

ODRŽIVOST SISTEMA ZA VODOSNABDEVANJE SRBIJE SA ASPEKTA UGROŽENOSTI EROZIONIM PROCESIMA

Prof. dr Ratko RISTIĆ, dipl.inž.
e-mail: ratkor@yubc.net

Doc. dr Zoran NIKIĆ, dipl.inž.

Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu
Odsek za ekološki inženjering u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa

REZIME

Značajan deo vodosnabdevanja stanovništva u Srbiji zasniva se na upotrebi vode iz površinskih akumulacija. Njihovo korišćenje je rentabilno ako se voda eksploatiše projektovanim kapacitetom tokom predviđenog roka trajanja. Ukoliko se ne primene adekvatne protiverozione mere na zaštiti slivnog područja i hidrografske mreže, dolazi do produkcije i pokretanja velikih količina erozionog materijala, zasipanja i redukcije zapremine korisnog prostora. Takođe, povećava se rizik od zagađenja jer sa česticama nanosa u akumulaciju dospevaju polutanti sa sliva, kao i produkti vlažne i suve depozicije iz atmosfere. Teritorija Srbije, kao područje visokog rizika u smislu produkcije erozionog materijala i njegove pokretljivosti, zahteva značajno uvećanje sredstava na protiverozionoj zaštiti slivnih područja akumulacija iz sistema za vodosnabdevanje.

Ključne reči: protiveroziona zaštita, vodosnabdevanje, površinske akumulacije.

1. UVOD

Jedan od aktuelnih privrednih, egzistencijalnih, a u širem kontekstu i civilizacijskih problema jeste nedostatak kvalitetne pijaće vode. Više od jedne milijarde ljudi teško dolazi do vode za piće, a od zagađene vode svake godine umire 1.7 miliona ljudi od čega su 90% deca [1]. Početkom III milenijuma Srbija se suočava sa dramatičnim dilemom o održivosti sistema za vodosnabdevanje stanovništva. Oticaj matičnih voda (sa slivova na teritoriji Srbije, zajedno sa Kosovom i Metohijom) iznosi svega 181 mm efektivnih padavina godišnje ($16 \cdot 10^9 \text{ m}^3$). Ukupan dotok vode sa

teritorije drugih zemalja iznosi 1843 mm [2]. Sava, Dunav, Tisa i Tamiš čine najveći deo tranzitnih voda i donose velike količine štetnih materija, koje su prateći produkti zastarelih tehnoloških procesa u oblastima industrije, energetike i poljoprivrede država Srednje Evrope, Rumunije i bivše SFRJ. Zabrinjava i činjenica da sistemi za vodosnabdevanje nisu zaštićeni ni od zagađenja u samoj Srbiji. U svežem sećanju su incidenti sa katastrofalnim zagađenjem Tise cijanidom (leta 2000) i prekomernom koncentracijom fenola u Ibru (januar 2003). Očekuje se povećanje koncentracije zagađivača sa oporavkom industrije i razvojem čitavog regiona. Mnoge fabrike u Srbiji imaju zastarelu tehnologiju, sa nedovoljnim stepenom eliminacije štetnih materija koje se emituju u vazduh ili otiču direktno u vodotokove. Primer su katastrofalna zagađenja Kriveljske reke i Velikog bačkog kanala.

Snabdevanje naselja vodom zasniva se na strateškom opredeljenju da se do održivog maksimuma iskoriste lokalna izvorišta podzemnih i površinskih voda, a da se manjak vode dopuni količinama iz regionalnih sistema za vodosnabdevanje [2]. Osnov ove koncepcije čine površinske vodne akumulacije u zoni zaštićenih izvorišta (2 u izgradnji; 33 je planirano do 2021 godine). Za područje Vojvodine težište je na eksploataciji podzemnih voda iz dubljih izdani i aluvijalnih izvorišta. Površinske akumulacije se formiraju u vršnim delovima slivova, saglasno sledećim principima: pogodna konfiguracija terena; mali stepen naseljenosti i urbanizacije; zanemarljiv nivo zagađenja na slivu; odgovarajući kvalitet vode. Slivna područja formiranih i planiranih akumulacija zahvataju 12.752 km^2 . Međutim, brdsko-planinska područja u Srbiji su veoma ugrožena erozionim procesima, različitih formi i intenziteta. Zasipanje korisnih prostora akumulacija nanosom je

realan rizik, kojim se dovodi u pitanje rentabilnost njihovog korišćenja. U cilju zaštite akumulacija od zasipanja nanosom, primarni zadaci su smanjenje erozione produkcije na slivnim površinama i zaustavljanje postojećeg nanosa u rečnoj mreži.

2. FAKTORI RIZIKA

2.1. Erozioni procesi

Zemljište u Srbiji ugroženo je erozionim procesima različitih formi i intenziteta na 76.355 km², (86.4% ukupne teritorije). Godišnja produkcija erozionog materijala iznosi oko 37.25·10⁶ m³, odnosno, 487.85 m³·km², što je 4.88 puta više od normalne (geološke) erozije [3]. Južno od Save i Dunava, eroziona produkcija iznosi 538.16 m³·km² na godišnjem nivou, odnosno, 5.38 puta više od normalne (geološke). Oko 9.35·10⁶ m³ dospeva do hidrografske mreže. Najveći deo nanosa se taloži u nižim delovima rečnih dolina, a velike količine dospevaju do akumulacionih prostora. Na pojavu bujičnih talasa sa visokim sadržajem čvrste faze utiču sledeći faktori: nepovoljan pluviometrijski režim sa izraženom frekvencijom kiša kraćeg trajanja, jakog intenziteta; erodibilne stenske mase, prisutne na 82.8% teritorije; 70.61% površina se nalazi na nagibima većim od 5%. U Srbiji je registrovano 9260 bujičnih tokova [4]. Transport vučenog i suspendovanog nanosa koritima bujičnih vodotokova dovodi do zasipanja korisnog prostora akumulacija, ispoljavanja rušilačkog dejstva pri pojavi poplavnih talasa i prekrivanja plodnog zemljišta sterilnim materijalom. Pored toga, kretanje nanosa je opterećeno i prisustvom polutanata [5; 6] koji se još na nagibima vezuju za čestice erodiranog materijala (pesticidi, teški metali, produkti raspada organskih jedinjenja).

