

UTICAJ PROTIVEROZIONIH RADOVA U SLIVU REKE TOPLICE UZVODNO OD BRANE „SELOVA“ NA INTENZITET EROZIJE ZEMLJIŠTA *

Stanimir KOSTADINOV, Nada DRAGOVIĆ, Miodrag ZLATIC, Mirjana TODOSIJEVIĆ
Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

REZIME

Reka Toplica (Južna Srbija) je najveća leva pritoka Južne Morave, kako po protoku vode, tako i po površini sliva koja ukupno iznosi 2.217 km². U skladu sa Vodoprivrednom osnovom Republike Srbije, privodi se kraju izgradnja akumulacije "Selova" na reci Toplici, (brana je izgrađena ostali su još završni radovi, posle kojih treba da počne punjenje akumulacije). Slivno područje akumulacije obuhvata gornji deo slive reke Toplice na istočnim padinama planine Kopaonik. Akumulacija "Selova", predstavljaće izvorište za potrebe vodosnabdevanja stanovništva naselja Niškog i Topličkog okruga. Ukupna površina njenog sliva do pregradnog mesta je 346,05 km², a zapremina akumulacije 70x10⁶ m³.

U cilju zaštite buduće vodne akumulacije »Selova« od erozije i nanosa, kao i zbog odbrane od bujičnih poplava naselja i saobraćajnica u slivu, protiverozioni radovi u gornjem delu sliva reke Toplice, uzvodno od akumulacije »Selova«, započeli su 1947 godine. Izvođeni su građevinsko-tehnički radovi (pregrade za zadržavanje nanosa) i biološki radovi (pošumljavanje i zatravljivanje goleti i ostalih površina ugroženih erozijom). U periodu od 1947 do 2006 godine izvedeni su sledeći protiverozioni radovi: pošumljavanje goleti na padinama 2.257,00 ha, zatravljivanje goleti 1.520,00 ha i izgrađeno je ukupno 54 pregrada u pritokama reke Toplice. Efekti izvedenih protiverozionih radova ogledaju se u smanjenju intenziteta erozije i produkcije na padinama sliva , kao i zadržavanju izvesne količine vučenog nanosa u akumulacionom prostoru pregrada. To je dalje uticalo na smanjenje pronosa nanosa u glavnom toku reke Toplice.

U ovom radu se, na osnovu terenskih istraživanja u dva vremenska perioda: 1988 i u periodu 2004-2006 godine,

prikazuje stanje erozije u slivu pre i posle izvođenja protiverozionih radova; tip i obim izvedenih protiverozionih radova i njihov uticaj na intenzitet erozije u slivu reke Toplice uzvodno od buduće akumulacije »Selova«.

Cljučne reči: erozija zemljišta, pronos nanosa, efekat protiverozionih radovi

1. UVOD

Pravilno projektovani i izvedeni protiverozioni radovi imaju uticaja na smanjenje intenziteta erozije zemljišta (Kostadinov,S., Marković,S., 1996 ; Kostadinov et al., 2000). Pri tome biološki i tehnički radovi imaju različito dejstvo i uticaj. Biološki radovi (pošumljavanje, zatravljivanje, podizanje voćnjaka na terasama) izvode se na padinama sliva i utiču na smanjenje intenziteta erozije i mogu da intenzitet erozije svedu u granice normalne geološke erozije. Tehnički radovi prema vrsti mogu biti podužni, koji štite obale vodotokova od erozije i obrušavanja i poprečni koji sprečavaju produbljivanje dna korita i zadržavaju nanos (pre svega vučeni) u svom akumulacionom prostoru.

Vodne akumulacije su od svih vodoprivrednih objekata najugroženije od erozije i nanosa.

Kod akumulacija predviđenih za vodosnabdevanje stanovništva ili za neke druge potrebe, pored smanjenja korisne zapremine vode, zasipanje nanosom ima i hemijske i biološke efekte. Prilikom spiranja tla sa sliva, vodnim tokovima u akumulaciju se unose različiti hemijski elementi. Uneti elementi mogu izazvati određene hemijske i biološke reakcije, što neposredno značajno utiče na kvalitet vode. Stepem ugroženosti akumulacije nanosom uslovljen je veličinom slivnog područja i intenzitetom erozije u njemu.

* Ovaj članak rezultat je rada na projektu 410023 - Kontrola vodne erozije i uređenje bujica u funkciji zaštite vodoprivrednih objekata i kvaliteta voda

Efekti protiverozionih radova su različiti, a zavise od tipa radova i objekata, načina izvođenja, prirodnih karakteristika terena i mnogih drugih faktora. Generalno, njihov efekat je pozitivan jer utiču na smanjenje intenziteta erozije i pronosa nanosa.

U cilju zaštite buduće akumulacije »Selova« od erozije i nanosa, kao i zbog odbrane naselja i saobraćajnica od bujičnih poplava, protiverozioni radovi u slivu reke Toplice, uzvodno od akumulacije »Selova«, započeli su 1947 godine. Izvođeni su građevinsko-tehnički radovi (pregrade za zadržavanje nanosa) i biološki radovi (pošumljavanje i zatravljivanje goleti i ostalih površina ugroženih erozijom).

U ovom radu se, na osnovu terenskih istraživanja u dva vremenska perioda: 1988 i u periodu 2004-2006 godine, prikazuje stanje erozije u slivu pre i posle izvođenja protiverozionih radova; tip i obim izvedenih protiverozionih radova i njihov uticaj na intenzitet erozije u slivu reke Toplice uzvodno od buduće akumulacije »Selova«.

2. PREDMET I METOD RADA

2.1. Predmet rada

Reka Toplica (južna Srbija) je najveća leva pritoka Južne Morave kako po protoku vode tako i po površini sliva koja ukupno iznosi 2.217 km². Slivno područje akumulacije obuhvata istočne padine planine Kopaonik. Vodoprivrednom osnovom Republike Srbije, kao baznim dokumentom kojim su utvrđene osnovne strategije korišćenja voda u Srbiji, predviđena je izgradnja akumulacije na reci Toplici. Akumulacija "Selova", predstavljaće izvorište za potrebe vodosnabdevanja stanovništva naselja Niškog i Topličkog okruga. U proleće 2007 godine završeni su radovi na izgradnji (nasipanju) brane "Selova", na reci Toplici 18 km uzvodno od Kuršumlje. Ostalo je da se završe ostali prateći radovi, pa da se počne sa punjenjem akumulacije.

Višenamenska akumulacija "Selova" je objekat čija je osnovna namena vodosnabdevanje, a ostale namene su: zaštita od poplava, zadržavanje nanosa, proizvodnja hidroenergije, uzgoj riba, navodnjavanje, turizam i dr. Akumulacija kontroliše 346,05 km² izvorišnog dela sliva reke Toplice što predstavlja oko 16% od ukupne površine sliva (2.217 km²). Prosečni godišnji proticaj na profilu "Selova" iznosi 3.7 m³s⁻¹. Osnovne karakteristike brane i akumulacije su:

- visina nasute brane 70,6 m
- ukupna zapremina akumulacija..... 70.5 mil. m³
- zapremina mrtvog prostora.....7.3 mil. m³
- kota krune brane.....527 m.n.m.



