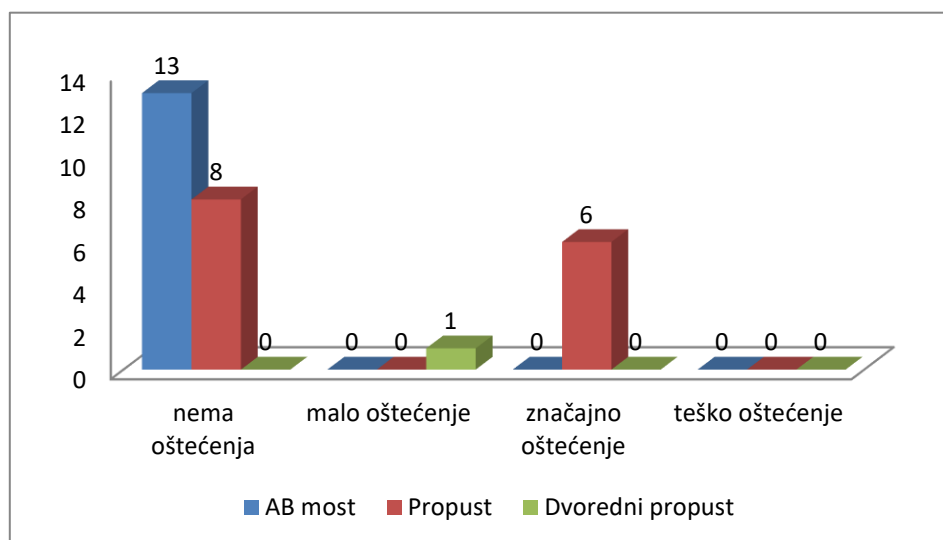


Slika 8: Pozicije presjecanja primarne mreže šumske transportne infrastrukture i vodotoka



Grafikon 1: Broj vodopropusnih objekata u G.J. "Prusačka Rijeka"

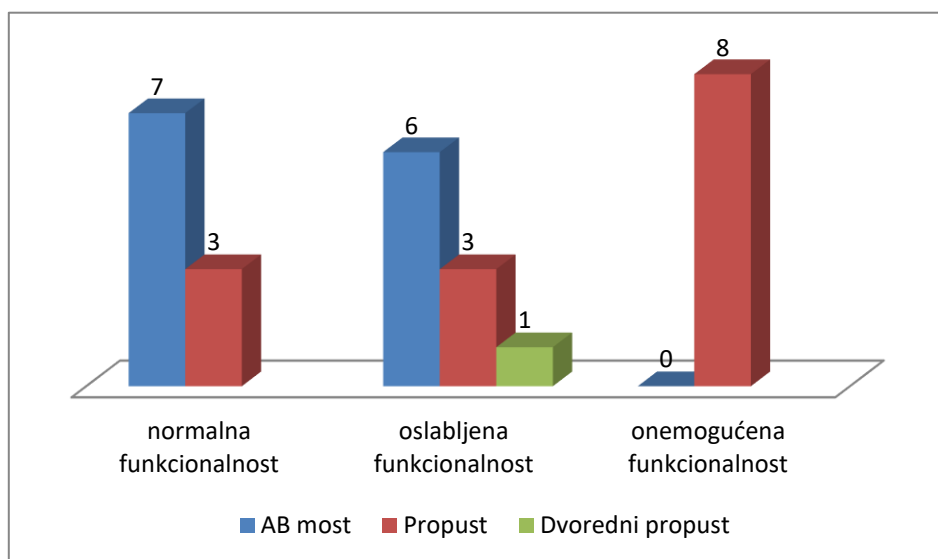
Broj vodopropusnih objekata s obzirom na tip i stepen oštećenja prikazan je na grafikonu 2. Svih trinaest (13) snimljenih mostova bez oštećenja. Osam (8) propusta nema oštećenja, jedan (1) propust je sa malim oštećenjem, dok je njih šest (6) sa značajnim oštećenjem.



Grafikon 2: Broj vodopropusnih objekata s obzirom na tip i stepen oštećenja u G.J."Prusačka Rijeka"

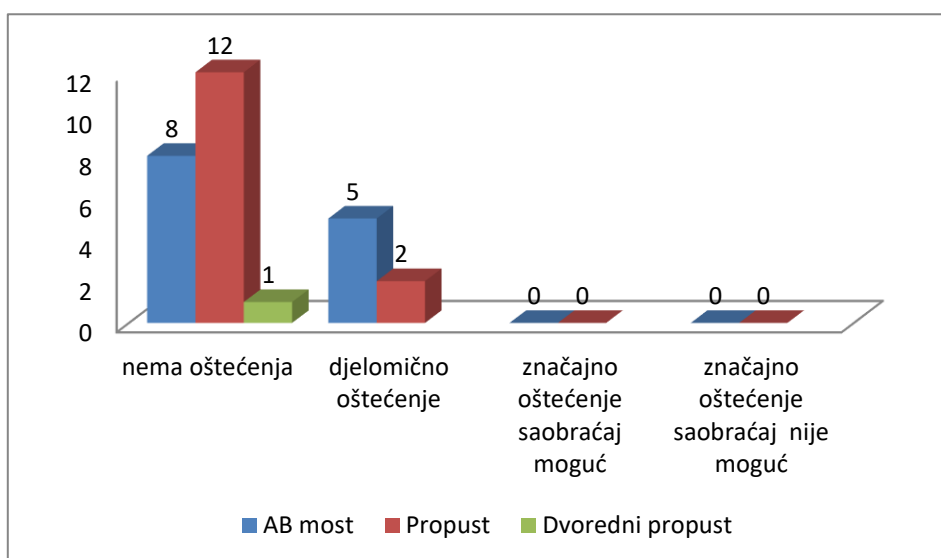
Na grafikonu 3 prikazan je broj vodopropusnih objekata s obzirom na funkcionalnost. Od trinaest (13) mostova, njih sedam (7) ima normalnu funkcionalnost gdje voda slobodno otiče, šest (6) mostova ima oslabljenu funkcionalnost zbog prisutne određene količine sitnijeg i krupnijeg nanesenog materijala, kao i obrastlosti vegetacijom. Samo tri (3) propusta su sa normalnom funkcionalnošću gdje voda ima slobodan profil za oticaj, četiri (4) propusta (tri (3) standardna i jedan (1) dvoredni) imaju oslabljenu funkcionalnost usljed prisustva određenog

nanesenog materijala u istima, dok osam (8) propusta nije u funkciji jer su u potpunosti zatrpani nanesenim materijalom, smećem, drvnim materijalom i sl.