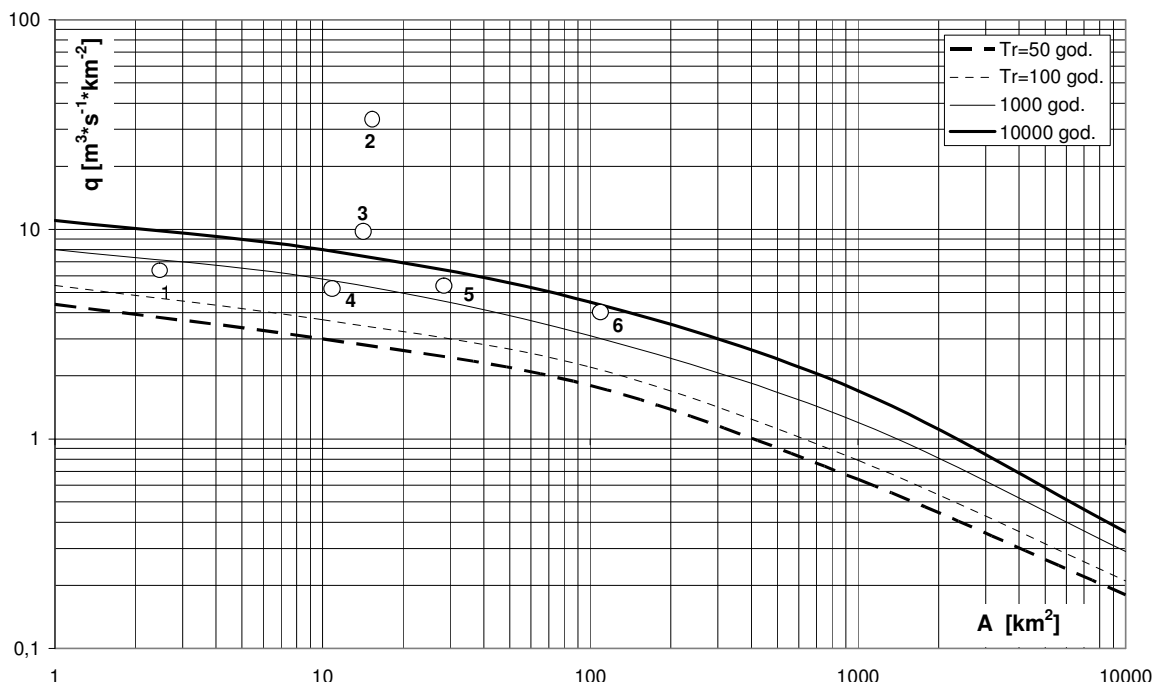
2.2. Pojava bujičnih poplava

Transport vučenog nanosa hidrografskom mrežom najvećim delom se odvija tokom pojave bujičnih poplavnih talasa, kada se dominantne količine deponuju u korisne prostore akumulacija. Bujične poplave u Srbiji predstavljaju najčešću pojavu iz arsenala prirodnih katastrofa (suše; snežne lavine; klizišta; odroni; pojava grada; požari na većim šumskim kompleksima; olujni vetar; zemljotresi). Karakteristične su poplave na slivovima glavnih pritoka Kolubare, juna 1996. godine; Velike Morave, jula 1999.; Kolubare i Drine, juna 2001.; Južne Morave, maja 2005. Česta posledica bujičnih poplava je gubitak ljudskih života, a velike materijalne štete se podrazumevaju.

Nagla pojava velike vode na prirodnom slivu, sa visokom koncentracijom čvrste faze, naziva se **bujičnom poplavom** [7]. U ekstremnim slučajevima dolazi do izlivanja dvofaznog fluida iz korita, uz ispoljavanje izuzetnog rušilačkog dejstva. Dvofazni fluid sadrži čvrste čestice različitih granulacija (od čestica gline do gromada prečnika 5.0 m, mase preko 200 t), koje zauzimaju i do 60% ukupne zapremine [8]. **Bujični sliv** je prirodna hidrografska celina koja obuhvata korita glavnog toka i pritoka, kao i njima gravitirajuće površine, na kojima su prisutni erozioni procesi na određenom stadijumu razvoja. Pojavom jakih kiša, topljenjem snega ili koincidencijom ovih pojava, dolazi do formiranja intenzivnog površinskog oticaja, pokretanja erozionog materijala sa padina u hidrografsku mrežu, brze koncentracije voda i stvaranja bujičnog poplavnog talasa. Atribut "bujični" pripada svakom prirodnom slivu na kome se javljaju poplavni talasi opisanih karakteristika, bez obzira na veličinu ili kategoriju vodotoka.

Najveći specifični proticaj velikih voda $q_{sp}=4.02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, izmeren u osmatračkoj mreži Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda Srbije [9], javio se 13.06.1996. godine na reci Ribnici (profil Paštrić, na slivu Kolubare; veličina sliva $A=104 \text{ km}^2$, ukupan proticaj $Q_{max}=418.08 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Primenom metode "hidrauličkih tragova velikih voda" u Srbiji su rekonstruisani specifični proticaji velikih voda, u dijapazonu od $5.02-9.03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ [10]. Najveći specifični proticaj u regionu registrovan je na Timjaničkoj reci u Makedoniji [11] $q_{sp}=12.36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (ukupan proticaj $Q_{max}=220.0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; veličina sliva $A=17.80 \text{ km}^2$).

Specifičnost uslova formiranja maksimalnog oticaja na brdsko-planinskim slivovima zahteva obazrivost prilikom proračuna maksimalnog proticaja određene verovatnoće pojave, jer to je osnovni ulazni podatak za dimenzionisanje podužnih i poprečnih objekata u bujičnom koritu. Jedini kontrolni model u našoj hidrološkoj praksi je familija anvelopa specifičnih oticaja velikih voda na rekama Srbije, bez Vojvodine, za slivove veličine 10-100.000 km² [12]. Potpuno je nedefinisan interval za slivove veličine $A < 10 \text{ km}^2$, jer nema podataka u mernoj mreži RHMZS. Anvelope specifičnih oticaja velikih voda (slika 1), za interval površina $A=1-10 \text{ km}^2$, dobijene su metodom grafičke interpolacije što se ne može smatrati pouzdanim postupkom.