Sl.1. Brana „Selova“ u izgradnji

Brana je izgrađena od kamenog nabačaja, sa kosim glinenim jezgrom, sa injekcionom zavesom promenljive dubine. Izgradnja brane je počela 1986 godine ali zbog problema sa finansiranjem izgradnja je trajala više od 20 godina. Predviđena je za vodosnabdevanje Kuršumlje, Prokuplja, Žitorađe, Merošine, Blaca i okolnih naselja, a deo vode će se koristiti za vodosnabdevanje Niša.

Slivno područje akumulacije "Selova" karakteriše intenzivna erozija, koja produkuje velike količine nanosa. Nanos nošen rekom Toplicom i pritokama dospevaće u buduće jezero, gde će se taložiti i time smanjivati korisnu zapreminu akumulacije, a takođe će izazivati mehaničko i hemijsko zagađenje vode u akumulaciji.

2.2. Metod istraživanja

Metod istraživanja obuhvatio je sledeće faze:

1. Prikupljanje dokumentacije i podataka o stanju erozije u slivu reke Toplice pre početka izvođenja protiverozionih radova.
2. Prikupljanje dokumentacije i podataka o tipu i obimu izvedenih protiverozionih radova.
3. Proučavanje prirodnih karakteristika sliva
4. Ocena intenziteta i rasprostranjenosti erozije u slivu za 1988 godinu.
5. Ocena stanja izvedenih protiverozionih objekata: bioloških i tehničkih.
6. Ocena intenziteta i rasprostranjenosti erozije u slivu u 2006 godini.
7. Proračun produkcije i pronosa nanosa za različite vremenske periode.
8. Diskusija o dobijenim rezultatima.
9. Zaključak.

Geološka karta sliva urađena je na osnovu O GK razmere 1:100.000. Za definisanje pedoloških karakteristike sliva korišćena je pedološka karta Srbije, Instituta za zemljište u Topčideru, razmere 1:50.000, kao i direktna terenska (otvaranje pedoloških profila) i laboratorijskih istraživanja.

Karta načina korišćenja zemljišta u slivu za dva vremenska perioda 1988 i 2006 godine urađena je na osnovu satelitskih snimaka i direktnog rekognosciranja terena.

Ocena intenziteta i rasprostranjenosti erozionih procesa u slivu za 1956 godinu usvojena je iz postojeće tehničke dokumentacije. Intenzitet erozije zemljišta za 1988 i 2006 godinu definisan je na osnovu izrade karte erozije. Karta erozije je rađena po metodologiji prof.Gavrilovića uz korišćenje satelitskih snimaka i direktnog rekognosciranje terena. Karta je rađena u razmeri 1:25.000.

U cilju upoređenja stanja erozije u različitim vremenskim periodima izvršen je proračun produkcije i pronosa nanosa po metodi prof.Gavrilovića. Iako su na reci Toplici organizovana merenja pronosa suspendovanog nanosa u periodu 1950- 1992 godine zbog nesavršenosti metodologije merenja (uzimanje uzoraka vode samo jednom dnevno bez obzira na pojavu poplavnih talasa) ti rezultati nisu mogli biti uzeti kao relevantni.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Osnovne fizičko-geografske karakteristike sliva

U tabeli 1 prikazani su osnovni parametri sliva, značajni za genezu procesa erozije zemljišta i transporta nanosa. Parametri sliva ukazuje na značajnu predispoziciju terena za razvoj intenzivnih erozionih procesa kao i transporta nanosa.

Tabela 1. Osnovni parametri sliva

Parametar	Oznaka	Vrednost
Površina sliva	$A - km^2$	346,05
Dužina sliva	$L - km$	33,2
Obim sliva	$O - km$	94,06
Kota vrha sliva	$K_v - m.n.m.$	2 017,0
Najniža kота u slivu	$K_u - m.n.m.$	456,4
Srednja nadm. visina sliva	$N_{sr} - m.n.m.$	971,10
Srednja visinska razlika	$D - m$	514,7
Srednji pad sliva	$I_{sr} - \%$	37,44
Relativni pad toka	$I_t - \%$	4,72
Lokalni erozioni bazis	$H - m$	1 560,6
Gustina hidrogr. mreže	$G - km \cdot km^2$	2,23

3.1.1. Geološka grada i hidrogeološke kategorije terena

Litološki sastav, posebno razviće tercijarnih klastičnih sedimenata, kontroliše razvoj pojava nestabilnosti i erodibilnosti. Sericit-hloritski škrijljci su izgrađeni od sitnozrnog kvarca, sericita i hlorita. Javljaju se kao obodna, kontaktna zona granodioritskog masiva Kopaonika. Kristalasti krečnjaci i mermeri predstavljeni su naizmeničnim slojevima kristalastih krečnjaka, dolomita i mermera. Pripadaju takođe seriji niskometamorfisanih stena oboda kopaoničkog granodioritskog masiva. Sreptinititi predstavljaju istočni obod ibarskog ultrabazičnog masiva. Javljaju se u tektonizovanim zonama, često uškrijljeni i hidrotermalno izmenjeni. Gabrovi se javljaju kao veće mase u dijabazima kuršumlijske tektonske zone. Dijabaz-rožnačka formacija je izgrađena od sedimentnih i magmatskih stena: peščara, krečnjaka, rožnaca, glinaca i dijabaza. Javlja se u tektonskom odnosu sa okolnim stenama. Najstarije sedimentne stene su donjokredne bazalne breče, alevroliti i peščari. Najviše su zastupljeni mikrokonglomerati, areniti, alevroliti i laporci. Karbonatni sedimenti senona predstavljeni su slojevitim i masivnim sprudnim krečnjacima koji se mestimično završavaju mermerisanim krečnjacima. Facijalna raznovrsnost senonskog fliša karakteriše se naizmeničnim smenjivanjem peščara, alevrolita i laporaca. Sedimentno-vulkanogena serija je predstavljena ritmičkom smenom peščara, laporaca, glinaca, krečnjaka i tufova. Granitoidne stene su zastupljene porfiroidnim kvarcmonitima i zrnastim granodioritima. Od produkata vulkanske aktivnosti preovlađuju kvaclatitske stene i manje mase dacitoandezita. Najmlađe tvorevine predstavljaju nevezani sedimenti aluviona, deluvijalno-proluvijalni zastori i sipari kvartarne starosti.

Prema tipu poroznosti i formiranim izdanima izdvojene su četiri hidrogeološke kategorije terena. Izdani u stenskim masama sa intergranularnom poroznošću javljaju se u aluvijalnim šljunkovitim i peskovitim sedimentima i deluvijalnim tvorevinama. One imaju ograničeno rasprostranjenje duž reke Toplice i njenih većih pritoka, a javljaju se i u zonama deluvijalno-proluvijalnih zastora. Izdani u stenskim masama disolucione i disoluciono-pukotinske poroznosti imaju neznatno i ograničeno rasprostranjenje u okviru masivnih brečastih krečnjaka i mermerisanih krečnjaka. Izdani u stenskim masama sa pukotinskom poroznošću imaju lokalno rasprostranjenje u okviru laporovitih krečnjaka i čvrstih serpentinita. Tereni uslovno bez izdani imaju izrazito najveće rasprostranjenje. Pripadaju

vodonepropusnim sredinama koje su predstavljene flišnim i flišolikim sedimentima i sedimentno-vulkanogenom serijom. Osnovno hidrogeološko obeležje istraživanog slivnog područja je odsustvo značajnijeg zadržavanja atmosferskih voda u terenima iznad eroziona baze. Posledica ovakvog stanja je relativno brzo površinsko oticanje atmosferskih voda i izrazito mala količina rečnog proticaja u recesionom periodu.

