

KONTROLA EROZIJE ZEMLJIŠTA U FUNKCIJI SMANJENJA RIZIKA OD POPLAVA U SLIVU REKE VRBAS, REPUBLIKA SRPSKA

Stanimir KOSTADINOV¹⁾, Radislav TOŠIĆ²⁾, Dejan HRKALOVIĆ³⁾, Svetlana NIKOLIĆ³⁾, Nedeljko SUDAR³⁾,
Marijana KAPOVIĆ SOLOMUN⁴⁾, Slavoljub DRAGIĆEVIĆ⁵⁾, Natalija MOMIROVIĆ⁶⁾
Raduška CUPAĆ⁷⁾, Goran BOSANKIĆ⁷⁾, Slađana BUNDALO⁷⁾

¹⁾ Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, ²⁾ Univerzitet u Banja Luci – Geografski fakultet,
³⁾ Zavod za vodoprivredu, Bijeljina, ⁴⁾ Univerzitet u Banja Luci – Šumarski fakultet,
⁵⁾ Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, ⁶⁾ Institut za šumarstvo, Beograd, ⁷⁾ UNDP - BiH

*Najbolje vreme za sadnju drveća je bilo pre 20 godina.
Drugo najbolje vreme je sada.
Narodna mudrost.*

REZIME

Reka Vrbas je desna pritoka reke Save i prostire se značajnim delom na teritoriji Republike Srpske. Ceo sliv zahvata 6,7 % sliva reke Save. Dužina glavnog toka je oko 235 km¹ a površina celog sliva 6.273 km². Procenjuje se da je prosečni proticaj Vrbasa na ušću u Savu 128,0 m³s⁻¹. Vrbas nastaje od dva vrela na Zec Planini, ogranak Vranice na 1715 m nadmorske visine, a uliva se u Savu kod Srpcu na koti 90 m nadmorske visine.

Prema klasifikaciji prof. S. Gavrilovića srednji godišnji koeficijent erozije za sliv Z, ima vrednost 0,23. Srednja godišnja produkcija nanosa u slivu računata je po Metodi potencijala erozije S.Gavrilovića i iznosi 723.455,63 m³god⁻¹, a srednji godišnji pronos nanosa je 295.987,38 m³god⁻¹ (tabela 1). Ove vrednosti pokazuju da, gledano u proseku, u slivu Vrbasa vladaju procesi slabe erozije. To međutim može da zavara jer u slivu ima dosta bujičnih podslivova pritoka Vrbasa sa erozijom jakog i ekscesivnog intenziteta. To se pogotovu odnosi na sliv Jošavke (pritoka Vrbanje) pa i na veći deo površine sliva reke Vrbanje.

Reka Vrbas i njene pritoke, kao posledica prirodnih karakteristika sliva i najčešće neadekvatnog delovanja ljudskog faktora u pogledu gazdovanja zemljištem i zemljišnim prostorom, izazivaju česte poplave koje su različite po intenzitetu i površini koju zahvataju i samim tim po štetama koje izazivaju. Poplave većih površina izaziva reka Vrbas i glavne pritoke, dok su češće lokalne poplave, ali sa vrlo razornim dejstvom, koje

izazivaju bujični tokovi. Odbrana od poplava u slivu Vrbasa sa ovakvim karakteristikama je vrlo složen problem i traži kompleksna rešenja.

U periodu od kraja 2018. do sredine 2019. godine urađen je „Plan upravljanja rizikom od poplava za sliv rijeke Vrbas Republike Srpske“, u kojem je dat sveobuhvatni predlog upravljanja rizikom od poplava izgradnjom velikih investicionih objekata, sprovođenjem protiverozionih radova i mera za uređenje sliva i korita bujičnih tokova, kao i predlog održivog upravljanja i uređenja poljoprivrednog i šumskog zemljišta u cilju smanjenja rizika od poplava.

U ovom radu se prikazuju radovi i mere za kontrolu erozije u slivu reke Vrbasa na teritoriji Republike Srpske u funkciji smanjenja rizika od poplava, njihova uloga i efekti.

Ključne reči: poplave u slivu Vrbasa, bujične poplave, kontrola erozije, biološki radovi, tehnički radovi, efekti protiverozionih radova.

UVOD

Poplave. Poplava se definiše kao pojava izlivanja velikih voda iz rečnog korita, a velika voda je najviši dostignuti nivo vode u reci tokom jednog povodnja. One nastaju kada priliv vode u rečno korito premašuje kapacitet prirodnog retenziranja ili infiltracije, odnosno kada je površinski oticaj maksimalno izražen. Poplave na rekama su u najvećem broju slučajeva prirodne pojave, ali na obim poplava može uticati i antropogeni faktor. Nastaju jednostranim ili multipliciranim delova-

njem više faktora, kako prirodnih, tako i antropogenih. (Petrović, A., 2014). Usled destruktivnosti ovog prirodnog fenomena, čine se značajni naponi u predviđanju, prognozi i zaštiti od poplava, čiji efekti naročito dolaze do izražaja ako postoji podrška i razumevanje ovog problema od strane svih ugroženih.

Poplave su prirodne hidrološke nepogode koje pokrivaju vodom područja koja inače nisu pokrivena vodom, pri čemu posledice variraju i mogu biti katastrofalne po ekonomski razvoj društva, životnu sredinu, ljudske živote i zdravlje, kao i kulturno nasleđe (European Parliament & Council, 2007a). To su pre svega, prirodne nepogode, koje mogu ozbiljno poremetiti ekonomski razvoj društva, izazvati štete životnoj sredini, često i ljudske žrtve. Materijalna bogatstva su mnogo više ugrožena nego ranije, nenadoknadivi gubici ljudskih života su češći usled veće učestalosti pojave poplava. U sadašnje vreme poplave nastaju kao posledica kombinacije prirodnih i antropogenih činilaca, tj. relacija u sistemu čovek – životna sredina. Antropogeni uticaj je uslovio fenomen klimatskih promena koji povećava verovatnoću pojave poplava kao i drugih elementarnih nepogoda. U tom smislu, scenariji klimatskih promena su od izuzetnog značaja kao i, na osnovu toga, predviđanje pojava poplava. Kao posledica promene režima padavina, javio se veliki disbalans između korisnih – malih i srednjih voda i sa druge strane velikih, poplavnih i štetnih voda, u korist ovih poslednjih (Gavrilović Lj, 1981).

Od nedavno, upravljanje rizicima od poplava je obaveza prema Direktivi 2007/60/EK za zemlje članice Evropske Unije. Kako Srbija teži članstvu Evropske Unije, naša zemlja usklađuje svoje zakonodavstvo sa EU. Implementacija Direktive o poplavama je na samom početku.

Pojava poplava može biti izazvana atmosferskim (obilne padavine, topljenje snežnog pokrivača, ledene brane), geomorfološkim (klizišta i odroni), tehnološkim (oštećenja na branama) kao i uzrocima tektonskog porekla (cunami) (Gavrilović, Lj 1981). U Direktivi o proceni i upravljanju rizicima od poplava Evropske Unije (2007/60/EK, član 2.), data je podela poplava koje se dešavaju u granicama Evropske Unije, i to:

- poplave velikih reka
- poplave planinskih bujica
- poplave povremenih mediteranskih tokova
- poplave u priobalnim zonama koje dolaze sa mora.

Za prirodne uslove u Srbiji i na Balkanu relevantna su prva dva tipa poplava, te važi sledeća genetska klasifikacija poplava (Gavrilović, Lj. 1981):

- poplave izazvane kišom i otapanjem snega,
- ledene poplave,
- poplave usled koincidencije visokih voda,
- poplave izazvane kliženjem zemljišta i bujične poplave.

Bujične poplave. Kao poseban tip poplava na vodotocima, izdvajaju se bujične poplave. Njihova pojava je vezana za bujične vodotoke, čija je osnovna karakteristika specifičan hidrološki i psamološki režim (režim nanosa). Kao rezultat erozije zemljišta u slivu javlja se produkcija nanosa i dolazi do njegovog premeštanja od vododelnice ka vodotoku i dalje transportovanje hidrografskom mrežom. Osnovna karakteristika bujičnih tokova je neznatna količina vode u većem delu godine, ali veliki proticaji posle intenzivnih padavina. Prema istraživanjima na eksperimentalnim slivovima u Srbiji oko 80% ukupno otekle vode kao i 90 % pronosa nanosa sa bujičnih slivova otekne za vreme 3-4 poplavnih talasa, a u ostalom periodu godine imamo vrlo mali proticaj ili bujični tok presuši u toplom periodu godine (Kostadinov, S., Marković, S., 1995). Tokom trajanja poplavnog talasa bujični tokovi postaju dvofazni, odnosno osim vode (tečna faza) transportuju i velike količine nanosa (čvrsta faza), što povećava rizik izlivanja vode iz korita. Snaga vode u ovakvim procesima čini da proticaj vode i pronos nanosa tokom bujičnih poplavnih talasa predstavljaju najveći udeo u ukupnom godišnjem proticaju i transportu nanosa.