Slika 1. Specifični oticaji velikih voda na bujičnim slivovima (1-Lještarska dolina, Vladičin Han; 2-Timjanička reka, Negotino; 3-Kalimanska reka, Vladičin Han; 4-Sejanička reka, Grdelica; 5-Manastirica, Brežde; 6-Ribnica, Paštrić)

2.2.1. Merenje proticaja na bujičnim slivovima u Srbiji

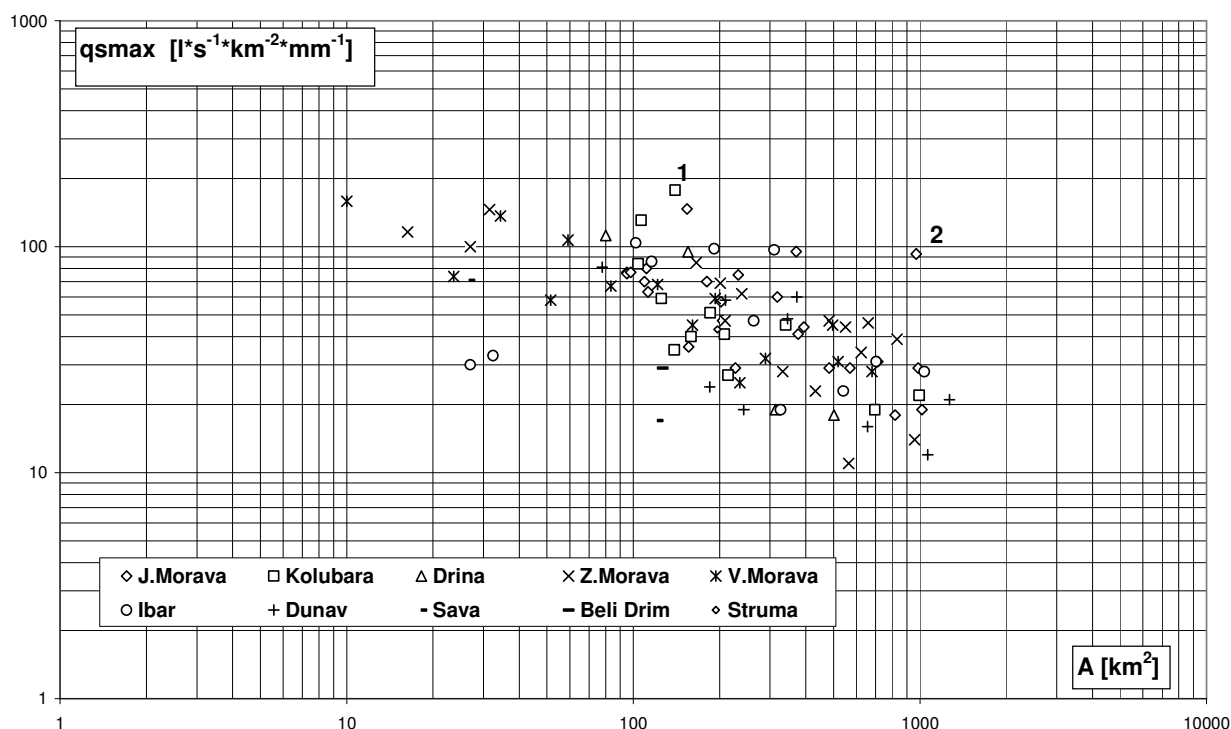
Specifični proticaji maksimalne ordinate jediničnog hidrograma (slika 2) određeni su na osnovu obrade jediničnih hidrograma sa 93 hidrološke stanice, sa svih važnijih rečnih sistema južno od Save i Dunava [7]. Karakteristične su vrednosti na profilu Sedlare-Jablanica (veličina sliva $A=140 \text{ km}^2$), gde je registrovana vrednost $q_{\text{smax}}=178 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ mm}^{-1}$, kao i profilu Vlasotince-Vlasina ($A=972 \text{ km}^2$) gde je registrovano $q_{\text{smax}}=93.0 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ mm}^{-1}$. Međutim, na dijagramu (slika 2) se može uočiti da su na slivovima površine $A < 100 \text{ km}^2$, zabeležene relativno male vrednosti specifičnog proticaja maksimalne ordinate jediničnog hidrograma. To je posledica nedovoljnog broja profila, kao i kratkih nizova godina osmatranja, tako da dovoljan broj ekstremnih epizoda nije ni registrovan. U cilju stvaranja objektivnije slike o režimu velikih voda na malim, neizučnim slivovima, neophodno je uspostaviti reprezentativnu mernu mrežu na svim važnijim rečnim sistemima u Srbiji.

Osmatračka mreža RHMZS raspolaže sa 108 limnografskih stanica koje kontrolišu slivne površine do

1000 km^2 , sa sledećom strukturom: 7 stalnih stanica iz osnovne mreže, uz 8-10 iz dopunske mreže, na slivovima veličine do 100 km^2 ; 71 stalna stanica iz osnovne mreže na slivovima veličine $100-500 \text{ km}^2$; 30 stalnih stanica iz osnovne mreže na slivovima veličine $500-1000 \text{ km}^2$. RHMZS nema ni jednu stanicu iz osnovne mreže koja kontroliše slivnu površinu manju od 10 km^2 . Režim velikih voda na slivovima veličine do 10 km^2 potpuno je neistražen u hidrološkoj praksi Srbije (sem nekoliko izuzetaka lokalnog značaja).

2.3. Depozicija aero-polutanata

Produkti depozicije aero-polutanata ugrožavaju kvalitet vode u akumulacijama. Direktno, deponovanjem na samu površinu vodenog ogledala; indirektno, deponovanjem polutanata na slivna područja akumulacija i kasnijim transportom putem hidrografske mreže. Direktnu depoziciju aero-polutanata na površinu vodenog ogledala akumulacija nije moguće sprečiti. Neke protiverozione mere mogu imati pozitivne efekte u smanjenju produkcije i pronosa nanosa, kao nosioca zagađenja (pošumljavanje goleti, melioracije degradiranih šuma i livadsko pašnjačkih površina; izgradnja deponijskih pregrada).



Slika 2. Specifični proticaji maksimalne ordinat jediničnog hidrograma
1) Sedlare-Jablanica; 2) Vlasotince-Vlasina

Depozicija aero-polutanata dospelih unutargraničnim i prekograničnim transportom jedan je od izvora zagađenja površinskih akumulacija. Bivša SFRJ je primala 256.000 t sumpornih jedinjenja a emitovala 147.000 t godišnje [13]. Centri emisije u Srbiji su veliki energetska-rudarski i industrijski kompleksi (Obrenovac, Lazarevac, Kostolac, Kosovo Polje, Obilić, Bor, Sevojno, Pančevo) i lokaliteti na kojima se nalaze jalovišta, deponije šljake, pepelišta, kamenolomi i asfalne baze. Dramatično visoke vrednosti depozicije sumpornih jedinjenja izmerene su pored Kruševca (u blizini akumulacije Čelije; 17.2 t km^{-2}), Vranja (12.6 t km^{-2} ; blizu akumulacije Prvonek), Kraljeva (49.6 t km^{-2}). Dozvoljene količine kreću se u rasponu $1-2 \text{ t km}^{-2}$ [14,15]. U čitavoj paleti visoko rizičnih materija koje dospevaju aero-depozicijom, posebno su opasni teški metali. Lako dospevaju u atmosferu, a odatle do lokaliteta koji su na velikoj udaljenosti od tačke produkcije. Taloženjem na zemljište uključuju se u biogeoheimske procese kruženja elemenata gde podležu različitim nivoima promena. To utiče na njihovu pokretljivost, vezivanje za zemljišne agregate, ispiranje u podzemne slojeve ili površinski transport iniciran erozionim dejstvom. Na taj način dospevaju do