3.1.2. Erodibilnost stenskih masa u slivu

Geološki sklop, hidrogeološki uslovi i litološki sastav, posebno razviće tercijarnih klastičnih sedimenata, kontrolišu razvoj pojava nestabilnosti i erodibilnosti. Stenske mase u slivu akumulacije "Selova" su prema otpornosti na eroziona razaranje izdvojene u tri grupe: slabo otporne, srednje otporne i otporne stene. Kao posebna kategorija izdvojeni su akumulacioni nanosi u aluvijalnim ravnima, nanos brdsko-planinskih vodootokova, spiranja s dolinskih strana, i drugo, odnosno površine za koje je karakteristično nagomilavanje nanosa i izdizanje tih površina.

Prema otpornosti na eroziona razaranje geoloških formacija u slivnom području akumulacije " Selova" izdvojene su:

- u grupu slabo otpornih stena na procese erozije pripadaju: flišni i flišoliki sedimenti, breče, alevroliti, peščari i tvorevine sedimentno-vulkanogene serije.
- u srednje otporne stene na procese erozije svrstani su: dolomiti, krečnjaci, serpentiniti, kvarclatiti, granitoidi, mermeri i kristalasti krečnjaci.
- u grupu vrlo otpornih na procese erozije stena svrstani su: bazalti, gabrovi i dijabazi.

3.1.3. Zemljišta u slivu akumulacije „Selova“

U slivu su zastupljeni sledeći tipovi zemljišta:

- Humusno-silikatna zemljišta sa dva podtipa
 - eutrična na flišu, serpentinitu, dacito-andezitu, škriljcima, gabro-dijabazu i peščaru i
 - distrična na dacito-andezitu, škriljcima, flišu i peščaru.
- Smeđa zemljišta, takođe u dva podtipa
 - eutrična na flišu, andezitu i gabro-dijabazu i
 - distrična na flišu
- Crnica na jedrim krečnjacima
- Aluvijalni nanos
- Koluvijum
- Litosoli koji su se mestimično obrazovali i grade mozaik sa humusno silikatnim i smeđum zemljištima

Najzastupljenije od navedenih zemljišta je eutrično humusno – silikatno zemljište na flišu na površini od cca 133 km²(52 %), a zatim eutrična humusno – silikatno i litosoli na ostalim geološkim podlogama 66,87 km² (19,2 %).

Eutrična smeđa zemljišta prostiru se na površini od 9,25 km² (2,65 %), a na cca 38 km² (10,9 %) nalaze se raspoređeni u kglomeratu sa humusno – silikatnim zemljištima i litosolima. Distrična smeđa zemljišta zauzimaju površinu od 0,25 km² a mozaično raspoređeni sa humusno-silikatnim i litosolima na cca 1,0 km² (2,9 %) Crnice se prostiru na cca 4 km² (1,15%), a kolvijumi na 0,25km². U dolinama reka obrazovali aluvijalni nanosi karbonatni i nekarbonatni ilovasti duboki na površini od ukupno 7,5 km² (2,15%).

3.1.4. Klimatske karakteristike

Klima, najvažniji fizičko-geografski činilac, bitno utiče na hidrološke odlike sliva reke Toplice. Istraživani sliv se nalazi u području umereno kontinentalne klime (srednje evropski klimat). Izvorišni deo sliva pripada planinskoj oblasti karakterističnoj po obilnim atmosferskim padavinama. Zime su oštre i hladne, a leta sveža. Proleća su promenljiva, sa čestom smenom toplih i hladnih i vetrovitih dana i čestim kišama. Jeseni su relativno toplije od proleća.

Srednja temperatura vazduha u višegodišnjem periodu, merena u klimatološkoj stanici Kuršumlja kao najbližoj slivu, je 10,3^oC. Januar je najhladniji i jedini mesec u godini sa negativnom srednjom mesečnom temperaturom (-0,49^oC). Najtopliji mesec sa 19,8^oC je jul. Na osnovu karte izohijeta za slivno područje je određena srednja višegodišnja visina padavina od 891,9mm. Osim padavina i temperature na režim voda i nanosa u slivu utiče i vetar. Naročito velik uticaj ima prolećni vetar "jugovina" koji najvećim delom otapa sneg koji se i u aprilu zadržava u višim delovima sliva (iznad 1.200 m n.m). Sneg se tada brzo otapa i dovodi do naglog porasta vodostaja, a u vodotoke se unose velike količine nanosa.

3.1.5. Hidrografska mreža i hidrološke karakteristike reke Toplice

Reka Toplica nastaje sastavom Đerekarske i Blaževske reke. Đerekarska reka ima manji sliv i manje pritoka sa manjom gustinom drenažne mreže (1.675 km/km²) od Blaževske reke koja ima gustinu drenaže od 2.534 km/km². Doline Toplice, Đerekarske i Blaževske reke su veoma uske, mestimično klisurastog tipa. Tip

drenažne mreže je subdendritičan, a sliv je izrazito asimetričan. Desna strana ima razvijenu drenažnu mrežu i zahvata skoro 70% sliva, dok leva strana ima znatno manje pritoka. Ovako razvijena drenažna mreža ima uticaja na veće mogućnosti produkcije i transporta nanosa.

Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za vodomernu stanicu Donja Selova za period od 1951-2001. godine najveći proticaj vode je iznosio 260 m³/sec (19.11.1979), a najmanji 0,060 m³/sec (01.08.1952). Generalno posmatrano, režim oticanja Toplice se karakteriše većim proticajima u kasnu jesen i proleće (obilne padavine, topljenje snega i smanjena evapotranspiracija), dok su najmanji proticaji u letnjem periodu.

Za period osmatranja od 1951-2001. godine na vodomernoj stanici Donja Selova odnos zabeleženog maksimalnog i minimalnog proticaja je reda veličine 4333, na osnovu čega se ovaj deo toka Toplice svrstava u izrazite bujice. U uslovima pojave jakih kiša, topljenja snega ili koincidencije ovih pojava, dolazi do intenzivnog površinskog oticanja sa sliva. Poplavni talasi sa velikim količinama nanosa formiraju se na terenima sa povoljnim geološkim i morfološkim svojstvima.

Tabela 2. Srednje mesečne i godišnje visine padavine za sliv reke Toplice uzvodno od vodne akumulacije "Selova"

Kišomerna stanica	Godišnje	Period osmatranja
Kuršumlja	639.4	1946-2003
Velika Šatra	828.5	1955-1999
Selova	669.8	1955-1999
Lukova	931.3	1951-1999
Štave	908.4	1955-1999
Kopaonik	959.4	1950-2003
Trećak	714.5	1954-1999
Blaževo	812.1	1946-2003

3.1.6. Stanje vegetacije u slivu

U tabeli 3 je prikazan način korišćenja zemljišta u slivu u dva vremenska perioda: 1988 i 2006 godine.