Grafikon 3: Broj vodopropusnih objekata s obzirom na funkcionalnost

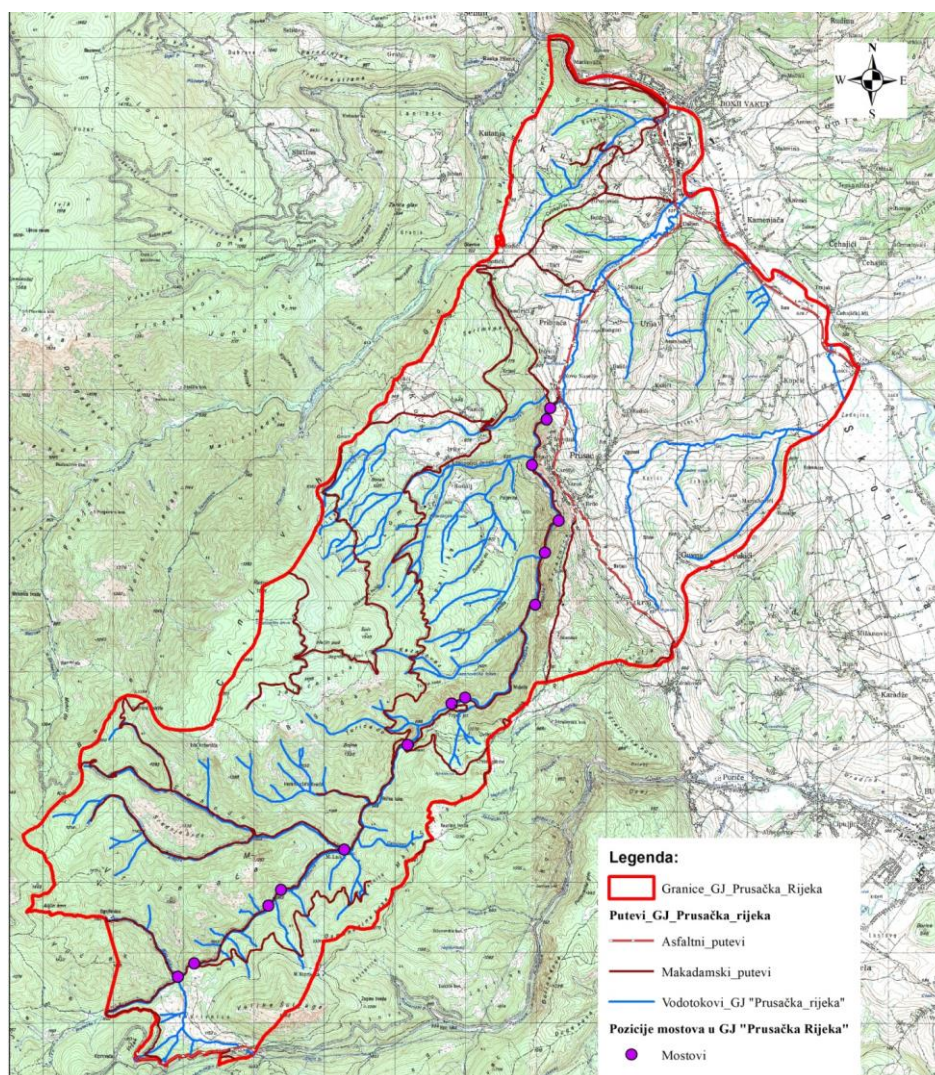
Na grafikonu 4 prikazan je broj propusta u čijoj se neposrednoj blizini nalaze određena oštećenja. Ovdje možemo vidjeti da se u blizini dvadeset i jednog (21) vodopropusnog objekta (osam (8) mostova, dvanaest (12) propusta, jedan (1) dvoredni propust) ne nalaze oštećenja, dok se u blizini sedam (7) vodopropusnih objekata (pet (5) mostova i dva (2) propusta) nalaze djelomična oštećenja u vidu odrona materijala sa kosina ili oštećenja ŠKP.



Grafikon 4: Broj propusta s obzirom na oštećenja puta u neposrednoj blizini vodopropusnog objekta

6.4.1. Analiza ukrštanja mostova i vodotoka

Snimanjem na terenu utvrđeno je da se u G.J. "Prusačka Rijeka" nalazi ukupno 13 mostova. Svi evidentirani mostovi su izgrađeni kao armirano betonske konstrukcije. Jedan most ima raspon od 3 m, tri mosta imaju raspon od 5 m, četiri mosta imaju raspon od 6 m, dok je pet mostova raspona od 7 m. Pozicije snimljenih mostova u GJ „Prusačka Rijeka“, prikazane su na karti. (Slika 9)

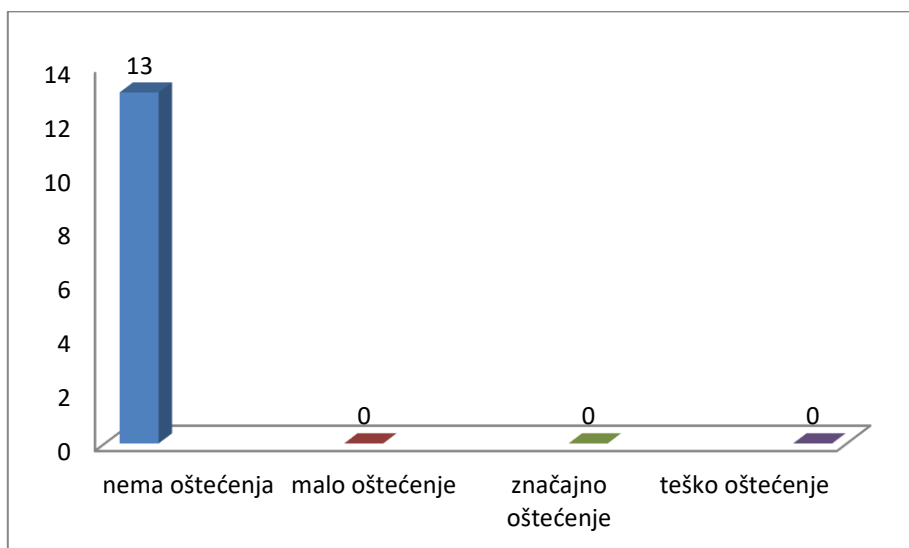


Slika 9: Pozicije mostova u G.J. "Prusačka Rijeka"

Tabela 3. Prikaz broja mostova u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na stepen oštećenja

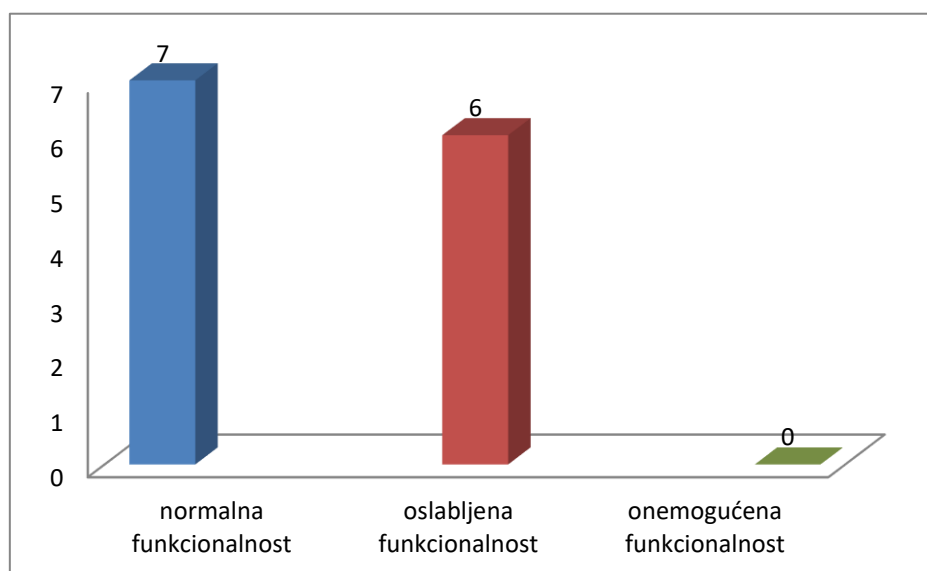
Stepen oštećenja	Nema	malo	značajno	teško
Broj mostova	13	0	0	0

Broj mostova s obzirom na stepen oštećenja prikazan je u tabeli 3 i grafikonu 5. Svih trinaest (13) mostova je u dobrom stanju i bez oštećenja.



Grafikon 5: Grafički prikaz broja mostova u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na stepen oštećenja

Iz grafikona 6 možemo vidjeti broj vodopropusnih objekata s obzirom na funkcionalnost. Od trinaest (13) mostova, njih sedam (7) ima normalnu funkcionalnost gdje voda slobodno otiče, primjer jednog takvog mosta vidimo na slici 10; šest (6) mostova ima oslabljenu funkcionalnost zbog prisutne određene količine sitnijeg i krupnijeg nanesenog materijala, kao i obrastlosti vegetacijom.