hidrografske mreže, odakle se brzo transportuju do akumulacija za vodosnabdevanje. Sadržaj deponovanih teških metala u zemljištu često pokazuje velika prekošenja, a ekstreman primer je sadržaj kadmijuma od čak 69 kg km^{-2} , registrovan na šumskom zemljištu planine Goč [13]. Ukoliko se ostvari protiveroziona zaštita na slivnim područjima značajno će se smanjiti produkcija i pokretljivost erozionog materijala a time i deponovanih aero-polutanata. Zaštitna uloga šumskih ekosistema je ograničena ako se uzme u obzir podnošljiv sadržaj polutanata u asimilacionim organima drveća. Pored ostalih faktora, polutanti su jedan od uzročnika sušenja šuma i opšte destabilizacije šumskih ekosistema. Praćenje intenziteta depozicije aero-polutanata, kao i adekvatan bio-monitoring, treba da pomognu pri izboru vrsta koje se mogu koristiti za protiveroziju zaštitu, u uslovima visokih koncentracija zagađujućih materija.

2.4. Klimatske promene

Stanje klime na području jugoistoka Evrope i procena promena u periodu do 2020. godine, saglasno je globalnom trendu [16]. Prognoze govore o povećanju

srednje godišnje temperature vazduha za 2-6°C do kraja ovog veka [17,18], pri čemu može doći do dramatičnih promena. Jedan od scenarija vezan je za nestajanje klimatogenih bukovih šuma, pa čak i četinaru na Kopaoniku. Pored izvesnog povećanja srednje godišnje temperature vazduha, o padavinama se govori u kategoriji promene režima, odnosno, većih količina u letnjem periodu (jake kiše kraćeg trajanja).

U uslovima sinhronizovanog dejstva pomenutih faktora javlja se fiziološko slabljenje biljaka sa smanjenjem otpornosti na bolesti i štetočine. Sledi odumiranje drveća, defolijacija ili stagnacija. Gubitak zelene mase uslovljava izostanak intercepcije, čime je zemljište izloženo procesu "bombardovanja" kišnim kapima. Slede različite pojavne forme erozionih procesa. Nestanak vegetacije na nagibima, kao fizičke barijere površinskom kretanju padavinske vode, znači nesmetano tečenje dvofaznog fluida (voda i nanos) zajedno sa polutantima. Nekontrolisan transport erozionog materijala niz nagibe i brzo dospevanje do hidrografske mreže dovodi do intenzivnog zasipanja korisnih prostora akumulacija, uz istovremenu degradaciju kvaliteta vode. Ovo se posebno odnosi na akumulacije u jugoistočnoj Srbiji, bilo da su formirane ili su još u procesu gradnje (Zavoj, Selova, Prvonek, Barje).

3. FAKTORI ZAŠTITE I PREVENCIJE

3.1. Politika planiranja

Planski dokumeneti omogućuju sagledavanje kompleksne problematike organizacije, korišćenja i zaštite prostora. Prostorni plan Srbije, Regionalni prostorni planovi, Prostorni planovi opština i Prostorni planovi područja posebne namene su dokumenti koji prepoznaju problem erozije zemljišta i pojave bujičnih poplava.

Prema važećem Zakonu o vodama, obaveza lokalnih samouprava (opština) jeste da izrade **Planove za proglašenje erozionih područja i odbranu od bujičnih poplava na teritoriji opštine** (član 38 Zakona o vodama RS, Sl. gl. br. 46/91, 48/91, 53/93, 54/94, 54/96; član 30, stav 2, Zakona o vodama, br. 46/91), na osnovu metodologije koju je usvojilo Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede. Planovi za proglašenje erozionih područja i odbranu od bujičnih poplava predstavljaju osnovnu podlogu za izradu kompleksnijih planskih dokumenata kao što su Prostorni plan opštine ili Regulacioni plan. Do sada, Planove za proglašenje erozionih područja i odbranu od

bujičnih poplava usvojile su sledeće lokalne samouprave: Čačak; Kraljevo; Kragujevac; Požarevac; Arandjelovac; Topola; Lajkovac; Rekovac; Smederevo; Smederevska Palanka; grad Beograd (16 opština; skupština grada Beograda usvojila je pomenute planove 2005. godine).

3.1.1. Plan za proglašenje erozionih područja

Plan za proglašenje erozionih područja lokalna samouprava donosi na osnovu izrađenog Elaborata koji sadrži sledeće elemente: kartu erozije; kartu korišćenja zemljišta (u razmeri R=1:25.000 ili R=1:50.000). Svi podaci su u digitalnom obliku čime je omogućena kontrola i revizija, u skladu sa promenom stanja na terenu (karte su vektorizovane i georeferencirane). Podloge koje se koriste za izradu ovih karata su: osnovna topografska karta (R=1:25.000); aerofoto snimci (R=1:25.000); raspoloživi satelitski snimci; geološke i pedološke karte (R=1:100.000; R=1:50.000); hidrometeorološki podaci.

Primenom metode "Potencijala erozije", poznate i kao metod "profesora Gavrilovića", izrađuje se karta erozije. Karta ima kvalitativno-kvantitativnu vrednost, jer se pored informacije o tipu erozije dobija i podatak o erozionoj produkciji na godišnjem nivou. Karta je osnovni element Plana i polazna osnova za utvrđivanje dispozicije erozionih područja, na delovima teritorije lokalne samouprave. Stručne službe opština su dužne da sastave tabelarni popis katastarskih parcela sa podacima o korisniku, površini, nagibu, načinu korišćenja. Na ugroženim površinama se propisuju administrativne zabrane (gajenje okopavina na nagibima; oranje niz nagib; čista seča na nagibima; ispaša na degradiranim pašnjacima; kresanje lisnika radi ishrane stoke) i određene obaveze (konturno oranje; pretvaranje degradiranih njiva u livade; melioracije degradiranih pašnjaka; pošumljavanje goleti; protiveroziono gazdovanje zemljištem i šumama).