Bujične poplave javljaju se u slivovima sa intenzivnim procesima erozije, a nastaju kao posledica intenzivnih padavina ili naglog otapanja snežnog pokrivača, a odlikuju se brzim formiranjem bujičnih talasa. Erozijska zemljišta, tj. proces geneze i transporta nanosa predstavlja odnošenje površinskog sloja zemljišta pod uticajem površinskog oticanja vode i značajan je faktor degradacije zemljišnih resursa nekog područja (Gavrilović, S., 1972; Kostadinov, S., 2008).

Osnovna karakteristika ovih talasa je voda zasićena velikim koncentracijama nanosa, kratko trajanje i velike štete. Bujični tokovi, zahvaljujući velikoj brojnosti, svojim poplavnim talasima znatno povećavaju rizik od poplava velikih aluvijalnih vodotokova.

Ovaj hidrološki fenomen se u brdsko planinskom regionu javlja gotovo svake godine uzrokujući značajne materijalne štete poljoprivredi i naseljima, industrijskoj, stambenoj i saobraćajnoj infrastrukturi, a ponekad izaziva i ljudske žrtve. (Petrović, A., et al; 2014) Imajući u vidu njihove karakteristike uspešna odbranu od bujičnih poplava nije moguće sprovesti na klasičan

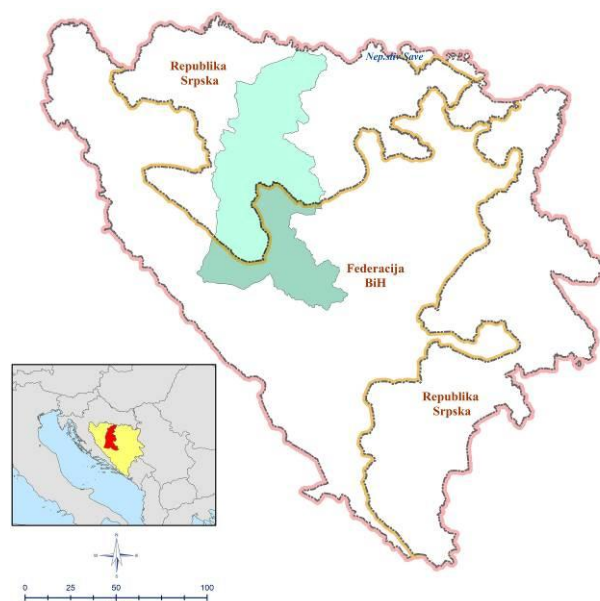
način kao kod velikih aluvijalnih vodotokova. Za razliku od srednjih i velikih vodotoka na kojima je trajanje velikih voda produženog intenziteta, što omogućava pravovremeno reagovanje i zaštitu od poplava, kod bujičnih vodotoka je potpuno drugačija situacija. Zbog velike brzine formiranja i nailaska poplavnog talasa, malo je vremena za preventivno delovanje (praktično onemogućena redovna odbrana), već se odmah stupa u fazu vanredne odbrane od poplava (Petković, S., Kostadinov, S., 2008). Zbog njihove nagle pojave praktično je moguće samo realizovati hitnu evakuaciju ljudi i dobara i kasnije sanaciju šteta. Jedina prava efikasna odbrana je prevencija, koja se sastoji u permanentnoj kontroli erozije zemljišta u slivu, izvođenjem neophodnih protiverozionih radova.

Reka Vrbas i njene pritoke, kao posledica prirodnih karakteristika sliva i najčešće neadekvatnog delovanja ljudskog faktora u pogledu gazdovanja zemljištem i zemljišnim prostorom, izazivaju česte poplave koje su različite po intenzitetu i površini koju zahvataju i samim po štetama koje izazivaju. Poplave većih površina izaziva reka Vrbas i glavne pritoke, dok su češće lokalne poplave, ali sa vrlo razornim dejstvom, koje izazivaju bujični tokovi. Odbrana od poplava u slivu Vrbasa sa ovakvim karakteristikama je vrlo složen problem i traži kompleksna rešenja.

U periodu od kraja 2018 do sredine 2019 godine urađen je „Plan upravljanja rizikom od poplava za sliv rijeke Vrbas Republike Srpske“, u kojem je dat sveobuhvatni predlog upravljanja rizikom od poplava izgradnjom velikih investicionih objekata, sprovođenjem protiverozionih radova i mera za uređenje sliva i korita bujičnih tokova, kao i predlog održivog upravljanja i uređenja poljoprivrednog i šumskog zemljišta u cilju smanjenja rizika od poplava. Pre tog Plana urađene su dve obimne studije: "Izrada mapa opasnosti i rizika od poplava na slivu rijeke Vrbas u BiH", Sveska 4, Aneks 4, "Izdvajanje bujičnih slivova i formiranje modela osetljivosti na pojavu i razvoj bujičnih poplava u slivu rijeke Vrbas". U njima je izvršena analiza načina korišćenja zemljišta, stanja erozije, produkcije i pronosa nanosa u 137 izdvojenih podslivova na teritoriji Republike Srpske, direktnih i indirektnih pritoka Vrbasa. Na osnovu ovih studija i direktnog rekognosciranja terena krajem novembra i početkom decembra 2018 godine odabrano je 65 bujičnih slivova u kojima su procesi erozije zemljišta najizraženiji, a hidrološki uslovi takvi da doprinose povećanju rizika od poplava u tim pritokama i ukupno u slivu Vrbasa.

Slivovi su odabrani da se u njima projektuju i realizuju protiverozioni radovi u funkciji zaštite od erozije i smanjenja rizika od poplava. Ostalih 72 od 137 analiziranih podslivova, na osnovu stanja erozije zemljišta u njima (prema klasifikaciji prof. S. Gavrilovića) spadaju većinom u kategoriju vrlo slaba erozija i manji broj u kategoriju slaba erozija

U ovom radu prikazuju se radovi i mere za kontrolu erozije u slivu reke Vrbas na teritoriji Republike Srpske u funkciji smanjenja rizika od poplava, njihova uloga i efekti.



Slika 1. Područje istraživanja

OSNOVNE PRIRODNE KARAKTERISTIKE SLIVA VRBASA

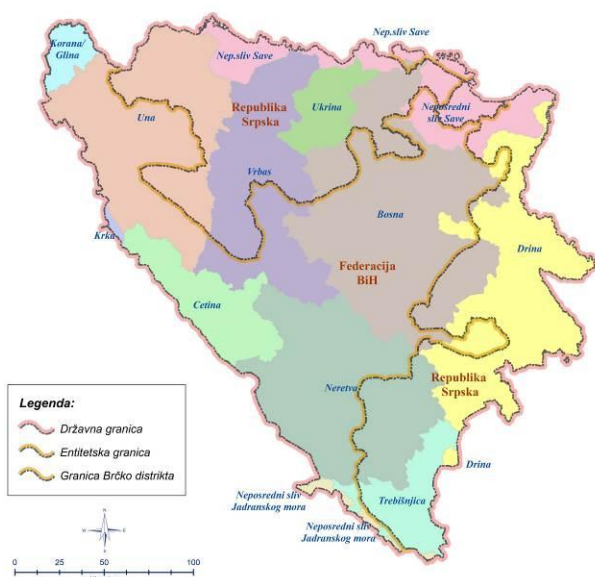
Reka Vrbas je desna pritoka reke Save i prostire se jednim delom na teritoriji Republike Srpske. Vrbas nastaje od dva vrela na Zec Planini, ogranak Vranice na 1715 m nadmorske visine, a uliva se u Savu kod Srpeca na koti 90,0 m nadmorske visine. Prosečni pad korita glavnog toka je 6 m/km. Svojim tokom reka useca kompozitnu dolinu prolazeći kroz Skopljansku kotlinu, Vinačku klisuru, jajačku kotlinu, kanjonsku dolinu Tijesno, banjalučku kotlinu, a donjim delom toka preko makroplavine Lijevče polje. Osnovni parametri sliva dati su u tabeli 1.

Sliv reke Vrbas okružen je sledećim slivovima: na istoku Ukrina, na severoistoku Bosna, na jugu Neretva, na jugozapadu Cetina, na zapadu Sana. Glavne

leve pritoke Vrbasa su: Pliva, Crna Rijeka i Krupa, a desne: Bistrica, Ugar, Svrakava, Vrbanja, Turjanica i Povelich. Najveće pritoke od navedenih su Pliva pa Vrbanja. Na Slici 2. prikazani su glavni slivovi u BiH, a u Tabeli 1 daju se osnovne karakteristike sliva reke Vrbas, za ceo sliv i za deo sliva u Republici Srpskoj.