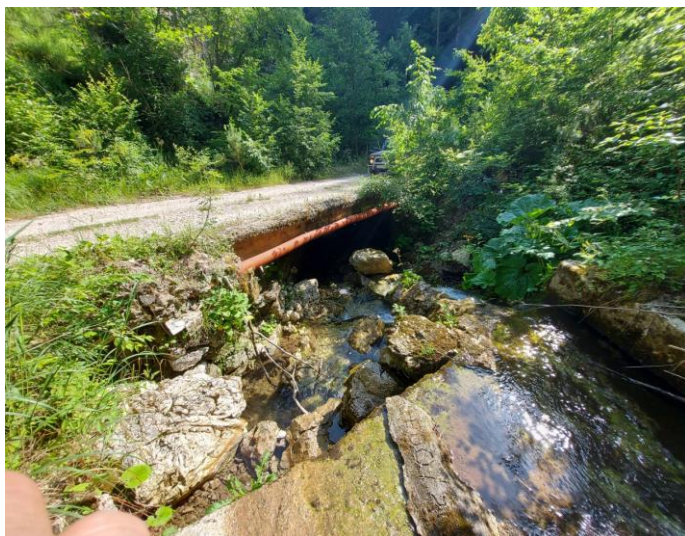


Grafikon 6: Grafički prikaz broja mostova u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na funkcionalnost



Slika 10: Primjer mosta s normalnom funkcionalnošću (voda slobodno teče)(Čaluk, 2022)

Terenskim snimanjem uočeno je da se svih trinaest (13) mostova nalazi u dobrom stanju, bez oštećenja. Šest (6) mostova ocjenjeno je da ima oslabljenu funkcionalnost (Slika 11) jer je prisutna određena količina sitnijeg i krupnijeg nanesenog materijala koja u slučaju nadolaska „velikih voda“ može negativno uticati na propusnu moć, te time ugroziti putnu infrastrukturu i bezbjednost saobraćaja, također protok vode je oslabljen i zbog obraslosti korita vegetacijskim formacijama. Navedeni nedostatak je potrebno riješiti redovnim održavanjem, odnosno čišćenjem nanesenog materijala i krčenjem vegetacije u vodotoku u neposrednoj blizini i ispod same mostovske konstrukcije. Sedam (7) mostova ima normalnu funkcionalnost, odnosno proticajni profil mosta je slobodan i u neposrednoj blizini u vodotoku se ne nalazi naneseći materijal, te je omogućen nesmetan proticaj pri različitim vodostajima (Slika 10).

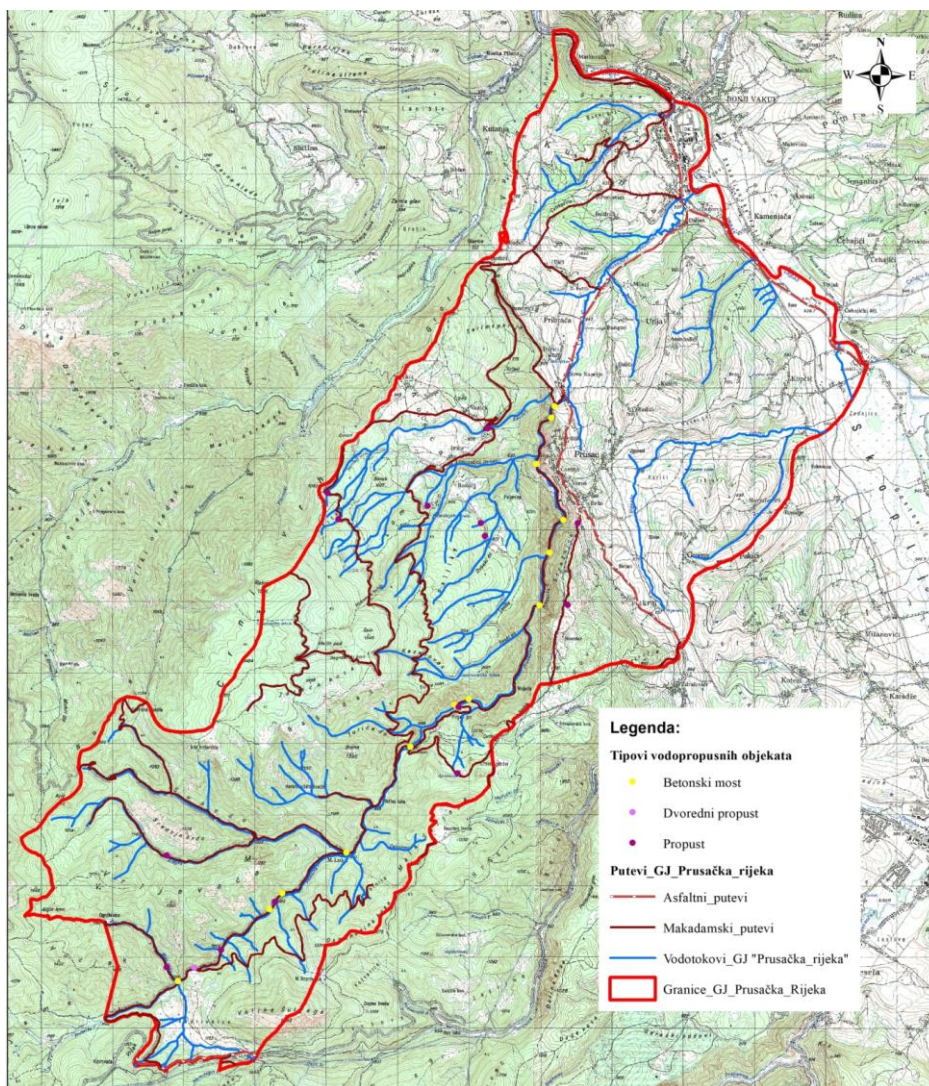




Slika 11: Primjer mosta s oslabljenom funkcionalnošću (Čaluk, 2022)

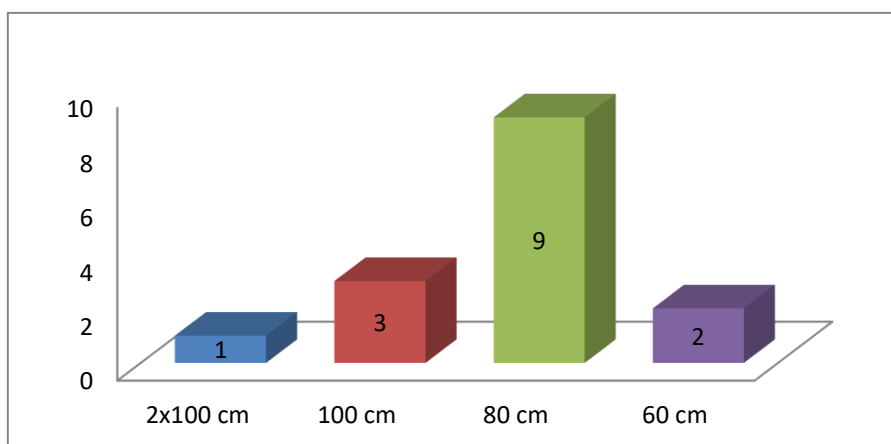
6.4.2. Analiza ukrštanja propusta i vodotoka

Snimanjem na terenu utvrđeno je da se u G.J. "Prusačka Rijeka" nalazi 15 propusta čije su pozicije prikazane na karti (Slika 12). Jedan propust je dvoredni $2 \times \varnothing 100$ koji je sa manjim oštećenjima jer na istom nisu izrađena ulazno-izlazna krila koja bi usmjerila protok vode i spriječila podlokavanje, te dovela do značajnijih oštećenja, osam (8) propusta je bez oštećenja i s normalnom funkcijom, dok je šest (6) propusta sa značajnim oštećenjem (grafikon 8 i tabela 4).



Slika 12: Pozicije propusta u G.J. "Prusačka Rijeka"

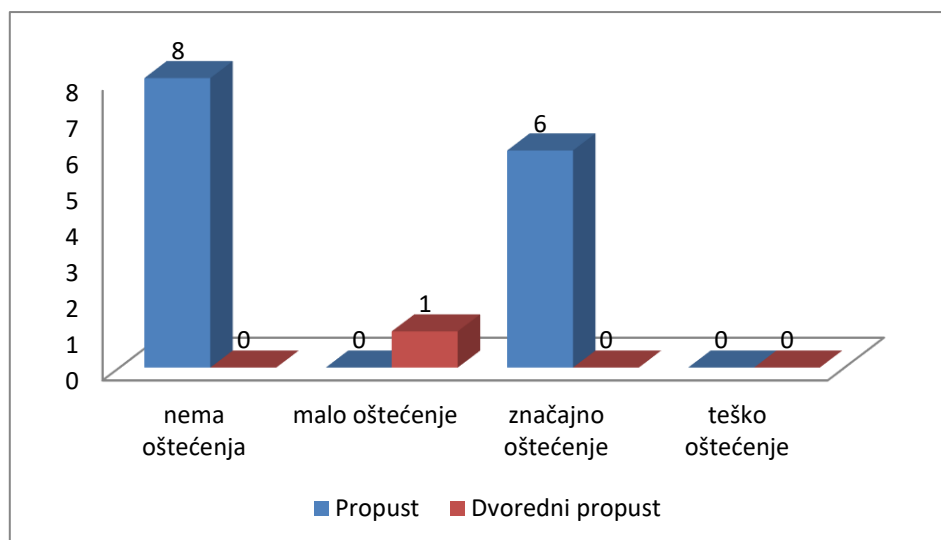
Na grafikonu 7 prikazan broj propusta s obzirom na tip i širinu profila (\varnothing). Jedan propust je dvoredni koji čine dvije cijevi $\varnothing 100$. Tri propusta su $\varnothing 100$. Devet propusta $\varnothing 80$, i dva propusta $\varnothing 40$.