3.1.2. Planovi za odbranu od bujičnih poplava

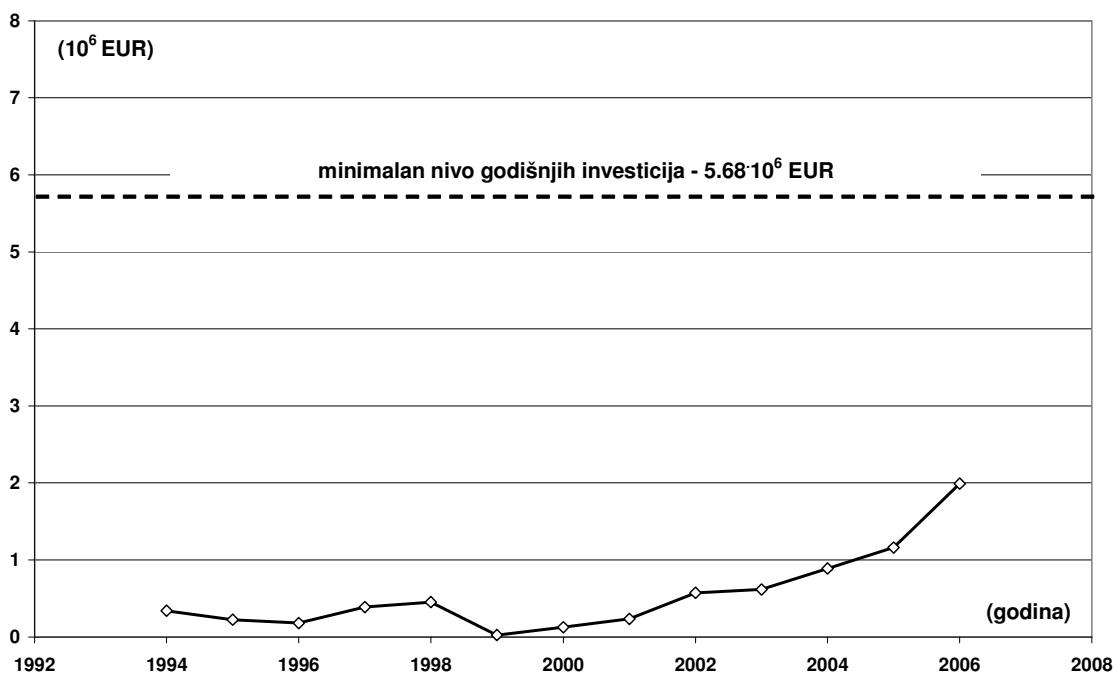
Plan odbrane od bujičnih poplava (van sistema redovne odbrane od poplava) lokalna samouprava donosi na osnovu prethodno izrađenog Elaborata. Koriste se podloge kao za izradu Plana za proglašenje erozionih područja, proširene detaljnom hidrološkom analizom svih potencijalno opasnih vodotokova. Formira se Katastar bujičnih vodotokova na teritoriji opštine, sa detaljnim prikazom fizičko-geografskih karakteristika. Poseban akcenat se daje analizi kiša trajanja $T_k < 24h$,

koje su glavni uzročnik pojave bujičnih poplava, zatim se računa velika voda određene verovatnoće pojave $Q_{max(\%)}$. Kada su u pitanju bujični vodotokovi najčešće korišćena verovatnoća pojave jeste $p=1\%$, odnosno, pojava sa povratnim periodom od 100 godina. Ukoliko je poznat proticaj na određenom profilu vodotoka, može se konstruisati linija nivoa velike vode i odrediti plavna zona. Definisane plavne zone sa jasno označenim koritom za velike vode, postaju bitan element Prostornog i Regulacionog plana. U ovim zonama se zabranjuje stambena gradnja i postavljanje vitalne infrastrukture (saobraćajnice, vodovod, kanalizacija, gasovod, toplovod, energetski i optički kablovi), čime se smanjuju potencijalne štete. Na osnovu prethodno definisanih parametara izrađuje se operativni Plan odbrane od bujičnih poplava. Osniva se štab za odbranu od bujičnih poplava, sa rukovodiocem i zamenicima, sistemom komunikacije. Štab se povezuje sa radarskim centrom RHMZS u cilju pravovremene najave olujne kiše, kao i štabovima susednih opština u cilju koordinacije odbrane. Ukoliko se proglaši opasnost od bujične poplave rukovodilac štaba angažuje javna i

privatna preduzeća koja imaju mehanizaciju, mesne zajednice i sve punoletne građane. Ako je predviđena poplava katastrofalnih razmera daje se uzbuna, vrši evakuacija ljudi i pokretnih dobara, pristupa aktivnim merama odbrane (čišćenje kritičnih deonica, formiranje nasipa, pražnjenje akumulacija). Grad Beograd ima formiran štab za Odbranu od bujičnih poplava (od 2005. godine)

3.2. Politika investicija u oblasti zaštite zemišta od erozije

U domenu investicija za protiverozione radove, neophodna godišnja ulagana su određena kao godišnji prosek iz perioda 1961-1988 ($5.68 \cdot 10^6$ €). Dinamika radova izvedenih tokom perioda 1994-2000 [19], pokazuje veliki pad ($0.248 \cdot 10^6$ € prosečno godišnje). Tokom perioda 2002-2006 ulagano je $1.045 \cdot 10^6$ € prosečno godišnje (slika 3) što je pet puta manje od neophodnog, ali četiri puta više od sume koja je prosečno izdvajana za period 1994-2000 ($0.248 \cdot 10^6$ €).



Slika 3. Sredstva izdvojena za protiverozione radove u periodu 1994-2006

Investiciona politika u oblastima vodosnabdevanja i protiverozione zaštite trebalo bi da pretrpi određene izmene u domenu preraspodele sredstava iz budžeta. Takođe, nužno je cenu isporuke pijace vode uskladiti sa

realnim ekonomskim pokazateljima. Sadašnja cena od 0.95 €/m³ za preduzeća i 0.44 €/m³ za domaćinstva (prema podacima informativne službe JKP Beogradski vodovod, na dan 01.03.2007.), je neopravdano niska,

tako da je nužno njeno povećanje u cilju racionalnije potrošnje i adekvatnog vrednovanja pijaće vode kao strateškog proizvoda.

Zaštita zemljišta od erozije na slivnim područjima 12 površinskih akumulacija (10 formiranih i 2 u gradnji) ima prioritet (u skladu sa Vodoprivrednom Osnovom), zbog njihove važnosti u sistemu za vodosnabdevanje. Neophodno je primeniti mere zaštite kroz biotehničke radove na 436.6 km² i realizovati tehničke radove u količini od 344.314 m³. Takođe, planirano je da se formiraju 33 površinske akumulacije, do 2021. godine, čija potpuna zaštita od erozije podrazumeva biotehničke radove na 1601 km² i tehničke u količini od 1.357.700 m³. Ukupni troškovi na protiverozionoj zaštiti površinskih akumulacija iz sistema za vodosnabdevanje iznose 225.23·10⁶ €. Ukoliko se realizuje prosek ulaganja od 5.68·10⁶ € godišnje, protiveroziona zaštita se može realizovati tek za 40 godina.