Tabela 1. Osnovni parametri sliva reke Vrbas

Sliv reke Vrbas	BiH (ukupno)	Republika Srpska
Površina sliva (km^2)	6.273	3.989
Dužina sliva (km)	250	97
Obim sliva (km)	578	459
Srednji pad sliva (%)	13,44	12,08
Srednji pad glavnog toka (%)	6,9	1,8
Srednji koef. erozije za sliv (Z_{sr})	0,18	0,23
Srednja god. produkcija nanosa - W (m^3/god)	1 223 989,60	723 455,63
Srednji godišnji pronos nanosa - G (m^3/god)	366 088,10	295 987,38



Slika 2. BiH sa glavnim podslivovima (Izvor: stranica JU Vode Srpske, www.voders.org)

Reka Vrbas drenira centralne delove severnih padina Dinarskog planinskog masiva. Što se tiče reljefa sliv je uglavnom planinski i brdsko-planinski na oko 90 % svoje površine, dok donja rečna ravnica sliva zauzima 10% pretežno u delu Lijevče polja i Skopljske doline.

Gemorfološki tip reljefa je kraški, čisto fluvijalni, fluvijalno-glacijalni, aluvijalni i erozivni tipovi. Najviša tačka u slivu je Nadkrstac sa visinom 2110,0 mnm i to je glavni vrh planinskog kompleksa Vranica. Srednja nadmorska visina sliva je 690,0 mnm.

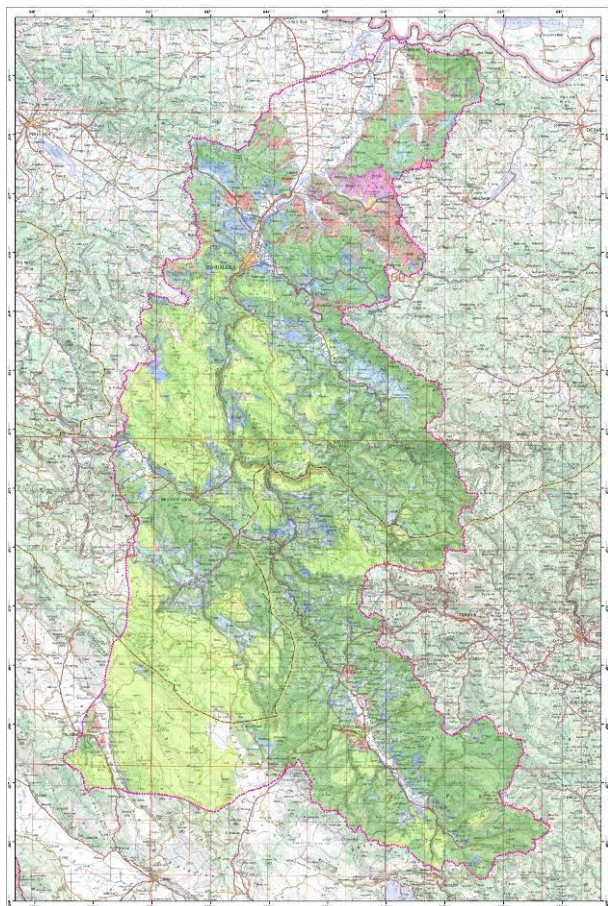
Dolina reke Vrbas je u potpunosti kontinentalna i okružena sa svih strana (osim u svernom delu, na ušću) planinama: Osmaća (948,0 mnm), Tisovac (1172,0 mnm), Čemernica (1190,0 mnm), Ranča planina (1430,0 mnm), Dnolučka planina (1259,0 mnm), Vitorog (1907,0 mnm) Hrblijina (1549,0 mnm), Cincar (2006 mnm) i Mnjača (1218,0 mnm). Srednje godišnje temperature vazduha značajno zavise od nadmorske visine kreću se od 8- 10°C na jugu i 16 - 17°C na severu.

Srednja godišnja količina padavina na slivu je oko 800,0 mm na severu, do oko 1500 mm na jugu. Srednja količina padavina koje padnu na sliv svake godine je $6,95 \times 10^9 m^3$. Srednje godišnje potencijalno isparavanje iznosi 700 – 750 mm, što u letnjim mesecima prevazilazi padavine. Skoro Polovina prosečne godišnje količine padavina vraća se u atmosferu isparavanjem, a prosečni godišnji oticaj jedna je 600 mm. U srednjoj godini sa 1050 mm padavina, ukupna zapremina padavina je $6.704,3 \times 10^6 m^3$ i ukupni oticaj je $4062 \times 10^6 m^3$, što daje prosečni koeficijent oticaja za celi sliv od 0,60 i prosečni proticaj $128,8 m^3 s^{-1}$.

Erozija, produkcija i transport nanosa u slivu reke Vrbas na teritoriji Republike Srpske

U slivu reke Vrbas (na teritoriji Republike Srpske), odnosno u njegovom srednjem delu, dominira srednja, slaba i vrlo slaba erozija. Sav ovaj prostor karakteriše izražena depopulacija prouzrokovana ratnim dešavanjima, ali i retke obradive površine. Površine koje su nekada bile intenzivno obrađivane, danas se retko obrađuju, pretvorene su u zapuštene njive, dok je poljoprivredna proizvodnja očuvana samo na mestima koja nisu bila zahvaćena ratnim dešavanjima (dalje od linija razgraničenja), ili na mestima na kojima je bio izražen povratak raseljenog stanovništva. Promene intenziteta jačine erozionih procesa u ovom delu sliva Vrbasa imaju dominantno antropogeno obeležje. Na površinama na kojima je dominirala jaka i ekscesivna erozija došlo je do smirivanja, pa su vrednosti jačine erozionih procesa na navedenim površinama svedene u okviru jake, srednje i ponegde slabe erozije. Međutim, ne sme se zaboraviti da su na površinama gde su dominirale kategorije jake i ekscesivne erozije i dalje očuvani oblici i to posebno linijski, duž kojih se usled

promene nekog od primarnih fizičko-geografskih faktora, mogu veoma brzo aktivirati erozioni procesi visokog intenziteta.



Slika 3. Karta erozije sliva reke Vrbas u Republici Srpskoj

U slivu reke Vrbanje, izdvaja se prostor oko Čelincea i predgrađa Banja Luke, gde i dalje dominiraju kategorije slabe, srednje i jake erozije. Odlika je ovo antropogenog uticaja na erozione procese, odnosno ovi delovi sliva Vrbanje nisu bili zahvaćeni ratnim događajima, a usled migracija stanovništva na teritoriji Bosne i Hercegovine, jedan deo izbeglog i raseljenog stanovništva naseljavao se ovdje čime je očuvana i samo djelimično izmenjena struktura načina korišćenja zemljišta. U ostalim delovima sliva Vrbanje, izraženo je smirivanje erozionih procesa, posebno na njenoj levoj dolinskoj strani, dok su nešto jače kategorije očuvane u slivu reke Jošavke koja ima sve odlike bujičnog sliva. U celini, kartiranje erozije u slivu reke Vrbanje pokazalo je da je došlo do promena jačine erozionih procesa. Kartiranjem

intenziteta mehaničke vodne erozije utvrđeno je da oblici ekscesivne i jake erozije dominiraju u zapadnom delu sliva reke Vrbanje i u slivu reke Jošavke. Erozioni procesi su uslovljeni primarnim faktorima erozije, odnosno geološko-geomorfološkim faktorima uz dodatno delovanje antropogenog faktora. Središnji deo sliva reke Vrbasa, te deo sliva u neposrednoj blizini Banja Luke, najgušće je naseljen, u njemu je smešten najveći broj domaćinstava što je osnovni faktor pojavljivanja većeg broja površina koje su pod uticajem jake i srednje erozije. Pored ovih kategorija prisutne su i kategorije vrlo slabe i slabe erozije. Površine sliva Vrbasa oko Banja Luke i u pravcu sliva Sane, zadržale su strukturu načina korišćenja. Na površinama blizu entitetske linije, koje su u toku rata bile prostor razgraničenja, došlo je do značajnijih promena u pogledu intenziteta erozionih procesa. Površine pod kategorijom srednje i jake erozije, koje su bile obrađivane, danas su površine pod slabom i vrlo slabom erozijom jer se na njima nije održala poljoprivredna proizvodnja. Kartiranje erozije u slivu reke Turjanice ukazuje da erozioni procesi imaju umereni karakter slabe erozije, ali i da je moguće konstatovati funkcionalnu zavisnost primarnih faktora erozije i intenziteta erozionih procesa.

