

# VODAMA

ČASOPIS JAVNOG PREDUZEĆA ZA "VODNO PODRUČJE SLIVOVA RIJEKE SAVE" - SARAJEVO

2005  
Godina IX  
**44**



## UVODNIK

D. Hrkaš

## AKTUELNOSTI

M. Bezdrob

DIGITALNE TOPOGRAFSKE KARTE  
BOSNE I HERCEGOVINE

## KORIŠTENJE VODA

Dž. Koldžo, I. Obradović

MJERENJA I SANIRANJA GUBITAKA VODE  
U VODOVODNOM SISTEMU "NEUM"

## ZAŠTITA VODA

I. Štefatić

PRILOG ZAŠTITI JEZERA

M. Cikotić

SAPROBNA I BIOLOŠKA ANALIZA  
VODE RIJEKE KRIVAJE

S. Trožić-Borovac

OPĆE KARAKTERISTIKE  
KVALITETA VODE RIJEKE VRBAS

## ZAŠTITA OD VODA

V. Rajčić.

MONITORING EROZIJE ZEMLJIŠTA I KALIBRACIJA  
SIMULACIONIH MODELA ZA PRONOS ERODOVANOG  
MATERIJALA

H. Resulović

ANTROPOGENA I TEHNOGENA OŠTEĆENJA  
ZEMLJIŠTA - MJERE ZAŠTITE I SANACIJE

S. Festić

NA IZVORU I OKO IZVORA BOSNE

*Autor kolor fotografija na koricama i srednjim stranama časopisa je Mirsad Lončarević*



### "VODA I MI"

Časopis Javnog preduzeća za "Vodno područje slivova rijeke Save" Sarajevo

<http://www.voda.ba>

#### Izdavač:

JP za "Vodno područje slivova rijeke Save"  
Sarajevo, ul. Grbavička 4/III

Telefon: ++387 33 20 98 27

Fax: ++387 33 20 99 93

E-mail: [dilista@voda.ba](mailto:dilista@voda.ba)

#### Glavna urednica:

Dilista Hrkaš, dipl. žurn.

**Savjet časopisa:** Predsjednik Mehmed Buturović, direktor JP; Zamjenik predsjednika: Faruk Mekić, predsjednik Upravnog odbora JP;

**Članovi:** Haša Bajraktarević-Dobran, Građevinski fakultet Sarajevo; Enes Sarač, direktor Meteorološkog zavoda; Enes Alagić; Božo Knežević; Faruk Šabeta.

**Redakcioni odbor časopisa:** Dilista Hrkaš, Mirsad Lončarević, Aida Bezdrob, Elmedin Hadrović, Mirsad Nazifović, Salih Krnjić, Enes Alagić.

**Idejno rješenje korica:** DTP STUDIO Studentska štamparija Sarajevo

**Priprema za štampu i filmovanje:** Zoran Buletić

**Štampa:** S.Z.R. "Birograf" Sarajevo

Časopis "Voda i mi" registrovan je kod Ministarstva obrazovanja, nauke i informisanja Kantona Sarajevo pod rednim brojem: 11-06-40-41/01 od 12. 03. 2001. godine.

## POŠTOVANI ČITAOCI,

**N**a izmaku smo još jedne kalendarske godine koja će za oblast voda i vodoprivrede u našoj zemlji možda jedino biti pamtljiva po obilnim i natprosječnim padavinama koje su nas pratile gotovo cijelo proljeće i ljeto i izazvale mnoge nedaće sa poplavama, bujicama, erozijama, jednom riječju štete mjerene milionskim iznosima.

Međutim, ono što bi bilo značajnije za ovu oblast u 2005. godini je to da će, izgleda, u Bosni i Hercegovini konačno završiti proces reorganizacije sektora voda, kako to mi kažemo, a međunarodni zvaničnici to zovu institucionalnim jačanjem sektora voda (ma šta to značilo u njihovim izvornim jezicima).

Počelo je to krajem davne 1997. godine i poslije mnogih i raznovrsnih ideja, prijedloga, varijanti i če-

ga sve ne, naravno više nego dobro plaćenih, došlo se do prijedloga novog tj. novih Zakona o vodama (pretpostavljate da je riječ o entitetskim zakonima, koji su, barem nam tako kažu, sada usaglašeni), koji su sada u procedurama usvajanja na zakonodavnim tijelima dva entiteta.

Prema našim informacijama, prijedlog novog Zakona bi trebao omogućiti vodoprivredama oba entiteta lakši pristup evropskim integracionim procesima i ispunjavanjima obaveza iz međunarodnih ugovora iz oblasti voda, a ono što je možda u ovom trenutku za nas bitnije, je to da bi primjena novog Zakona trebala dati razvojnog zamaha ovoj djelatnosti koja je zadnjih godina i više nego stagnirala.

Naravno, praksa će, kao i mnogo puta ranije, pokazati i dokazati kvalitetu i efikasnost zakonske regulative, pa se nadamo da ćemo biti u prilici iduće godine u ovo doba u ovom isto časopisu dati prve ocjene o novom Zakonu o vodama.

Ono što se, izgleda lako ne mijenja i što godinama ostaje nažalost isto, je naš odnos prema našim vodama, posebice rijekama, koje nam i dalje najviše služe za odlaganje nema-kakvog-nema kabastog smeća, ali i za ispuštanje svih moguće-nemogućih privatnih i društvenih otpadnih voda, zagađenih čitavom lepezom više-manje otrovnih materija, koje nam se htjeli mi to ili ne, vraćaju, jer svi živimo nizvodno. Po tome smo, izgleda, sve jedinstveniji ne samo u Evropi, nego i u našem regionu. Jer, dovoljno je samo preći u susjednu Republiku Hrvatsku i vidjeti da u koritima rijeka nema smetljišta, a i mnogi vodotoci su iz godine u godinu čistiji, zato što su zagađivači pod punom kontrolom državnih institucija odgovornih za vode.

Stoga se nadamo da će novi Zakon o vodama pomoći u razrješavanju i ove situacije, za što je zaista krajnje vrijeme, inače će opšta devastacija u sektoru voda za kratko vrijeme izazvati njegov kolaps. A šta onda?

Treba se ne samo nadati boljem, nego i ozbiljno poraditi na tome.




Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.

# DIGITALNE TOPOGRAFSKE KARTE BOSNE I HERCEGOVINE

## Uvod

**S**porazum o početku Projekta digitalne topografske karte Bosne i Hercegovine je potpisan 23. oktobra 2002. godine. Potpisali su ga Ministarstvo za civilne poslove i komunikacije Bosne i Hercegovine i Japanska agencija za internacionalnu saradnju (JICA), u prisustvu Ministarstva spoljnih poslova Bosne i Hercegovine, Federalne uprave za geodetske i imovinsko-pravne poslove i Republičke uprave za geodetske i imovinsko-pravne poslove Republike Srpske. Ceremonija primoredaje digitalnih topografskih karata Bosne i Hercegovine, čime je zvanično okončan trogodišnji projekat vrijedan 5.500.000 US\$ finansiran sredstvima vlade Japana, je izvršena 28. septembra 2005. godine u hotelu "Grand". Primopredaja je izvršena između ministra civilnih poslova Safeta Halilovića i otpravnika poslova Ambasade Japana u BiH Futao Motai. Istovremeno je održana završna prezentacija kompletnog projekta za široki krug zainteresiranih institucija.

## Obuhvat projekta

U okviru projekta digitalne topografske karte Bosne i Hercegovine urađeno je nekoliko poslova koji su usko koordinirani između JICA studijskog tima i entitetskih geodetskih uprava, kao što su:

1. Izrada digitalnih topografskih karata (47 listova karata) na osnovu novog aerotopografskog snimanja za 21 veći grad u Bosni i Hercegovini. Ti gradovi su: Sarajevo, Mostar, Zenica, Tuzla, Bihać, Travnik, Čitluk, Livno, Jajce, Široki Brijeg, Goražde, Banja Luka, Bijeljina, Prijedor, Doboj, Trebinje, Zvornik, Derventa, Gradiška, Višegrad i Brčko.
2. Izrada digitalnih topografskih karata Bosne i Hercegovine razmjere 1 : 25.000 korištenjem postojećih analognih topografskih karata.

3. Instaliranje potrebne hardverske i softverske opreme za izradu digitalnih topografskih karata u Sarajevu i Banja Luci ukupne vrijednosti 300.000 .
4. Edukacija kadrova iz Bosne i Hercegovine za izradu digitalnih karata. U Japanu je educirano 8 osoba, a u Bosni i Hercegovini 16 osoba.
5. U avgustu 2003. projekat je proširen za potrebe studije "Eco-Tourism" za područja Pliva i Velež, što je rezultiralo izradom još 10 novih listova digitalnih topografskih karata.

## Ciljevi projekta

Projekat digitalne topografske karte Bosne i Hercegovine našim stručnjacima treba da:

- Omogućiti samostalnu izradu digitalnih topografskih karata preostalog dijela teritorije Bosne i Hercegovine;
- Stvoriti uvjete za periodično održavanje, odnosno usaglašavanje sadržaja karte sa stanjem na terenu;
- Omogućiti distribuciju topografske karte u analognoj i u digitalnoj formi, u skladu sa zahtjevima korisnika.

## Faze projekta

Cjelokupan projekat je sistematično proveden u 11 faza. Nazivi i opisi pojedinih faza su dati u nastavku.

1. Izrada plana leta aviona i odabir kontrolnih tačaka  
Kontrolne tačke, raspoređene u 14 blokova, obuhvatile su cijelo područje izrade novih topografskih karata na prostoru Bosne i Hercegovine. Plan leta i odabir kontrolnih tačaka završen je u Japanu.
2. GPS opažanja i procesiranje podataka  
Za GPS opažanja korišteni su dvofrekventni GPS prijemnici "Trimble" 4000 SSE, te statička metoda opažanja. Trajanje opažanja bazirano je na period od dva sata. Ostvarena je planirana tačnost od 2

ppm. Korištene je referentna GPS mreža Bosne i Hercegovine.

### 3. Aero-foto snimanje

Prvo su tražena odobrenja za let. Korišten je avion Rockwel Turbo Comander 690 A. Snimanje je vršeno kamerom Leica RC 30. Snimanje je obavila firma "FINMAP" iz Finske u periodu 03.07. – 09. 09. 2003. godine. Snimljena je cijela teritorija Bosne i Hercegovine. Razmjera aero-foto snimaka je 1 : 40.000, uz preklapanje fotografija od 60%. Ukupno su načinjena 2.702 crno-bijela aero-foto snimka. Oni su pohranjeni na 78 DVD diskova. Jedan primjer aero-foto snimka je dat na slici 1 – Aero-foto snimak Sarajevskog polja.

### 4. Skeniranje aero-foto snimaka

Za digitalizaciju aero-foto snimaka izvršeno je skeniranje. U tu svrhu je korišten skener visoke pre-

ciznosti "Zeiss SCAI". Rezolucija skeniranja je 20  $\mu$ m. Fajlovi su dobili nazive formata AA\_BBBB, gdje su AA broj reda snimanja, a BBBB redni broj fotosa.

### 5. Aero-foto triangulacija

Aero-foto triangulacijom su obuhvaćeni sljedeći procesi: Dizajn i planiranje aero triangulacije; Priprema podataka o kontrolnim tačkama (GPS i nivelmanški podaci); Import skeniranih aero-foto snimaka; Unutrašnja orijentacija skeniranih snimaka; Opažanje kontrolnih tačkaka; Geometrijski nivelman; Blok izravnjanje površinskom metodom.

### 6. Identifikacija i interpretacija

Za identifikaciju i interpretaciju korišteni su originalni skenirani i geokodirani aero-foto prikazi. Realizacija je vršena u dva termina: 21.06. – 19.08.2003. godine u Republici Srpskoj i 17.09. – 30.11.2003. godine u Federaciji BiH. Prilikom interpretacije aero-foto-



Slika 1. - Aerofoto snimak sarajevskog polja

to sadržaja korišteni su prethodno pripremljeni simboli.

#### 7. Digitalno plotanje

Digitalno plotanje je obuhvatalo sljedeće procese: unos rezultata aerotriangulacije, unos stereo parova, iscrtavanje trodimenzionalnih prikaza, kontrola podataka i pohrana u CAD format. U postupcima digitalnog plotanja korištene su instrukcije prethodno usaglašene između BiH strane i stručnog tima iz Japana.

#### 8. Skeniranje sadržaja postojećih topografskih mapa i georeferensiranje

Postojeće analogne topografske karte razmjere 1 : 25.000 (426 listova) koje su izrađene sedamdesetih godina prošlog vijeka skenirano je kvalitetnim horizontalnim skenerom rezolucije 400 dpi. Obavljeno je georeferensiranje listova, uz odgovarajuću transformaciju, pri čemu srednja kvadratna greška (RMS) ne prelazi veličinu od jednog piksela, a fajlovi su pohranjeni u TIFF formatu + World fajl. Rasterski prikazi su korišteni kao podloga za stvaranje GIS-a, kao i kreiranje digitalnog modela terena pomoću softvera Raster to Vector.

#### 9. Kreiranje GIS podataka

Za kreiranje GIS podataka koristio se softver ArcInfo. Prethodno je kreirano 95 različitih kodova. Pri likom pohrane podataka u GIS uzeti su u obzir specifikumi važeće kartografske projekcije i elipsoida.

#### 10. Simboliziranje karata

Kreiranje podloga predstavlja vrlo važan segment pri izradi digitalnih karata. Podloge se obično pripremaju kao poligoni sa određenom ispunom uz specifični simbol. Postupak se odvijao uz primjenu softvera Adobe Illustrator i specifičnih simbola, prethodno usaglašenih između BiH strane i stručnog tima iz Japana.

#### 11. Transfer tehnologije

Ova faza je trajala cijelo vrijeme projekta i u okviru nje su urađene sljedeće komponente:

- Opažanje kontrolnih tačaka i fotosignalisanje – 2003. BiH
- Fotointerpretacija i identifikacija – oktobar 2003. BiH
- Obuka za aerotriangulaciju i digitalno plotanje – februar – mart 2004. JAPAN
- Obuka za aerotriangulaciju i digitalno plotanje – maj – juni 2004. BiH
- Simbolizacija digitalnih mapa – maj – juni 2004. BiH
- Priprema GIS podataka – maj – juni 2004. BiH
- Simbolizacija mapa i GIS – oktobar – novembar 2004. JAPAN

### **Prednosti i nedostaci digitalnih karata**

Jedno od najčešćih pitanja kod ovakvih projekata za donosiocje odluka je, šta se upotrebom ove tehnologije dobija, i ima li i koje su joj negativne strane. U nastavku teksta su pobrojane najvažnije prednosti i nedostaci digitalnih karata.

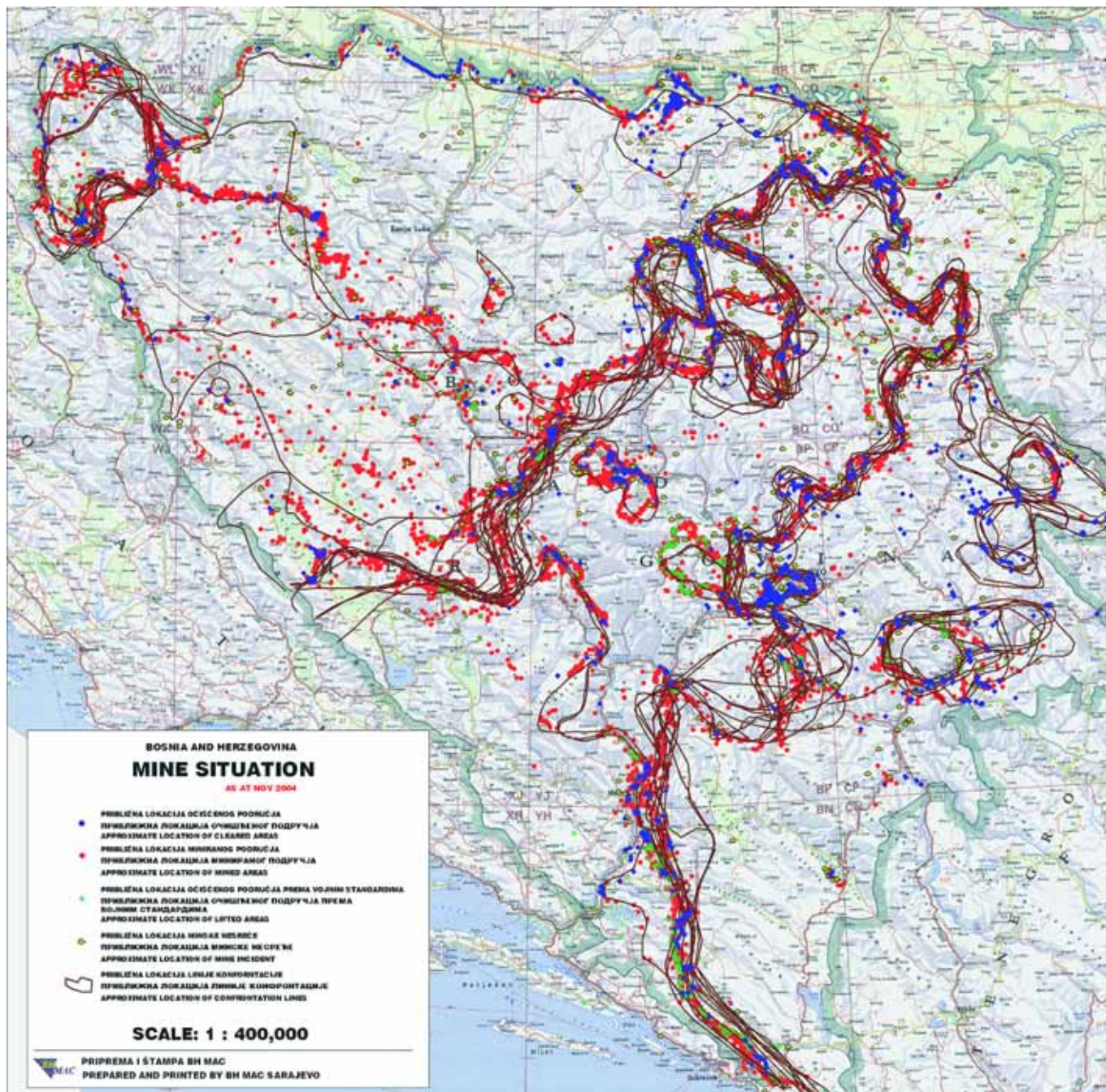
- Olakšano pronalaženje (automatsko pozicioniranje) podataka sa prostornom dimenzijom na karti (ako je vizuelizacija povezana sa bazom podataka);
- Olakšana izrada i korištene tematskih karata sa mogućnošću odabira slojeva sa određenim sadržajima na digitalnoj karti (npr. podaci o temperaturi, padavinama, strukturi stanovništva, gustoći populacije, ...);
- Mogućnosti povećavanja i smanjivanja dijelova karte (zumiranje);
- Mogućnosti pomjeranja karte i prikazivanja prema želji korisnika (pan);
- Korištenje funkcija hiperveza i inegriranih multimedijalnih sadržaja povezanih sa podacima na karti (slika, zvuk, video, animacija);
- Digitalna karta postavljena na internet dostupna je velikom broju korisnika;
- Digitalna karta na internetu, pod uslovom redovnog održavanja, je najaktuelniji oblik kartografske vizuelizacije;
- Digitalna karta na internetu, povezana sa bazom podataka, pruža mogućnost sinhronih i asinhronih kolaborativnih projekata (npr. u prostornom planiranju).