Zaštita slivnih područja akumulacija nije moguća bez koordiniranog rada u oblastima šumarstva, vodoprivrede, poljoprivrede, energetike i zaštite životne sredine. Najznačajniji investitor u oblasti protiverozione zaštite akumulacija jeste JP Srbijavode. U oblasti poljoprivrede nema osmišljenog koncepta za održivo korišćenje zemljišta na nagibima u funkciji protiverozione zaštite. JP Srbijašume izvodi pošumljavanja ali ne sa akcentom na protiverozionoj zaštiti akumulacija iz sistema za vodosnabdevanje. Uprava za šume (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede) problem zaštite od erozije tretira kao sporedan problem. Paradoksalno je da sve tri pomenute oblasti pripadaju istom ministarstvu i da ne postoji saradnja na horizontalnom nivou. Ministarstvo rudarstva i energetike ne prepoznaje potrebu protiverozione zaštite iako su veliki hidroenergetski sistemi veoma ugroženi zasipanjem erozionim materijalom.

3.4. Protiverozioni radovi

Potpuna zaštita zemljišta od erozije zasniva se na primeni koncepta integralnih melioracija, koje obuhvataju biotehničke i tehničke radove. Biotehnički radovi su: pošumljavanje; melioracije degradiranih šuma, livada i pašnjaka; podizanje ilofilterskih sistema (naizmenični pojasevi drvenasto-žbunaste i travne vegetacije); formiranje terasa i zidića (u cilju sprečavanja spiranja zemljišta i formiranja intenzivnog površinskog oticaja). Tehnički radovi se odnose na izgradnju poprečnih (pregrada i pragova za stabilizaciju korita i obala i zadržavanje nanosa; stabilizacionih pojaseva; manjih nasutih brana za zadržavanje

poplavnog talasa) i podužnih objekata (obaloutvrede, regulacije) u rečnom koritu. Odnos biotehničkih i tehničkih radova uslovljen je stanjem sliva: razvijenost erozionih procesa; fizičko-geografske, klimatsko-meteorološke, geološke, pedološke, hidrološko-hidrauličke i fitocenološke karakteristike; način korišćenja zemljišta. Težište je na biotehničkim radovima jer se pored protiverozione funkcije ostvaruju značajni ekološki efekti: vezivanje CO₂, očuvanje i poboljšanje biodiverziteta. Na delovima slivova koji su predmet poljoprivrednih aktivnosti (stočarstvo; obrada zemljišta) prioritet je na održivom korišćenju zemljišta što je moguće ostvariti kroz koncept agrošumarstva. To je zajednički naziv za sisteme korišćenja zemljišta u kojima se šumske površine kombinuju sa livadsko-pašnjačkim i oraničnim površinama, uz stočarske i lovne aktivnosti, u karakterističnom prostornom rasporedu, na principima ekoloških i ekonomskih interakcija svih komponenti sistema [20].

3.4.1. Uloga šumskih ekosistema u zaštiti zemljišta od erozije i poboljšanju hidroloških svojstava zemljišta

Šumski ekosistemi predstavljaju najefikasnije sredstvo za zaštitu zemljišta od erozije i zadržavanje polutanata dospelih iz atmosfere. Šumska vegetacija ima važnu regulatornu funkciju u procesu oticaja, kao delu globalnog hidrološkog ciklusa. Deo padavina vraća se u atmosferu procesima intercepcije i evapotranspiracije. Značajan deo infiltrira se u šumska zemljišta, potom dospeva do hidrogeoloških kolektora. Kvalitetna šumska zemljišta imaju izvanredne infiltraciono-retencione karakteristike: smeđe krečnjačko zemljište u šumama bukve i jele (asocijacija *Abieti-Fagetum*) u uslovima male vlažnosti (prosušeno stanje) može da primi 100 mm vode (direktno nalivanje) za 1-3 minuta. Isto zemljište sposobno je da primi do 500 mm vode (direktnim nalivanjem) do stanja potpune saturacije [21]. Stabilne šumske zajednice sprečavaju intenziviranje erozionih procesa, a zaštitni šumski pojasevi mogu zaustaviti najveći deo erozionog materijala na nagibima. Prizemna vegetacija u sadejstvu sa pedološkim tvorevinama, naročito humusno-akumulativnim horizontom, predstavlja specifičan bio-filter za polutante. Humusni sloj u šumskim zemljištima akumulira teške metale koji se vezuju za organske materije, i na taj način postaju manje toksični nego u formi slobodnih jona.

Termin "šumski ekosistem", sa hidrološkog aspekta, odnosi se na kompleks vegetacioni pokrivač-šumsko zemljište, a ista značenjska matrica se odnosi i na termin

„šume“. Šume Srbije predstavljaju značajnu komponentu životne sredine, sa nizom regulatornih i zaštitnih funkcija. Prostorni Plan Srbije precizno definiše ulogu šuma u domenima vodosnabdevanja i zaštite od erozije [22]. Takođe, najvažniji dokumenti Evropske Unije ističu značaj zaštitnih i regulatornih funkcija šumskih ekosistema, što je bazirano na odrednicama sadržanim u Agendi 2000, Lisabonskoj Rezoluciji L2 i sporazumu iz Kjota. U dokumentu Evropske Unije, Council Regulation (EEC) No 2080/92, kao neke od osnovnih funkcija šuma se navode borba protiv erozije i dezertifikacije, balansiranje hidrološkog ciklusa, formiranje barijera protiv površinskog oticaja na nagibima, poboljšanje infiltracionih svojstava zemljišta [23]. U cilju ostvarenja pomenutih funkcija predviđene su subvencije od 1554 evra po hektaru prilikom pošumljavanja. U skladu sa ovim trendom