Prema klasifikaciji prof. S. Gavrilovića srednji godišnji koeficijent erozije za sliv Vrbasa Z ima vrednost 0,23 Srednjagodišnja produkcija nanosa u slivu računata je po Metodi potencijala erozije S.Gavrilovića i iznosi $723.455,63 \text{ m}^3\text{god}^{-1}$, a srednji godišnji pronos nanosa je $295.987,38 \text{ m}^3\text{god}^{-1}$ (tabela 1). Ove vrednosti pokazuju da, gledano u proseku, u slivu Vrbasa vladaju procesi slabe erozije. To međutim može da zavara jer u slivu ima dosta bujičnih podslivova pritoka Vrbasa sa erozijom jakog i ekscesivnog intenziteta. To se pogotovu odnosi na sliv Jošavke (pritoka Vrbanje) pa i na veći deo površine sliva reke Vrbanje.

KONCEPCIJA PROTIVEROZIONOG UREĐENJA SLIVA REKA VRBAS

Na osnovu svega što je izneto o prirodnim uslovima i erozionim procesima u slivu i imajući u vidu najsavremenija naučna saznanja iz obe oblasti, moguće je predložiti radove i mere za najcelishodniju zaštitu od erozije i uređenje bujičnih tokova, čime bi se znatno smanjilo brzo slivanje vode, produkcija i pronos nanosa i zasipanje eventualnih akumulacije nanosom.

Najekonomičnije i najcelishodnije rešenje je integralno uređenje celog sliva reke Vrbasa. To praktično znači da se izvrše oni protiverozioni radovi (biološki, biotehnički

i tehnički) kojima bi se ujedno otklonile sadašnje u buduće štete od erozije, a istovremeno povećali prinosi u poljoprivredi i šumarstvu (Kostadinov, S., 2008). Kao rezultat primene antierozivnih radova i mera smanjice se dospevanje nanosa u hidrografsku mrežu Vrbasa, doći će do promene hidroloških uslova u slivovima bujičnih pritoka smanjice se brzina i količina oticanja sa padina i time će se smanjiti rizik od poplava. Pored toga imaće koristi i vlasnici zemljišta jer će protiverozivni radovi i mere povećati produktivnost zemljišta i dobijaće se znatno veći prinosi. Ovo govori da teret antierozivnog uređenja sliva Vrbasa ne treba da snosi samo vodoprivreda, već i zainteresovane organizacije iz oblasti poljoprivrede, šumarstva, turizma, saobraćaja i individualni proizvođači.

Ukoliko se prilikom detaljnih razrada, tj. izrade konkretnije tehničke dokumentacije za svaki konkretan podsliv budu imali u vidu napred izneti principi integralnog uređenja slivova, takvo rešenje bi se isplatilo u roku od 20–30 godina. Novac uložen u ove investicije bi se vratio kroz neposredne koristi od izvedenih bioloških radova (voćnjaci, travnjaci, kao i od smanjenja šteta od bujičnih poplava itd.). Pored toga i novopodignute šumske kulture će početi da daju prinose doduše znatno kasnije od poljoprivrednih. (Kostadinov, S., et al 2014). Drugi deo novca biće vraćen kroz neposredne koristi od razvoja seoskog turizma, ribolova i lokalna navodnjavanja i kroz povećan porez na prihode stanovništva u novim uslovima.

Dosadašnja istraživanja su pokazala da bi restauracija slivova do njihovog optimalnog hidrološkog stanja, smanjila poplavni proticaj i poboljšala obnavljanje rezervi podzemnih voda, uz povećanje malog i srednjeg proticaja na izvorima i potocima. (Kostadinov, S., 1992; Kostadinov, S., 1995; Kostadinov, S., et al 1995; Kostadinov, S., et al 2018.)

Konceptija uređenja područja sliva reke Vrbas usvojena je polazeći od sledećih zahteva:

- Zaštita od bujičnih poplava naselja, industrije i poljoprivrednih površina;
- Zaštita saobraćajnica od bujičnih poplava;
- Kontrola erozionih procesa na padinama slivova u funkciji smanjenja brzine i količine slivanja vode niz padine i time smanjenja vremena koncentracije bujičnih poplava talasa. Time se utiče i na smanjenja rizika od poplava reke Vrbas. Pored toga dolazi do povećanja biljne proizvodnje;

- Kontrola erozije, produkcije i transporta nanosa u bujičnim pritokama Vrbasa u funkciji uravnoteženja režima proticaja vode i pronosa nanosa u reci Vrbas.

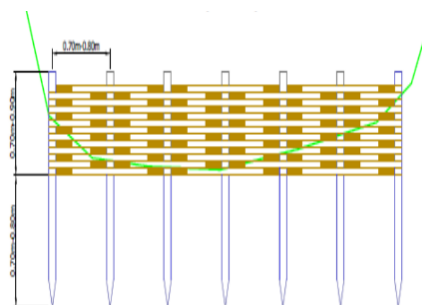
Na osnovu uvida na terenu i analiza u kancelariji, predloženi su protiverozivni radovi i administrativne mere (zabrane) koje bi trebalo preduzeti na sanaciji erozionih procesa u slivu. Glavnim projektima treba konkretno dati rešenja za pojedine lokalitete, primenjujući neke od ovde predloženih radova i administrativnih mera (zabrana). Predviđaju se sledeći radovi i mere:

- Biološki i biotehnički radovi,
- Tehnički radovi u hidrografskoj mreži,
- Kontrola erozije na poljoprivrednim površinama (retenzivni radovi),
- Administrativne mere (zabrane).

1. Biološki i biotehnički radovi

Obuhvataju podizanje, na svim terenima zahvaćenim ekscesivnom i jakom erozijom (I i II kategorije erozije), novih šumskih kultura, sa odgovarajućim vrstama drveća, uzimajući u obzir klimatske promene. Pored toga izvršiti pošumljavanje svih goleti kao i oranica i degradiranih pašnjaka na padinama sa nagibom 20 i više procenata. Pored pošumljavanja na manjim nagibima padina može se primenjivati zatravljivanje goleti u cilju podizanja veštačkih travnjaka. Koriste se odgovarajuće smeše trava imajući u vidu nadmorsku visinu, tip zemljišta i klimu regiona gde se obavljaju ti radovi. Pored pošumljavanja u ovu grupu radova spadaju i : resurekciona seča i popunjavanje sadnicama proređenih šuma u žbunastih formacija.

Na vrlo strmim padinama u cilju što boljeg uspeha pošumljavanje vršiti na gradonima (uske terase) , a ponekad i uz pomoć pletera ili malih horizontalnih zidića od kamena u suvo. Za sanaciju jaruga koristiti pletere (jednostruki ili dvostruki).



Slika 4. Skica pletera

Pošumljavanje. U okviru programa zaštite zemljišta od erozije na slivu Vrbasa planirana su pošumljavanja goleti i degradiranih površina, i to:

- lišćarima,
- četinarima
- bagremom i
- sadnjom žbunastih vrsta.

Zatravljanje. Na poljoprivrednim (ratarskim) površinama ugroženim jačim erozionim procesima, kao što su, po pravilu, oranice na padini nagiba preko 20% i voćnjaci, planirano je formiranje travnih površina putem zatravljanja:

- o smešom semena plementih trava i
- o setvom monokultura leguminoza.

2. Tehnički radovi u hidrografskoj mreži

Za sprečavanje dubinskih erozionih procesa u koritima bujičnih tokova, kao i za zadržavanje erozionog nanosa primenjuje se izgradnja serije odgovarajućih poprečnih objekata i to: pregrada, pragova i konsolidacionih (fiksacionih) pojaseva). U sklopu tehničkih radova dolaze u obzir i radovi za odbranu od bujičnih poplava u naseljima i zaštita saobraćajnica izgradnjom regulacija od kamena u cementnom malteru, ili betona.



Slika 5. Pregrada od KCM, reka Jablanica kod Valjeva

Pregrade su poprečni objekti sa korisnom visinom iznad 2.0 m, pragovi imaju korisnu visinu do 2,0 m. Konsolidacioni (fiksacioni) pojasevi su objekti bez korisne visine.

Regulacije obezbeđuju nesmetan prolaz poplavnih talasa bujičnih tokova kroz naselja i ispod saobraćajnica koje se štite. Kroz naseljena mjesta se rade sa oblogom od KCM ili betona, dok kroz poljoprivredne terene mogu biti i regulacije u prirodnom materijalu (regulacije u zemlji). Ovi objekti su nekad neophodni jer oni rješavaju akutne probleme bujičnih poplava, dok novopodignute šumske kulture i ostali biološki i

biotehnički radovi, ne budu sposobni da utiču na formiranje poplavnih talasa u bujičnim slivovima.