Za razliku od analognih (papirnih), digitalne karte imaju i određene nedostatke, ali oni su zanemarljivi u odnosu na gore nabrojane prednosti. Najznačajnije mane digitalnih karata su:

- Nemogućnost manipulacije na terenu (npr. savijanje, preklapanje, mjerenje na karti, crtanje, i sl.);
- Limitirana veličina prikaza (zavisi od veličine monitora);
- Rezolucija monitora i boje ograničavaju prikazivanje detalja.

### **Primjena digitalnih karata**

Digitalne karte imaju veoma široku primjenu. Jedna od najznačajnijih primjena za koje su korištene digitalne karte dobivene ovim projektom je proces deminiranja. Skoro deset godina nakon prestanka ratnih dejstava, prema podacima BHMIC, u Bosni i Hercegovini se nalazi više od milion mina i eksplozivnih sredstava na 14.000 lokacija, a rizična područja se nalaze na oko 2000 km<sup>2</sup>. Na slici 2 je prikazana situacija po pitanju miniranosti u Bosni i Hercegovini (stanje sa novembrom 2004. godine). Posmatrajući rizična područja prema stepenu rizika, postoje 154 područja visokog rizika gdje živi oko 100.000 stanovnika, 696 područja srednjeg rizika sa oko 680.000 stanovnika i 516 područja gdje živi oko 1.375.000 stanovnika. Najrizična područja su nepoljoprivredno



Slika 2.

zemljište kao što su šume, lovišta i slično. BHMAC za obradu podataka i izradu svojih karata koristi softverski paket MapInfo, koordinatni sistem WGS 84. U svojoj bazi podataka ima vektorske i rasterske podatke. Vektorski podaci su evidencije o minskim poljima, sumnjiva područja, neispitana područja, rizična područja, područja očišćena od mina, područja gdje su se desili incidenti i administrativna područja. Rasterski podaci su geokodirane mape razmjera 1 : 50.000 (124 karte), 1 : 300.000 (9 karata) i 1 : 25.000 (430 karata), zatim geokodirani planovi razmjera 1 : 2.500, 1 : 5.000 i 1 : 10.000 (oko 1.200 karata) i geokodirani ortofoto snimci razmjere 1 : 2.500 (pokriveno područje oko 400 km<sup>2</sup>). Korištenjem digitalnih

mapa došlo se do značajnog poboljšanja koje se ogleda u unapređenju u procjenama udaljenosti i potrebnog vremena za medicinsku evakuaciju, procjenama mogućeg transporta teških mašina za mašinsko deminiranje, procjena područja pod vegetacijom, unapređenje u korištenju 3D situacija za procjene i prezentacije određenih poručja i projekata, određivanje najpogodnijeg metoda deminiranja, označavanje miniranih područja i ostala edukacija za zaštitu od rizika i lakša saradnja sa lokalnim stanovništvom i ostalim izvorima informacija o miniranim područjima.

Osim navedenog, drugo značajno područje primjene digitalnih topografskih karata je kod izrade

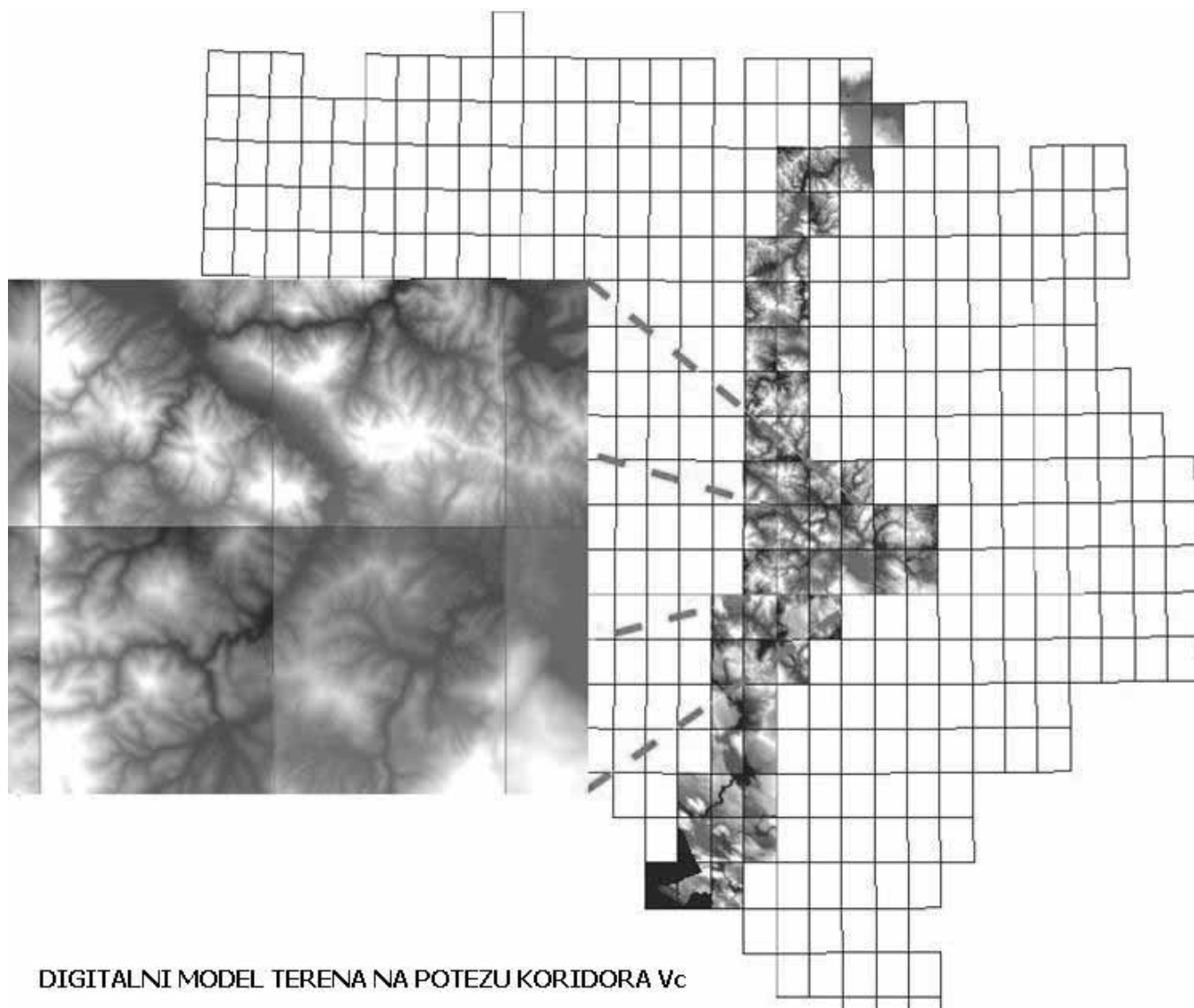
značajnih infrastrukturnih projekata u našoj zemlji kao što je npr. izrada tehničke studije za projekat autoputa koridor Vc. Koridor Vc Budimpešta – Osijek – Sarajevo – Ploče je najznačajniji razvojni projekat za Bosnu i Hercegovinu. On je uključen u evropsku transportnu infrastrukturnu mrežu. Proteže se u pravcu sjever – jug u dužini od oko 340 km kroz područje gdje živi više od 50% ukupnog stanovništva Bosne i Hercegovine. Kao osnova za izradu tehničke studije je korišten digitalni model terena (DEM). On je razvijen iz kontura koje su kreirane skeniranjem postojećih karata sa izohipsama mjerila 1 : 25.000 i digitalizacijom istih korištenjem softvera ArcInfo. Na slici 3 je prikazan digitalni model terena na potezu kuda ide trasa koridora Vc. Konturne linije dobivene na taj način su konvertovane u .dwg format da bi bile upotrebljive za softvere koji se koriste u našim lokalnim firmama. Pomoću tih podataka izvršeno je projektovanje trase i nivelete. Takođe za prezentaci-

ju se mogu koristiti 3D animacije dobivene korištenjem digitalnih karata i softvera ERDAS.

### Sljedeći koraci

Završetkom projekta digitalne topografske karte Bosne i Hercegovine finansiranog sredstvima japanske vlade urađena je tek prva faza ovog velikog posla. Pred našim institucijama je obimni posao da se ovaj posao privede kraju, za što imamo sve potrebne pretpostavke i ljudske i tehničke potencijale. Sljedeći koraci koji treba da se urade su:

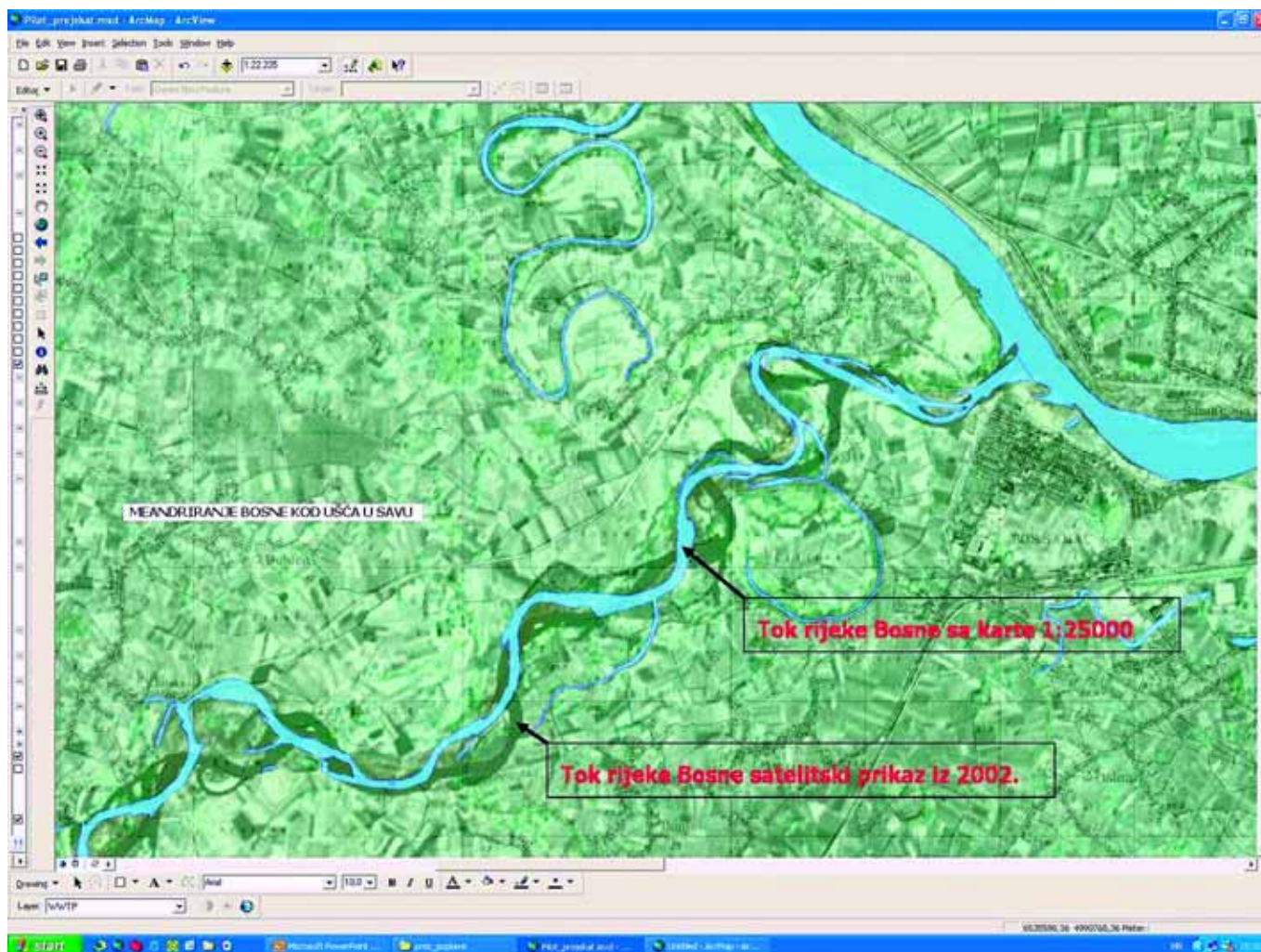
- Preostalo je još 358 starih karata (> 80 %) koje su izrađene sedamdesetih godina prošlog stoljeća koje treba da se ažuriraju sa novim podacima dobivenim aero snimanjem;
- Ministarstvo za civilne poslove i komunikacije će donijeti Pravilnik o korištenju podataka kojim će se propisati sve procedure za korištenje ovih karata;



DIGITALNI MODEL TERENA NA POTEZU KORIDORA Vc

Slika 3. - Digitalni model terena na potezu koridora Vc





Slika 4. - Meandriranje Bosne kod ušća u Savu

- Za korištenje karata za sve zainteresirane stranke i institucije su nadležne entitetske geodetske uprave.

Indikativan primjer potrebe reambuliranja postojećih topografskih karata sa novim podacima je prikazan na slici 4. Na njemu se vidi koliko je rijeka Bosna kod ušća u rijeku Savu meandrirajući izmjenila svoj tok za posljednjih trideset godina.

### GIS aplikacija “Studija održivog razvoja kroz ekoturizam u Bosni i Hercegovini

Cilj navedene studije je bio izrada master plana za kreiranje razvoja ekoturizma kroz održivi razvoj i razvoj ljudskih resursa. Projekat je rađen u saradnji sa Ministarstvima prostornog planiranja i zaštite okoliša FBiH i RS, Ministarstvima trgovina i turizma FBiH i RS i Ministrstvom vanjskih poslova Bosne i Hercegovine. U projektu su obrađena sljedeća područja: bazen rijeke Plive i područje Podveležja. Na slikama 5 i 6 su prikazane digitalne mape tih područja pod naslovima Ekološka zona Pliva i Ekološka zona Velež. Za potrebe ovog projekta je urađeno još 10 listova digitalnih topografskih karata u mjerilu 1 : 25.000

korištenjem postojećih analognih topografskih karata mjerila 1 : 25.000, 1 : 5.000, 1 : 2.500, i crno bijelih aero-foto snimaka mjerila 1 : 40.000. Za prostorne analize i planiranje područja korišten ArcView 8.3. Provedene su analize kojim su utvrđeni lokacije zemljišnog pokrova, područja pod šumama, vodnih tijela, mreže puteva, nadmorske visine, padovi terena, čime je izvršeno zoniranje u smislu okolišnog razvoja. JICA studijski tim je izradio digitalni model terena obrađen na konturnim linijama prikazanim na karti mjerila 1 : 25.000 i podatke o padovima terena obrađenim na osnovu pomenutog digitalnog modela terena. Svi podaci su predati na Poljoprivredni fakultet u Sarajevu i na Institut za urbanizam u Banjoj Luci.

### Zaključci i preporuke JICA tima

Završetkom projekta uspostavljanja digitalnih topografskih karata za Bosnu i Hercegovinu studijski tim Japanske agencije za međunarodnu saradnju (JICA) je na završnoj svečanosti primopredaje karata dao sljedeće zaključke i preporuke za naredne aktivnosti:

## 1. Ubrzana revizija postojećih mapa

Neophodno je izvršiti reviziju starih karata mjerila 1 : 25.000 koje su urađene sedamdesetih godina, prije nego što novi fotosi urađeni 2004. godine postanu sastarjeli, koristeći moderne tehnologije uključujući i opremu koja je donirana za ovaj projekat.

## 2. Tehničke preporuke

- poboljšanje kontrolnih tačaka
- korištenje novih ovlaštenih izvora
- korištenje orto-foto snimaka za preliminarno kartiranje

## 3. Periodično ažuriranje podataka

Topografski podaci treba da se ažuriraju u odgovarajućim vremenskim intervalima uzimajući u obzir veličinu i porast korištenja zemljišnih resursa.

## 4. Reorganizacija geodetskih uprava

Studijski tim Japanske agencije za međunarodnu saradnju (JICA) preporučuje da se postojeće entitetske geodetske uprave reorganizuju u jedinstvenu agenciju čija bi nadležnost bila topografsko kartiranje na državnom nivou.