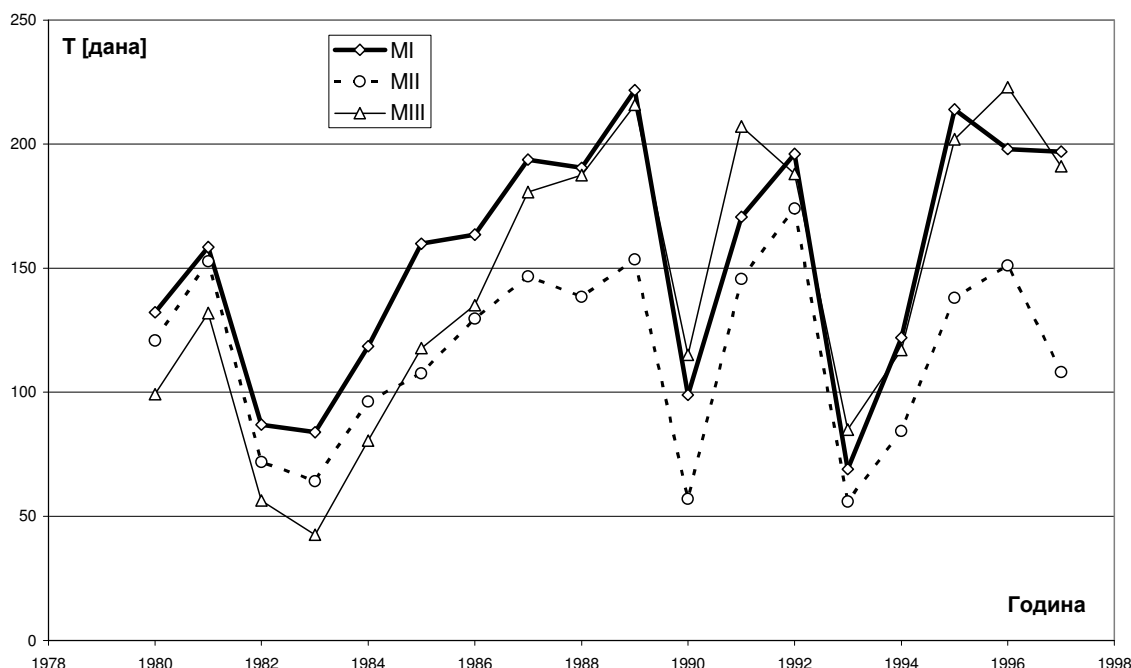
samo u periodu 1990-1995 u Evropi je ostvareno povećanje površina pod šumama za 0.3% godišnje, dok je u Aziji zabeleženo smanjenje za 0.7% godišnje. Radi zadovoljenja pomenutih funkcija u Španiji je predviđeno pošumljavanje 490.000 ha. Zaštita od erozije, uređenje bujica i poboljšanje hidroloških svojstava zemljišta su prioritetni razlozi za pošumljavanje u Italiji, i među najvažnijima u Litvaniji. Zaštitne funkcije ima 56% (1.66 miliona hektara) šuma u Ukrajini, dok u Bugarskoj to iznosi 39.8% (1.54 miliona hektara). U periodu do 1951. godine u Bugarskoj je obavljeno pošumljavanje 170.000 ha isključivo u cilju zaštite od erozije i uređenja bujica, a od 1952 do 1989. godine pošumljeno je čak 1.3 miliona hektara. Ekološki efekti pošumljavanja stepe ilustrovani su na primeru u tabeli 1 [24].:

Tabela 1: Ekološki efekti pošumljavanja stepe

Parametar	Otvoren prostor	Šuma
Voda sadržana u snegu [mm]	70-80	110-120
Infiltracija [mm]	58-63	100-108
Površinski oticaj [mm]	19-20	6-7
Spiranje zemljišta [$m^3 ha^{-1}$]	3.0-4.0	0.5-0.7
Isparavanje tokom vegetacionog perioda [mm]	750-760	625-640

Ilustrativan je primer sa slike 4, gde je prikazana godišnja raspodela dana sa oticajem, sa tri susedna mikrosлива, veličine $A=0.0635-0.097 km^2$. Slivovi su locirani na planini Goč, u okviru Nastavne Baze Šumarskog fakulteta. Period osmatranja je 1980-1997 godine, uz napomenu da je na početku istraživanja sliv MI bio pod šumom, MII pod livadsko-pašnjačkom asocijacijom a MIII tek pošumljena golet. Uočljivo je da sliv MIII ima najmanji broj dana sa oticajem u periodu 1980-1986, da bi već 1987 pokazao osobine slične slivu MI. Dakle, u osmoj godini od pošumljavanja goleti javili su se vidljivi efekti kao posledica modifikacije lokalnih hidroloških uslova [25]. Uspostavljanjem protiverozionog zasada na serpentinitskoj goleti površine od jednog hektara, dolazi do redukcije površinskog oticaja za $2.0 m^3$ (usled pojačane infiltracije), za 1 mm dospelih padavina, a tangencijalni napon se smanjuje više od dva puta ($0.55 < 1.24 N \cdot m^{-2}$). Razvojem kulture *Pinus nigra* (crni bor) povećavan je sadržaj humusa, što je vodilo poboljšanju strukture zemljišnih agregata, i rastu vodno-vazdušnog kapaciteta [26].

Rekonstrukcija površina koje su bile izložene dejstvu intenzivnih erozionih procesa (jaruge, odroni, klizišta) veoma je spora i teška. Neophodno je započeti radove na eliminisanju ili minimiziranju negativnih efekata erozije najmanje 10-15 godina pre formiranja akumulacije. Ukoliko se protiverozioni radovi izvode simultano sa formiranjem akumulacije očekivan je rizik da velike količine nanosa dospeju tokom trajanja bujičnih poplavnih talasa, i značajno smanje koristan prostor. Pošumljavanje goleti (slaba do srednja erozija) može dati pozitivne efekte osam godina posle sadnje (crni bor na serpentinitu). Melioracije degradiranih livadsko-pašnjačkih površina koje se obavljaju setvom kvalitetnih travnih smeša daju efekte već posle 1-2 godine, ukoliko je podloga adekvatno pripremljena. Izbor vrsta za pošumljavanje treba da se zasniva na sledećim uslovima: prilagodljivost i otpornost na ekstremne uslove, pri čemu treba uzeti u obzir očekivane klimatske promene i porast nivoa zagađenja usled suve i vlažne depozicije aero-polutanata. Prioritet treba dati autohtonim vrstama. Tehničke radove u hidrografskoj mreži treba privesti kraju najmanje godinu dana pre početka formiranja akumulacije, jer se na taj način postižu optimalni efekti.



Slika 4 - Broj dana sa oticajem na eksperimentalnim slivovima MI, MII i MIII

4. ZAKLJUČCI

- ❑ Održivost koncepta vodosnabdevanja iz sistema površinskih akumulacija, između ostalih faktora, ugrožena je erozionim procesima, bujičnim poplavama, depozicijom polutanata i očekivanim klimatskim promenama;
- ❑ Postojeća merna mreža RHMZS ne zadovoljava potrebe u domenu izučavanja fenomena bujičnih poplava. Neophodno je formirati merne profile na slivnim površinama $A < 10 \text{ km}^2$. Veliki značaj imaju podaci o rekonstruisanim katastrofalnim proticajima, primenom metoda "hidrauličkih tragova velikih voda";
- ❑ Protiveroziona zaštita slivova se bazira prvenstveno na biotehničkim radovima (pošumljavanje; melioracije degradiranih šuma, livada i pašnjaka; podizanje terasa i zidića protiv spiranja). Izbor biljnih vrsta za protiverozione biotehničke radove treba obaviti u skladu sa ekstremnim uslovima staništa, očekivanim klimatskim promenama, visokim koncentracijama polutanata, sa prioriteto

na autohtonim vrstama. Biotehničke protiverozione radove treba završiti 8-15, a tehničke najmanje jednu godinu pre početka punjenja akumulacije;

- ❑ Ukoliko se ostvari obim investicija od $5.68 \cdot 10^6$ € godišnje, potpuna protiveroziona zaštita 45 površinskih akumulacija (10 formiranih, 2 u gradnji, 33 planirane) biće realizovana za 40 godina, sa ukupnim troškovima od $225.23 \cdot 10^6$ €. Izvori neophodnih novčanih sredstava mogu biti preraspodela državnog budžeta i formiranje realne cene za isporuku pijaće vode. Pozitivni zakonski propisi treba da afirmišu stav prema kome se zabranjuje punjenje akumulacionog prostora, kao i tehnički prijem brana i akumulacija, ukoliko nije realizovana odgovarajuća protiveroziona zaštita.
- ❑ Neophodno je obezbediti adekvatan institucionalni okvir, sa horizontalnom saradnjom unutar ili između ministarstava, kao i vertikalnom saradnjom do krajnjih korisnika. Osnov rada predstavlja planska dokumentacija, pre svega Prostorni Planovi područja posebne namene, kao i Planovi za proglašenje erozionih područja i odbranu od bujičnih poplava.