3. Kontrola erozije na poljoprivrednim površinama (retenzioni radovi)

U slivu Vrbasa preovlađuju brdsko planinske površine tako da su poljoprivredne površine a pre svega oranice izložene erozionim procesima svuda gde je nagib padine veći od 3% . Zbog toga na takvim terenima se mora primenjivati protiveroziona agrotehnika u cilju zaštite od erozije i povećanja prinosa kultura. Treba primenjivati sledeće radove: konturna obrada zemljišta, terasiranje pogotovu na većem padovima gde se podižu voćnjaci, izrada protiverozionih pojaseva, naorne terase i travni pojasevi. Na većim padovima se preporučuje konturno-pojasna obrada (strip culture). Takođe dolazi u obzir i melioracija degradiranih pašnjaka potpunom ili delimičnom obradom.

4. Administrativne mere (zabrane)

Pod zabranama u ovom smislu podrazumevaju se popularno nazvane „administrativne zabrane“, koje su posebno značajne sa stanovišta sveobuhvatnosti borbe protiv erozije. Njihovim usvajanjem, sprovođenje postaje velika obaveza kako vlasnika odgovarajućih parcela, tako i odgovarajućih inspeksijskih organa uprave.

U okviru ovog Plana , sa stanovišta sprečavanje razvoja erozionih procesa, uvidom na terenu došlo se do zaključka da su neophodne sledeće zabrane:

- razoravanje erozijom ugroženih površina;
- gajenje okopavina na padinama sa padom većim od 7 % ;
- ispaše na travnim površinama na određeni period;
- ispaše u šumama i šumskim kulturama;
- kresanje lisnika;
- gola seča šume;
- nekontrolisane seče i krčenje šuma;
- mehaničkog oštećenja tla svih oblika.

Da bi svi ovi radovi i mere uspele i dale željene rezultate mora se angažovati čitavo društvo.

Neophodna je koordinacija i usklađivanje radova u poljoprivredi, šumarstvu vodoprivredi: upravljanje zemljištem, korišćenje i zaštita šuma i voda u ovom području, treba da se odvija u jedinstvenoj saradnji i u duhu usvojenog Plana integralnog uređenja sliva Vrbasa u cilju smanjenja rizika od poplava. Uopšte u brdsko-planinskom području neophodno je uskladiti razvojne planove u oblasti poljoprivrede, šumarstva i

vodoprivrede, čije se aktivnosti prepliću (Kostadinov et al, 2006).

Sa ciljem da se obezbede uslovi za sprovođenje ovih radova i mera na integralnom uređenju sliva, neophodno je da sve nadležne skupštine opština u slivu Vrbasa usvoje dva značajna plana: Plan za izdvajanje erozionih područja i Operativni plan odbrane od bujičnih poplava za svoje teritorije čime će biti obuhvaćen ceo sliv Vrbasa na teritoriji Republike Srpske. Posle usvajanje takve odluke SO-e, svi vlasnici zemljišta moraju da gazduju njime u smislu zaštite zemljišta od erozije. Takođe,

tom odlukom će se propisati i određene mere koje moraju da se poštuju. Opštine usvajaju ove planove a njihovu izradu treba poveriti stručnjacima za zaštitu od erozije i uređenje bujičnih tokova.

Potrebni protiverozioni radovi

U tabeli 2 date su potrebne količine protiverozionih radova za svih 65 izabranih bujičnih slivova. Radi preglednosti svih 65 bujičnih slivova grupisano je u 7 grupa.

Tabela 2. Potrebni protiverozioni radovi u bujičnim pritokama reke Vrbas, Republika Srpska

Bujični tok	Broj pregrada	Zid	Broj pletera	Pleteri	Pošumljavanje	Zatravljanje
	(kom)	(m ³)	(kom)	(m ²)	(ha)	(ha)
Posavski bujični tokovi	7	1.060	47	3.050	310	135
Donjeverbaski bujični tokovi	32	5.100	113	7.030	2.045	460
Čemernički bujični tokovi	5	850	33	2.080	540	175
Kotorvaroški bujični tokovi (pritoke Vrbanje)	19	3.780	84	5.170	1.170	385
Srednjeverbaski bujični tokovi (pritoke Vrbasa)	4	720	15	985	555	140
Bujični tokovi u okolini Mrkonjić grada	1	130	3	220	130	40
Bujični tokovi u okolini Šipova	2	350	25	1.640	405	315
Sve ukupno	70	11.990	320	20.175	5.155	1.650

Tabela 2 sadrži sledeće kolone:

- Naziv bujičnog sliva,
- Zid..... m³
- Broj pletera, kom
- Pleteri....m¹
- Pošumljavanje.... ha
- Zatravljanje smešom trava.....ha

U koloni "Zid", prikazani su radovi na izgradnji pregrada (korisne visine iznad 2 m) i pragova sa korisnom visinom do 2 m. Objekti mogu biti od betona najčešće kamena u cementnom malteru (KCM) i gabiona, što će se rešavati projektima za izvođenje radova za svaki sliv. U koloni "Pleteri", prikazan je obim pletera koji mogu biti jednostruki i dvostruki.

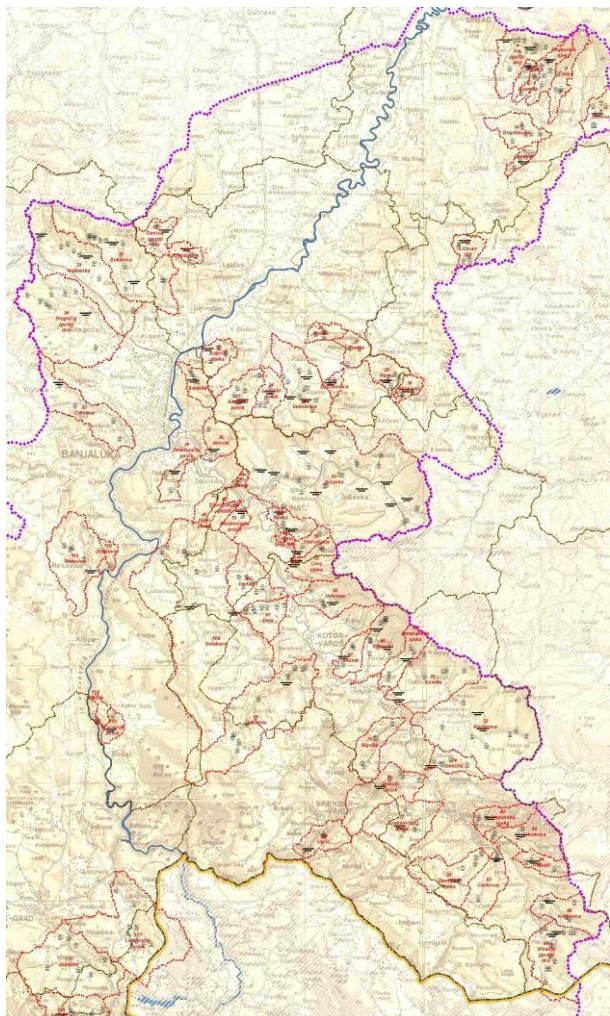
Pošumljavanje obuhvata sva pošumljavanja goleti i degradiranih površina sa različitim vrstama drveća i primenom različitih tehnika pošumljavanja. To će se rešavati projektima za izvođenje radova za svaki sliv.

Zatravljanje smešom trava obuhvata zatravljanje golih površina na blažim nagibima u cilju formiranja veštačkih travnih površina za zaštitu od erozije zemljišta.

Pored toga na svim obradivim poljoprivrednim površinama treba da se primjenjuju mere protiverozione agrotehnike, a to obuhvata sve obradive površine na padinama sa nagibom većim od 7%, što je praktično slučaj sa svim obradivim površinama.

Iz tabele se vidi potreban ukupni obim protiverozionih radova u slivu reke Vrbas:

- Tehnički radovi..... 11.990 m³,
- Izrada pletera..... 20.175 m¹,
- Pošumljavanje goleti..... 5.155 ha
- Zatravljanje.....1.650 ha



Slika 6. Lokaliteti protiverozionih pregrada

EFEKTI PROTIVEROZIONIH RADOVA

Uticaj šuma i novopodignutih šumskih kultura na oticanje vode, formiranje poplavnih talasa i zaštitu zemljišta od erozije. Šumski ekosistemi imaju presudni uticaj na intenzitet dva bitna procesa u prirodi : oticanje vode niz padine sliva i erozija zemljišta. Na ove procese šume utiču svojim nadzemnim (stablo i kruna) i podzemnim (korenov sistem) delovima. Tokom kišnih epizoda jedan deo pale vode zadržava se na lišću, granama i stabla drveća i ne dopire do zemljišta. Pojava zadržavanja dela kišnice na vegetacionom pokrivaču koja ne učestvuje u formiranju oticaja naziva se intercepcija. Interceptivna kišnica se najvećim delom vraća u atmosferu isparavanjem, a deo apsorbuje vegetacija. Količina oticanja vode niz padine zavisi od intenziteta intercepcije i evatranspiracije. Pod pojmom evapotranspiracija podrazumeva se gubitak vode putem

isparavanja sa zemljišta i vodenih površina kao i vegetacionog pokrivača. Povećanjem intercepcije smanjuje se količina ukupnog oticanja vode. Kišnica koja dospe do tla u šumi velikim delom biva zadržana u šumskoj stelji, a zatim znatan deo se infiltrira u zemljište. Tek posle zasićenja zemljišta počinje površinsko oticanje, koje je u šumi znatno usporeno zbog prepreka koje čine stabla. Kao rezultat toga imamo vrlo malo oticanja sa padina pod šumom, a pritom to oticanje je vrlo sporo što znatno smanjuje mogućnosti brze koncentracije vode i stvaranje visokih špičeva poplavnih talasa. (Kostadinov, S., Mitrović, S., 1994; Kostadinov, S., et al 1998; Kostadinov, S. 2010).