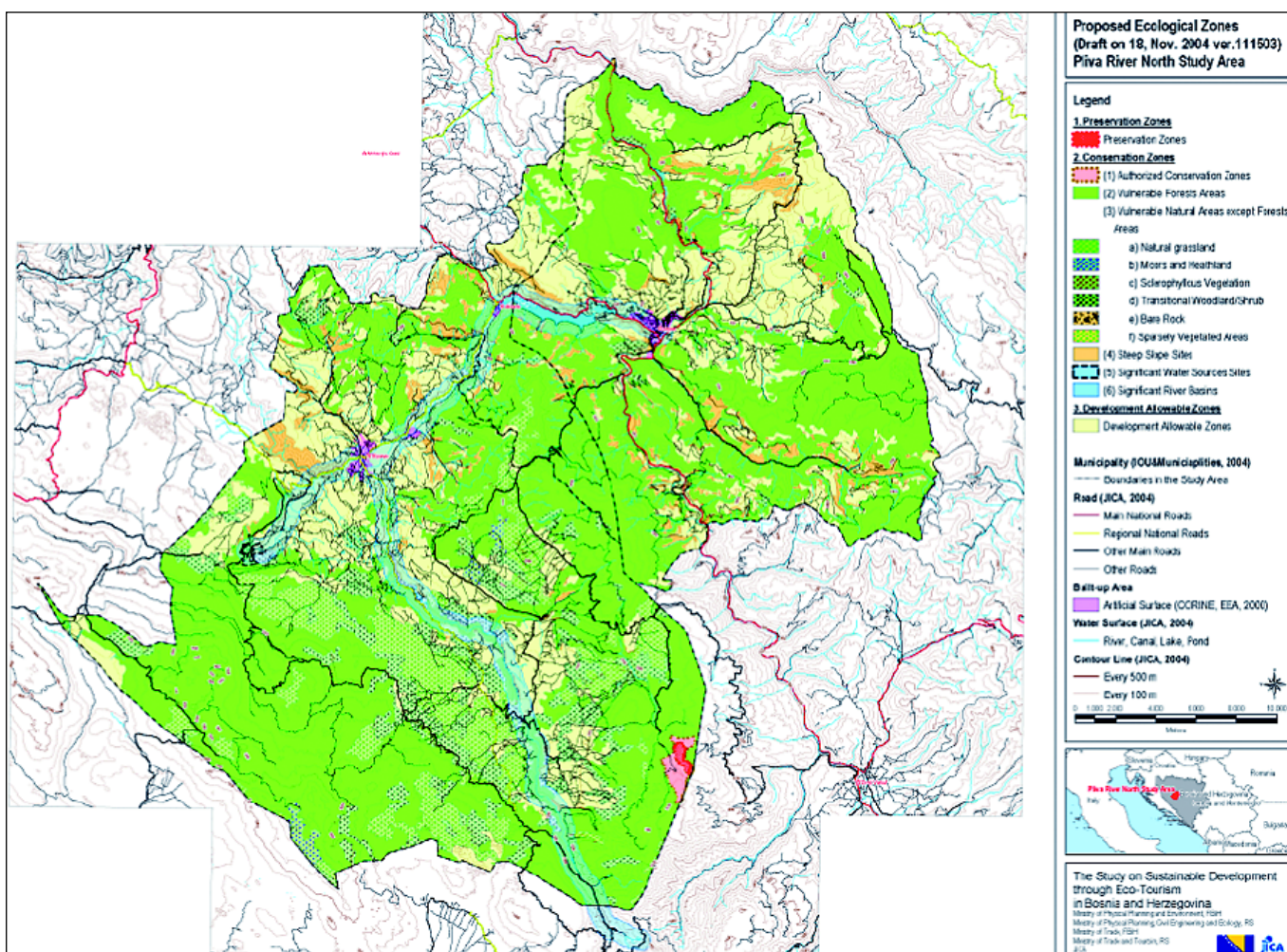
## 5. Otvorenost za javno mjenje

Sve topografske informacije trebaju biti dostupne svim zainteresiranim organizacijama i pojedincima koji imaju potrebu i žele ih koristiti. U cilju realizacije ove preporuke neohodno bi bilo inovirati zakonsku regulativu koja reguliše ovu oblast. Takođe je potrebno dati podršku obavještanju šire javnosti o postojanju ovih topografskih karata u analognom i digitalnom obliku.

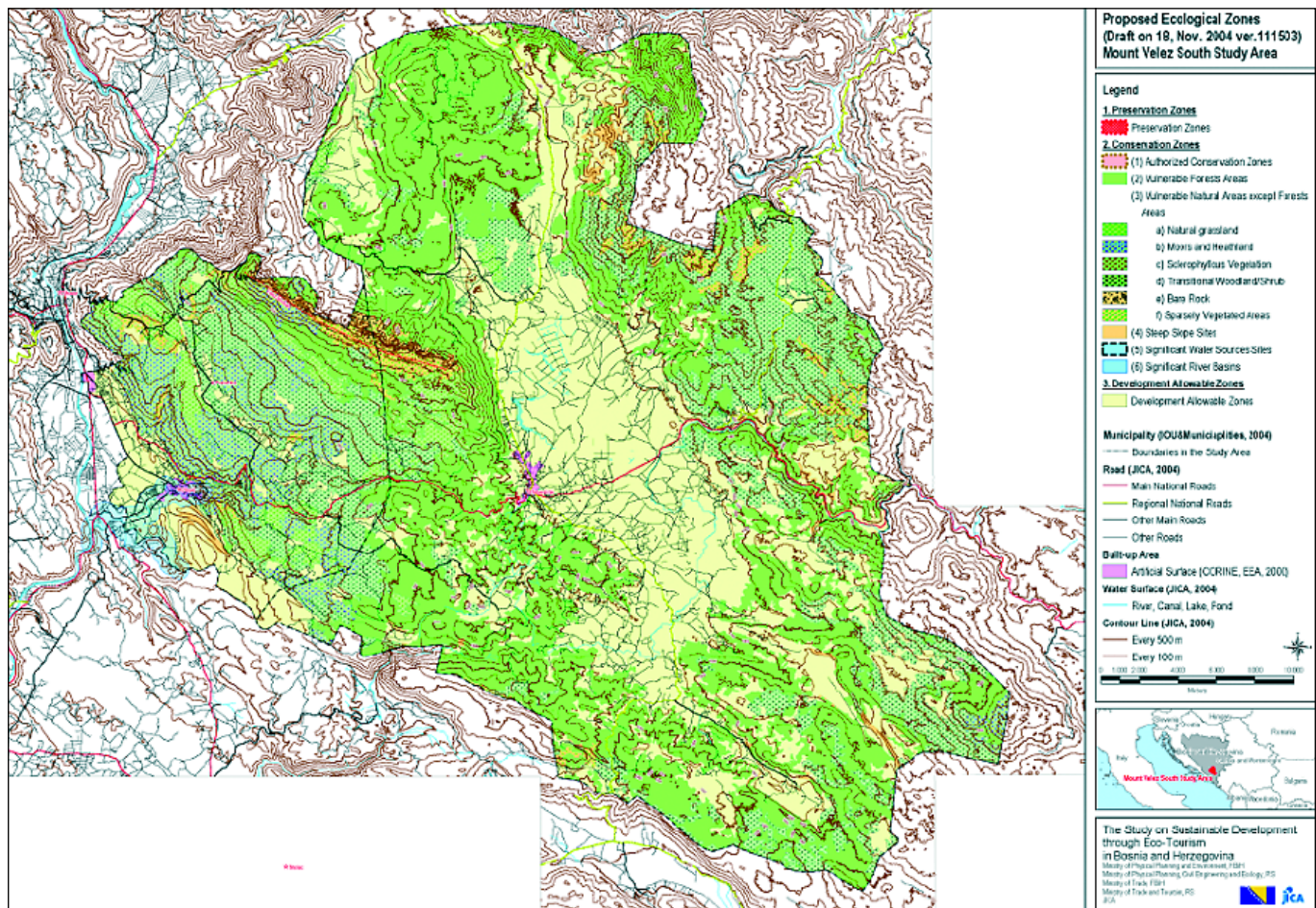
## 6. Standardizacija programa obuke

Vlasti Bosne i Hercegovine bi trebale razviti standardni program tehničke obuke u cilju obezbjeđivanja i edukacije neophodnog tehničkog osoblja za nastavak programa izrade topografskih karata i ažuriranja podataka na već urađenim.

**Napomena:** Pri izradi ovog teksta korišteni su i podaci sa prezentacija koje su održane u hotelu "Grand" 28.09.2005. godine na svečanosti povodom završetka projekta "Studija o uspostavljanju digitalnih topografskih karata za Bosnu i Hercegovinu".



Slika 5. - Ekološka zona PLIVA



Slika 6. - Ekološka zona VELEŽ



Foto 1. - Nabujale (velike) vode rijeka ugrožavaju svoje obale i nerijetko tako mijenjaju svoj tok - detalj sa rijeke Bosne u Prudu (Odžak)

Snimio: M. Lončarević

# MJERENJA I SANIRANJA GUBITAKA VODE U VODOVODNOM SISTEMU “NEUM”

## Uvod

**U** javnosti vlada mišljenje da su resursi pitke vode u Bosni i Hercegovini neiscrpn, te da ne može doći do nestašice pitke vode. Istina je ipak nešto drugačija, jer su izvorišta pitke vode neravnomjerno raspoređena u prostoru, tako da u određenim područjima vode ima u izobilju, dok je u pojedinim dijelovima ima nedovoljno, pa je njeno dovodenje iz udaljenih izvorišta veoma skupo.

Osim problema neravnomjerne raspodjele, vodovodna preduzeća, uslijed loše naplate svojih usluga, uglavnom nemaju kadrove, niti sredstva za redovno održavanje sistema, a kamo li za neka ozbiljnija mjerenja, istraživanja kvarova, i saniranja prevelikih gubitaka vode.

## Glavni objekti vodovodnog sistema „Neum“

Vodovodni sistem općine Neum do sada se tokom cijele godine snabdijevao vodom iz izvorišta u Čapljini regionalnim vodovodnim sistemom „Gabela“. Regionalni vodovod Gabela – Neum pušten je u rad 1982. godine. Nažalost, nikada nije u cijelosti završen, te je zbog toga jako skup i kompliciran za održavanje.

Visina dizanja vode je cca 370 m, sa tri prepumpavanja. Dužina glavnog voda je cca 38 km.

Izvorište „Gabela“ se nalazi u općini Čapljina u neposrednoj blizini rijeke Neretve, na nadmorskoj visini 4 m. Ovdje se nalaze dva bunara sa pumpama snage 75 KW i 140 KW i kapaciteta 50 l/s i 100 l/s.

Voda se pumpa i transportuje u rezervoar „Svitava“ (15 m.n.m) gdje su instalirane 3 pumpe snage 50 KW i kapaciteta po 50 l/s. Iz rezervoara „Svitava“ voda se transportuje do rezervoara „Kozarica“ (22 m.n.m) gdje su instalirane tri pumpe snage po 160 KW i ka-

paciteta po 50 l/s, koje vodu prepumpavaju u rezervoar „Hutovo“ (370 m.n.m).

Iz rezervoara „Gabela“ voda se distribuira potrošačima u naseljima Hutovo i Brštanica, te za naselje Ravno (cjevovodom dužine 18 km i uz još jedno prepumpavanje vode), dok se voda za općinu Neum dalje transportuje gravitacijski.

Cjevovod na dionici od rezervoara „Gabela“ do rezervoara „Hutovo“ je čelični, spiralno varen promjera Ø 500 mm.

Od rezervoara do rasteretne komore „Moševići“ voda teče gravitacijski kroz čelični cjevovod Ø 300 mm, a usput popunjava rezervoar za naselja Praprtnica, Bročanac i Gradac. Iz rezervoara „Moševići“ voda se distribuira za naselja općine Neum, a jedan odvojak služi za snabdijevanje vodom naselja u općini Dubrovačko primorje (Republika Hrvatska).

Na putu prema Neumu voda će se iz rezervoara „Močevići“ transportirati do rezervoara „Duži“ a iz njega u rezervoare „Neum 1“ i „Neum 2“, kapaciteta po 1000 m<sup>3</sup>, koji se nalaze u samome gradu Neumu, te u rezervoar „Mali“ i rezervoar hotela „Neum“ kapaciteta po 500 m<sup>3</sup>. Održavanje ovako dugog cjevovoda, sa velikim visinama dizanja vode, a u isto vrijeme sa malom potrošnjom vode tokom 10 mjeseci u godini je veoma skupo. Uz to treba napomenuti da se cjevovod u ratnom periodu 1991. – 1996. uopće nije održavao, što je dovelo do toga da je udjel električne energije u cijeni vode veći od 90%.

Prije pet godina vodovod i općina Neum su se počeli baviti ozbiljnije ovim problemom te su ugrađeni uređaji za kompenzaciju jalove energije, a napravljen je plan za maksimalno korištenje pumpi u nižoj tarifi električne energije, te je izvršeno otklanjanje vidljivih kvarova na cjevovodu. Rezultati ove akcije su bili da je potrošnja električne energije smanjena dva puta.

Uz pomoć općine Neum, JP za vodno područje Jadranskog mora iz Mostara i Ministarstva gospodarstva, poljoprivrede i poduzetništva HN županije urađen je projekat nadzora i upravljanja za gravitacijsku dionicu od rezervoara „Hutovo“ do rezervoara „Neum 2“. Realizacija ovog projekta se vrši fazno i do sada su urađene dvije faze.

Uz ovaj projekat općina Neum je uz pomoć kreditnih sredstava krajem 2004. godine završila izgradnju i pustila u funkciju izvorište „Blace“ koje se nalazi u neposrednoj blizini Neuma.

Kapacitet ovog izvorišta je dovoljan da zadovolji potrebe grada Neuma tokom devet mjeseci godišnje (izuzev ljetne sezone), Voda iz izvorišta „Blace“ se transportira gravitacijski što je prouzrokovalo drastično smanjenje potrošnje električne energije.

U sklopu priprema za puštanje izvorišta „Blace“ u funkciju, bilo je neophodno da se izvrše hidraulička mjerenja ispravnosti mreže u samome gradu Neumu te da se pronađu i otklone kvarovi, za što je angažiran Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta iz Sarajeva.

### **Vodovodna mreža u gradu Neumu**

Dužina primarnih vodova u vodovodnom sistemu u gradu Neumu iznosi cca 18 km i izgrađeni su od različitih vrsta cijevi.

Na postojećem primarnom cjevovodu nalazi se više od 60 ventila i zasuna pomoću kojih se može vršiti preusmjerenje ili zatvaranje dotoka vode u pojedinim dijelovima mreže.

Osnovni razlog za provođenje hidrauličkih mjerenja je utvrđivanje ispravnosti vodovodne mreže prije puštanja u sistem izvorišta „Blace“, koje bi trebalo da zamjeni postojeće izvorište „Gabela“ u toku 9 mjeseci godišnje te bi se na taj način omogućilo znatno jeftinije vodosnabdijevanje.

U periodu od 15.11. do 01.12.2004. izvršena su hidraulička mjerenja gubitaka u mreži općinskog vodovoda u Neumu.

Komunalno preduzeće posjeduje mape sa ucrtanim cjevovodima u razmjeri 1:1000 u elektronskoj formi, za dio mreže u dijelu općine ispod magistrale (Donja zona), dok za dio mreže iznad magistrale (Gornja zona) posjeduje papirne podloge u razmjeri 1:1000 na kojima nisu bili ucrtani cjevovodi.

U obje zone sprovedena su najprije mjerenja metodom bilansa, a potom i noćna mjerenja.

Kao prvi korak u svrhu mjerenja gubitaka moralo se izvršiti skeniranje papirnih podloga, dijela sistema iznad magistrale, te potom ucrtavanje postojećih cjevovoda na skenirane podloge.

Ucrtavanje cjevovoda je izvršeno prema sjećanju uposlenika, i u više navrata je nadopunjavano.

Na osnovu knjigovodstvenih podataka preuzetih iz komunalnog preduzeća o svim potrošačima, određena je pripadnost zoni te su razvrstani u četiri kategorije:

1. „Javne ustanove, industrijski objekti i hoteli“,
2. „Mala privreda“,
3. „Veliki stambeni objekti“ - zgrade,
4. „Privatni stambeni objekti“

Uz ove, prikupljeni su i podaci o broju članova domaćinstva za kategorije 3. i 4., te promjer i tip potrošačkog vodomjera. Svi podaci su uneseni u elektronski model za obradu podataka (MZG).

S obzirom na mogućnost postavljanja mjernih uređaja, kao i broj priključaka, cijeli sistem je podijeljen u dvije zone.

Donja zona koja obuhvata cijeli dio grada ispod magistrale, i u kojem se nalazi ukupno 756 priključaka, odnosno:

- 4 priključka u kategoriji „Industrijski objekti, javne ustanove i hoteli“,
- 104 priključka u kategoriji „Mala privreda“,
- 23 priključka u kategoriji „Veliki stambeni objekti – zgrade“, gdje se preko jednog vodomjera snabdijeva vodom veći broj domaćinstava, i
- 625 priključaka u kategoriji „Privatni stambeni objekti“ sa vodomjerima promjera do 40 mm, odnosno najviše 13 i 20 mm.

Gornja zona koja obuhvata dio sistema iznad magistralnog puta i u kojoj se nalazi 592 priključka i to:

- 6 priključaka u kategoriji „Industrijski objekti i javne ustanove“,
- 103 priključaka u kategoriji „Mala privreda“,
- 3 priključka u kategoriji „Veliki stambeni objekti – zgrade“, gdje se preko jednog vodomjera snabdijeva vodom veći broj domaćinstava, i
- 480 priključaka u kategoriji „Privatni stambeni objekti“ sa vodomjerima promjera do 40 mm, odnosno najviše 13 i 20 mm.