LITERATURA

- [1] Clarke, R.; King, J. (2004): *The Water Atlas*, The New Press, New York.
- [2] Đorđević, B. (1994): *Vodoprivredni razvoj Srbije i njegova dalja strateška opredeljenja*, Vodoprivreda br. 141-146, Beograd.
- [3] Institut za šumarstvo i drvenu industriju-Odeljenje za eroziju i melioracije (1983): *Karta erozije SR Srbije (R=1:500000-tumač)*, Beograd.
- [4] Gavrilović, S. (1975): *Bujični tokovi u SR Srbiji*, Republički Fond za vode i Institut za Vodoprivredu erozionih područja, Šumarski fakultet, Beograd.
- [5] Kadović, R.; Knežević, M. (2002): *Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije*, Šumarski fakultet i Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine, Beograd.
- [6] Kronvang, B. et al, (2003): *The Interactions between Sediments and Water*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- [7] Ristić, R. (2000): *Režim pojave i karakteristike velikih voda na bujičnim slivovima u Srbiji, doktorska disertacija*, Šumarski fakultet, Beograd.
- [8] Jevtić, Lj. (1978): *Inženjerski priručnik za rešavanje problema iz oblasti bujičnih tokova i erozije*, Beograd.
- [9] RHMZS (1997): *Hidrološki godišnjak -1996*, Beograd.
- [10] Ristić, R.; Stefanović, M. (2005): *Extreme discharges on torrential catchments in Serbia*, International Conference on Forest Impact on Hydrological Processes and Soil Erosion, Proceedings, pg. 280-286, Yundola, Bulgaria.
- [11] Blinkov, I.; Trendafilov, A.; Conevski, T. (2002): *Timjanička reka flood wave analysis at Negotino, dated July 6, 1995*, 21st Conference of the Danubian countries on a Hydrological Forecasting and Hydrological Bases on Water Management, Bucurest.
- [12] Janković, D.; Malošević, D. (1989): *Anvelope maksimalnih specifičnih oticaja na rekama Srbije, bez Vojvodine*, Vodoprivreda br. 1-2, Beograd.
- [13] Ristić, R.; Kadović, R. (1997): *Depozicija aeropolutanata kao izvor zagađenja akumulacija za vodosnabdevanje*, Konferencija: Zaštita voda 1997, Zbornika radova, str. 95-99, Sombor.
- [14] Vanmechelen, V.; Groenemans, R.; Van Ranst, E (1997): *Forest Soil Conditions in Europe*, Forest Soil Coordinating Center, EC-UN/ECE, Brussels, Geneva.
- [15] Vries, de W.; Bakker, D.J.; Sverdrup, H.U. (1998): *Guidelines for critical limits, calculation methods and input data*, DLO Winand Staring Center, Wageningen.
- [16] Worldwatch Institute (2006): *State of the World 2006*, W.W. Northon & Co., Washington.
- [17] Kadović, R. et al (2007): *Promene klime i šumski ekosistemi*, Šumarski fakultet i Direkcija za šume Republike Srbije, Beograd.
- [18] Gburčik, P.; Zivlak, B.; Gburčik, V. (2002): *Uticao promena klime na vegetacioni period*, Ekokonferencija: Zdravstveno bezbedna hrana, Zbornik radova str.93-98, Novi Sad.
- [19] Ristić, R.; Đeković, V.; Marinković, P.: *Zaštita vodnih resursa u Srbiji sa aspekta ugroženosti erozionim procesima*, Konferencija: Zaštita voda 2001, Zbornik radova, str. 85-90, Arandelovac.
- [20] Young, A.: *Agroforestry for Soil Conservation*, CAB International, Wallingford, England, 1991.
- [21] Burlica, Č. (1972): *Vodni režim najvažnijih tipova šumskih zemljišta Bosne*, doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Sarajevo.
- [22] IAUS (1995): *Prostorni Plan Republike Srbije*, Beograd.
- [23] Pontbriand, L. B. et al (2000): *European Experiences with Regulation 2080/92 and the New Afforestation Policy under Agenda 2000*, New Forests for Europe: Afforestation at the Turn of the Century, Scientific Symposium, Proceedings pg.24-50, Freiburg.
- [24] Kopylova, B. E. (2000): *Afforestation potential in Russia*, New Forests for Europe: Afforestation at the Turn of the Century, Scientific Symposium, Proceedings pg.187-193, Freiburg.
- [25] Ristić, R.; Macan, G. (1997): *Impact of erosion control measures on runoff process*, 5th Scientific Assembly of the IAHS, Rabat, Morocco.
- [26] Ristić, R.; Macan, G; Malušević, I. (2005): *Influence of forest ecosystems on runoff process on micro-catchments*, International Conference on Forest Impact on Hydrological Processes and Soil Erosion, Proceedings, pg. 30-35, Yundola, Bulgaria.

SUSTAINABILITY OF THE WATER SUPPLY SYSTEMS IN SERBIA
FROM THE POINT OF VIEW OF LAND EROSION HAZARDS

by

Prof. dr Ratko RISTIĆ, dipl.inž., Doc. dr Zoran NIKIĆ, dipl.inž.
Faculty of Forestry, University of Belgrade

Summary

The water supply of Serbia is to a great extent based based on the use of water from surface storages. The use of surface storages is justified only if the capacity of water supply would be as projected in the course of the designed period of time.. Yet, the useful storage in the reservoirs can be endangered by the deposition of eroded material, especially in hilly-mountainous regions. Moreover, sediment particles can be also carriers of pollutants originating from the catchment and from products atmospheric deposition.. In order to

reduce the loss of reservoir storage by sediment deposition the primary tasks is to control erosion processes in the catchment and the prevent the entering of sediment into the hydrographic system.. To achieve that goal, considerable increase of the investments for erosion control is necessary.

Key words: erosion control works, water supply, surface water storages

Redigovano 07.05.2007.