Najveći deo površine sliva zauzimaju šume (iznad 40 %) i proređene - degradirane šume (oko 14%)

Tabela 3. Način korišćenja zemljišta u slivu 1988 i 2006. godine

	Kultura	1988		2006	
		km ²	%	km ²	%
1.	Šume	140,29	40,54	149,03	43,07
2.	Degradirane šume (šikare)	49,26	14,23	48,05	13,88
3.	Livade i pašnjaci	57,61	16,65	72,81	21,04
4.	Degradirani pašnjaci	12,55	3,63	11,47	3,31
5.	Obradivo zemljište	25,89	7,48	13,21	3,82
6.	Oranice, livade,retke šume, voćnjaci i pašnjaci, mešovito-degradirano	29,72	8,59	29,19	8,44
7.	Goleti	23,87	6,90	15,43	4,46
8.	Naselja	6,86	1,98	6,86	1,98
	Ukupno	346,05	100,0	346,05	100,0

Od šumskih asocijacija zastupljene su sledeće:

1. Šuma hrasta sladuna i cera (*Quercetum farnetto cerris*) je klimatogena šuma ovog dela Srbije i zauzima najveći deo površine pod šumom. U spratu drveća ove šume javljaju se: *Quercus farnetto* (sladun), *Quercus cerris* (cer), *Tilia argentea* (srebrna lipa), *Sorbus torminalis*(oskoruša), *Fraxinus ornus* (crni jasen), *Acer campestre* (klen) i dr. Od žbunja se javljaju: *Crataegus monogyna*, *Cornus mas*, *Viburnum lantana*, *Evonymus europaea*, *Rubus tomentosus*, *Lonicera carpifolium*, a u spratu prizemne flore: *Orobanchis niger*, *Veronica chamaedrys*, *Stachys germanica* i dr.

Nalazi se na najnižim delovima sliva i na južnim ekspozicijama. Odlikuje se dosta proređenim sklopom (karakteristika hrastovih šuma). U okviru ove asocijacije javlja se asocijacija *Quercocarpinetum* S. - u specifičnim orografsko edafskim uslovima. To su senčene padine, sveže doline potoka, gde je suviše sveže za sladun a pretoplo za bukvu. Pored glavnih gore pomenutih vrsta javljaju se još i *Quercus robur*, *Acer campestre* i dr.

2. Šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraeae* slat.) javlja se u vidu posebnog pojasa iznad šume sladuna i cera. Zahvaljujući reljefu ponekad se uvlači u brdski pojas bukve, inače je obično između 600 i 900 m.n.m. To je šuma u kojoj je suvlje nego u kitnjakovo-grabovoj šumi. S druge strane u ovoj šumi je svežije i zemljište ispranije nego u šumi sladuna i cera. U spratu drveća javlja se samo *Quercus petraea* (kitnjak) sa ponekim cerom, bukvom, grabom, crnim jasenom i dr. U spratu

žbunja, koji je takođe floristički siromašan, javljaju se: *Juniperus communis*, *Cornus mas* i *Crataegus monogyna*. U spratu prizemne flore javljaju se: *Rubus tomentosus*, *Festuca ovina*, *Poa nemoralis*, *Carex digitata* i dr. Odlikuju se takođe dosta proređenim sklopom.

Uopšte hrastove šume na ovom terenu često su dosta proređene - degradirane (prekomernim sečama i teškim uslovima za prirodno obnavljanje), zbog čega se posebno izdvajaju, jer se u takvim šumama javljaju često procesi jake i ekscesivne erozije. Naime, pored intenzivnog površinskog spiranja javljaju se i brazdasta i jaružasta erozija, pa bi takve šume trebalo popunjavati sadnjom da bi se sprečilo dalje erodiranje zemljište.

3. Brdska bukova šuma (*Fagetum montanum* Rud.) je najvešim delom uslovljena orografski, odnosno javlja se kao trajni stadijum na hladnijim i svežijim staništima regiona hrastova. Nalazi se iznad pojasa hrastova, a mogu da idu i niže na severnim ekspozicijama i udolinama. U spratu drveća, pored bukve (*Fagus moesiaca*), javljaju se *Quercus petraea*, *Carpinus betulus* (grab), *Acer campestre* i dr. U spratu žbunja su: *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*, *Sambucus nigra* i dr. U prizemnoj flori su: *Rubus hirtus*, *Aspidium filix mas*, *Salvia glutinosa* i dr.
4. Šuma bukve i jele (*Abieto-Fagetum serbicum* Jov.) nalazi se iznad brdske bukove šume i zauzima znatno manju površinu.

Preostale asocijacije: brdska šuma smrče (*Piceatum excelsae montanum* slat) i subalpska šuma smrče (*Piceatum excelsae subalpinum* slat) zauzimaju male površine na visokim vrhovima u slivu. Ukupno gledano šume zauzimaju 64.12% od površine sliva ali s obzirom da su 20.12% proređene i degradirane šume, a od preostalih 40 % najveći deo pripada hrastovim šumama koje svojim sklopom ne pružaju dovoljnu zaštitu zemljištu, na tim površinama se javljaju procesi površinske a vrlo često i dubinske erozije. Tome posebno pogoduju veliki nagibi padina, ispresecanost terena i uopšte velika energija reljefa. Posebnu pažnju trebalo bi posvetiti gazdovanju ovim šumama, jer neadekvatno gazdovanje može da izazove intenziviranje erozionih procesa.

Od poljoprivrednih površina zastupljene su oranice pašnjaci, voćnjaci i livade. Posebno je izdvojena grupa: okućnice, livade, retke šume, pašnjaci i voćnjaci. To su

površine gde su na malom prostoru zastupljeni svi ovi načini korišćenja zemljišta, na nešto blažim padinama, obično sa osrednjim intenzitetom erozije, pa u interesu racionalnosti rada nisu posebno razdvajane.

Pašnjaci se javljaju na većim nadmorskim visinama i velikim nagibima. Često su degradirani, slabog kvaliteta i u interesu povećanja njihove proizvodne sposobnosti, kao i u cilju bolje zaštite zemljišta od erozije, moraju se meliorisati. Na taj način će se postići veća proizvodnja biljne hrane, a s druge strane zaštititi se zemljište od erodiranja. Danas su, pogotovo na većim padovima, ovi pašnjaci skoro potpuno uništeni sa vidljivim procesima erozije, tako da bi ih trebalo svrstati u goleti. Ovo se odnosi pre svega na izvorišne delove Đerekarske, Blaževske i Lukovske reke (Štavka reka), gde su pašnjaci pretvoreni skoro u goleti. Jedna od mera zaštite je i zabrana prekomerne ispaše, gde posle meliorisanja treba da se uvede pregonsko pašarenje ili da se potpuno zabrani ispaša na najugroženijim trenima.