Grafikon 7: Propusti u G.J. "Prusačka Rijeka"

Tabela 4: Prikaz broja propusta u G.J. "Prusačka Rijeka" s obzirom na stepen oštećenja

Stepen oštećenja	nema	malo	značajno	teško
Broj propusta	9	0	6	0

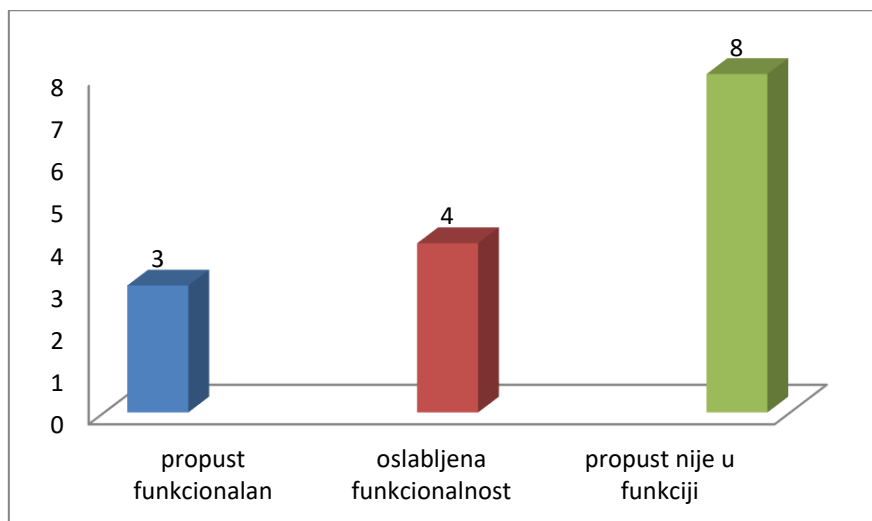


Grafikon 8: Prikaz broja propusta s obzirom na stepen oštećenja

Od petnaest (15) snimljenih propusta u G.J. "Prusačka Rijeka" njih šest (6) je sa značajnim oštećenjem, što iste čini potpuno ili djelimično nefunkcionalnim. Nedostatak ulazno izlaznih betonskih krila, kao i neredovno čišćenje i održavanje propusta doveli su do skoro potpuog zatrpavanja propusta nanesenim kamenim materijalom, drvenim materijalom, tj. ostacima nakon eksploatacije gdje je protok vode otežan, a u slučaju "većih voda" doći će do izlivanja vode na ŠKP što dalje može uzrokovati različita oštećenja na istom. Primjer na slici 13 i grafikonu 8).



Slika 13: Primjer oštećenog propusta koji nije funkcionalan



Grafikon 9: Broj propusta s obzirom na funkcionalnost

Od petnaest (15) propusta koliko ih je snimljeno i evidentirano na terenu, samo tri (3) propusta su u potpunosti funkcionalna gdje voda ima slobodan profil za oticaj (primjer slika 14). Četiri (4) propusta imaju oslabljenu funkcionalnost jer se u propustu nalazi nanoseni materijal ali je protok vode kroz profil i dalje moguć, (slika 15). Osam (8) propusta nije u funkciji jer su u potpunosti zatrpani nanesenim materijalom (Slika 16 i grafikon 9).



Slika 14: Propust Ø100 bez oštećenja s normalnom funkcionalnošću (Čaluk, 2022)



Slika 15: Propust $\varnothing 100$ gotovo u potpunosti zatrpan nanesenim materijalom, protok vode otežan (Čaluk, 2022)

Nedostatak ulazno izlaznih betonskih krila koja bi spriječila podlokavanje i urušavanje propusta, kao i neredovno čišćenje i održavanje propusta doveli su do skoro potpunog zatrpavanja istog nanesenim materijalom (slika 15), gdje je protok vode otežan, a u slučaju "većih voda" doći će do izlivanja vode na ŠKP što dalje može uzrokovati različita oštećenja.



Slika 16: Primjer propusta koji je zatrpan i nije u funkciji (Čaluk, 2022)

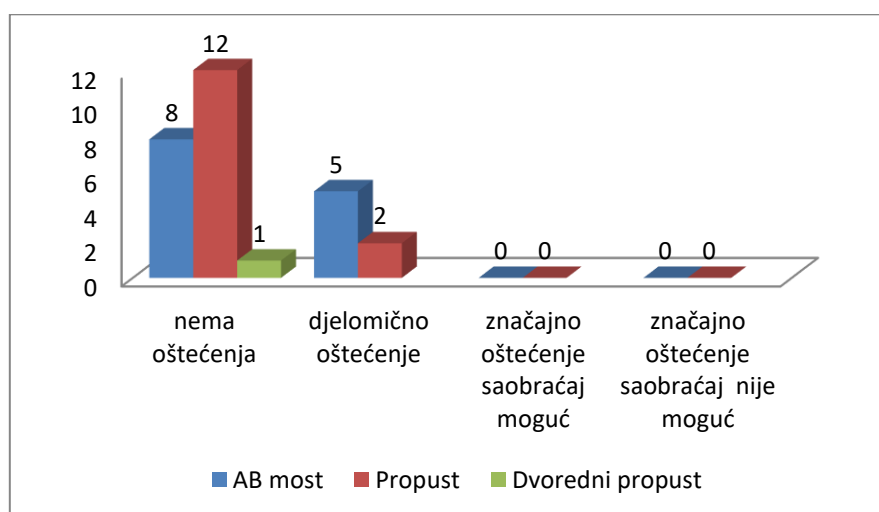
Kao jedno od mogućih rješenja za premošćivanje vode vrši se postavljanje dva ili više propusta u jednom ili dva reda, u konkretnom slučaju to su propusti s profilom $2 \times \varnothing 100$ cm. Nedostatak

propusta prikazanog na slici 17., je nepostojanje ulazno izlaznih betonskih krila koji imaju funkciju usmjeravanja oticaja vode i sprječavanja podlokavanja i odronjavanja nasipnog materijala iz kamionskog puta. Ovo je primjer loše inženjerske odluke gdje je umjesto izgradnje mosta čiji je propusni profil mnogo veći, izgrađen „dvoredni“ betonski cijevni propust koji se vrlo lako nanosenim materijalom u vidu granjevine (prikazano na slici 17) koja ostaje na terenu nakon eksploatacije začepi, što vrlo brzo dovodi do nakupljanja drugog različitog materijala i potpunog začepljena cijevi, sve to uzrokovati će izlivanje vode na ŠKP i njegovu daljnju destrukciju.



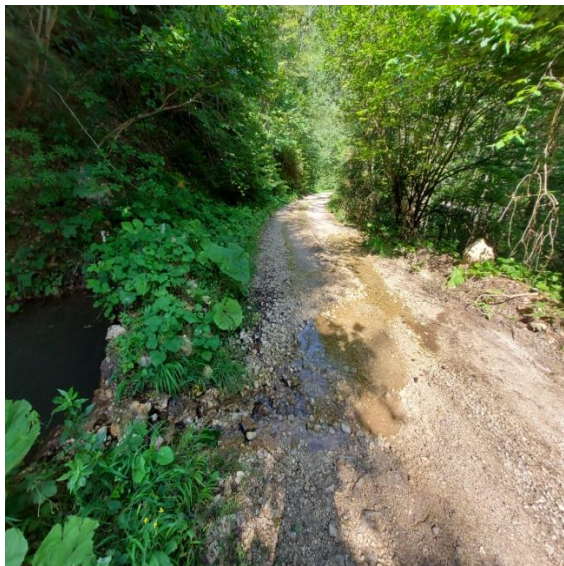
Slika 17: Primjer dvorednog propusta Ø100 cm (bez ulazno izlaznih betonskih krila) (Čaluk, 2022)

6.4.3. Analiza oštećenja puta u neposrednoj blizini vodopropusnog objekta



Grafikon 10: Oštećenje puta u neposrednoj blizini vodopropusnog objekta

Obilaskom terena predmet snimanja također bila su oštećenja puta u neposrednoj blizini vodopropusnog objekta, 3 – 4 m sa lijeve i desne strane od vodopropusnog objekta. Na dvadeset i jednom (21) mjestu okularnom procjenom određeno je da nema oštećenja, dok je na sedam (7) mjesta ocjenjeno da je prisutno djelomično oštećenje, grafikon 10 i slika 18.