Hoteli „Neum“ i „Stella“ mada se prostorno nalaze ispod magistrale, pripadaju gornjoj zoni, jer im se snabdijevanje vodom vrši iz tog dijela vodovodne mreže.

Svim potrošačima se potrošnja fakturiše na osnovu očitavanja na vodomjerima, izuzev JU „Dom zdravlja“, kojoj se naplata vrši na osnovu paušala.

### **Mjerenje gubitaka u Donjoj zoni (ispod magistrale)**

Glavno mjerno mjesto za mjerenja u donjoj zoni uspostavljeno je u blizini objekta „Vila Matić“, ispod same magistrale, na udaljenost cca 500 m od rezervoara „Neum 2“.

S obzirom da se na postojećim šahtovima u blizini nije moglo izvršiti postavljanje mjernog uređaja, jer nisu mogli biti zadovoljeni hidro-dinamički uslovi za ispravno mjerenje protoka uz pomoć ultrazvučnog mjerača protoka, mjerno mjesto je pripremljeno tako što su radnici komunalnog preduzeća na najpovoljnijem mjestu iskopali rupu iznad cjevovoda.

22.11.2004. na cijev je instaliran ultrazvučni prenosni mjerač protoka sa „skupljačem podataka“. Uređaj je podešen da zapisuje podatak svakih 5 sekundi.

U toku dva dana mjerenja prosječan dnevni protok vode na ulazu u Donju zonu iznosio je 797,47 m<sup>3</sup>/dan.

Prema prikupljenim podacima iz računovodstva komunalnog preduzeća, a koji se odnose na potrošače u donjoj zoni, prosječna dnevna potrošnja vode na svim potrošačkim vodomjerima u mjesecu oktobru iznosila je 424,89 m<sup>3</sup>/dan.

Usporedbom ova dva podatka dobiva se da je količina „neobračunate vode“ u ovoj zoni 372,58 m<sup>3</sup>/dan, odnosno 46,72%.

„Neobračunata voda“ je ona količina vode u koju su uključeni kako fizički gubici vode, tako i mogući administrativni gubitci.

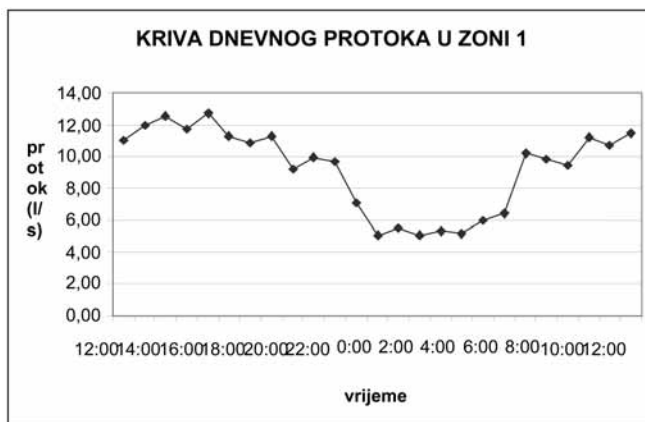
Na osnovu raspoloživih podataka napravljen je plan mjerenja u Donjoj zoni. Planom mjerenja Donja zona je podijeljena na 14 podzona (A-N).

Podzone su ograničene sekcionim ventilima pomoću kojih se može obustaviti vodosnabdijevanje za svaku pojedinačnu podzonu.

S obzirom da se može smatrati da u noćnim satima (između 00.00 i 05.00sati), nema korisne potrošnje sva izmjerena voda se može izraziti kao zbir

ukupnih količina vode koje cure u cjevovodima i ukupnih količina vode koje se rasipaju unutar potrošačkih instalacija.

Kriva izmjenog noćnog protoka u Donjoj zoni vodovodnog sistema Neum prikazana na slici 1.



Slika 1: Kriva protjecanja vode u Donjoj zoni vodovodnog sistema Neum

Minimalni izmjereni protok u Donjoj zoni iznosi **5,32 l/s**.

Na osnovu podataka o potrošnji svakog potrošača u prethodnih mjesec dana, te broja članova domaćinstva određeni su potrošači kojima će biti zatvoren dotok vode na ventilu u potrošačkom šahtu.

Kriterij i broj zatvorenih priključaka u Donjoj zoni po kategorijama prikazan je u slijedećoj tabeli:

Kategorija potrošača	Kriterij za zatvaranje (potrošnja vode veća od)	Broj zatvorenih priključaka
„Javne ustanove, industrijski objekti i hoteli“	5 m <sup>3</sup> /dan	4
„Mala privreda“	5 m <sup>3</sup> /dan	6
„Veliki stambeni objekti“- zgrade	250 l/stan./dan	2
„Privatni stambeni objekti“	300 l/stan./dan	6
<b>UKUPNO ZATVORENO</b>		<b>18</b>

Na početku noćnog mjerenja izmjereno je ulazni protok od 5,55 l/s. Pad protoka, zabilježen uređajem, koji nastaje poslije zatvaranja vode odabranim potrošačima unutar svake od kategorija potrošača predstavlja rasipanje vode unutar instalacija te kategorije potrošača.

Zabilježen je slijedeći pad protoka po kategorijama:

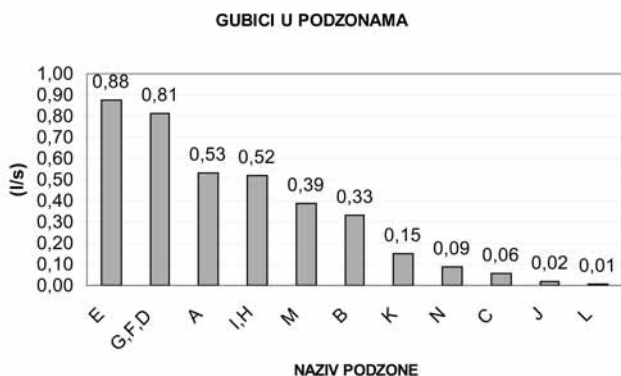
Kategorija potrošača	Pad protoka (l/s)	Prosječna potrošnja vode (l/s)	Rasipanje u odnosu na potrošnju vode
„Javne ustanove, industrijski objekti i hoteli“	1,69	2,82	59,92%
„Mala privreda“	0,1	0,32	31,26%
„Veliki stambeni objekti“- zgrade	0,4	0,89	44,94%
„Privatni stambeni objekti“	0,42	1,12	37,50%
<b>UKUPAN PAD PROTOKA</b>		<b>2,61</b>	

Analizom rezultata rasipanja vode u kategoriji „Javne ustanove, industrijski objekti i hoteli“ otkriveno je da se najveći dio vode rasipa unutar instalacija JU „Dom Zdravlja“ (1,132 l/s).

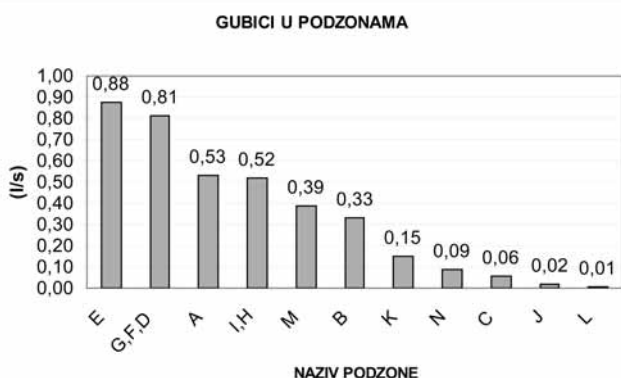
Daljnijim zatvaranjem sekcionih ventila po podzonama izmjerena je količina vode koja se gubi unutar svake od podzona.

S obzirom na broj ventila koje je potrebno zatvoriti, kao i to da se poslije zatvaranja svake kategorije potrošača, te zonskih i sekcionih ventila pravila pauza od 10 do 15 minuta, to se mjerenje u ovoj zoni odvijalo tokom dvije noći (23./24. i 24./25.11.2004.). U nekoliko slučajeva se zbog naknadno utvrđene neispravnosti ventila nije moglo izvršiti odvajanje na podzone. Osim toga u više navrata je svjesno nekoliko podzona spajano u jednu i tek ukoliko je izmjenjen značajan ukupni gubitak, vršilo se razdvajanje na pojedinačne podzone.

U podzonama unutar donje zone tokom noćnih mjerenja izmjereni su gubici vode i specifični gubici u podzonama. Specifični gubici predstavljaju količinu vode koja se izgubi u toku jednog dana izražena u odnosu na dužinu cjevovoda u podzoni. ( $m^3/100m/dan$ ) :



Slika 2: Grafički prikaz gubitaka po podzonama u Donjoj zoni vodovodnog sistema u Neumu



Slika 3: Grafički prikaz gubitaka po podzonama u Donjoj zoni vodovodnog sistema u Neumu

## Zaključci i preporuke

### za provođenje akcija u Donjoj zoni

1. Gubici vode u Donjoj zoni vodovodnog sistema Neum iznose 3,77 l/s, što u odnosu na prosječan dnevni protok na ulaznom šahtu od 9,23 l/s iznosi 40,80%.
2. U ovim rezultatima nisu prikazani gubici (rasipanje) koji nastaju u JU „Dom zdravlja“, a koji iznose

1,13 l/s, s obzirom da se radi o gubicima unutar potrošačkih instalacija, ili pogreške kod priključenja na vodovodnu mrežu. Zbog činjenice da se ovome potrošaču naplata vrši putem paušala neophodno je izvršiti neophodnu kontrolu ispravnosti instalacija u ovome objektu, kao i samog priključka.

3. Najveće specifično curenje javlja se u podzonama G, F, i D čija ukupna dužina primarnog cjevovoda iznosi 346,24 m, i to 150,79 m cijevi AC Ø200 mm (podzona G), 25 m cijevi AC Ø80 mm (podzona D) i 170,45 m cijevi AC Ø100 mm (podzona F). Ove tri zone nisu mogle biti razdvojene s obzirom da su ventili broj 5 i 6 bili neispravni. U ove tri podzone gubi se ukupno 0,81 l/s., odnosno 20,20  $m^3/100 m$  cjevovoda/dan, i predstavljaju prvi prioritet za provođenje preciznog lociranja kvarova uz pomoć korelatora i (ili) geofona.
4. Podzone I i H čija ukupna dužina iznosi 276,70 m i to 220,44 m AC Ø150 mm (podzona I) i 56,26 m AC Ø200 mm (podzona H), nisu mogle biti odvojene, iz razloga što ventil broj 9 nije pronađen. Ove dvije podzone imaju ukupni gubitak od 0,52 (l/s), odnosno specifični gubitak od 16,26  $m^3/100 m$  cjevovoda/dan, te predstavljaju drugi prioritet za provođenje preciznog lociranja kvarova uz pomoć korelatora i (ili) geofona.
5. U podzoni E gubici iznose 0,88 (l/s) i to je zona sa najvećim gubicima, ali zbog velike dužine cjevovoda od 1789,00 m, specifični gubici u ovoj podzoni iznose 4,23  $m^3/100 m$  cjevovoda/dan, zbog čega će kvarove u ovoj podzoni biti nešto teže pronaći, te predstavlja treći prioritet za provođenje preciznog lociranja kvarova uz pomoć korelatora i (ili) geofona.
6. Podzone B, A, i M predstavljaju četvrti prioritet za provođenje preciznog lociranja kvarova uz pomoć korelatora i (ili) geofona.
7. U podzonama K, C, J, N i L za sada nije potrebno provodi akciju detekcije kvarova.

### Detekcija gubitaka u Donjoj zoni

Na osnovu rezultata mjerenja gubitaka sprovedena je akcija detekcije gubitaka.

Kontrolom priključka za JU „Dom zdravlja“ otkriveno je da isti nije ispravno izveden te da je voda slobodno otjecala kroz stari priključak. Opravlkom ovog kvara gubici su smanjeni za 1,1 l/s.

Detekcijom gubitaka u podzoni F i H pronađena su kvarovi na tri ventila. S obzirom da se radilo o ventilima koji su se nalaze u potrošačkim šahtovima ispred vodomjera, to su ovi kvarovi predstavljali direktan gubitak vode.

Poslije sprovedene detekcije gubitaka i opravke kvarova, fizički gubici vode u „Donjoj zoni“ vodovodnog sistema u Neumu iznosili su 2,77 l/s, odnosno 29,68%, što se smatra „zadovoljavajućim procentom“ gubitaka, te nema ekonomske opravdanosti da se vrši daljnja detekcija.

## Mjerenje gubitaka u Gornjoj zoni (iznad magistrale)

Za glavno mjerno mjesto za mjerenja u gornjoj zoni je odabrano mjesto udaljeno cca 100 m ispod rezervoara Neum 1.

25.11.2004. na cijev je instaliran ultrazvučni prenosni mjerac protoka sa „sakupljačem podataka“. Uređaj je podešen da zapisuje podatak svakih 5 sekundi.

Prosječan dnevni protok vode na ulazu u gornju zonu iznosio je 996,72 m<sup>3</sup>/dan.

Prema prikupljenim podacima iz računovodstva komunalnog preduzeća a koji se odnose na potrošače u donjoj zoni, prosječna dnevna potrošnja vode na svim potrošačkim vodomjerima u mjesecu oktobru iznosila je 341,79 m<sup>3</sup>/dan.

Usporedbom ova dva podatka dobiva se da je količina „neobračunate vode“ u ovoj zoni 654,93 m<sup>3</sup>/dan, odnosno 65,71%.

Na osnovu raspoloživih podataka napravljen je plan mjerenja u gornjoj zoni. Planom mjerenja gornja zona je podijeljena na 33 podzone.

Podzone su ograničene sekcionim ventilima pomoću kojih se može obustaviti vodosnabdijevanje za svaku pojedinačnu podzonu.

Kriva protjecaja u Gornjoj zoni je prikazana na slici 4.



Slika 4: Kriva protjecanja vode u Gornjoj zoni vodovodnog sistema Neum

Minimalan protok u Gornjoj zoni iznosi 8,02 l/s.

Na osnovu podataka o potrošnji svakog potrošača u prethodnih mjesec dana (mjesecu oktobru 2004. godine), te broja članova domaćinstva određeni su potrošači kojima će biti zatvoren dotok vode na ventilu u potrošačkom šahtu.

Kriterij i broj zatvorenih priključaka u Gornjoj zoni po kategorijama prikazan je u slijedećoj tabeli:

Kategorija potrošača	Kriterij za zatvaranje (potrošnja vode veća od)	Broj zatvorenih priključaka
„Javne ustanove, industrijski objekti i hoteli“	6 m <sup>3</sup> /dan	2
„Mala privreda“	6 m <sup>3</sup> /dan	0
„Veliki stambeni objekti“- zgrade	250 l/stan./dan	2
„Privatni stambeni objekti“	300 l/stan./dan	4
<b>UKUPNO ZATVORENO</b>		<b>8</b>

Na početku noćnog mjerenja izmjeren je ulazni protok od 8,21 l/s. Pad protoka, zabilježen uređajem, koji nastaje poslije zatvaranja vode odabranim potrošačima unutar svake od kategorija potrošača predstavlja rasipanje vode unutar instalacija te kategorije potrošača.

Zabilježen je slijedeći pad protoka po kategorijama:

Kategorija potrošača	Pad protoka (l/s)	Prosječna potrošnja vode (l/s)	Rasipanje u odnosu na potrošnju vode
„Javne ustanove, industrijski objekti i hoteli“	0,60	1,32	45,45%
„Mala privreda“	0,00	0,34	0,00%
„Veliki stambeni objekti“- zgrade	0,41	1,01	40,59%
„Privatni stambeni objekti“	0,40	1,27	31,49%
<b>UKUPAN PAD PROTOKA</b>	<b>1,41</b>		

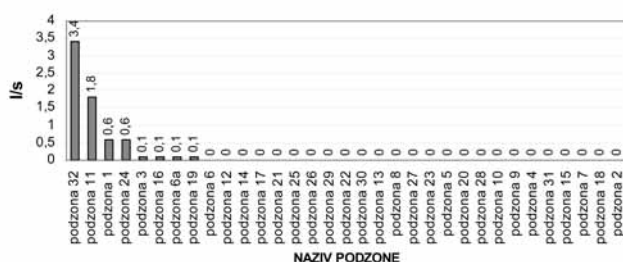
Daljnijim zatvaranjem sekcionih ventila po podzonama izmjerena je količina vode koja se gubi unutar svake od podzona.

S obzirom na broj ventila koje je potrebno zatvoriti, kao i to da se poslije zatvaranja svake kategorije potrošača, te zonskih i sekcionih ventila pravila pauza od 2 do 10 minuta, to se mjerenje u ovoj zoni odvijalo tokom jedne noći (25/26.11.2004.).