Oranice se nalaze samo u dolinama vodotoka na padinama sa velikim nagibima, pa predstavljaju stalni izvor nanosa. Značajan deo oranica već je napušten i one su zakorovljene. Na većim nagibima oranice treba zatraviti plemenitim travama ili obrađivati ih u vidu "stripkultura" (konturno-pojasna obrada), jer ovako daju male prinose, a na njima se razvijaju sve jači procesi erozije.

Voćnjacima se gazduje na ekscesivan način, pa bi i za njihovu zaštitu trebalo primenjivati protiverozionu agrotehniku, koja će pored zaštite od erozije doprineti i povećanje prinosa.

Livade su u nižim regionima i ne predstavljaju opasnost od erozije.

Goleti se nalaze uglavnom u izvorišnom delu Male reke, Đerekarske reke, Blaževske reke i Lukovske reke. Predstavljaju jaka izvorišta nanosa pa ih treba što pre pošumiti.

3.2. Erozija zemljišta pre izvođenja protiverozionih radova

Početkom pedesetih godina XX veka odlučeno je da se, za potrebe vodosnabdevanja Prokuplja, Blaca, Merošine i Niša, u slivu reke Toplice sagradi brana i akumulacija „Selova“. Od 1953 godine sliv reke Toplice postaje eksperimentalni sliv za hidrološka istraživanja. Prospekcijom terena konstatovano je da u slivu vladaju vrlo intenzivni procesi vodne erozije na granici između

jake i vrlo jake erozije, prema klasifikaciji Gavrilovića, sa koeficijentom erozije $Z=1,0$.

Najintenzivniji procesi erozije bili su zastupljeni u slivovima sledećih pritoka reke Toplice: Mala reka, Kačaruša, Đerekarska reka, Pavaštica reka i u gornjem delu sliva Lukovske reke. Zastupljeni su procesi površinske, brazdase i jaružaste erozije, kao i klizišta.

Stanje erozije u slivu može se ilustrovati i pronosom nanosa iz sliva. Od 1950. godine vršeno je merenje suspendovanog nanosa na vodomernoj stanici Donja Selova. Zbog nesavršenosti metodologije merenja (samo jedan uzorak dnevno), smatramo da je dobijeni rezultat od 23.000 m^3 prosečno godišnje vrlo niska vrednost. Zbog toga je izvršen i proračun produkcije i pronosa nanosa po metodama S. Gavrilovića. U tabeli br.7 prikazan je proračun produkcije i pronosa nanosa u u tri različita perioda: 1956, 1988 i 2006 godine.

3.3. Stanje erozije 1988 godine

Stanje erozije u slivu Toplice uzvodno od akumulacije "Selova" prikazano je u Studiji iz 1989. godine, u kojoj je data vrlo detaljna karta erozije. Uočava se znatno smanjenje intenziteta erozije u odnosu na stanje iz 1956 godine. Tome su svakako doprineli izvedeni protiverozioni radovi. Na osnovu karte erozije iz 1988 godine, sračunat je koeficijent erozije po Gavriloviću za ceo sliv uzvodno od akumulacije "Selova" i on iznosi $Z=0,49$, što znači da u slivu vladaju procesi srednje erozije, ali je produkcija i pronos nanosa i dalje veliki.

3.4. Izvedeni protiverozioni radovi i njihov efekat

Na osnovu podataka, uglavnom dobijenih od DVP "Erozija" iz Niša, u tabelama br.4 i 5 su prikazani izvedeni protiverozioni radovi u slivu Toplice uzvodno od akumulacije "Selova" (Gornja Toplica). Sa radovima je započeto 1947. godine, ali do 1968. je urađeno vrlo malo, svega pet pregrada, od čega su dve u okviru Oglednog sliva Toplice.

Znatno veći intenzitet izvođenja radova bio je u periodu 1968–1987. Tada su intenzivirani radovi i to: izgradnja pregrada u za zadržavanje vučenog nanosa u pritokama Toplice, a na padinama sliva izvođeni su biološki radovi (pošumljavanje i zatravljivanje). Pošumljavanja su vršena na goletima koje su bile napadnute erozijom. Najčešće je vršena gusta sadnja u jame, a od vrsta najviše su korišćeni crni i beli bor. Zatravlivanje je vršeno na oranicama na strmim padinama i na goletima, uz

primenu protiverozione smeše trava. Početak izgradnje brane za akumulaciju "Selova", je potencirao značaj protiverozionih radova, pa je to rezultiralo izradom Studije antierozione zaštite sliva akumulacije "Selova", 1989. godine, kao i glavnih projekata za pojedine bujične tokove.

Tabela 4. Izvedeni tehnički protiverozioni radovi u slivu reke Toplice uzvodno od brane "Selova"

Period	pregrade	
	broj	kubatura zida m^3
1947-1968	5	1.580,00
1968-1980	34	2.881,3
1980-1987	5	1.980,0
Ukupno 1947-1987	44	6.441,3
1988-2006	10	4.182,00
Ukupno 1947-2006	54	10.623,3
Prosečno godišnje	0,90	177,06

Tabela 5. Biološki radovi u slivu reke Toplice uzvodno od brane „Selova“

Period	Pošumljavanje (ha)	Zatravljivanje (ha)
1955-1987	737,0	209,3
1978-1987	1280,0	930,7
1988-2006	240,0	380,0
Ukupno	2257,0	1520,0
1955-2006		
Prosečno godišnje	37,6	25,3

3.5. Analiza efekata izvedenih antierozionih radova

Ukupna površina tretirana biološkim radovima je $3777,0 \text{ ha}$ ili $10,91\%$ od ukupne površine sliva.

Efekat bioloških radova se izražava kroz smanjenje intenziteta erozionih procesa, odnosno smanjenje produkcije nanosa na površinama gde su oni izvedeni. Ovo se odražava na smanjenje transporta nanosa kroz hidrografsku mrežu, čime se smanjuje intenzitet zasipanja akumulacije. Detaljnom izradom Karte erozije iz 1988 god. je konstatovano znatno smanjenje intenziteta erozije u slivu, u odnosu na stanje iz 1956 godine, kada je u slivu ukupno vladala jaka erozija, na prelazu ka vrlo jakoj eroziji. Prema kartiranju 1988. godine, u slivu uzvodno od akumulacije "Selova" vladali su procesi srednje erozije (prema S. Gavriloviću) sa koeficijentom erozije $Z=0,49$ (srednja vrednost za ceo sliv). Treba napomenuti da ima nekih površina gde pošumljavanje nije uspelo u potpunosti. Takve površine

su uočene prilikom detaljnog rekognosciranja terena, leta 1988. godine, za potrebe izrade Studije. Najviše takvih površina je uočeno u izvorišnom delu sliva Blaževske reke (Boranačka reka).

Drugi problem u vezi sa biološkim radovima je činjenica da je pošumljavanje najčešće vršeno gustom sadnjom četinarara (preko 10.000 sadnica po 1 ha), a kasnije nisu primenjivane mere nege, odnosno prorede i ostalo. Takve kulture sada nemaju neku ekonomsku vrednost, a preti im propadanje zbog eventualnog požara, sušenja, a zbog gustine su neotporne na snegoizvale i vetroizvale.