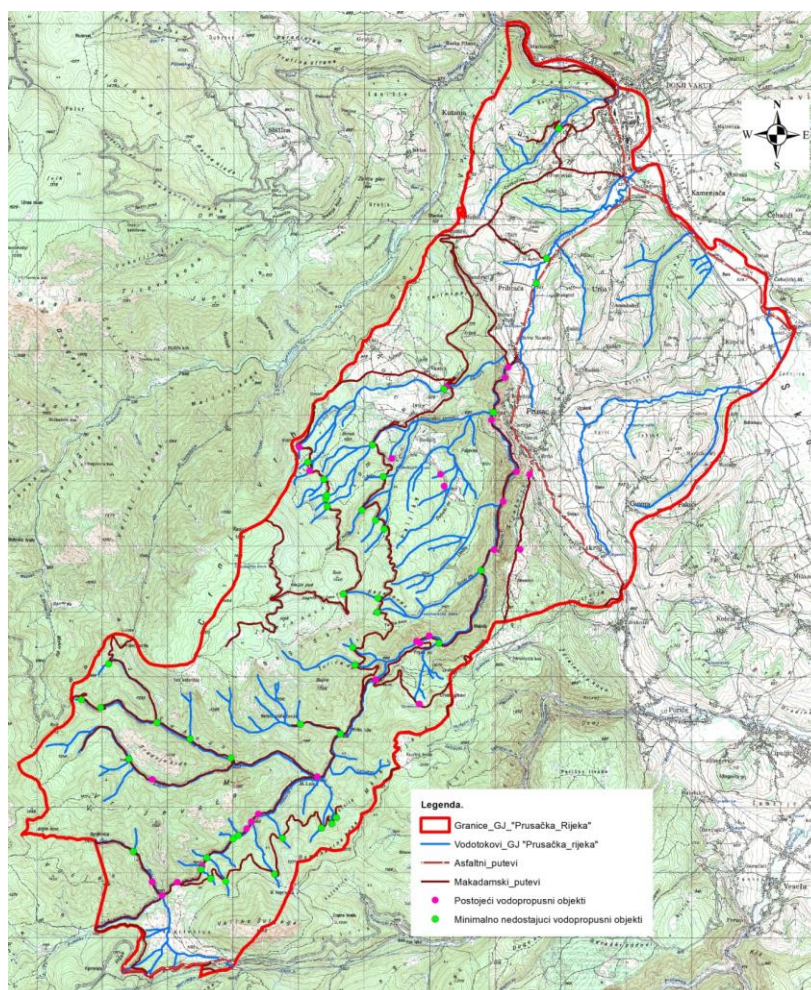


Slika 18: Primjeri oštećenja u neposrednoj blizini propusta (Čaluk, 2022)

Budući da se u G.J. "Prusačka Rijeka" ukupne površine 3922,11 ha nalazi 76,95 km šumskih kamionskih puteva (ŠKP) broj snimljenih vodopropusnih objekata dvadeset i osam (28) je više nego nedovoljno da bi kamionski putevi bili funkcionalni i bez većih oštećenja. Veoma je veliki broj lokacija na kojima nema vodopropusnih objekata, a potrebni su (primjer lokacija na kojima je potrebno postaviti vodopropusne objekte prikazani su zelenim tačkama na karti, odnosno slici 20). Označene pozicije predstavljaju lokacije na kojima stalni ili privremeni tokovi presjecaju šumske kamionske puteve. Nedostatak vodopropusnih objekata nosi visok rizik oštećenja puta uzrokovan negativnim uticajem protoka vode. Na slici 19 možemo vidjeti da usljed nepostojanja propusta na tim lokacijama, voda prelazi preko ŠKP uzrokujući određena oštećenja, također prisutne su i određene količine nanesenog erodiranog materijala, što ukazuje na erozione procese koji mogu dovesti do potpunog oštećenja ŠKP ukoliko se ne izvrši ugradnja propusta, te izgradnja odvodnog kanala na ovom mjestu.



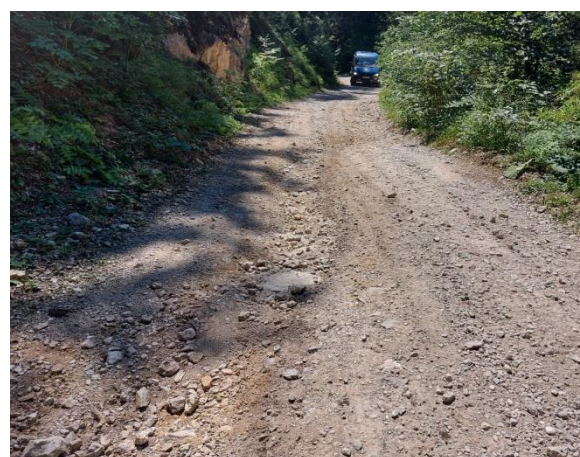
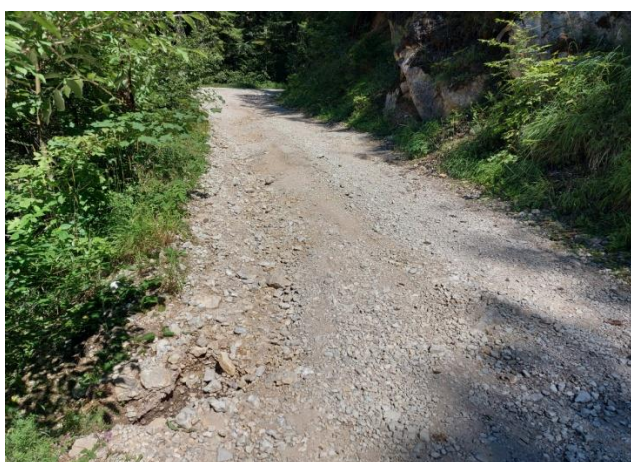
Slika 19: Primjer oštećenja puta na lokaciji gdje nedostaju vodopropusni objekti



Slika 20: Prikaz minimalno nedostajućih vodopropusnih objekata

Obzirom da gotovo cijelom dužinom ŠKP u G.J. "Prusačka Rijeka" ne postoje podužni kanali za odvodnju površinskih voda, na pojedinim lokacijama uočena su značajna oštećenja kamionskog puta gdje je sigurnost i odvijanje saobraćaja ugrožena. Terenskim snimanjem, evidentirana su oštećenja na putu nastala površinskim oticajem po kolovoznoj konstrukciji, usljed čega su

formirane plitke jaruge ili je došlo do odnošenja dijela puta površinskim oticajem. Primjeri navedenih oštećenja prikazani su na slici 21.



Slika 21: Oštećenja na ŠKP

Jedan od problema koji je evidentiran terenskim istraživanjem, registrovan je kao loše inženjersko rješenje postavljanja cijevi lokalnog vodovoda u neposrednoj blizini mosta na šumskom kamionskom putu. Naime, cijev je postavljena neposredno iznad površine potoka čime je ugrožen protok velikih voda, odnosno postoji visok stepen rizika da će materijal nošen vodom oštetiti ili pokidati cjev što bi onemogućilo redovno snadbijevanje lokalnog stanovništva pitkom vodom. Uz rizik oštećenja cijevi, svakako je izražen i rizik zadržavanja materijala i ugrožavanje bezbjednosti saobraćaja i same mosne konstrukcije. Primjer navedenog lošeg projektantskog rješenja prikazana je na slici 22. Primjer boljeg rješenja provođenja vodovodnih cijevi ili drugih instalacija prikazan je na slici 23., gdje je cijev fiksirana na bočni dio tijela mosta, što omogućuje slobodan i nesmetan protok vode, kao i materijala koji će tokom većeg protoka biti nošen.