U podzonama unutar gornje zone tokom noćnih mjerenja izmjereni su slijedeći gubici vode:

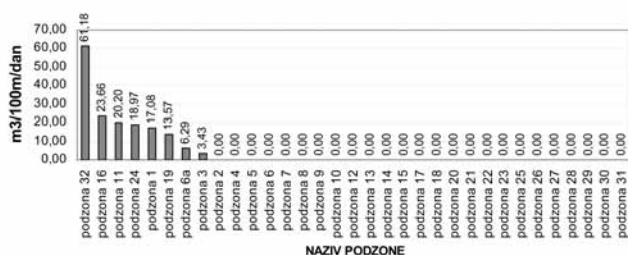


GUBICI U PODZONAMA U GORNJOJ ZONI



Slika 5: Grafički prikaz gubitaka po podzonama u Gornjoj zoni vodovodnog sistema u Neumu

SPECIFIČNI GUBITCI U PODZONAMA PREMA DUŽINI CJEVOVODA U GORNJOJ ZONI



6: Grafički prikaz specifičnih gubitaka po podzonama u Gornjoj zoni vodovodnog sistema u Neumu

## Zaključci i preporuke za provođenje akcija u Gornjoj zoni

- Gubici vode u Gornjoj zoni vodovodnog sistema Neum iznose 6,80 l/s, što u odnosu na prosječan dnevni protok na ulaznom šahtu od 11,15 l/s iznosi 60,91%.
- U ovim rezultatima nisu prikazani gubici (rasipanje) koji nastaju u potrošačkim instalacijama, jer se ta količina vode očitava na potrošačkim vodomjerima.
- Najveće specifično curenje javlja se u podzoni 32 čija dužina cjevovoda iznosi 480,16 m, (L@ Ø400 mm). U ovoj podzoni se gubi ukupno 3,40 l/s., odnosno 61,18 m³/100 m cjevovoda/dan. S obzirom na veličinu gubitaka, promjer i materijal od kojeg je cijev napravljena te s obzirom da na ovoj cijevi ne postoje potrošački priključci, ova podzona predstavlja prvi prioritet za provođenje akcije preciznog lociranja kvarova uz pomoć korelatora i (ili) geofona.
- U podzoni 11 čija dužina primarnog cjevovoda iznosi 769,98 m (AC Ø150 mm) postoji curenje od 1,8 l/s, odnosno 20,20 m³/100 m/dan, te je ova zona drugi prioritet za provođenje akcije preciznog lociranja kvarova uz pomoć korelatora i (ili) geofona.
- U podzoni 1 sa primarnim cjevovodom dužine 303,43 m (AC Ø150 mm i PEHD Ø63 mm), i u kojoj se nalaze dva rezervoara vode „Mali“ zapremine 500 m³ i rezervoar hotela „Neum“ zapremine 500 m³ gubici iznose 0,6 (l/s) isto kao i u podzoni

24 sa primarnim cjevovodom dužine 273,30 m (AC Ø150 mm) te predstavljaju treći prioritet za provođenje akcije preciznog lociranja kvarova uz pomoć korelatora i (ili) geofona.

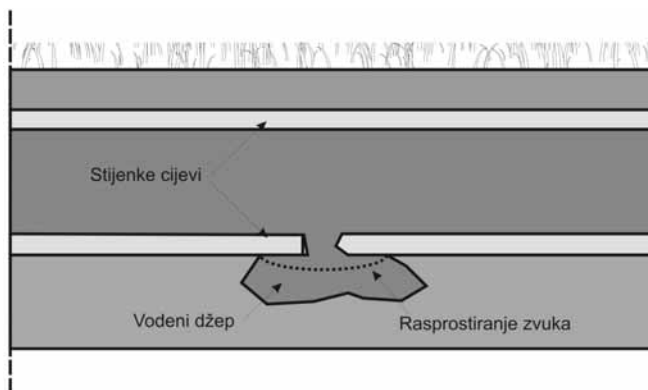
- U ostalih 28 podzona unutar Gornje zone vodovodnog sistema Neum nisu izmjereni gubici ili su minimalni tako da sada nije potrebno provodi akciju detekcije kvarova.

## Detekcija gubitaka u Gornjoj zoni

Detekcija gubitaka je sprovedena u podzoni 11 na cjevovodu AC Ø150 mm gdje je pronađen je i otklonjen kvar od 0,4 l/s i podzoni 32 na cjevovodu od L@ Ø400 mm gdje mada je izmjereno gubitak od 3,4 l/s, isti nije mogao biti odmah pronađen kako korelatorom tako ni geofonom što znači da su zvukovi koje proizvodi isticanje vode prigušeni. Da bi se ova „smetnja“ otklonila izvršeno je zatvaranje dotoka vode za kompletnu „Gornju zonu“ u trajanju od jedan sat, kako bi došlo do pražnjenja cjevovoda i eventualnih vodenih džepova ispod ili oko cjevovoda.. Ponovnim puštanjem vode u cjevovod detektovano je mjesto kvara.

Navedeni kvar je nastao na donjoj strani cjevovoda gdje je došlo do akumuliranja vode (Slika 7) te je to razlog što je došlo do slabljenja zvučnog signala, te što ovaj kvar nije mogao biti odmah pronađen.

Nakon izvršene detekcije i opravke kvarova u Gornjoj zoni gubici su iznosili 3,2 l/s, ili 28,69%.



Slika 7: Prikaz uzroka slabljenja zvučnog signala kao posljedica pojave vodenog džepa na donjoj strani cijevi

## Zaključak

Provođenjem akcije mjerenja i detekcije gubitaka vode u gradskoj mreži vodovodnog sistema stvoreni su uslovi za puštanje u funkciju novog izvorišta „Blace“ koje je omogućilo jeftinije i sigurnije vodosnabdijevanje općine Neum.

S obzirom da je „borba sa gubicima“ stalan proces, uspostavljen je stalni monitoring ispravnosti sistema. Za tu svrhu ugrađen je jedan elektromagnetni mjerač protoka sa sakupljačem podataka, te se svakodnevno vrši kontrola kako dnevnog, tako i noćnog ulaznog protoka vode.

Kontrolom ulaznog protoka vode kada su gubici vode ispod 30 % omogućeno je da se na vrijeme uoči pojava svakog novog kvara te da se pravovremeno intervenira.

### Zahvala

Najiskrenije se zahvaljujemo svim radnicima Instituta za hidrotehniku Građevinskog fakulteta iz Sa-

rajeva, i JKP „Neum“ iz Neuma koji su učestvovali u kampanji mjerenja i sanacije gubitaka u vodovodnom sistemu Neum i koji su svojim maksimalnim zalaganjem omogućili da se akcija uspješno privede kraju.

Također se zahvaljujemo stanovnicima Neuma na strpljenju zbog čestih zatvaranja dotoka vode, kao i na spremnosti da nam pomognu u provođenju akcije.



Slika 8: Shema zonske podjele vodovodne mreže u gradu Neumu.



Slika 9: Donja zona – Montaža ultrazvučnog mjerača protoka na cijev



*Slika 10: Gornja zona – Položaj mjernog mjesta u odnosu na rezervoar „Neum 1“*

### **Korištena oprema za mjerenje i detekciju gubitaka:**

1. Ultrazvučni prenosni mjerac protoka “Microsonic Potaflow MK-2” sa jednim parom sondi, (za mjerenja na svim vrstama cijevi promjera do 200 cm),
2. Dva ultrazvučna prenosna mjeraca protoka “Controlotron Uniflow 1010” sa dva para sondi, (mjerenja na svim vrstama cijevi i svim promjerima),
3. Dvokanalni Data Logger “Cosmos” “Meinecke” sa pulserom za priključivanje na vodomjere firme “Meinecke” i sondom pritiska, te originalnim software-om, koji omogućava tabelarni i grafički prikaz mjerenja,
4. Korelator “Dantec” za precizno lociranje mjesta kvara na cjevovodu,
5. Detektor metalnih cijevi “Metrotech” 9800 XT,
6. Aqua phone Detector “Herman Sewerin” model E-3 – uređaj za zvučno lociranje kvara,
7. Mjerac udaljenosti “Noref”.

# PRILOG ZAŠTITI JEZERA

## 1. Kvalitet voda jezera

**J**ezera mogu biti prirodna ili vještačka, a kvalitet vode u njima može se predstaviti zbirom svih utjecaja raznih fizikalnih, kemijskih i bioloških elemenata kojima su te vode bile izložene u prethodnom periodu. Promjena kvaliteta vode jezera, u smislu njegovog narušavanja može biti prirodan ili vještački proces (antropogeni utjecaj). Prirodno dreniranje sa slivne površine može unijeti u vodu jezera različite materije u suspendiranoj ili otopljenoj formi. Ovome se mogu dodati razne tvari koje se ispiraju iz tla koje je u kontaktu sa vodom jezera. Cjelokupan organski materijal, prirodni ili vještački stvoren, koji ima svoje porijeklo izvan jezera, a nalazi svoj put do njega, naziva se **alohtoni materijal**. Dio ovog materijala koji ulazi u vode jezera odvodi se iz istog putem površinskog oticanja (ukoliko postoji otok – rijeka) i podzemnog procjeđivanja. Količina organskog materijala koji koja ostaje u jezeru povećava se sa novom organskom tvari koja se stvara u jezeru i koja se naziva **autohtoni materijal**. Sve tvari sadržane u vodi jezera su podložne fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima kao što su adsorpcija, kemijska precipitacija, oksidacija i redukcija, biokemijska razgradnja i slično, pored ostalih, važnih efekata uslijed izloženosti sunčevoj svjetlosti, vjetru, temperaturi i isparavanju. Pri opisivanju zona u jezeru s aspekta organske produktivnosti, koriste se najčešće dva termina. U eufotičnoj zoni, gdje se odigrava proces fotosinteze i stvara primarna organska materija, taj dio voda jezera naziva se **tropogenetska zona**, dok se zona pri dnu jezera, gdje se razgrađuje prisutna organska materija naziva **tropolitička zona**.

Sa limnološkog aspekta, u smislu kruženja vode u jezeru uslijed termalne stratifikacije, jezera se klasificiraju u tzv. **holomitska** ili **meromitska**. Holomitska jezera pokazuju sliku kruženja vode koja se prostire

u potpunosti po dubini jezera, tako da su svi mehanizmi u ravnoteži od površine do dna. Meromitska jezera pokazuju sliku kruženja vode koja se ne prostire u potpunosti po dubini jezera, odnosno slojevi vode pri dnu ostaju van kruženja vode uslijed termalne stratifikacije. Thomas<sup>1</sup> pravi razliku između meromitskih jezera kod kojih nema kruženja vode i onih kod kojih je to kruženje prisutno u pojedinim periodima godine (tzv.fakultativna meromitska jezera), sa maksimalnim kruženjem vode u proljeće.

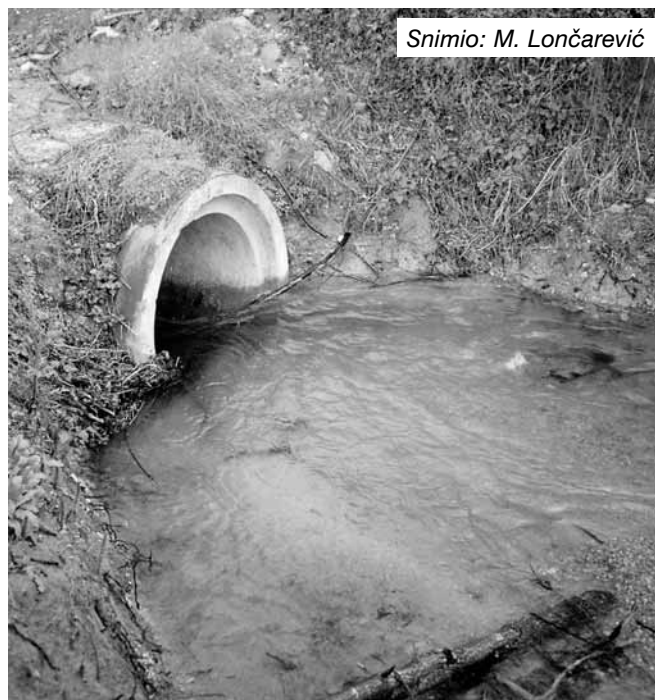
## 2. Neto akumulacija materija u jezeru

Određen stepen fizičke akumulacije materija se pojavljuje u jezeru uslijed razlike između ukupnog dotoka u jezero i oticanja iz njega. Dotok može biti uslijed direktnih padavina, površinskog oticanja sa slivnog područja i dotoka podzemnih voda u jezero. Slično, oticaj iz jezera, pored uobičajenog otoka, može biti uslijed preljeva nakon obimnih padavina, procjeđivanja i isparavanja. Dok pri procjeđivanju vode iz jezera odlaze i otopljene tvari u vodi, ostavljajući samo krupniji suspendirani materijal, pri isparavanju ostaju sampo raotopljene tvari u vodi. Preljevanjem vode iz jezera uslijed obilnih padavina odlaze suspendirane i otopljene tvari, pri čemu je utjecaj ispiranja veći na tvari koje se nalaze u epilimnionu nego u hipolimnionu jezera. Svi ovi elementi imaju utjecaja na neto akumulaciju u vodnom tijelu i ista je povremeno pozitivna ili negativna. Relativni odnos između preljevanja vode, procjeđivanja i isparavanja je različit za svako jezero i mijenja se u toku godine (po sezonama). Pri tome, akumulirani materijal može biti biološki nerazgradiv ili razgradiv. Ukoliko je materijal razgradiv, pojavljuje se smanjenje akumulirane količine zavisno od prosječnog vremena zadržavanja istog u jezeru i stupnja njegove razgradnje u jedinici vremena. Pojedine tvari mogu biti "izvučene" iz sustava kada isti podliježe biokemijskoj transformaciji

(ugljik  $\rightarrow$  CO<sub>2</sub>) ili fizičkom zadržavanju u pojedinim dijelovima jezera (npr. u sedimentu na dnu).

Načelno, jezera ostvaruju dugi period zadržavanja materijala koji se unosi u vodu istog, a konstanta razgradnje mnogih organskih tvari je takva da isključuje svaku značajniju akumulaciju u vodi pri povoljnim okolnostima. Svakako, poseban interes predstavlja procjena stvaranja/akumuliranja nutrienata i nekih drugih tvari u vodi jezera. Akumuliranje nitrogena u vodi jezera je teško procijeniti zbog mogućeg gubitka istog kroz procesa denitrifikacije ili stvaranja istog putem fiksacije nitrogena. Distribucija i akumuliranje fosfora u vodi jezera je takođe pod utjecajem nekoliko činioca, a jedan od njih je i zadržavanje precipitiranih spojeva fosfora u sedimentu jezera.

Materije koje su biološki nerazgradive ili se tako ponašaju zbog raznih bioloških, kemijskih ili fizikalnih procesa u kojima se iste uklanjaju ili zadržavaju u sustavu (kao što je fosfor), prosječno vrijeme zadržavanja u vodi jezera može se procijeniti na sličan način kao i prosječno vrijeme zadržavanja biomase aktivnog mulja u biorektoru za biološki tretman otpadne vode, odnosno:



Snimio: M. Lončarević

Ovakvi ispusti u rijeke i jezera kod nas nisu rijetki

$$\text{Vrijeme zadržavanja fosfora (godine)} = \frac{\text{Prosječan sadržaj fosfora u jezeru pri stacionarnim uslovima}}{\text{Godišnje opterećenje fosforom koje prima jezero}}$$

Vrijeme zadržavanja fosfora je teško odrediti zbog pretpostavke o stacionarnim uslovima u jezeru, te da je prijemno opterećenje jezera konstanto u periodu uzorkovanja. Umjesto dostizanja stacionarnih uslova, što je teoretski vrlo dugi period, može se smatrati za dovoljno vrijeme za koje se dostiže npr. 95% od vrijednosti stacionarnih uslova. Na taj način, relativna veličina prosječnog vremena zadržavanja za vodu jezera, i neku tvar koja ulazi u isto, određuje vrijeme potrebno da se dostignu stacionarni uslovi. Jezera ili vodne akumulacije gdje je hidrauličko vrijeme zadržavanja dotoka malo, ispoljavaju brzi utjecaj na povećan ili smanjen unos tvari zbog toga što se istom brzinom vrši zamjena postojećeg sadržaja istih. Prema tome, priroda tvari (nerazgradive ili ne) nema značaja u tome slučaju. Jezera sa dugim vremenom zadržavanja i slabim stepenom ispiranja/praznjenja vode ispoljavaju spori utjecaj na bio-nerazgradive tvari, ali se uticaj na bio-razgradive tvari provodi drugom mehanizmima uklanjanja pri čemu je najvažniji element vrijeme zadržavanja određene tvari u vodi jezera.

### 3. Biološka aktivnost u jezeru

U jezeru postoje tzv. producenti (alge i litoralna vegetacija) i konzumenti višeg trofičnog nivoa (sve do riba), te velika populacija bio-razgrađivača. Tvari koje utječu na biološku aktivnost u jezeru su ili donešene utokom u jezero, isprane sa tla ili potječu iz atmosfere. Najvažnije su nutrientne tvari/elementi

tj. ugljik, nitrogen i fosfor. Prisustvo organske tvari, raspoloživost nutrienata i sunčeva svjetlosti stvara uvjete za održivu primarnu produkciju u jezeru. Prosječna produkcija fitoplanktona, mjerena kao produkcija ugljika, može da varira od manje od 25 mg C/m<sup>2</sup>, godišnje u oligotrofnim jezerima, do preko 700 mg C/m<sup>2</sup>, godišnje u eutrofnim jezerima. Pri povoljnim uvjetima, stupanj dnevne produkcije može biti vrlo visok tj. može dovesti do tzv. "cvjetanja algi".

Cjelokupna populacija konzumenata zavisi o produkciji fitoplanktona, koji djelimično konzumiraju biljojedi (zoo-plankton i ribe), dok najveći dio potone ispod eufotičke zone i biološki se razgradi. Razgrađen fitoplankton, zoo-plankton i druga organska tvar polako se taloži kao otpadni materijal koji se naziva "seston". Brzina tonjenja sestona je 5 do 15 cm/dan, značajno varira, te obično treba nekoliko dana da dostigne dno jezera, pri čemu se proces biološke razgradnje odvija i tokom tonjenja.

Primarna produkcija u kombinaciji sa temperaturnom stratifikacijom određuje prirodu i količinu raspoložive organske tvari na dnu jezera. Tokom proljeća i jeseni, kada nastupa kruženje vode u jezeru, fitoplankton (uglavnom zelene alge i diatomeje) se brzo raspoređuje po dnu. Tokom ljeta, plavo-zelene alge, koje mogu biti dominantna vrsta u epilimniumu, polako se razgrađuju i tonu uslijed stratifikacije i tako dostižu do beskičmenjaka na dnu jezera. Na taj način, u slučaju dubokih jezera, vrijednost fitoplanktona kao hrane za faunu na dnu jezera varira tokom

godine. Razgradnjom organske materije nastaju jednostavni neorganski spojevi kao CO<sub>2</sub>, nitrati, fosfati, sulfati, itd., koji imaju tendenciju da difundiraju prema površini jezera tj. u epilimnion. Na taj način se recikliraju nutrienti koji se u prisustvu solarne energije mogu ponovo rekonstituirati u novi fitoplankton u epilimniju jezera.