Od građevinsko-tehničkih radova projektovane su i izvođene samo klasične bujičarske pregrade. Do sada je izgrađeno ukupno 54 pregrada različitih visina, ali najviše ih je sa korisnom visinom od 3–5 m. Uglavnom su građene od kamena u cementnom malteru, kamena u suvo i nešto manje od betona. Prema broju projektovanih pregrada nije izgrađeno ni 20% od predviđenih. Efekat pregrada se ogleda pre svega u zadržavanju vučenog nanosa, stabilizaciji korita, smanjenju pada korita bujičnog toka, čime se, zbog smanjenja transportne sposobnosti vodotoka, posredno utiče na smanjenje dospevanja vučenog nanosa u akumulaciju. Kod svih pregrada izvedenih do 2006. godine, akumulacioni prostor je u potpunosti ispunjen vučenim nanosom koji je formirao zaplav (čija dužina zavisi od pada korita, pada zaplava i visine pregrade).

Negativni efekti nizvodno od izgrađenih objekata izražavaju se u potkopavanju korita, ukoliko ono nije zaštićeno od dejstva prelivnih voda koje imaju veliku kinetičku energiju. Zaštita se postiže najčešće izgradnjom slapišta. Veći deo pregrada u gornjem delu sliva Toplice je rađen sa slapištem i zubom, dok neke nemaju to obezbeđenje sa nizvodne strane, zbog čega je došlo do potkopavanja i ugrožavanja opstanka takvih objekata. Druga oštećenja na pregradama nisu uočena prilikom terenskih istražnih radova u periodu 2004-2006. Radi sigurnosti i izbegavanja opasnosti od eventualnog rušenja ovih objekata treba češće da se vrši kontrola stanja tih objekata i gde se javi potreba treba intervenisati odmah, jer je to u svakom slučaju jeftinije nego dozvoliti da dođe do rušenja jednog ili više objekata.

Terenskim rekognosciranjem izvedenih tehničkih radova u neposrednom slivu akumulacije "Selova" konstatovano je da su sve izgrađene pregrade već postigle maksimalni efekat u zadržavanju erozionog

nanosa. U svim slučajevima formirani su bujični zaplavi, sa prostiranjem do prve uzvodne pregrade. Nivo zaplava kod pregrada je skoro uvek na koti usta objekta, a u nekim slučajevima čak i iznad toga (tj. istaloženi nanos delimično zatvara proticajni profil pregrade). Ovaj fenomen indicira intenzitet transporta nanosa u vodotoku i ukazuje na neophodnost dogradnje sistema pregrada u uzvodnom smeru.



Sl. 2. Erozijska zemljišta i pošumljavanje u slivu Kačaruše

Zapremine zaplava kod pojedinih pregrada su različite, u zavisnosti od širine rečnog korita i rečne doline, kao i od uzdužnog pada vodotoka. U posmatranim slučajevima izvedenih pregrada zapremine zaplava variraju od 500-2 000 m³. To znači, da se sistemom od 5 pregrada u jednom bujičnom vodotoku može zadržati do 10 000 m³ erozionog nanosa. Ako se ova količina uporedi sa ukupnom godišnjom produkcijom nanosa u celom slivu akumulacije "Selova" može se konstatovati da se samo u jednom bujičnom vodotoku, površine sliva ispod 10 km², može zadržati 1/10 godišnjeg transporta nanosa iz cele hidrografske mreže sliva.

U okviru analize efekata izvedenih bujičarskih pregrada, poseban slučaj predstavlja pregrada u Maloj reci. Ova pregrada, širine oko 35 m i visine 5 m, predstavlja najveći postojeći bujičarski objekat u slivu akumulacije "Selova". Pregrada je formirala zaplav ogromnih razmera. Formiranje ovog zaplava imalo je, i pored velikog pozitivnog efekta na zadržavanju erozionog nanosa, i negativni efekat sa aspekta izlivanja velikih voda. Naime, usled generalnog izdizanja rečnog korita u zoni prostiranja zaplava, velike vode sada ugrožavaju zaseok u priobalju. To prouzrokuje potrebu za regulisanjem rečnog korita kroz zonu zaplava.

Najveći broj izgrađenih pregrada je od kamena (u suvo ili u cementnom malteru). Samo tri pregrade su od betona, dve u slivu Rankovice i jedna u Magovskom potoku. Jedan deo izvedenih pregrada je kompletne konstrukcije, sa podslapljem i zubom, dok su ostale pregrade bez podslaplja. Što se tiče dimenzija pregrada, prosečna visina pregrada je oko 3 m, a širina usta pregrade 4-6 m.

Stanje izvedenih pregrada je u većini slučajeva zadovoljavajuće. To znači da je gradnja ovih pregrada bila na korektnom stručnom nivou. Ni u jednom slučaju nije evidentirano veće oštećenje pregrada. Međutim, na većini pregrada bez izvedenog podslaplja registrovana je erozija korita neposredno nizvodno od pregrade. Zbog toga je neophodno da se u narednom periodu vrši redovna kontrola stanja svih pregrada (naročito u onim slučajevima gde je zapažena veća deformacija korita nizvodno od pregrada). U slučaju kada je nizvodnom erozijom korita ugrožena statička stabilnost objekta, neophodne su hitne intervencije na sanaciji pregrade i ojačanju njenih fundamenata.

3.7. Stanje erozije 2006 godine

Na osnovu istraživanja i terenskog rekognosciranja sliva u periodu 2005- 2006 urađena je karta erozije sliva.. U tabeli br 6 prikazana rasprostranjenost i intenzitet erozije u slivu reke Toplice uzvodno od brane „Selova“, u 2006 godini.

Koeficijent erozije za ceo sliv sada je 0,404, što znači da sada u slivu vladaju procesi srednje erozije , na donjoj granici prema klasifikaciji Gavrilovića, sa prelazom ka slaboj eroziji. Iako je intenzitet i obim protiverozionih radova u periodu 1988- 2006, smanjen u odnosu na prethodni period, nastavljen je trend smanjenja intenziteta erozije gledano prosečno za sliv. Pored protiverozionih radova, tome su svakako doprinele i demografske promene u slivu u tom periodu. Naime u slivu se nalaze planinska sela (izuzev Lukovske Banje) iz kojih stanovništvo odlazi prema gradovima u potrazi za poslom. U narednim istraživanjima taj problem migracija i smanjenja broja aktivnog stanovništva treba detaljnije da se prouči.