Raspadanjem lišća, grančica i ostale organske mase u šumi, stvaraju se lepkovi koji vezuju zemljišne agregate stvarajući stabilnu susedastu strukturu zemljišta, koja ima veliku moć upijanja vode od kiša ili naglog topljenja snega, jer takva zemljišta imaju veliki infiltracioni kapacitet. Na taj način se smanjuje opasnost od naglog slivanja vode niz padine i pojave poplavnih talasa. Infiltrirana vode se kreće podzemnim putevima i obično kad naiđe na vodonepropustljiv sloj pojavljuje se na površinu u vidu izvora čiste vode, tj. kao korisna voda. Kao rezultat ovakve uloge šume, imamo smanjen rizik od poplava, a s druge strane imamo velike količine tzv. korisne vode od izvora tokom cele godine što je vrlo važno za lokalno stanovništvo.



1955



1957



1958



1978

Slika 7. Efekat pošumljavanja goleti (hidrološki i protiverozioni) – Foto V. Milojević (Erozija, Niš)

Pored toga šumski ekosistemi predstavljaju najmoćnije oružje u borbi protiv erozije zemljišta. (Kostadinov, S., 1992). Naime u šumama sa gustim sklopom erozija zemljišta je svedena na minimum, jer svojom krunom drveće štiti zemljište od bombardovanja kišnim kapima, koje je I faza procesa erozije (razbijanje i otkidanje čestica zemljišta), a infiltracijom vode u zemljište

smanjuju ili potpuno isključuju oticanje vode niz padine i time isključuje II fazu vodne erozije transport otkinutih čestica zemljišta niz padine do hidrografske mreže, a dalje niz vodotok nizvodno.

Na taj način šume dobrog sklopa, čak i na strmim padinama sliva i jako erodibilnim zemljištima, prvobitno ekscesivnu eroziju svode na vrlo slabu ili čak na normalnu geološku eroziju, a slivanje vode niz padine svode na najmanju meru i usporavaju čime utiču na smanjenje rizika od pojave poplavnih talasa.

Imajući sve to u vidu jasno je kakav značaj ima uspostavljanje novih šumskih kultura na goletima i degradiranim zemljištima na strmim padinama. Biološkim i biotehničkim radovima znatno se menjaju hidrološki uslovi u slivu u smislu smanjenja mogućnosti za razvoj erozionih procesa kao i smanjenja količine i brzine slivanja vode niz padine (smanjenja brzine koncentracije vode) što utiče na smanjenje rizika od pojave poplave poplavnih talasa.

Kad je u pitanju sliv reke Vrbas, izvođenje bioloških i biotehničkih radova u 65 podslivova, bujičnih pritoka imaće vrlo korisno dejstvo na smanjenje intenziteta erozije i rizika od poplava Vrbasa i njegovih pritoka. Treba imati u vidu da bujični tokovi u poplavnim talasima nose velike količine nanosa koji se talože u recipijentima (veći vodotoci) što povećava rizik za njihovo izlivanje i pojave poplava. Posebno je značajno naglasiti da biološki i biotehnički radovi trajno rešavaju problem erozije zemljišta i smanjuju rizik od poplava.

Efekti tehničkih radova. Kod razmatranja kriterijuma i metoda za ispitivanje pojedinih efekata poprečnih objekata za uređenje bujičnih tokova treba poći od njihove uloge (Kostadinov, S., 1995; Kostadinov, S., et al 1995; Kostadinov, S., Dragović, N., 2010)

a) Zadržavanje vučenog nanosa

Najupečatljivija uloga pregrada i pragova (objekti sa korisnom visinom) je zadržavanje vučenog nanosa u zaplavu (akumulacionom prostoru) uzvodno od objekta. Efekat u tom pogledu se utvrđuje na osnovu količine zadržanog nanosa. Proračun količine zadržanog nanosa iza pregrade (zapremina zaplava) može da se izvrši primenom formule:

$$W = \frac{m \times h_k^2}{2 \times (I_t - I_z)} [m^3]$$

W - zapremina zadržanog nanosa u zaplavu u m³

m - srednja širina zaplava u m

h_k - korisna visina pregrade u m

I_t - prirodni pad korita bujičnog toka u decimalnom obliku

I_z - pad zaplava

Kako se vidi iz predložene formule količina zadržanog nanosa zavisi od: korisne visine pregrade, prirodnog pada bujičnog korita, pada zaplava i srednje širine zaplava.

b) Smanjenje pada korita

Zadržavanjem nanosa uzvodno od pregrada i pragova formira se zaplav od nanosa koji ima svoj pad zaplava, znatno manji od prirodnog pada korita. Pad zaplava zavisi od mnogo faktora a najznačajniji su granulometrijski sastav nanosa koji se tu zadržava i prethodni pad korita vodotoka. Uticaj pregrada na smanjenje pada korita a samim tim i promene u hidrauličkim elementima toka može da se izrazi kroz promenu potiskujuće (vučne) sile vode. Prema jednačini Du Boys-a srednja profilnska potiskujuća sila jednaka je:

$$\sigma_0 = \rho \cdot R \cdot i \cdot g \text{ [Pa]}$$

ρ - zapreminska masa bujične vode u kgm⁻³,

R - hidraulički radijus toka u m,

i - pad dna korita u decimalnom obliku

g - ubrzanje zemljine teže, g = 9,81 ms⁻²

σ₀ - potiskujuća (vučna) sila vode u Pa.

Kako se izgradnjom pregrade smanjuje pad korita i hidraulički radijus jasno je da se na taj način smanjuje i vučna sila odnosno transportna sposobnost toka za vučeni nanos. To znači da će zbog smanjenja transportne sposobnosti toka doći do taloženja vučenog nanosa uzvodno od pregrade čime se sprečava zasipanje vodnih akumulacija ili nekih drugih objekata.

c) Stabilizacioni efekat

Ogleda se u: formiranju lokalnih erozionih bazisa (konsolidacioni pojasevi, pragovi i pregrade), stabilizaciji pokliznutih padina (pragovi i pregrade) i korekciji pravca toka (konsolidacioni pojasevi, pragovi i pregrade).

Efekat može da se izrazi preko procene količine materijala koji je pojedini objekat fiksirao, stabilizovao, da se ne bi pokrenuo i u obliku erozionog nanosa dospeo u vodotok. Izgradnjom pregrade nizvodno od pokliznute padine, zaplav pregrade bi delovao kao nožica koja će podupreti padinu i sprečiti njeno dalje klizanje i dospevanje velike količine materijala (nanosa) u vodotok. Pored ovog naturalnog, stabilizacioni efekat poprečnih objekata bi mogao da se izrazi i kroz finansijski efekat.

Na sličan način može da se izrazi i efekat poprečnih objekata (pregrada) na usmeravanje toka vode. Usmeravanjem toka sprečava se potkopavanje i erodiranje obala. Količina potkopanog i erodiranog

materijala ukoliko se ne gradi objekat može da se izračuna i to bi bio efekat izgrađenog objekta koji sprečava to potkopavanje.

Vrsta stabilizacionog efekta je i to što zadržani nanos uzvodno od pregrade sprečava dubinsku eroziju korita bujičnog toka na deonici prostiranja zaplava.

d) Zbirni efekat poprečnih objekata u koritu bujičnog toka

Kod poprečnih objekata u bujičnom koritu najčešće se javlja više efekata zajedno. Kod razmatranja efekata pojedinih objekata treba uzeti sa jedne strane sve pozitivne efekte (zadržavanje nanosa, smanjenje pada korita i stabilizacioni efekat) a sa druge strane negativne efekte ako ih ima. Izgradnja poprečnih objekata može imati negativne efekte uzvodno i nizvodno ukoliko se naprave greške pri projektovanju i izgradnji (kao i kod svih objekata).