#### 4. Činioci koji utječu na biološku produktivnost u jezeru

Sadržaj nutrienata nije jedini element za određivanje nivoa primarne produkcije u jezeru, odnosno ne postoji direktan odnos između sadržaja nutrienata i kvaliteta vode jezera. Faktori koji utječu na biološku produktivnost u jezeru mogu se grupisati u klimatske, geomorfološke i biokemijske, i to:

- 4.1. **Klimatski činioci:** solarna radijacija, temperatura, vjetar, isparavanje i oborine.
- 4.2. **Geomorfološki činioci:** priroda tla, procjeđivanje tla, odnos epilimnija prema hipolimniju, veličina litoralne površine i njegova morfometrija. Plitka jezera imaju veći odnos epilimnija prema hipolimniju i zbog toga su sklonija eutrofikaciji ukoliko postoje povoljni ostali fizikalni i biološki uvjeti. Odnos volumena jezera prema ukupnom dotoku u jezero će determinirati period obnove vode kao i razliku između koncentracije pojedinih supstanci u jezeru i koncentraciju istih u vodotocima koji utječu u jezero. Što je duži period retencije ukupnog dotoka vode u jezero, to je veća razlika između kvalitete voda u dotoku i kvalitete voda jezera.
- 4.3. **Biokemijski činioci:** dotok nutrienata i stepen recirkulacije nutrienata. Najvažniji biokemijski faktor je priroda i količina supstance, prirodnog ili antropogenog porijekla, koja se drenira u vode jezera sa slivnog područja (orografski i hidrološki sliv). Načelno, najvažniji je dotok ugljika, nitrogena i fosfora. U cilju ocjene mogućih alternativnih strategija za kontrolu procesa eutrofikacije uz minimalne troškove, moguće je sačiniti osnovnu inventuru godišnjih dotoka-opterećenja nitrogena i fosfora u određeno jezero ukoliko su poznati obuhvat i priroda slivnog područja. Tipične vrijednosti ovih elemenata, koje su u funkciji prirode slivnog područja, mogu se točnije utvrditi ispitivanjima na terenu, pri čemu je teret nitrogena u vodi jezera relativno komplicirano utvrditi s obzirom na proces fiksacije i proces denitrifikacije u jezeru. Nutrienti se recikliraju iz planktona u vodu jezera i obrnuto ukoliko nisu uklonjeni oticanjem i/ili procjeđivanjem iz jezera, ili uklanjanjem algi, vegetacije i riba iz jezera. Povećanje bakterijske aktivnosti skraćuje vrijeme regeneracije nutrienata u jezerskom ekosustavu i dovodi do stvaranja metabolita koji promovira

ju biloški rast. Cirkulacija jezerske vode i procesi difuzije pomažu prenos (povrat) tih supstanci iz trolitičke zone u tropogenetsku zonu jezera. Ukoliko vrijeme regeneracije nutrienata nije u skladu sa brzinom korištenja istih od strane biljne populacije jezera doći će do smanjenja unosa nitrata ili fosfata u vodu jezera. U tome smislu, jedan odgovarajući stupanj regeneracije je neophodan, kao i odgovarajuća koncentracija nutrienata za veliku biološku produkciju. Postoje dva aspekta regeneracije nutrienata. Prvi je biokemijska razgradnja organske tvari kao preduvjet za ispuštanje nutrienata, pri čemu je brzina bio-razgradnje značajno u funkciji temperature i raspoloživosti organske tvari u vodi jezera. Dakle, period ljeta je najpovoljniji period za ispuštanje nutrienata u vodu jezera. Drugi aspekt je prenos ispuštenih nutrienata iz trolitičke zone u tropogenetsku zonu (epilimnion) gdje isti mogu ponovno ući u proces fotosintetske produkcije biljne tvari. Ovaj vertikalni transport je posljedica cirkulacije vodene mase tokom perioda jeseni i proljeća, te sporim vrtloženjem i difuzijom u drugim periodima godine. Pri tome, postojanje termokline tokom ljetnje i zimske stagnacije usporava kretanje prema površini jezera.

#### 5. Klasifikacija jezera

Početak prošloga vijeka, u periodu 1907-1921 godine, europski limnolozi Weber, Neumann i Thiemann postavili su osnove ekološke klasifikacije jezera koristeći fitoplankton kao mjerilo za usporedbu biološke produktivnosti različitih jezera, naglašavajući pri tome fizikalne, kemijske i biološke aspekte problema. Izraz "trofičnost" je korištena za opisivanje unosa organske tvari u vode jezera, odnosno ekološki status jezera kao posljedica toga unosa. U tome smislu, uspostavljena je klasifikacija od pet vrsta jezera prema stupnju trofičnosti:

- Oligotrofično (slab unos organske tvari)
- Mezotrofično (umjeren unos organske tvari)
- Eutrofično (značajan unos organske tvari)
- Distrofično (velik unos organske tvari)
- Mikstrofično (distrofično, ali produktivno)

**Oligotrofična jezera** su najčešće "mlađa" u geološkom smislu, normalne dubine, bistre vode, sa malom produkcijom biomase i malim biodiverzitetom. Produkcija fitoplanktona je mala, kao i gustina populacije algi, a iznenađujući, značajan rast algi je rijetkost. Ova jezera imaju relativno male koncentracije fosfora, nitrogena i kalcija. Koncentracija elektrolita je mala, kao i organske tvari koja je u suspendiranom stanju u vodi jezera ili na njegovom dnu. Koncentracija kisika je prisutna u hipolimniju tokom perioda ljetnje stagnacije, a prisutna je potpuna mineralizacija organske tvari autohtonog i alohtonog porijekla. Pri aerobnom uvjetima i uobičajenim pH

vrijednostima vode za ovu vrstu jezera, a prisutni fosfatni ioni formiraju netopljive komplekse sa željezom i manganom, tako da je prisutno stalno izdvajanje-odvođenje fosfora iz vode jezera u sediment na dnu. Koncentracija kisika u hipolimniumu ima odlučujući utjecaj na kružni tok fosfora u jezeru. Kritično stanje u procesu "starenja" jezera nastupa kada količina kisika u hipolimniumu nije više dovoljna za razgradnju organske tvari. Kada se dostigne takvo stanje, odnosno kada dolazi do pojave anaerobnih uvjeta u hipolimniumu, uspostavlja se proces eutrofikacije i prethodno oligotrofično stanje u jezeru se normalno ne obnavlja. Kako se proces eutrofikacije nastavlja, u početku bez izrazito prepoznatljivih znakova, dolazi do značajnih promjena koje nepovoljno utječu na floru i faunu jezera. **Eutrofična jezera** mogu biti plitka ili duboka, sa relativno velikim koncentracijama biljnih nutrienata, organske tvari i elektrolita. Ona pokazuju relativno visoke prinose produkcije biomase i mogu imati tzv.litoralnu vegetaciju. Prisutna organska tvar je u suspendiranom stanju u vodi ili se nalazi na dnu jezera. Hipolimnium se nalazi na maloj dubini, a nedostatak kisika u tome sloju vode događa se sezonski ili ga uopšte nema. Prisustvo algi je izraženo i pojava naglog rasta je uobičajena pojava u jezeru, pri čemu je indeks diverziteta relativno mali. Izražena mutnoća vode zbog prisustva planktona sprečava prodiranje svjetlosti do jezerskog dna i rast biljki sa korjenom, čime se uskraćuje hrana i zaklon za beskičmenjake. Kao posljedica, povećan je rast planktona što jezero čini manje pogodno za ribe. Litoralna vegetacija zauzima sve veće područje-površinu jezera, tako da u slučaju manjih jezera postoji tendencija za stvaranje močvara, što se često i dešava. Kada alge izumiru i tonu na dno jezera, 1 kg mrtve mase algi, u formi biorazgradive organske tva-

ri, troši 1.4 -1.8 kg kisika u procesu mineralizacije. Takva situacija dovodi do potrošnje kisika u hipolimniumu, tako da pojava anoksičnog stanja postaje česta. Potrošnja kisika u hipolimniumu, posmatran kao prostorna ravan, nekoliko je puta veća nego što je to slučaj kod oligotrofičnih jezera. Osnovna karakteristika visoko eutrofičnih jezera je da isto prima više organske tvari biljnog ili životinjskog porijekla, pored produkcije iste u samom jezeru, nego što se može razgraditi u procesima bakterijske aktivnosti u istom vremenskom periodu. Stoga se nerazgrađena i djelimično razgrađena organska tvar brzo akumulira pored relativno malih količina inertne tvari koja se stvara u procesu biorazgradnje. Svakako, proces biorazgradnje je usporen u hladnijim klimatima, te u uvjetima anaerobnog stanja u hipolimniumu. **Mezotrofična jezera** se po stupnju trofičnosti nalaze između oligotrofičnih i eutrofičnih jezera, dok su distrofična jezera prisutna u močvarnim okruženjima i starim planinama. Vode tih jezera mogu sadržavati fosfor, nitrogen, kalcij i organske tvari, ali je rast većine organizama ograničen pojavom velikih koncentracija huminskih supstanci. Biomasa planktona je mala, stupanj biodiverziteta je relativno nizak, pojava naglog rasta algi nije česta, a nema prisustva kisika u dubljim slojevima jezera. Ovakva jezera su najčešće plitka i često mogu da postanu močvara, ali više kao rezultat prisutne alohtone tvari ili alotrofičnih uvjeta nego zbog autotrofičnih uvjeta. **Miksotrofična jezera** imaju u vodi prisutnu veliku količinu huminske tvari, pri čemu su ona značajno bioproduktivna (npr. u Finskoj).

Područje vrijednosti parametara kojima se definira primarna biološka produkcija u jezerima data je u slijedećoj i odnosi se na jezera u umjerenim klimatskim uvjetima.

Parametar	Oligotrofično jezero	Mezotrofično jezero	Eutrofično jezero
Ukupni fosfor u periodu prolječne cirkulacije u mg/m <sup>3</sup>	< 10-20	20-50	> 50
Broj ćelija algi po mL vode	0-2.000	2.000-20.000	> 20.000
Suha težina biomase algi u mg/L	0.1	1-10	> 10
Klorofil "a" u fotičkoj zoni u mg/m <sup>3</sup> (max.vrijednosti)	0-3	3-20	> 20
Produkcija fitoplanktona: - Godišnji prinos u g C/m <sup>2</sup> , god. - Prosječan dnevni prinos u sezoni rasta u g C/m <sup>2</sup> , god.	10-50 0.03 - 0.2	50-200 0.2 - 1	200 - > 750 > 1
Secchi disk dubina (m)	više	malo	1-2 ili manje
Rastvoreni kisik u hipolimniumu dubljih jezera u periodu stratifikacije	prisutan	prisutan	nije prisutan
Biodiverzitet vrsta	relativno mali	velik	manji nego u oligotrofičnom jezeru

## 6. Indikatori trofičnog stanja u jezeru

Sa progresivnom eutrofikacijom pojavljuju se razne promjene u jezeru koje se mogu posmatrati i ocjenjivati pomoću određenih fizikalnih, kemijskih i bioloških parametara ili indikatora u funkciji vremena. Ti parametri i indikatori su slijedeći:

**Fizikalni:** transparentnost vode

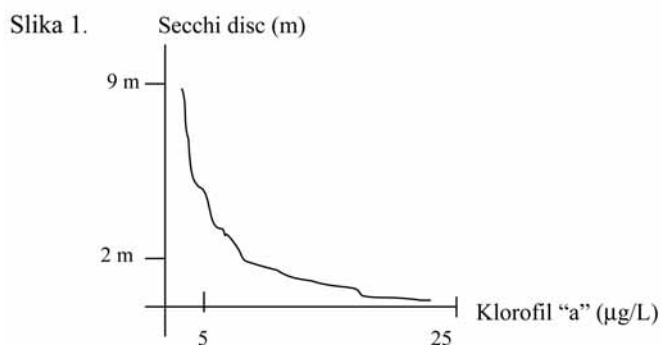
**Kemijski:** koncentracija nutrienata u jezeru, opterećenje nutrientima, sadržaj rastvorenog kisika u hipolimniumu, ostali kemijski indikatori.

**Biološki:** primarna produkcija, ostali biološki indikatori (index diverziteta vrsta, učestalost "cvjetanja" algi, obimnost litoralne vegetacije, prisustvo karakterističnih grupa fitoplanktona i zooplanktona, promjene u fauni dna, uticaji na život riba). Ovi indikatori imaju značaja ukoliko fizikalni i kemijski podaci dobijeni simultanim terenskim istraživanjima podržavaju iste.

U smislu razumjevanja raznih aktivnosti u jezeru, studij istog treba da obuhvati kompletno slivno područje jezera i jezerski sediment tj. cjelokupan ekosustav. Samo na taj način je moguće procijeniti potencijal eko-sustav jezera u smislu eutrofikacije. Nutrienti kao što je fosfor može biti u vodenoj fazi ili uključen u proces rasta algi ili procese u mulju dna jezera. Izolirani pristup ne bi mogao otkriti ukupni raspoloživi unos u svim formama, kao ni stupanj kruženja vode u jezeru.

U cilju procjene procesa eutrofikacije, najpovoljnije bi bilo ukoliko bi se sadašnji kemijski i biološki uslovi u jezeru mogli usporediti sa njegovim prvobitnim stanjem. U odsustvu biokemijskih podataka, paleolimnološka istraživanja sedimenta jezera mogu korisno poslužiti, posebno kada su jezera u fazi prirodnog procesa eutrofikacije. Sa povećanjem eutrofikacije povećava se gustina algi i najjednostavniji način mjerenja je sa tzv. Secchi diskom. Smanjenje vrijednosti očitavanja dubine prodiranja svjetlosti u periodu jedne godine postaje indirektna mjera povećanja neto primarne produkcije u jezerskoj vodi. Dillon i Rigler<sup>2</sup> su pokazali, na osnovu podataka analize brojnih jezera u južnom Ontariu u periodima stratifikacije (juni-septembar), da su dubine izmjerene pomoću Secchi diska u obrnutoj korelaciji sa gustom algi mjerenom kao koncentracija klorofila "a" u jezeru (slika 1.).

Masa algi = 67 (masa klorofila "a")

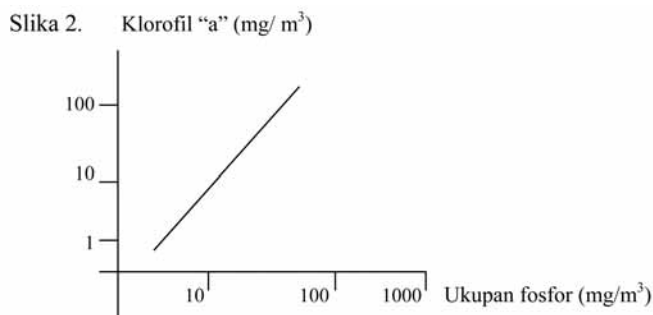


Slična korelacija može se dobiti za jezera u bilo kom drugom regionu svijeta. Koncentracija klorofila "a" je na sličan način u funkciji koncentracije fosfora u jezeru i na taj način se može kontrolirati unos fosfora u vode jezera.

Sawyer<sup>3</sup> je izvjestio da su u eutrofnim jezerima koncentracije fosfora i nitroгена tokom prolječne stratifikacije bile veće od 100 µg/L i 300 µg/L respektivno. Stumm et al<sup>4</sup> je potvrdio da nezagađena jezera mogu da pokažu vrijednosti ukupne koncentracije fosfora koje variraju od 10 µg/L do 40 µg/L, dok eutrofna jezera mogu pokazati vrijednosti koje značajno variraju tj. od 30 µg/L do 1500 µg/L. Dillon i Rigler<sup>2</sup>, kao i ostali istraživači, koristeći podatke istraživanja velikog broja jezera u Europi, Sjevernoj Americi i Japanu, pokazali su dobru korelaciju između koncentracije fosfora i koncentracije algi (mjerene kao klorofil "a"), koja je predstavljena pravom linijom na log-log skali podataka (slika 2.):

$$\text{Log (klorofil "a" u mg/m}^3\text{)} = 1.45 \text{ log (P u mg/m}^3\text{)} - 1.14$$

Vrlo visok stupanj korelacije pokazan ovom relacijom indicira da je fosfor limitirajući nutrient za rast algi tj. da se kontrola fosfora u jezerima može postići smanjenjem njegove koncentracije, što je u funkciji unosa istog i morfologije jezera. S obzirom na brojne utjecajne faktore, precizne granične vrijednosti nitroгена i fosfora nije jednostavno utvrditi, tako da je u savremenoj praksi intencija da se vrijednosti koncentracije fosfora održavaju ispod 50 µg/L u vodotocima koji se utječu u jezera, odnosno manje od 100 µg/L u u vodama koje se disponiraju u rijeke.



Potreba algi za nitrogenom i fosforom izražena je približnim odnosom od 16:1 (N:P). U oligotrofnim jezerima koncentracija fosfora je niska i ima tendenciju da se prva smanji na nulu, dok je nitrogen često u višku u periodu kada se iscrpi fosfor. U eutrofnim jezerima može biti obrnuta situacija, posebno u onima u koja se disponira komunalna otpadna voda sa odnosom nitroгена prema fosforu koji je manji od 16:1 (N:P). Nitrogen tada može biti iscrpljen dok nešto fosfora preostaje tokom perioda/sezone rasta algi. Odnos N:P u površinskim vodama jezera tokom rapidnog rasta algi može biti dokaz trofičnog stanja jezera, jer prisustvo slobodnih nitrata u epilimnionu tokom perioda ljetnje stagnacije može biti znak oligo-



trofizacije. Ponekad se u nekom jezeru odnos N:P može promijeniti nakon obilnih kišnih padavina, tako da se površinskim oticajem sa poljoprivrednih površina može donijeti više nitrogena nego fosfora. Zbog toga, vrijeme uzorkovanja vode jezera mora biti ograničeno na period kratkog ali intenzivnog rasta algi tako da se N:P odnos utvrdi u limitirajućim uvjetima.