Proračuni produkcije i pronosa nanosa za stanje iz 2006 godine pokazuju da će u buduću akumulaciju „Selova“ i dalje dospovati znatne količine nanosa svake godine , koje će pored smanjivanja zapremine akumulacionog prostora još veće štete izazivati mehaničkim i hemijskim zagađivanjem vode u akumulaciji. Naime, zajedno sa česticama zemljišta sa padina se spiraju i

đubriva (mineralna i organska), zatim pesticidi koji se primenjuju u biljnoj proizvodnji, kao i neke teški metali koji se nalaze u zemljištu u gornjim delovima sliva (Đerekarska reka, Blaževska reak, Mala reka) što sve može ozbiljno da ugrozi kvalitet vode i da izaziva dodatne troškove za njeno prečišćavanje

Tabela 6. Raspodela erozije po kategorijama u slivu reke Toplice, 2006 godine

r. b.	Kategorija erozije	f km ²	%	Z	f·Z
1.	slaba	149,029	43,07	0,30	44,7087
2.	slaba	48,050	13,88	0,35	16,8175
3.	srednja	72,807	21,04	0,50	36,4035
4.	srednja	11,467	3,31	0,55	6,3069
5.	srednja	13,210	3,82	0,65	8,5865
6.	srednja	29,199	8,44	0,45	9,53955
7.	goleti	15,430	4,46	0,85	13,1155
8.	naselja	6,858	1,98	0,65	4,4577
	Ukupno	346,050	100		139,93585

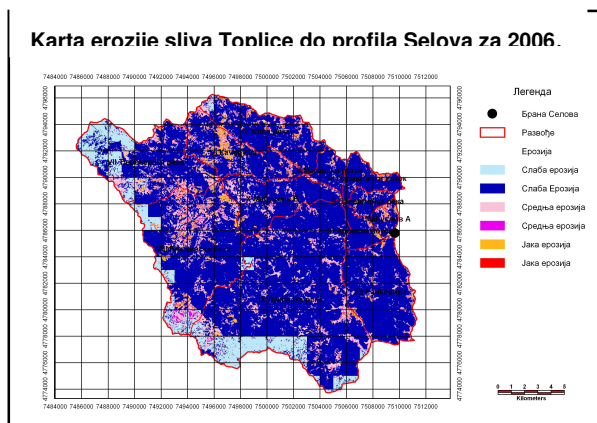
Zsr = 0,404.

Na osnovu do sada izvedenih protiverozionih radova u slivu uzvodno od ekumulacije "Selova" i sadašnjeg stanja erozije, može se zaključiti da sistem protiverozione zaštite nije završen. Zbog toga je ugrožena akumulacija "Selova" kako mehanički (zasipanjem), tako i ekološki zbog toga što je erozioni nanos nosilac svih vrsta hemijskog zagađenja.

Zbog toga je potrebno da se nastavi sa projektovanjem i izvođenjem neophodnih protiverozionih radova, kao i primenom odgovarajućih administrativnih mera i zabrana, kako bi su u potpunosti završio optimalni sistem protiverozione zaštite. Ovo tim pre što je akumulacija "Selova" namenjena vodosnabdevanju stanovništva.

Tabela 7. Intenzitet erozije i srednji godišnji pronos nanosa u slivu pre i posle izvođenja protiverozionih radova

Pe rio d	Kat. ero- zije	Koef. erozije Gavri- lović	Wgod m ³ god ⁻¹	Wgod/ sp m ³ god ⁻¹ km ⁻²	Ggod m ³ god ⁻¹	Ggod/ sp m ³ god ⁻¹ km ⁻²
19 56	I	1,0	969.694,4	2.802,2	624.483,18	1.804,6
19 88	III	0,49	332.605,2	961,15	214.197,7	619,0
20 06	III	0,404	249.004,3	719,60	160.358,8	463,4



3.7. Prognoza dinamike zasipanja akumulacije „Selova“

Proces taloženja suspendovanog nanosa Toplice, u uslovima izgrađene brane i formirane akumulacije "Selova", ne može se egzaktnije analizirati bez kompleksnog matematičkog modela. Ovaj model bi morao uzeti u obzir režim rada akumulacije, režim suspendovanog nanosa u vodotoku, kao i koincidenciju pojave bujičnih talasa i nivoa u akumulaciji (u dijapazonu kota od 468 do 526 m.n.m.). S obzirom na relativno veliku dužinu zone isklinjavanja uspora brane "Selova" (oko 7 km) i hidrauličko-morfološke uslove u ovoj zoni, najveći deo krupnijih frakcija suspendovanog nanosa istaložio bi se upravo na ovom sektoru (koji je u opsegu korisne zapremine akumulacije). Teško je bez egzaktnijeg proračuna proceniti koliki bi deo ukupnog pronosa suspendovanog nanosa bio istaložen u domenu korisne zapremine akumulacije, ali bi taj odnos mogao ići i do 60%. To znači da bi se oko 80 000 m³ suspendovanog nanosa Toplice taložilo u opsegu korisnog prostora. Drugim rečima, korisna zapremina akumulacije "Selova" smanjivala bi se godišnje, u proseku, za oko 80 000 m³.

Što se tiče vučenog nanosa, sasvim je izvesno, u uslovima formirane akumulacije "Selova", da ovaj nanos uopšte ne bi stizao do mrtvog prostora (ispod kote 468). Osnovni hidraulički razlog za zaustavljanje nanosa je nedovoljna transportna sposobnost usporenog toka Toplice za nanos date krupnoće. Imajući u vidu procenjeni prosečni godišnji pronos vučenog nanosa Toplice i Lukovske reke, godišnja zapremina nanosnih naslaga bi iznosila oko 20 000 m³.

Na osnovu prethodnog razmatranja se može zaključiti da bi se, u procesu zasipanja akumulacije "Selova",

godišnje taložilo oko 80 000 m³ suspendovanog i oko 20 000 m³ vučenog nanosa, u opsegu korisne zapremine akumulacije. Gubitak korisne zapremine akumulacije je oko 100 000 m³/god je relativno mali u odnosu na njenu ukupnu veličinu (70·10⁶ m³). Međutim, to ne znači da ne treba preduzimati nikakve mere za smanjenje ulaza nanosa u akumulaciju. Antieroziono uređenje slivnog područja bi sigurno dalo vrlo korisne efekte, kako za smanjenje zasipanja jezera nanosom, tako i sa aspekta ekološke i sanitarne zaštite akumulacije "Selova" u cilju očuvanja kvaliteta vode.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja, u slivu reke Toplice uzvodno od brane „Selova“, su pokazali vrlo značajan uticaj izvedenih protiverozionih radova na smanjenje intenziteta erozije. Kao posledica toga došlo je do znatnog smanjenja produkcije i pronosa nanosa.

Najveći obim protiverozionih radova izveden je u periodu 1967- 1987 godine. U tom periodu se javlja najveće smanjenje intenziteta erozionih procesa u slivu, produkcije i pronosa nanosa.

U periodu pre 1956 godine u gornjem delu sliva reke Toplice, bili su vrlo intenzivni procesi vodne erozije. Vrednost koeficijenta erozije bila je $Z = 1,0$ (jaka do vrlo jaka erozija), dok je vrednost produkcije nanosa bila $W_{god} = 2.802 \text{ m}^3\text{god}^{-1}\text{km}^2$, a pronosa nanosa $G_{god} = 1.804,6 \text{ m}^3\text{god}^{-1}\text{km}^2$.

Posle izvedenih obimnih protiverozionih radova, istraživanja u 1988 godini su pokazala značajno smanjenje vrednosti pokazatelja intenziteta erozije, produkcije i pronosa nanosa: $Z = 0,49$ (srednja erozija); $W_{god} = 961,15 \text{ m}^3\text{god}^{-1}\text{km}^2$ dok je $G_{god} = 619,0 \text{ m}^3\text{god}^{-1}\text{km}^2$.