Najbolji rezultati u projektovanju i realizaciji protiverozionih radova se postižu samo ako se za sliv sa određenim prirodnim karakteristikama izabere najbolja kombinacija bioloških i tehničkih radova. To znači da primena samo jedne grupe radova neće dati dobre rezultate. Biološkim radovima trajno se rešava problem erozije zemljišta i menjaju uslovi oticanja i smanjuju se špicevi poplavnih talasa. Biološke radove treba raditi strpljivo, a njihovo puno korisno dejstvo se može očekivati kada novopodignute šumske kulture uspostave potpun sklop i njihove krune pokriju celu površinu (krune drveće se dodiruju) koja je tretirana. To zavisi od vrste koja se sadi, ali prosečno ide 15-20 godina.

S druge strane, tehnički radovi daju odmah rezultate i rešavaju akutne probleme: razbijaju poplavni talas, zadržavaju nanos, usmeravaju tok vode, propuštaju poplavni talas ako su u pitanju regulacije. Ipak ako se ništa ne radi u slivu ti objekti budu brzo zasuti nanosom, znatno im se smanjuje funkcija i moraju se graditi novi objekti.

Ako se ide samo sa biološkim radovima u slivu, usled smanjenja intenziteta erozije na padinama sliva u hidrografsku mrežu vodotoka dolazi čista voda, koja je agresivnija i počeo intenzivnija dubinska erozija korita bujičnog toka: produbljivanje korita što dovodi do urušavanja obala, čime se ugrožavaju temelji mostova i drugih objekata izgrađenih na vodi o čemu ima dosta primera u praksi.

Pravilnom kombinacijom bioloških i tehničkih radova i administrativnih mera postiže se strateški cilj kod integralnog pristupa protiverozionog uređenja sliva:

- smanjenje eroziona i bujične aktivnosti u slivu (biološkim, biotehničkim radovima i administrativnim merama)
- povećanje otpornosti objekata koji se štite u hidrografskoj mreži i bližoj okolini (dno i obale vodotoka, objekti na vodi, objekti u neposrednoj okolini vodotoka (tehničkim radovima).

ZAKLJUČAK

Reka Vrbas i njene pritoke, kao posledica prirodnih karakteristika sliva i najčešće neadekvatnog delovanja ljudskog faktora u pogledu gazdovanja zemljištem i zemljišnim prostorom, izazivaju česte poplave koje su različite po intenzitetu i površini koju zahvataju i samim tim po štetama koje izazivaju. U periodu od kraja 2018. do sredine 2019. godine urađen je „Plan upravljanja rizikom od poplava za sliv rijeke Vrbas Republike Srpske“ (Konzorcijum : Zavod za vodoprivredu Bijeljina&Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo, Građevinskog fakulteta u Beogradu), u kojem je dat sveobuhvatni predlog upravljanja rizikom od poplava izgradnjom velikih investicionih objekata, sprovođenjem protiverozionih radova i mera za uređenje sliva i korita bujičnih tokova, kao i predlog održivog upravljanja i uređenja poljoprivrednog i šumskog zemljišta u cilju smanjenja rizika od poplava. Jedan od bitnih problema koji je tretiran u Planu je kontrola erozije u slivu u funkciji smanjenja rizika od poplava. Konceptija protiverozionog uređenja sliva Vrbasa bazira na sledećim premisama:

1. Upravljanje rizicima od poplava predstavlja jedan ciklus koji u svom lancu obuhvata faze prevencije i zaštite, pripreme, odgovora i oporavka u koje su integrisane kratkoročne i dugoročne mere i strategije (Commission of the European Communities, 2004). Prepoznavanjem značaja problema bujičnih poplava u slivu Vrbasa, ova problematika treba da bude tretirana kao važan segment u integrisanom upravljanju rečnim slivom, u skladu sa Direktivom o vodama 2000/60/EK (Borisavljević & Kostadinov, 2012).

Praksa najboljeg, integralnog uređenja bujičnih slivova ogleda se u razradi i primeni specifičnih kombinacija bioloških, biotehničkih i tehničkih protiverozionih radova i administrativnih mera.

2. Šuma utiče višestruko na smanjenje intenziteta i količine oticanja:

- prilikom padavina deo pale vode se zadržava na lišću, iglicama, granama i stablu drveća odakle se isparava (intercepcija),

- šumska stelja upija veliki deo pale kiše i otopljenog snega,
- šumska zemljišta imaju dobru strukturu te je kod njih značajna infiltracija vode u zemljište čime se smanjuje površinski oticaj, a količina infiltrirane vode zavisi od debljine pedološkog sloja,
- stabla takođe usporavaju slivanje vode niz padinu, a u šumama dobrog sklopa često, posle kiše, uopšte nema slivanja vode, time se smanjuje mogućnost pojave poplavnih talasa, a ujedno se štiti zemljište od erozije,
- krune stabala ublažavaju udar kišnih kapljica čime se znatno smanjuje ili eliminiše prva faza erozionog procesa (otkidanje zemljišnih čestica usled udara kišnih kapi).

3. Pregrade, pragovi i konsolidacioni pojasevi imaju višestruku ulogu:

- osiguravaju poprečne profile korita bujičnog toka od daljeg dejstva procesa dubinske erozije,
- predstavljaju prepreku daljem snižavanju dna korita, usljed postojanosti niza stabilnih tačaka, koje formiraju novi (veštački) erozioni bazis u bujičnom koritu,
- pregrade i pragovi zadržavaju nanos (uglavnom vučeni) u zaplavu sve do potpunog zasipanja akumulacionog prostora,
- usled smanjivanja uzdužnog pada korita bujičnog toka smanjuje se, brzina kretanja i potiskujuća sila vode, a time i njena transportna sposobnost za pronos nanosa.

LITERATURA

- [1] Borisavljević A., Kostadinov S. (2012): Integrated river basin management of Južna Morava river. *Bull. Serbian Geogr. Soc.*, 92, 135–160.
- [2] Burić D., Stanojević G., Luković J., Gavrilović Lj. & Živković N. (2012). Klimatske promene i vodnost reka – primer Kolubare, Beli Brod. *Glasnik srpskog geografskog društva*, 92(1), 123-134.
- [3] Gavrilović S. (1972): *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*. Časopis "Izgradnja", Beograd.
- [4] Gavrilović Lj. (1981): *Poplave u SR Srbiji u XX veku – uzroci i posledice*. Posebna izdanja SGD, br. 52, Beograd.
- [5] Gavrilović Lj. (2007): *Prirodne nepogode kao faktor ugrožavanja životne sredine*. Prvi kongres srpskih geografa, Zbornik radova, Beograd.
- [6] Degg M. (1992): *Natural disasters: recent trends and future prospects*. *Geography*, 77 (3), 198-209.
- [7] Dragičević S., Filipović D., Kostadinov S., Nikolić J., Stojanović B. (2009): *Zaštita od prirodnih nepogoda i tehnoloških udesa*. Strategija prostornog razvoja Republike Srbije, tematska sveska. Geografski fakultet u Beograd.
- [8] Dragicevic S., Filipovic D., Kostadinov S., Ristic R., Novkovic I., Zivkovic N., Andjelkovic G., Abolmasov B., Secerov V., Djurdjic S. (2011): *Natural Hazard Assessment for Land-use Planning in Serbia*. *International Journal of Environmental Research*, 5(2): 371-380.
- [9] Dragičević S., Filipović D. (2016): *Prirodni uslovi i nepogode u planiranju i zaštiti prostora*. Geografski fakultet, Beograd.
- [10] European Parliament & Council. (2007) *Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks*.
- [11] Đokić M. (2015): Nišava – potamološka studija. *Doktorska disertacija*. Niš: Departman za geografiju PMF-a, Univerzitet u Nišu
- [12] IFRCRCS (2000): *World disasters Report 2000*. Geneva: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.
- [13] Institut za šumarstvo (2017): *Studija ugroženosti puteva I i II reda od pojave poplava i bujičnih tokova u slivu reke Kolubare*, Beograd
- [14] Institut za šumarstvo (2018): *Studija ugroženosti puteva I i II reda od pojave poplava i u slivu reke Ibar*, Beograd
- [15] Kostadinov S. (1988): *Mogućnost merenja i prognoze pronosa nanosa u bujičnim tokovima*, Monografija: *Uzroci i posledice erozije zemljišta i mogućnosti kontrole erozionih procesa*, str. 58-67, Šumarski fakultet, Beograd.
- [16] Kostadinov S., (1992): *Soil Erosion and Sediment Transport Depending on Land Use in the Watershed* In the book: *Environmental Regeneration in Headwaters* "Edited by Josef Krecek and Martin J. Haigh Prague: Czech Republic, pp. 162-169
- [17] Kostadinov S., Mitrović S., (1994): *Effect of Forest Cover on the Stream Flows from Small Watersheds*. *Journal of Soil and Water Conservation Vol/Issue 49/4*, pages 382-386; Jul-Aug.1994, Ankeny, USA.
- [18] Kostadinov S. (1995): *Analysis of the Effects of Classical and Filtration Check Dams in the*