Potrebno je naglasiti da su pojedini jezerski ekosustavi po svojoj prirodi više podložni eutrofikaciji nego drugi. Izvor nutrienata nije uvijek antropogenog porijekla, odnosno izvor može biti čisto prirodan kao rezultat geoloških karakteristika terena i prisutne vegetacije. Vode jezera istočne Europe imaju načelno veći stupanj prirodne eutrofije dok vode jezera sjeverne i centralne Europe u njihovom prirodnom stanju imaju tendenciju prema oligotrofiji.

### 6. Opterećenje sa nutrientima

Između količine nutrienata koji dopjevaju u jezero i njegovog trofičnog stanja postoji kvantitativni odnos. Ovo se posebno odnosi na jezera u kojima je produktivnost kontrolirana fosforom kao limitirajućim nutrientom, što implicira da se trofična priroda jezera može mijenjati (od oligotrofnog prema eutrofnom) ukoliko se unos fosfora poveća iznad određenog kritičnog nivoa. Nekoliko modela je predloženo za određivanje kritičnog nivoa (31-33), od kojih je Vollenweider-ov model (31) relativno jednostavan za primjenu s obzirom da on zahtjeva samo podatke o unosu fosfora i površini jezera, prosječnu dubinu jezera i vrijeme zadržavanja vode u jezeru. Njegova empirijska relacija je:  $L = P_{sp} \times q_s (1 + (Z/q_s)^{1/2})$

gdje je:

$L$  = opterećenje jezera sa fosforom u  $mg P/m^2, god.$

$P_{sp}$  = koncentracija ukupnog fosfora u vodi jezera u periodu prolječne stratifikacije u  $mg uk.P/m^3$

$Z$  = srednja dubina jezera u metrima

$q_s$  = hidrauličko opterećenje površine jezera u  $m^3/m^2, god. = godišnji\ dotok/površina\ jezera$

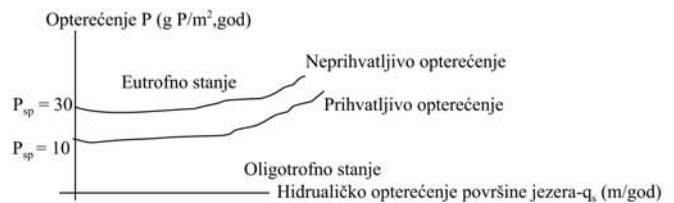
Na osnovu limnološkog iskustva, Vollenweider<sup>5</sup> je sugerirao da ukoliko vrijednost  $P_{sp}$  ne prelazi vrijednost od  $10 mg uk.P/m^3$  u periodu prolječne stratifikacije a u cilju obezbjeđenja oligotrofnih uslova, navedena relacija se može preurediti tako da se definiše kritično opterećenje jezera sa fosforom ( $L_c$ ):

$$L_c (u\ mg\ P/m^2,\ god.) = 10\ q_s (1 + (Z/q_s)^{1/2})$$

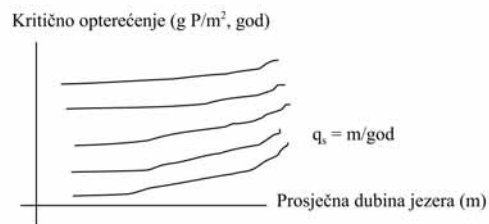
Eutrofni uvjeti u jezeru se mogu očekivati kada stvarno opterećenje fosforom ( $L$ ) dostigne trostruku vrijednost  $L_c$ . Prema tome, za neko jezero je potrebno odrediti srednju dubinu i površinu u vrijeme prolječne stratifikacije i godišnji dotok u jezero da bi se proračunalo kritično opterećenje fosforom koje se tada može uporediti sa stvarnim opterećenjem da bi se

predvidjelo trofično stanje jezera. Vollenweider je pokazao da su podaci sa preko 60 jezera odgovarali kada su se vrijednosti  $L$  stavile u relaciju sa  $q_s$  (slika 3. - kvalitativan prikaz). On je takođe izradio nomogram za procjenu kritičnog opterećenja  $L_c$  na osnovu navedene relacije (slika 4. – kvalitativan prikaz)

Slika 3.

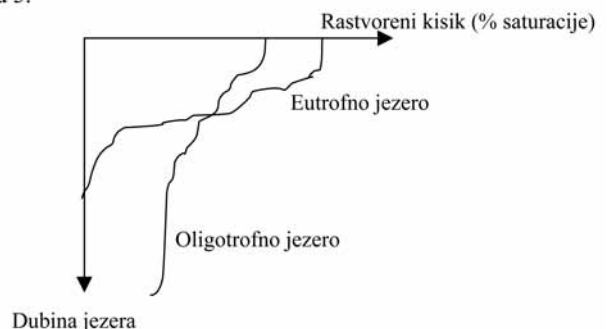


Slika 4.



Prisustvo ili odsustvo kisika u hipolimniumu, posebno tokom ljetnje stratifikacije, je dobar indikator stupnja razgradnje organske tvari u jezeru. Što je veća količina prisutne organske tvari (alohtone i autohtone) u jezeru, to je veća bakterijska aktivnost i potrošnja kisika. Na slici 5. prikazana je moguća sezonska promjena u profilu koncentracije kisika po dubini oligotrofnog i eutrofnog jezera. Hutchison<sup>6</sup> je mjerenjem utvrdio da je potrošnja kisika po jedinici površine i u jedinici vremena veća u eutrofnim jezerima u odnosu na oligotrofna jezera. Brzina potrošnje kisika u hipolimniumu oligotrofnih jezera je utvrđena sa vrijednostima  $0.04-0.3 g O_2/m^2, dan,$  a u eutrofnim jezerima sa vrijednostima  $0.5-1.4 g O_2/m^2, dan.$

Slika 5.



Promjene u koncentraciji rastvorenog kisika, stupanj mutnoće i temperatura vode mogu da utječu ne samo na prostornu raspodjelu (prisustvo) pojedinih vrsta riba, nego i na njihovo preživljavanje u vodi jezera. Načelno, kako se povećava stupanj trofičnosti jezera, može se očekivati da će doći do povećanja prinosa ribe. Međutim, vrsta riba i njihov relativni broj

se mijenja kako se povećava eutrofikacija jezera, tako da se osjetljivije vrste zamjenjuju otpornijim vrstama. Ova promjena se odigrava u relativno uskom području mezotrofije, što je svojevremeno utvrđeno u slučaju nekoliko europskih jezera koja su nekada bile oligotrofna. U tome smislu, ribe se mogu smatrati indikatorom stupnja trofičnosti, odnosno eutrofikacije jezera, posebno pojedine vrste riba.

### 7. Indeks stanja trofičnosti jezera

U prošlosti se postojali pokušaji da se putem različitih kemijskih indikatora utvrdi trofično stanje jezera, kao relativno povećanje koncentracije željeza i mangana u sedimentu dna, ili procenat nitrogena u sedimentu dna, zatim precipitacija kalcijkarbonata tokom uvjeta nedostatka kisika tokom ljetnje stagnacije, itd. Pearsall<sup>7</sup> je sugerirao odnos kationa kao parametar koji pokazuje obrnutu korelaciju sa razinom trofičnog stanja –  $(Na^+ + K^+) / (Mg^{2+} + Ca^{2+})$ . Ostali istraživači su primjećivali pojavu i veliki rast algi u jezerima sa tvrdom vodom tj. u jezerima sa velikim koncentracijama  $Ca^{2+}$  i  $Mg^{2+}$ .

Veliki broj promjenljivih parametara koji su uključeni u proces eutrofikacije značajno su otežavali izradu determinističkog modela, međutim isti je sačinjen koristeći multivarijantni statistički metod, Na osnovi nekoliko selektiranih parametara (Secchi disk

dubina, elektroprovodljivost, ukupni organski nitrogen, ukupni fosfor, primarna produkcija, klorofil i kationski odnos), za koje je primjenjena korelaciona matrica, te intenzivne studije desetina jezera, definiran je tzv. "indeks trofičnog stanja". Metodološki pristup je uradio američki limnolog R.E. Carlson<sup>8</sup>, tako da je klasifikaciju trofičnosti bazirao na vrijednostima mjerenih parametara u vodi jezera, i to: transparentnost (Secchi disk), klorofil "a" (u  $mg/m^3$ ) i ukupan fosfor (u  $mg/m^3$ ). Pomoću ovih parametara, te generalizacijom rezultata prethodnih istraživanja brojnih istraživača, proračunat je indeks stanja trofičnosti (IST) kao neimenovan broj od 0 do 100, po slijedećim relacijama:

IST (Secchi disk) =  $10(6 - \ln SD / \ln 2)$ ; gdje je SD vidljivost Secchi diska u metrima;

IST (klorofil "a") =  $10(6 - 2.04 - 0.68 \ln \text{klorofil "a"}) / \ln 2$ ; gdje je klorofil "a" u  $mg/m^3$  ili  $\mu g/L$

IST (ukupni fosfor) =  $10(6 - \ln 48 / \text{uk.fosfor}) / \ln 2$ ; gdje je ukupni fosfor u  $mg/m^3$  ili  $\mu g/L$ .

Komparativnom analizom, koristeći vrijednosti graničnih parametara trofičnosti iz tabele OECD<sup>1</sup> u nastavku, može se zaključiti da IST adekvatno predstavlja stanje trofičnosti. Na osnovi prethodnih relacija Carlson je sačinio slijedeću tabelu.

IST	Secchi disk (m)	Ukupni fosfor ( $mg/m^3$ )	Klorofil "a" ( $mg/m^3$ )
0	64	0.75	0.04
10	32	1.5	0.12
20	16	3	0.34
30	8	6	0.94
40	4	12	2.6
50	2	24	6.4
60	1	48	20.0
70	0.5	96	56
80	0.25	192	154
90	0.125	384	427
100	0.062	768	1183



Slijedeća tabela direktno definira stupanj trofičnosti voda jezera u odnosu na vrijednost IST.

Stanje trofičnosti vode jezera	Vrijednost IST
Hipereutrofn	> 10
Eutrofn	7-10
Mezotrofn	3-7
Oligotrofn	2-3
Ultraoligotrofn	< 2

<sup>1</sup> Organization for Economic Development and Cooperation

## Indikatori trofičnosti prema OECD

Stupanj trofičnosti	Uk.fosfor u mg/m <sup>3</sup>	Klorofil "a" u mg/m <sup>3</sup> (srednja vrijednost)	Klorofil "a" u mg/m <sup>3</sup> (max. vrijednost)	Prozirnost vode u m <sup>1</sup> (srednja vrijednost)	Prozirnost vode u m <sup>1</sup> (min. vrijednost)
Ultraoligotrofan	< 4.0	< 1.0	< 2.5	> 12.0	> 6.0
Oligotrofan	< 10.0	< 2.5	< 8.0	> 6.0	> 3.0
Mezotrofan	10-35	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5
Eutrofan	35-100	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7
Hipereutrofan	> 100	> 25	> 75	< 1.5	< 0.7

Potrebno je imati u vidu da je proces eutrofikacije kompleksan fenomen i da nije moguće uspostaviti univerzalne indikatore koji bi mogli predvidjeti veoma različite klimatske uvjete, od općih do lokalnih. Međutim, navedeni indikatori IST imaju svoj značaj s obzirom da daju osnovne podatke na osnovu kojih se mogu procijeniti budući trendovi u smislu jednog jedinog parametra. Pri validnim uvjetima, IST se takođe može koristiti za usporedbu različitih jezera i istraživanje efekata načina korištenja tla i aktivnosti urbanih sredina na slivnom području jezera.

### Literatura:

1. E.A.Thomas, *Eutrophication in central European lakes*, Nat.Acad.Sci., Washington D.C.
2. P.Dillon i E.Rigler, *A Simple Method for Predicting the Capacity of a Lake for Development Absed on Lake Trophic Status*, Journal Fisheries Res.Board No. 9, Canada.
3. C.Sawyer, *Basic concepts of eutrophication*, JFPCF No. 38.
4. W.Stumm and J.Morgan, *Aquatic Chemistry*, Wiley-Interscience, New York.
5. R.Vollenwider, *Advances in Defining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake Eutrophication*, OECD Cooperative Programme for Eutrophication, Ontario, Canada, Centre for Inland Waters.
6. G.Hatchison, *Eutrophication, past and present*, Nat.Acad.Sci., Washington D.C.
7. W.Pearsall, *Journal of Ecology* No. 9.
8. Robert E.Carlson, *A Trophic State Index for Lakes*, Limnology and Oceanography 22, No. 2.



Vještačko jezero (akumulacija) Hazna u Gradačcu

Snimio: M. Lončarević

# SAPROBNA I BIOLOŠKA ANALIZA VODE RIJEKE KRIVAJE

**Napomena urednice:** U prošlom broju našeg časopisa objavili smo kratki prikaz magistarskog rada autora Cikotića. Kako je tema Krivaje vrlo aktualna u sektoru voda, dogovorili smo sa autorom da nam napravi novi i širi prikaz koji ovim putem i objavljujemo.

## SAŽETAK

**B**osna i Hercegovina je područje bogatije kopnenim vodama. Međutim, na takvo bogatstvo se ne posmatra kao dar prirode koji treba sačuvati, već na dar koji treba maksimalno iskoristiti ne računajući na posredne posljedice proistekle iz ne baš odgovarajućih zahvata. Iz tog razloga treba što hitnije ustanoviti legislativu zaštite voda Bosne i Hercegovine, time uvesti njihov stalni biomonitoring i spriječiti pogubne projekte. Ova istraživanja su urađena na rijeci Krivaji, od njenog postanka u naselju Olovo – od sastavnica: Bioštica i Stupčanice do njenog ušća u rijeku Bosnu u Zavidovićima. Istraživana je skupina makroinvertebrata zoobentosa Krivaje s ciljem njihove upotrebe u ocjeni kvaliteta vode. Uzorkovanje pomenute skupine vršeno je metodom “kick sampling”. U jednogodišnjem periodu istraživanja, od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine, prikupljeno je 90 uzoraka organizama beskičmenjaka sa šest odabranih lokaliteta. U okviru istraživanja izvršena su mjerenja i analize odabranih fizičko-hemijskih parametara vode, analiza kvalitativno-kvantitativnog sastava zajednice makroinvertebrata, urađena je njihova determinacija i njihova distribucija u rijeci. Raznovrsnost beskičmenjaka prikazana je izračunavanjem Shannon-Weaverovim indeksom diverziteta, kvalitet vode je određen izračunavanjem modificiranog raširenog biotičkog indeksa i saprobnog indeksa.

**Ključne riječi:** makroinvertebrati zoobentosa, saprobnost i biološka analiza vode, biomonitoring voda.

## 1. UVOD

Zbog negativnog antropogenog uticaja na površinske vode potrebno je uvesti i standardizovati odgovarajuću legislativu u biomonitoringu voda. U dosadašnjim naučno-istraživačkim projektima i radovima istraživane su različite populacije vodenih orga-

nizama. Među njima istraživane su i populacije makroinvertebrata zoobentosa tekućica, sa mogućnošću njihovog korištenja kao indikatore kvaliteta vode. Makroinvertebrati zoobentosa voda su beskičmenjaci različitih taksonomskih skupina čija je veličina tijela preko 0,5 mm. U Bosni i Hercegovini su dobro istraženi redovi insekata: *Plecoptera* (Kačanski, 1972, 1978), *Trichoptera* (Marinković, 1981), *Ephemeroptera* (Tanasijević, 1981), *Simuliidae* (Kačanski, 1970), *Psychodidae* (Krek, 1999). Vagner i Meštrov su dali doprinos u istraživanju zoobentosa i podacima o kvalitetu voda (Vagner, Meštrov, 1988). Posljednjih godina vršene su primjene biotičkih indeksa u ocjeni kvaliteta voda Bosne i Hercegovine (Trožić-Borovac, Škrijelj, 2000; Trožić-Borovac, 2001; Čičić, 2003; Cikotić, 2004). U ovom radu izvršena su istraživanja makroinvertebrata zoobentosa rijeke Krivaje na osnovu kojih su primijenjeni odgovarajući indeksi, saprobnost i biotički, a u cilju ocjene kvaliteta vode tekućice. Rijeka Krivaja nastaje od dvije sastavnice, rijeka Bioštica i Stupčanice u naselju Olovo, na nadmorskoj visini oko 540 m. Teče pravcem JI-SZ a od istoimenog naselja – Krivaja, naglo skreće ka zapadu. Uliva se nakon 56,6 km toka u rijeku Bosnu u naselju Zavidovići na nadmorskoj visini oko 190 m. Reljef istraživane tekućice karakterišu uske doline i klisure probojnice, te Krivaja predstavlja planinsku tekućicu bujičavog toka. Klimatski tip istraživanog područja je pretplaninsko-umjerenokontinentalni. Cilj istraživanja u ovom radu bio je utvrđivanje biodiverziteta makroinvertebrata zoobentosa rijeke Krivaje uz primjenu odgovarajućih indeksa u ocjeni kvaliteta vode.