Slika 22: Vodovodne cijevi u koritu rijeke



Slika 23: Primjer pravilno postavljenje cijevi

6.5. Prijedlog mjera kojima će se smanjiti međusobni negativni uticaj hidrografske mreže i šumske transportne infrastrukture

Šumski kamionski putevi zahtijevaju redovno i periodično održavanje, u protivnom tokom vremena dolazi do oštećenja istih i otežane upotrebljivosti. Održavanje se može definisati kao skup operacija koje je potrebno povremeno obavljati na putevima, pratećim objektima (bankine, kanali, kosine) i na vještačkim objektima (mostovi, potporni zidovi, propusti itd.) u cilju nesmetanog odvijanja saobraćaja (Kozar i dr., 2009). U praksi se održavanje šumskih kamionskih puteva ne provodi redovno, već se najčešće po potrebi, tj., u slučajevima izvođenja radova vrši sanacija ŠKP nasipanjem šljunka, čišnjem odvodnih kanala, propusta ili ukoliko to terenske prilike zahtijevaju izgradnjom dodatnih cjevastih propusta.

Na osnovu evidentiranih nedostataka tokom provođenja istraživanja, na izgrađenim ŠKP u G.J. "Prusačka Rijeka", a u cilju unapređenja trenutnog lošeg stanja puteva potrebno je provesti odgovarajuće mjere kojima bi se unaprijedilo stanje i omogućio nesmetan, bezbjedan i siguran saobraćaj. Mjere koje je potrebno provesti za osiguranje navedenog su sljedeće:

- ✓ Izvršiti sanaciju i djelimičnu rekonstrukciju na svim dionicama šumskih kamionskih puteva u G.J. "Prusačka Rijeka" na kojima su registrovane različite vrste oštećenja.

Navedeno podrazumijeva:

- ✓ čišćenje zatrpanih cjevastih propusta koji imaju odgovarajuću propusnu moć sa izradom ulazno izlaznih betonskih krila i izlazne betonske stope koja imama zadatak spriječiti podlokavanje betonskih cijevi,
- ✓ zamjena cjevastih propusta male propusne moći sa izradom ulazno izlaznih betonskih krila i izlazne betonske stope,
- ✓ krčenje vegetacije u neposrednoj blizini šumskih kamionskih puteva koja onemogućava bezbjedan saobraćaj i ugrožava protok vode odvodnim kanalima,
- ✓ uklanjanje vegetacije u neposrednoj blizini vodopropusnih objekata koja onemogućava slobodan protok vode,
- ✓ čišćenje jaraka za odvodnju zatrpanih erodiranim materijalom,
- ✓ izrada novih jaraka na dionicama gdje isti nisu prisutni,
- ✓ izrada procjednica na mjestima gdje se zbog terenskih ograničenja ne mogu izraditi jarci za odvodnju,
- ✓ postavljanje cjevastih vodopropusnih objekata na mjestima gdje isti nedostaju,
- ✓ sanacija kolovozne konstrukcije nasipnim materijalom.

Primjer kvalitetnog rješenja za oticanje oborinske i površinske vode sa kolovozne konstrukcije na dijelovima puta gdje gdje se radi uskih profila ne može izgraditi podužni kanal za odvodnju, treba ugraditi „procjednica“ koso na os (do 30°) kamionskog puta koja efikasno odvodi vodu sa trupa puta. Primjer ugradnje procjednice u kolovoznu konstrukciju prikazan je slikom 24.



Slika 24: Procjednica na šumskom kamionskom putu (foto: Bajrić, 2015)

7. ZAKLJUČAK

Brojni su faktori koji utiču na pojavu, razvoj i intenzitet erozionih procesa, pri čemu se djelovanje pojedinačnih faktora pojačava ili smanjuje u kombinaciji s nekim drugim faktorom. Neki faktori, ako se posmatraju kroz određeni vremenski period, mogu se istaći po svom dejstvu na erozione procese kao što su: uzdužni nagib, hidrografske prilike, padavine, orografija terena i matični supstrat. Obzirom da su naše šume brdsko – planinskog karaktera, te da obiluju velikim brojem vodnih tokova, mogu imati negativan uticaj na šumsku transportnu infrastrukturu ili u slučajevima loših projektantskih rješenja taj uticaj može biti obrnut.

Na osnovu provedenih istraživanja, te obrađenih rezultata dobijenih istraživanjem, mogu se konstatovati sljedeći bitni zaključci:

- Terenskim istraživanjem, uočeni su vidljivi erozioni procesi na šumskim putevima. Isti se najčešće identifikuju kao odroni ili osipanje materijala sa kosine usjeka puta. Najčešći razlog odrona ili osipanja materijala sa kosina usjeka na podužne odvodne kanale i trup puta je nepravilno izvedena kosina usjeka prilikom izgradnje šumskih kamionskih puteva. Uz navedeni negativni uticaj, navećem broju dionica šumskih puteva registrovana je erozija kolovozne konstrukcije u vidu plitkih brazdi i jaraka.
- Ukupna dužina puteva u G.J. "Prusačka Rijeka" iznosi 91,86 km, a površina gospodarske jedinice 3922,11 ha, pri čemu otvorenost ove gospodarske jedinice iznosi 23,42 m/ha. Otvorenost ove gospodarske jedinice je veća od prosječne otvorenosti u FBiH. U G.J. "Prusačka Rijeka" nalazi se ukupno 76,95 km šumskih kamionskih puteva. Na pojedinim dionicama puteva javljaju se manja oštećenja usljed djelovanja hidrografske mreže, površinskog otjecaja, nepostojanja odvodnih kanala, i nedovoljnog broja vodopropusnih objekata.
- Prema dobijenoj vrijednosti gustine hidrografske mreže G.J. „Prusačka Rijeka“, spada u kategoriju - Vrlo jaka razvijenost hidrografske mreže ($Du > 2.0 \text{ km/km}^2$, vrlo jaka). Dobijeni podatak može biti dobar indikator kada je u pitanju uticaj hidroloških prilika na erozione procese. Ovaj podatak za konkretnu gospodarsku jedinicu iznosi $2,04 \text{ km/km}^2$, te nas upozorava da je neophodno posvetiti posebnu pažnju prilikom planiranja i izgradnje šumske transportne infrastrukture a posebno kod odluke o odabiru broja i dimenzioniranju vodopropusnih objekata, kako bi se minimizirao negativan uticaj vodotokova.

- U G.J. "Prusačka Rijeka" izgrađeno je ukupno dvadesetosam (28) vodopropusnih objekata različitog tipa, od toga je:
 - 13 mostova
 - 15 propusta:
 - 1 - 2x Ø 100 cm (dvoredni cjevasti propust),
 - 3 - Ø 100 cm,
 - 9 - Ø 80 cm,
 - 2 - Ø 60 cm.
- Svi mostovi koji su registrovani tokom snimanja (13) su bez oštećenja. Sedam (7) mostova ima normalnu funkcionalnost, pri čemu voda ima nesmetan proticaj, za šest (6) mostova ocjenjeno je da ima oslabljenu funkcionalnost jer je prisutna određena količina nanesenog materijala koja otežava protok vode.
- Od petnaest (15) propusta koliko ih je snimljeno i evidentirano na terenu, samo tri (3) propusta su u potpunosti funkcionalna gdje nema donesenog materijala koji ugrožava nesmetan protok, kod četiri (4) propusta registrovana je oslabljena funkcionalnost jer se u propustu nalazi određena količina različitog nanesenog materijala, ali je protok kroz profil idalje moguć. Osam (8) propusta nije u funkciji jer su u potpunosti zatrpani nanesenim materijalom, a protok vode je u potpunosti onemogućen.
- Terenskim snimanjem u neposrednoj blizini vodopropusnih objekata na dvadesetjednom (21) mjestu nisu registrovana oštećenja kolovozne konstrukcije, dok su na sedam (7) mjesta registrovana oštećenja nastala površinskim oticajem u blizini cjevastih propusta koji su u većoj ili manjoj mjeri zatrpani različitim materijalom.
- Propusti i mostovi trebaju imati takve proticajne profile da bez smetnji mogu propustiti maksimalne količine vode koje se mogu pojaviti, a podužni kanali izgrađeni i redovno održavani da tokom cijele godine prihvataju i odvede površinsku i oborinsku vodu;
- Prema inženjerskim i praktičnim iskustvima potrebno je propuste graditi na 250 do 300 m (na području GJ „Prusačka Rijeka“ broj potrebnih objekata bio bi 308(257)). Izgrađeno je svega 28 vodopropusnih objekata (cca 10% potrebnog broja vodopropusnih objekata),

očigledan je nedostatak od 280 (229) objekata za odvodnju. Zasigurno je nedostatak dovoljnog broja vodopropusnih objekata uz izostanak redovnog i periodičnog održavanja, jedan od ključnih razloga učestalih oštećenja i pojave erodiranja kolovozne konstrukcije na putevima, te kontinuirana prijetnja od nastanka značajnih oštećenja tokom intenzivnih kišnih pojava i visokih vodostaja;

- Redovno i periodično održavanje šumskih kamionskih puteva jedini je efikasan način koji omogućuje nesmetano kontinuirano korištenje istih. Neophodno je obezbijediti kontinuirano kontrolisano oticanje površinskih voda, podužnim kanalima uz trup puta i poprečnim vodopropusnim objektima, kao i poprečni oticaj kolovoznom konstrukcijom koji se obezbjeđuje odgovarajućim poprečnim nagibom kolovoza prema tehničkim propisima. Potrebno je izgraditi podužne kanale tamo gdje nedostaju, kao i ugraditi vodopropusne objekte na lokacijama gdje je to potrebno.