- Torrents of Serbia. Proceedings of Conference XXVI of International Erosion Control Association, Atlanta, Georgia, USA, February 28th - March 3th 1995. p.p. 111-124
- [19] Kostadinov S., Marković S. (1995): Flood Waves Genesis and Psammological Characteristics in a South-East Serbia Watershed. Proceedings of the XX IUFRO World Congress, Invited paper, Technical Session: Natural Disasters in Mountainous Areas Editor K. Sassa, August 7-10, 1995, Tampere, Finland, p.p. 61-69
- [20] Kostadinov S., Marković S., Dragović N. (1995): Erosion Control Works and Their Effects on the State of Erosion and Sediment Transport in the Kalimanska Reka Watershed. Proceedings of Third International Symposium on Headwater Control: Sustainable Reconstruction of Highland and Headwater Region. Editors: R. B. Singh and Martin J. Haigh; Oxford and IBH publishing Co. PVT. Ltd., New Delhi, Calcutta, p.p. 477-486
- [21] Kostadinov S., (1996): Check Dams in the Torrent Control Practice in Serbia: Former and Present Experiences and Future Perspectives. Proceedings of IECA Conference XXVII: (Erosion Control Technology Bringing it Home (Feb. 27-March 1, 1996; Seattle Washington, USA, p.p. 507-522
- [22] Kostadinov S., Vucicevic S., Markovic S., and Nikolic M., (1998): Runoff Regime in Small Watersheds with Different Degree of Forest Cover; In the book " Headwaters: Water Resources and Soil Conservation". Proceedings of Headwater 98- The Fourth International Conference on headwater Control, Merano, Italy, April 1998, Editors: Martin J. Haigh, Josef Krecek, G.S. Rajwar, Marianne P. Kilmartin; Publisher: A.A.Balkema/ Rotterdam/Brookfield/ 1998, p.p. 263-271.
- [23] Kostadinov S., Zlatić M., Dragović N. (2006): Usklađivanje vodoprivrednih ciljeva sa interesima ostalih privrednih grana u oblasti zaštite od erozije i bujica. Časopis "Voda i sanitarna tehnika", str. 29-38, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, ISSN 0350-5049, Beograd.
- [24] Kostadinov S. (2008): Bujični tokovi i erozija. Šumarski fakultet, Beograd.
- [25] Kostadinov S., Dragović N., (2010): Check Dams in the Torrent Control Practice in Small Mountainous Catchments. In monograph "Check Dams, Morphological Adjustments and Erosion Control in Torrential Streams"; © 2010 Nova Science Publishers, Inc. Editors: C.C.Garcia and M.A.Lenzi, ISBN 978-1-60876-146-3, p.p.63-88.Link: www.novapublishers.com
- [26] Kostadinov S. (2010): Forests in Serbia as the factor of Soil and Water Protection Against Degradation in the Conditions of Global Climate Change, Monograph » Global Environmental Change : Challenges to Science and Society in Southeastern Europe“: Editors: Vesselin Alexandrov Martin Felix Gajdusek C. Gregory Knight Antoaneta Yotova, Springer Science+Business Media B.V. 2010, p.p.177-190
- [27] Kostadinov S., Zlatić M., Dragičević S., Novković I., Košanin O., Borisavljević A., Lakićević M., Mlađan D. (2014): Antropogenički uticaj na eroziju i promjene intenziteta erozije u području vodostana Rasina u Srbiji. Fresenius Environmental Bulletin, 23(1a), 254-263.
- [28] Kostadinov S., Braunović S., Dragičević S., Zlatić M., Dragović N., Rakonjac N. (2018): *Effects of Erosion Control Works: Case Study - Grdelica Gorge, the South Morava River (Serbia)*. Water, 10 (8):1094. doi.org/ 10.3390/w10081094
- [29] Lazarević R. (1991): Geomorfologija. Prirodno-matematički fakultet, Banja Luka.
- [30] Petković S. (1993): *Analiza transporta nanosa iz rečnih slivova na području Srbije*. Monografija: "Uzroci i posledice erozije zemljišta i mogućnosti kontrole erozionih procesa. Šumarski fakultet, Beograd.
- [31] Petković S., Kostadinov S. (2008): *Savremeni pristup upravljanju rizicima od prirodnih nepogoda*. Rezultati međunarodnog projekta "RIMADIMA", Šumarski fakultet, Beograd.
- [32] Petrović A. (2014): *Faktori nastanka bujičnih poplava u Srbiji*. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.
- [33] Petrović A., Kostadinov S., Dragičević S. (2014): *The inventory and characterisation of torrential flood phenomenon in Serbia*. Polish journal of environmental studies, 23(3): 823-830.
- [34] Ristić R., Malošević D. (2011): *Hidrologija bujičnih tokova*. Šumarski fakultet uBeogradu, str. 1-221.
- [35] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2016): *Izrada mapa opasnosti i rizika od poplava na slivu rijeke Vrbas u BiH*", Sveska 4, Aneks 4.Bijeljina

[36] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2017): Izdvajanje bujičnih slivova i formiranje modela osetljivosti na pojavu i razvoj bujičnih poplava u slivu rijeke Vrbas. Bijeljina.

[37] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina; Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet: (2019): Plan upravljanja rizikom od poplava za sliv rijeke Vrbas Republike Srpske. Bijeljina.

SOIL EROSION CONTROL TO MITIGATE FLOOD RISKS IN THE VRBAS RIVER BASIN IN THE REPUBLIKA SRPSKA

by

Stanimir KOSTADINOV¹⁾, Radislav TOSIC²⁾, Dejan HRKALOVIC³⁾, Svetlana NIKOLIC³⁾, Nedeljko SUDAR³⁾, Marijana KAPOVIC SOLOMUN⁴⁾, Slavoljub DRAGICEVIC⁵⁾, Natalija MOMIROVIC⁶⁾, Radoska CUPAC⁷⁾, Goran BOSANKIC⁷⁾, Sladjana BUBDALO⁷⁾

¹⁾ University of Belgrade – Faculty of Forestry, ²⁾ University of Banja Luka – Faculty of Geography, ³⁾ Institute for Water Management, Bijeljina, ⁴⁾ University of Banja Luka – Faculty of Forestry, ⁵⁾ University of Belgrade – Faculty of Geography, ⁶⁾ Institute of Forestry, Belgrade, ⁷⁾ UNDP – B&H

Summary

The Vrbas River is a right tributary of the Sava River and it mainly flows through the Republika Srpska. The entire Vrbas basin covers 6.7% of the Sava basin. The main water course is around 235km long. The area of the entire basin is 6,273 km². The average flow rate of the Vrbas at the confluence with the Sava is estimated at 128.0 m³s⁻¹. The Vrbas originates at two springs on the Zec Mountain of the Vranica Mountain range at 1,715m above sea level and drains into the Sava near Srbac at 90m above sea level.

According to the classification of prof. S. Gavrilovic, the mean annual erosion rate (*Z*) for the basin is 0.23. The mean annual production of sediments in the basin, calculated according to the method of erosion potential of S. Gavrilovic, is 723,455.63m³year⁻¹ (Table 1). These figures show that, on average, weak erosion processes prevail in the Vrbas basin. However, this can be misleading because there are many torrential sub-basins of the Vrbas tributaries with strong and excessive erosion intensity. This is particularly the case in the Josavka basin (a tributary of the Vrbanja) and the greater part of the Vrbanja basin.

As a consequence of the natural characteristics of the basin and, most commonly, poor land management, the Vrbas and its tributaries cause frequent floods that vary

in intensity and surface area, and therefore in the damage they cause.

The Vrbas and its main tributaries cause extensive floods. More frequent are local floods with devastating effects caused by torrential streams. Given its characteristics, flood protection in the Vrbas basin is a very complex problem and requires comprehensive solutions.

A 'Flood Risk Management Plan for the Vrbas River Basin in the Republika Srpska' was prepared from the end of 2018 to the mid-2019. The Plan provides a comprehensive proposal for flood risk management by constructing facilities requiring significant investment, carrying out erosion control works and measures for river basin management and restoration of torrential streams, as well as a proposal for the sustainable management and improvement of agricultural and forest land to mitigate the risk of floods.

This paper sets out erosion control works and measures in the Vrbas River Basin in the Republika Srpska to mitigate flood risks, including their role and effects.

Keywords: floods in the Vrbas basin, torrential floods, erosion control, biological works, technical works, effects of erosion control works.

Redigovano 19.10.2019.