Na kraju perioda istraživanja, 2006 godine, pokazatelji intenziteta erozije, produkcije i pronosa nanosa su manji od toga u 1988 godini: $Z = 0,404$ (srednja erozija na donjoj granici, na prelazu ka slaboj eroziji); $W_{god} = 719,60 \text{ m}^3\text{god}^{-1}\text{km}^2$; $G_{god} = 463,4 \text{ m}^3\text{god}^{-1}\text{km}^2$.

Iako je u periodu 1988 – 2006 godina, došlo do smanjenja obima izvedenih protiverozionih radova, nastavljen je trend smanjenja intenziteta erozije, produkcije i pronosa nanosa, ali sa smanjenom brzinom opadanja ovih vrednosti. To se može objasniti činjenicom da su biološki radovi izvedeni i periodu 1980-1987 godine, svoju potpunu funkcionalnost pokazali tek sredinom devedesetih godina XX veka, kad je došlo da formiranja sklopa novopodignutih šumskih kultura.

Za poslednjih 60 godina produkcija i pronos nanosa u slivu treke Toplice, uzvodno od brane i akumulacije „Selova“, smanjeni su skoro za 4 puta, međutim još uvek će svake godine znatne količine nanosa dospovati u buduću akumulaciju „Selova“. Razlog tome je što protiverozioni sistem nije u potpunosti završen. Problem nije u količini nanosa odnosno u zasipanje vodne akumulacije, već znatno značajniji problem je u tome što će taj nanos vršiti mehaničko i hemijsko zagađenje vode u akumulaciji. Naime, zajedno sa suspendovanim nanosom u akumulaciju će dospovati mnoge hemijski štetne materije: organska i mineralna đubriva, pesticidi, i ostale materije koje se nalaze u zemljištu, a među njima neki teški metali. Zbog toga je neophodno da se, u cilju zaštite vodne akumulacije „Selova“ od zasipanja nanosom i zaštite kvaliteta voda u njoj, nastavi sa protiverozionim radovima u slivu, pogotovu u njegovom izvorišnom delu.

LITERATURA

- [1] Gavrilović, S.: Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, Časopis „Izgradnja“, Specijalno izdanje Beograd, 1972.
- [2] Kostadinov, S.: Mogućnost merenja i prognoza pronosa nanosa u bujičnim tokovima. Monografija „Uzroci i posledice erozije zemljišta i mogućnosti kontrole erozionih procesa“, Šumarski fakultet, Beograd, str. 58-67, 1993.
- [3] Kostadinov, S.: Soil Erosion and Sediment Transport Depending on Land Use in the Watershed; In the book: „Hydrological Problems and Environmental Management in Highlands and Headwaters“; Edited by: Josef Krecek, G.S. Rajwar and Martin J. Haigh. Oxford and IBH Publishing CO. PVT. LTD. New delhi, Calcuta; p.p. 43-51., 1996.
- [4] Kostadinov, S., Marković, S.: Soil Erosion and Effects of Erosion Control Works in the Torrential Drainage Basins In South - East Serbia. IAHS Publication no 236 (ISSN 0144-7815) „Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives“ Edited by: D. E. Walling and B. W. Webb, IAHS Press Walingford, England. p.p. 321-332., 1996.
- [5] Kostadinov, S., Zlatić, M., Dragović, N.: Effects of Erosion Control Works in the Grdelička Klisura Gorge. Zbornik radova: „75 godini više lesotehničko obrazovanje v Balgaria“; sekcija: Gorsko stopanstvo; Lesotehnički universitet, Sofia, str. 115-124., 2000.
- [6] Kostadinov, S., Marković, S., Todosijević, M., Dragović, N.: Uticaj šumskih ekosistema na eroziju zemljišta i transport nanosa. Časopis „Šumarstvo“ br.3-4/2001; str.37-44., 2001.
- [7] Kostadinov, S.: Erosion and Torrent Control in Mountainous Regions of Serbia; Proceedings, Keynote paper; International Year of Mountainous Conference: „Natural and Socio-Economic Effects of Erosion Control in Mountainous Regions“; Edited by: M.Zlatić, S.Kostadinov, N.Dragović; Belgrade/Vrujci Spa; Dec.10-13,2002; p.p.33-56., 2002.
- [8] Kostadinov, S.: Soil Erosion and Sediment Transport Within Small Torrential Drainage Basins of Serbia, Poster Report Booklet; Symposium AHS: Sediment transport through the fluvial system; Moscow, August 2004,p.p. 16-21., 2004.
- [9] Kostadinov, S., Zlatić, M., Dragović, N.: Effect of Land Use Changing Upon the Runoff and Sediment Transport Regime in the River Kalimanska Reka Watershed; Proceedings: Research on Irrigation and Drainage, Skopje, Macedonia, March 24, 2004, p.p.193-202., 2004.
- [10] Petković, S., Kostadinov, S., et all.: Studija antierozione zaštite sliva akumulacije »Selova«, Šumarski fakultet, Beograd, 1989.

IMPACT OF EROSION CONTROL WORKS ON SOIL EROSION INTENSITY IN THE UPPER PART OF THE RIVER TOPLICA DRAINAGE BASIN

Stanimir KOSTADINOV, Nada DRAGOVIĆ, Miodrag ZLATIC, Mirjana TODOSIJEVIĆ
Faculty of Forestry, Belgrade University
Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia
E-mail: kost@EUnet.yu

Summary

The River Toplica (South Serbia) is the largest left-side tributary of the Južna Morava with the basin area of 2217 km². In agreement with the Water Management Plan of the Republic of Serbia, the construction of the storage reservoir "Selova" on the river Toplica is in its final stage (the dam has already been built, only the final works are still to be done, after which the filling of the storage will start). The drainage basin of the storage covers the upper part of the river Toplica basin, on the eastern slopes of the mountain Kopaonik. The storage "Selova" will be a source of water supply for the population of Niš and Toplica Districts. The total area of the basin upstream of the dam is 346.05 km², and the storage volume is 70x10⁶ m³.

For the protection of the future storage »Selova« against erosion and sediment, and also to protect the settlements and roads in the drainage basin against torrential floods, erosion control works in the upper part of the river Toplica basin, upstream of the storage »Selova«, started already in 1947. The works included technical works (check dams) and biological works (afforestation and grassing of bare lands and other erosion risk areas).

During the period 1947 – 2006, the following erosion control works were performed: afforestation of bare lands on the slopes 2,257.00 ha, grassing of bare lands 1,520.00 ha, and altogether 54 check dams were constructed in the tributaries of the river Toplica. The effects of erosion control works are reflected in the decrease of erosion intensity and sediment yield on the slopes, as well as in the retention of a quantity of bedload in the storage area of the check dams. This all led to the decrease of sediment transport in the main flow of the river Toplica.

This paper is based on the field research executed in two time periods: 1988 and in the period 2004-2007, and presents the state of erosion in the basin before the erosion control works; type and scope of erosion control works and their effect on the intensity of erosion in the river Toplica basin upstream of the future storage »Selova«.

Key words: soil erosion, sediment transport, effect of erosion control works

Redigovano 13.06.2008.