8. LITERATURA

1. Bajrić, M. (2012): Razvoj erozionih procesa na traktorskim vlakama različitog uzdužnog nagiba, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Disertacija str. 1 – 154
2. Bajrić, M., Čaluk, A., Vranović, A., Petković, V. (2021): Uticaj brdsko-planinskih vodotoka na traktorske puteve/vlake, studij slučaja, Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci 31, 2021, 41–53
3. Bajrić, M., Lojo, A., Musić, J., Skopljak, F., (2022): Gospodarenje šumama u zonama sanitarne zaštite izvorišta vode za piće, Udruženje inženjera i tehničara šumarstva FBiH, Sarajevo
4. Byblyuk N., Styranivsky O., Korzhov V., Kudra V. (2010): Timber harvesting in the Ukrainian Carpathians: ecological problems and methods to solve them. *Journal of Forest Science*, 56: 333–340.
5. Best Management Practices for Water Quality – Field Guide, 2019: Virginia Department of Forestry, str. 98.
6. Chang, M. (2006): *Forest hydrology: an introduction to water and forests*, CRC Press LLC, 474 p., Texas.
7. Ćirić, M. (1984): *Pedologija*, „Svjetlost“, OOUR zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo.
8. Čaluk, A. (2020): Uticaj hidrografske hreže na traktorske puteve – Studij slučaja, Magistarski rad, Sarajevo, Šumarski fakultet 57 str.
9. Čavar, B. (2006): Erozija na planinskim pašnjacima (I. dio), Sarajevo, *Voda i mi*, 47,
10. Dobre, A. (1987): Izgradnja šumskih puteva u predjelima gdje se primjenjuju žičare, *Mehanizacija šumarstva* 12, 3-4, str. 49 – 54.
11. Dražić, S., Danilović, M., Stojnić, D., Blagojević, V., Lučić, R. (2018): Openness of forests and forest land in the Bosnia and Herzegovina entity Republic of Srpska, *Šumarski list*, 3–4 (2018): 183–195.
12. Elliot, W. J., R. B. Foltz, P. R. Robichaud, 2009: Recent findings related to measuring and modeling forest road erosion. 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009, pp. 4078–4084.
13. Fu B., Newham L.TH., Ramos-Scharron C.E. (2010): A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed road. *Environmental Modeling and Software*, 25: 1–14.
14. Gavrilović, S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, „Izgradnja“, Beograd.

15. Grace III, J. M., B. D. Clinton, 2007: Protecting soil and water in forest road management. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 50(5): 1579–1584.
16. Harris, R., J. Gerstein, P. Cafferata, 2008: Changes in Stream Channel Morphology Caused Harvesting Plans in Northwestern California. *Western Journal of Applied Forestry*, 23(2):69–77. <https://doi.org/10.1093/wjaf/23.2.69>
17. Ice, G. G., D. G. Neary, P. W. Adams, 2004: Effects of wildfire on soils and watershed processes. *Journal of Forestry*, 102(6): 16–20.
18. Jahić, M. (2008): Uređivanje bujica, Šumarski fakultet, Sarajevo.
19. Jeličić, V. (1983): Šumske ceste i putevi, SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb, str. 1–193.
20. Kostadinov, S. (2008): Bujični tokovi i erozija; Šumarski fakultet, Beograd
21. Kozar, S., Dž. Sokolović, M. Bajrić, 2009: Moderne kolovozne konstrukcije na šumskim kamionskim putevima. *Radovi Šumarskog fakulteta Univeziteta u Sarajevu*, 2: 27–42.
22. Lakel III, W. A., 2008: Effects of Forestry Streamside Management Zones on Stream Water Quality, Channel Geometry, Soil Erosion and Timber Management in the Virginia Piedmont. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, 134p.
23. Letić, Lj., R. Ristić, I. Malušević, 2004: Proračun merodavne količine vode za evakuacione objekte šumskih puteva. *Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Šumarstvo*, 4: 87–96.
24. Lojo A., Balić B., Bajrić M., Alojz Đ., Hočevar M., (2008): Druga državna inventura šuma u Bosni i Hercegovini – komparacija rezultata prve i druge inventure šuma za oblast 1. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, str. 10.
25. Luce C.H., Black T.A. (1999): Sediment production from forest roads in western Oregon. *Water Resources Research*, 35: 2561–2570.
26. Luce C.H., Black T.A. (2001): Spatial and temporal patterns in erosion from forest roads. In: Wigmosta M.S., Burges S.J. (eds): *Influence of Urban and Forest Land Uses on the Hydrologic-Geomorphic Responses of Watersheds*. *Water Resources Monographs*. Washington, DC, American Geophysical Union: 165–178.
27. Ljevo, E. (2016): Uticaj hidrografske mreže na primarnu infrastrukturu u G.J. “Neretvica”, Magistarski rad, Sarajevo, Šumarski fakultet 55 str.

28. Pičman, D., (2007): Šumske prometnice, sveučilišni udžbenik. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-460.
29. Potočnik, I. (1992): Economical and technical aspects of forest road maintenance: master of science thesis. 129 pp, Biotechnical faculty, Ljubljana.
30. Planišek, Š., Ferreira, A., Japelj, A. (2011): A model for evaluation of the hydrological role of a forest, Šumarski list br. 5–6, str. 257-268.
31. Prpić, B., Jurjević, P., Jakovac, H. (2005): Procjena vrijednosti protuerozijske, hidrološke i vodozaštitne uloge šume, Šumarski list – Supplement, str. 186-194.
32. Resulović, H. Čustović, H., Čengić, I. (2008): Sistematika tla/zemljišta- Nastanak, svojstva i plodnost, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
33. Sasaki, S. (2004): Impacts of skid road construction on soil erosion in Jozankei national forest, Japan, Науковий вісник, 2004, вип. 14.3, Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля.
34. Sidle R.C., Ziegler A.D., Negish J.N., Nik A.R., Siew R., Turkelboom F. (2006): Erosion processes in steep traintruths, myths and uncertainties related to forest management in Southeast Asia. *Forest Ecology and Management*, 244: 199–225.
35. Sokolović, Dž., Bajrić, M. (2011): Studija – Šumska transportna infrastruktura, Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Sarajevo, str. 1-75.
36. Sokolović, Dž., Bajrić, M. (2013): Otvaranje šuma, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
37. Sokolović, Dž., Bajrić, M. (2015): Analiza mogućeg uticaja šumske transportne infrastrukture na razorno djelovanje brdsko planinskih vodotoka, Zbirka re-ferata, Upravljanje rizicima od poplava i ublažavanje njihovih štetnih posljedica, ANU BIH: 77–84.
38. Sokolović Dž. (2018): Šumska transportna infrastruktura. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu: 209 str.
39. Strateški plan šumskih puteva u Republici Srpskoj (2019): Šuma plan – Istraživačko, razvojni i projektni centar, Banja Luka
40. Šumskogospodarska osnova za "Gornjevrasko" šumskogospodarsko područje - period važnosti 01.01.2014. do 31.12.2023. godine, knjiga 1
41. Šumskogospodarska osnova za "Gornjevrasko" šumskogospodarsko područje - period važnosti 01.01.2014. do 31.12.2023. godine, knjiga 2
42. Thompson, D. (2007): Soil Erosion, A Workshop in Support of the Thematic Strategy for Soil Protection Common Criteria for Risk Area Identification in the Soil Framework Directive BGR, Hannover, 25 April 2007.

43. Wang, C., B. Liu, Q. Yang, G. Pang, Y. Long, L. Wang, R. M. Cruse, W. Dang, X. Xin Liu, E. Wang, 2021: Unpaved road erosion after heavy storms in mountain areas of northern China. *International Soil and Water Conservation Research*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.04.012>
44. Zakon o šumama FBiH (2002), Službene novine Federacije BiH”, broj: 20/02, 29/03 i 37/04)
45. Zakon o šumama RS (2008), Službeni glasnik Republike Srpske (Broj: 01/1230/08)

9. REZIME

Bosna i Hercegovina je zemlja bogata šumom i šumskim zemljištem. Od ukupne površine BiH, koja iznosi 51.129 km² čak oko 53% njene površine se nalazi pod šumom, odnosno 2.781.098 ha (Lojo *et al.*, 2008), primarno brdsko-planinskog karaktera, što uz odgovarajuće geološke prilike pogoduje nastanku guste hidrografske mreže.

Budući da gospodarske jedinice obuhvataju veliku površinu i s obzirom na različite prirodne uslove na terenu u gospodarskim jedinicama susrećemo vrlo razvijenu hidrografsku mrežu, koja je u dosta slučajeva ispresjecana primarnom i sekundarnom mrežom šumske transportne infrastrukture. Najrizičnije pozicije kada je u pitanju negativan uticaj vodotoka na erozione procese predstavljaju tačke presjecanja šumske transportne infrastrukture, rijeka i brdsko – planinskih vodotoka. Da bi se smanjio postotak neupotrebljivosti primarne mreže šumske transportne infrastrukture potrebno je pristupiti kvalitetnim rješenjima odvodnje površinskih voda kao i premoštavanja postojećih planinskih vodotoka.

Ovaj rad ima za cilj da analizira i utvrdi uticaj funkcionalnosti vodopropusnih objekata na brdsko planinske vodotoke i primarnu mrežu šumske transportne infrastrukture. U tu svrhu sprovedeno je istraživanje unutar gospodarske jedinice "Prusačka rijeka" čija površina iznosi 3.922,11 ha, koja pripada šumskogospodarskom području „Gornjevrasko“ čija je površina 62.265,1 ha.

Terenskim istraživanjem utvrđena je ukupna dužina puteva u G.J. "Prusačka Rijeka" a ona iznosi 91,86 km, pri čemu otvorenost ove gospodarske jedinice iznosi 23,42 m/ha, što je znatno više u odnosu na prosječnu otvorenost u FBiH koju su Sokolović i Bajrić (2011) izračunali na osnovu podataka dobijenih od ŠPD/ŠGD iz FBiH, a koja iznosi 10,8 m/ha. To su pretežno šumski kamionski putevi s makadamskom kolovoznom konstrukcijom.

Ukupna dužina svih vodotokova u G.J. "Prusačka Rijeka" iznosi 80.105,8 m, odnosno 80,1 km, a gustina hidrografske mreže iznosi 2,04 km/km². Prema dobijenoj vrijednosti gustine hidrografske mreže G.J. „Prusačka Rijeka“, spada u kategoriju - Vrlo jaka razvijenost hidrografske mreže ($Du > 2.0$ km/km², vrlo jaka). Dobijeni podatak može biti dobar indikator kada je u pitanju uticaj hidroloških prilika na erozione procese, te nas upozorava da je neophodno posvetiti posebnu pažnju prilikom planiranja i izgradnje šumske transportne infrastrukture, a posebno kod odluke o odabiru broja i dimenzija vodopropusnih objekata, kako bi se minimizirao negativan uticaj vodotokova i omogućio nesmetan proticaj površinskih i oborinskih voda.

U G.J. "Prusačka Rijeka" projektovana i izgrađena primarna mreža šumske transportne infrastrukture vodotoke presjeca na dvadesetosam (28) pozicija na kojima se nalaze vodopropusni objekti, od toga 13 mostova i 15 cijevnih propusta. Svih trinaest (13) snimljenih mostova bez oštećenja. Osam (8) propusta nema oštećenja, jedan (1) propust je sa malim oštećenjem, dok je njih šest (6) sa značajnim oštećenjem. Od trinaest (13) mostova, njih sedam (7) ima normalnu funkcionalnost gdje voda slobodno otiče, šest (6) mostova ima oslabljenu funkcionalnost zbog prisutne određene količine sitnijeg i krupnijeg nanesenog materijala, kao i obrastlosti vegetacijom. Samo tri (3) propusta su sa normalnom funkcionalnošću gdje voda ima slobodan profil za oticaj, četiri (4) propusta (tri (3) standardna i jedan (1) dvoredni) imaju oslabljenu funkcionalnost usljed prisustva određenog nanesenog materijala u istima, dok osam (8) propusta nije u funkciji jer su u potpunosti zatrpani nanesenim materijalom, smećem, drvnim materijalom i sl. Terenskim snimanjem u neposrednoj blizini vodopropusnih objekata na dvadesetjednom (21) mjestu nisu registrovana oštećenja kolovozne konstrukcije, dok su na sedam (7) mjesta registrovana oštećenja nastala površinskim oticajem u blizini cjevastih propusta koji su u većoj ili manjoj mjeri zatrpani različitim materijalom

Također, terenskim istraživanjem uočen je značajan nedostatak broja vodopropusnih objekata koje je bilo potrebno planirati prilikom izrade glavnih projekata za izgrađene šumske kamionske puteve. Na osnovu navedenog optimalnog broja objekata za odvodnju površinskih voda, te broja izgrađenih propusta (mostova), očigledan je nedostatak od 280 (229) objekata za odvodnju. Obzirom na nedovoljan broj vodopropusnih objekata u gospodarskoj jedinici, kao jedan od uzroka oštećenja puteva svakako se može objasniti navedenom činjenicom. Također, uz navedeni nedostatak, evidentirana je i nefunkcionalnost postojećih kanala za odvodnju površinskih i oborinskih voda skoro cijelom dužinom šumskih kamionskih puteva. Pored lošeg održavanja podužnih kanala za odvodnju površinskih i oborinskih voda, na većini snimljenih dionica šumskih kamionskih puteva nije niti registrovana izgradnja istih, što je evidentan inženjerski propust prilikom projektovanja i izgradnje. Uz navedene nedostatke vezane za projektovanje i izgradnju podužnih kanala, česti su slučajevi odronjavanja i osipanja materijala sa loše izvedenih kosina usjeka kamionskih puteva, te su tokom vremena eksploatacije kanali posali zatrpani i nefunkcionalni. Kao posljedica navedenog na kolovozima kamionskih puteva javljaju se veća ili manja oštećenja radi oticanja površinske vode istima.

Šumski kamionski putevi zahtjevaju redovno i periodično održavanje, u protivnom tokom vremena dolazi do oštećenja istih i otežane upotrebljivosti. U praksi se održavanje šumskih kamionskih puteva ne provodi redovno, već se najčešće po potrebi, tj., u slučajevima izvođenja radova vrši sanacija ŠKP nasipanjem šljunka, čišnjenjem odvodnih kanala, propusta ili ukoliko to terenske prilike zahtjevaju izgradnjom dodatnih cjevastih propusta.

Na osnovu evidentiranih nedostataka tokom provođenja istraživanja, na izgrađenim ŠKP u G.J. "Prusačka Rijeka", a u cilju unapređenja trenutnog lošeg stanja puteva potrebno je provesti odgovarajuće mjere kojima bi se unaprijedilo stanje i omogućio nesmetan, bezbjedan i siguran saobraćaj. Neophodno je obezbijediti kontinuirano kontrolisano oticanje površinskih voda, podužnim kanalima uz trup puta i poprečnim vodopropusnim objektima, kao i poprečni oticaj kolovoznom konstrukcijom koji se obezbjeđuje odgovarajućim poprečnim nagibom kolovoza prema tehničkim propisima. Potrebno je izgraditi podužne kanale tamo gdje nedostaju, kao i ugraditi vodopropusne objekte na lokacijama gdje je to potrebno.