## 2. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja makroinvertebrata zoobentosa rijeke Krivaje izvršeno je na šest odabranih lokaliteta: lokalitet A (LA) – na rijeci Bioštica u naselju Olovo, lokali-

tet B (LB) – na rijeci Stupčanici u naselju Olovo; ostali lokaliteti urađeni su na rijeci Krivaji: lokalitet 1 (L1) na području Boganovića, lokalitet 2 (L2) ispod Stipin Hana, lokalitet 3 (L3) u Vožućoj i lokalitet 4 (L4) u naselju Kovači. Istraživanja su izvršena u pet vremenskih termina: 10.11.2001. godine, 10.03.2002. godine, 08.06.2002. godine, 11.07.2002. godine i 26.10.2002. godine. Izvršena je analiza odgovarajućih fizičko-hemijskih parametara vode. Temperatura zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) mjerena je termometrom, temperatura vode ( $^{\circ}\text{C}$ ), količina kiseonika ( $\text{mg/l}$ ) i zasićenost vode kiseonikom (%) mjereni su oksimetrom (mikroprocesor OXI III). Protok vode mjeran je lopticom stiropora uz primjenu štoperice. Izmjerena je širina korita rijeke (m) dugom pantljkicom, dubina vode drvenim metrom (m). Bilježeni su podaci o boji, mirisu vode, osobine i obraslost sedimenta biljkama, osobine obalnog područja – visina obala i prisustvo priobalne vegetacije. Uzorkovanje makroinvertebrata zoobentosa Krivaje vršeno je metodom “kick sampling” (Dall i sar., 1995). Na svakom lokalitetu urađena su po tri transekta na rastojanju od po 10 m. Na svakom od transekata su uzeta po četiri poduzorka u zbirni uzorak a materijal fiksiran 4% formaldehidom. U laboratoriji PMF u Sarajevu ispirani su uzorci u sitima čija su okca 0,5 mm. Primjenom binokularne lupe izvršena je separacija organizama i materijal fiksiran u 70% alkoholu. Determinacija makroinvertebrata zoobentosa izvršena je do različitih skupina, gdje je bilo moguće do nivoa vrste, uz korištenje odgovarajućih ključeva za njihovu determinaciju (Waringer i Graf, 1997; Bole, 1969; Nagel, 1989; Macan i sar., 1970). Biološke karakteristike lokaliteta prikazane su vrstama odgovarajućeg taksona, brojem jedinki pojedinačnog taksona i relativnim prisustvom (Petz, 1985). Raznovrsnost zajednica beskičmenjaka prikazana je Shannon-Weaverovim indeksom diverziteta (Shannon-Weaver, 1949). Kvalitet vode je određen metodama: modificirani rašireni biotički indeks (Ghetti, 1986) i izračunavanjem modificiranog saprobnog indeksa (Wegl, 1983) gdje se koriste vrste, rodovi i familije organizama koji imaju svoje saprobne i indikatorske vrijednosti. Stepener heterogenosti beskičmenjaka dna rijeke Krivaje prikazan je izračunavanjem indeksa raznolikosti (d) makroinvertebrata i na osnovu dobijenih vrijednosti koeficijenta sličnost – QS (Kerovec, 1988).

### 3. REZULTATI

#### 3.1. Fizičko-hemijske karakteristike vode

U istraživanju makroinvertebrata rijeke Krivaje izvršeno je mjerenje i analiza odgovarajućih fizičko-hemijskih parametara vode. Prosječna temperatura zraka istraživanog područja bila je  $16,26^{\circ}\text{C}$ , dok je prosječna temperatura vode Krivaje bila  $11,3^{\circ}\text{C}$ . Najviša temperatura vode je izmjerena u julu 2002. godine u naselju Kovači:  $21^{\circ}\text{C}$ , dok je najniža tempera-

tura vode izmjerena u martu 2002. godine u vodi rijeke Bioštica i bila je  $5,5^{\circ}\text{C}$ . Prosječna vrijednost protoka vode u jednogodišnjem istraživanju Krivaje je bila  $11,15 \text{ m}^3/\text{s}$ . Najmanja vrijednost protoka vode je izmjerena u rijeci Stupčanici u julu mjesecu:  $2,01 \text{ m}^3/\text{s}$ , dok je najveća vrijednost bila u vodi Krivaje na lokalitetu Vožuće(L3):  $34,66 \text{ m}^3/\text{s}$  u martu 2002. godine. Najveća pH vrijednost vode izmjerena je u vodi Krivaje na lokalitetu 2 – ispod Stipin Hana: 8,9 u julu 2002. godine, dok je najmanja vrijednost dobijena u Krivaji na području Boganovića (L1) u novembru 2001. godine: 6,7. Srednja vrijednost količine kiseonika u vodi Krivaje u toku jednogodišnjeg istraživanja bila je  $10,1 \text{ mg/l}$ , dok je srednja vrijednost zasićenosti vode kiseonikom bila 98,2%. Srednja vrijednost BPK<sub>5</sub> vode rijeke Krivaje bila je  $2,23 \text{ mg/l}$ . Srednja vrijednost nitrata u analiziranim uzorcima vode rijeke Krivaje bila je  $2,2751 \text{ mg/l NO}_3$ , dok je srednja vrijednost fosfata bila  $0,094 \text{ mg/l PO}_4$ . Na tabeli I su prikazane srednje vrijednosti analiziranih i mjenjenih fizičko-hemijskih parametara vode Krivaje u jednogodišnjem istraživanju.



Detalj iz kanjona riječice Stupčanice, koja zajedno sa Biošticom čini rijeku Krivaju

Snimio: M. Lončević

**Tabela I.** Srednje vrijednosti fizičko-hemijskih parametara vode rijeke Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do novembra 2002. Godine

Parametar	10.11. 2001	10.03. 2002	08.06. 2002	01.07. 2002	11.07. 2002	26.10. 2002	04.11. 2002	Srednja vrijednost
Temperatura zraka (°C)	4,28	4,66	20,1	-----	30,83	21,46	-----	16,26
Temperatura vode (°C)	5,43	6,36	13,36	-----	19	9,85	-----	11,03
Protok vode m <sup>3</sup> /s	10,13	16,07	13,06	-----	8,63	15,09	-----	11,15
pH vode	7,0	7,1	8,1	-----	8,0	7,7	-----	7,6
Količina O <sub>2</sub> mg/l	12,8	9,8	10,1	-----	7,3	10,5	-----	10,1
Zasićenost O <sub>2</sub> %	104,8	89,6	100,1	-----	89,5	106,5	-----	98,2
Vrijednost BPK <sub>5</sub> mg/l	-----	-----	-----	1,68	-----	-----	2,79	2,23
Količina NO <sub>3</sub> mg/l	-----	-----	-----	2,2751	-----	-----	-----	2,2751
Količina PO <sub>4</sub> mg/l	-----	-----	-----	0,094	-----	-----	-----	0,094

### 3.2. Rezultati bioloških analiza

U periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine uzeto je 90 uzoraka makroinvertebrata zoobentosa sa šest lokaliteta rijeke Krivaje. U tim uzorcima nađeno je 133 taksona sa 12,766 jedinki organizama. Od skupina makroinvertebrata zoobentosa u uzorcima su nađene: *Turbellaria*, *Gastropoda*, *Bivalvia*, *Oligochaeta*, *Hirudinea*, *Amphipoda*, *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Odonata*, *Trichoptera*, *Diptera* i *Coleoptera*. Sa najvećim brojem pronađenih jedinki bio je red insekata *Ephemeroptera*: 3.719 jedinki, dok je svega jedna jedinka *Turbellaria* nađena u uzorcima bentosa Krivaje. Veoma heterogene skupine beskičmenjaka bile su: *Trichoptera* sa 37 pronađenih taksona, *Ephemeroptera* sa 24, *Plecoptera* sa 22, *Diptera* sa 14 pronađenih taksona u uzorcima bentosa Krivaje. Osim plošnjaka veoma malu

raznovrsnost imale su i neke druge skupine: *Amphipoda* sa jednom pronađenom vrstom, *Bivalvia* sa dvije vrste, *Hirudinea* sa dvije te *Odonata* sa tri pronađene vrste u uzorcima bentosa Krivaje. Najveći broj jedinki beskičmenjaka nađen je u uzorcima Bioštica (LA) u naselju Olovo: 5.489, dok je najmanje jedinki nađeno u bentosu Krivaje na području Vozuće (L3): 569 jedinki makroinvertebrata zoobentosa. Najveća raznovrsnost organizama konstatovana je u uzorcima bentosa Krivaje na lokalitetu Boganovića (LI) gdje je nađeno 102 taksona, dok je najmanje taksona nađeno u uzorcima Krivaje u Vozućoj (L3): 50 taksona makroinvertebrata. Najveći broj jedinki makroinvertebrata zoobentosa Krivaje nađen je u julskom terenskom izlasku 2002. godine: 3.698, dok je najmanje jedinki nađeno u uzorcima novembra mjeseca 2001. godine: 1.485 jedinki (tabela 2).

**Tabela 2.** Broj uzorkovanih makroinvertebrata zoobentosa Krivaje po lokalitetima od novembra 2001. god. do oktobra 2002. god.

Datum uzorkovanja	10.01.2001		10.03.2002		08.06.2002		11.07.2002		26.10.2002		Σ jedink	Σ takson
	Br.je dinki	Br.ta kson.	Br.je dinki	Br.ta kson.	Br.je dinki	Br.ta kson.	Br.je dinki	Br.ta kson.	Br.je dinki	Br.taks on		
LA-Bioštica (Olovo)	477	72	473	71	2068	74	1544	75	927	61	5489	93
LB-Stupčanica(Olovo)	170	49	349	53	282	52	493	51	292	50	1586	71
LI-Krivaja(Boganovići)	216	67	235	71	466	74	1040	79	463	73	2420	102
L2-Krivaja(Stipin Han)	234	62	292	62	433	71	289	66	210	52	1458	83
L3-Krivaja(Vozuća)	122	36	206	35	99	31	72	30	70	28	569	50
L4-Krivaja(Kovači)	266	60	360	55	214	59	260	53	144	47	1244	82
Ukupan broj organizama	1485		1915		3562		3698		2106		12766	133

Od posebnog značaja u ocjeni kvaliteta vode rijeke Krivaje treba pomenuti osjetljive skupine organizama na zagađenje koje su bile brojne u uzorcima bentosa Krivaje u jednogodišnjem istraživanju. Od *Plecoptera* to su vrste iz familije *Leuctridae* sa 403 nađene jedinke, *Perlidae* sa 157 jedinki. Iz reda *Ephemeroptera* treba istaknuti brojnost vrsta iz familije *Heptageniidae* sa 828 jedinki, *Baëtidae* sa najvećim brojem uzorkovanih jedinki: 1239. Od *Trichoptera* brojna je bila familija *Sericostomatidae* sa 320 jedinki te vrste familije *Hydropsychidae* 519 jedinki nađenih u uzorcima bentosa Krivaje. U uzorcima bentosa Krivaje bile su brojne i neke skupine manje osjetljive na zagađenje: *Oligochaeta* sa 943 jedinke, kao i brojne *Diptera* sa 2.561 jedinkom pronađenom u uzorcima Krivaje u jednogodišnjem istraživanju.

### 3.3. Saprobn i biotički indeksi u ocjeni kvaliteta vode rijeke Krivaje

#### 3.3.1. Shannon-Weaver indeks diverziteta

Ovaj indeks diverziteta izračunat je na nivou porodica makroinvertebrata konstatovanih u uzorcima bentosa Krivaje. Srednja vrijednost indeksa diverziteta za uzorke Krivaje bila je 3,35. Najveća vrijednost je bila za uzorke Krivaje na lokalitetu I, na području Bo-

ganovića: 3,80, dok je najmanja vrijednost dobijena za uzorke Krivaje na lokalitetu 3 – Vožuća: 3,06.

#### 3.3.2. Rašireni biotički indeks – Extended Biotic Index (modifikacija Ghetti, 1986.)

Vrijednosti ovog indeksa se kreću od 0-14. Prvi put je primijenjen u Italiji (Ghetti, 1986). Srednja vrijednost EBI indeksa za uzorke Krivaje u jednogodišnjem istraživanju bila je 11,6. Najveća vrijednost ovog indeksa dobijena je za uzorke Krivaje na lokalitetu I – Boganovići: 14, dok je najmanja vrijednost dobijena za uzorke Krivaje na lokalitetu 3 – Vožuća: 8,8.

#### 3.3.3. Modificirani saprobn indeks (Weggl, 1983.)

Za izračunavanje saprobnog indeksa po Wegglu koriste se vrste, rodovi, familije organizama koje imaju svoje indikatorske i saprobne vrijednosti (tabela 4). Srednja vrijednost saprobnog indeksa za uzorke bentosa Krivaje u jednogodišnjem istraživanju bila je 1,7. Najveća vrijednost je dobijena za uzorke Krivaje na lokalitetu 4 – Kovači: 1,9, dok je najmanja vrijednost dobijena za uzorke Krivaje na lokalitetu 2 – Stipin Han: 1,6.



Rijeka Krivaja je desna pritoka rijeke Bosne uzvodno od Maglaja - na slici je detalj Bosne na ulazu u Maglaj

Snimio. M. Lončarević

**Tabela 4.** Taksonomski prijedlog makroinvertebrata zoobentosa rijeke Krivaje sa saprobnim i indikatorskim vrijednostima od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Taksonomska kategorija	si	G	Taksonomska kategorija	si	G
<b>Gastropoda</b>			<b>Erpobdellidae</b>		
<b>Thiaridae</b>			<i>Erpobdella octoculata</i>	2,9	2
<i>Holandriana holandri</i>			<b>Hirudinidae</b>		
<b>Neritidae</b>			<i>Haemopsis sanguisuga</i>	2,6	3
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	1,7	3	<b>Crustacea</b>		
<b>Bithyniidae</b>			<b>Amphipoda</b>		
<i>Bithynia tentaculata</i>	2,4	3	<i>Gammarus balcanicus</i>		
<b>Viviparidae</b>			<b>Insecta</b>		
<i>Viviparus viviparus</i>	1,9	2	<b>Ephemeroptera</b>		
<b>Hydrobiidae</b>			<b>Baëtidae</b>		
<i>Lythoglyphus naticoides</i>	2,2	3	<i>Baëtis rhodani</i>	1,6	3
<i>Potamopirgus jenkensi</i>	2,1	4	<i>Baëtis muticus</i>	1,7	3
<b>Lymnaeidae</b>			<i>Baëtis scambus</i>	1,9	3
<i>Lymnaea peregra</i>			<i>Baëtis sp</i>	1,7	3
<i>Lymnaea truncatula</i>			<i>Centroptilum sp</i>	1,9	3
<b>Planorbidae</b>			<b>Siphonuridae</b>		
<i>Planorbis planorbis</i>	1,9	2	<i>Siphonurus croaticus</i>	end	em
<b>Ancylidae</b>			<b>Leptophlebiidae</b>		
<i>Ancylus fluviatilis</i>	1,7	1	<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	1,6	3
<b>Bivalvia</b>			<i>Habroleptoides confusa</i>	1,4	1
<b>Unionidae</b>			<i>Habrophlebia fusca</i>	1,6	1
<i>Anodonta cygnea</i>	2	3	<i>Habrophlebia lauta</i>	1,5	1
<i>Unio sp</i>	1,7	2	<b>Heptageniidae</b>		
<b>Turbellaria</b>			<i>Rhytrogena semicolorata</i>	1,2	5
<b>Dugesidae</b>			<i>Rhitrogena sp</i>	1,2	5
<i>Dugesia gonocephala</i>	1,2	4	<i>Heptagenia sulphurea</i>	1,9	3
<b>Oligochaeta</b>			<i>Heptagenia sp</i>	1,8	3
<b>Tubificidae</b>	3,6	3	<i>Ecdyonurus venosus</i>	1,5	2
<b>Naididae</b>	2,3	1	<i>Ecdyonurus helveticus</i>	1,5	2
<b>Haplotaxidae</b>			<i>Ecdyonurus spl</i>	1,6	2
<b>Lumbricidae</b>			<i>Ecdyonurus sp2</i>	1,6	2
<b>Lumbriculidae</b>	3	3	<i>Epeorus sp</i>	1,1	3
<b>Aeolosomatidae</b>			<b>Ephemerellidae</b>		
<b>Hirudinea</b>			<i>Ephemerella ignita</i>	2,1	2
<i>Ephemerella major</i>	1,8	2	<i>Anax imperator</i>		
<i>Ephemerella mucronata</i>	1,8	2	<i>Brachytron sp</i>		
<b>Ephemeridae</b>			<b>Trichoptera</b>		
<i>Ephemera danica</i>	1,6	3	<b>Glossosomatidae</b>		



<b>Oligoneuridae</b>			<i>Glossosoma conformis</i>	1,2	4
<i>Oligoneuriela rhenana</i>	1,9	3	<i>Glossosoma bifidum</i>	1,2	4
<b>Plecoptera</b>			<i>Agapetus fuscipes</i>	1	4
<b>Leuctridae</b>			<b>Brachycentridae</b>		
<i>Leuctra hippopus</i>	1,2	4	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	1	3
<i>Leuctra nigra</i>	1,2	3	<b>Limnephilidae</b>		
<i>Leuctra fusca</i>	2	2	<i>Drusus sp</i>	1	3
<i>Leuctra spl</i>	1,2	4	<i>Potamophilax latipenis</i>	1,3	4
<i>Leuctra sp2</i>	1,2	4	<i>Limnephilus sp</i>	1,8	2
<b>Nemouridae</b>			<i>Limnephilus extricatus</i>	2	2
<i>Amphinemura sp</i>	1,2	2	<i>Halesus tesellatus</i>	1,6	3
<i>Nemoura cynerea</i>	1,9	2	<i>Anabolia nervosa</i>	2,1	2
<i>Nemoura sp</i>	1,4	3	<i>Gramotaulius nigropunctatus</i>	1,8	1
<i>Nemurella picteti</i>	1	5	<b>Goeridae</b>		
<i>Protonemura auberti</i>	1,2	4	<i>Goera pilosa</i>	1,5	3
<i>Protonemura sp</i>	1,2	4	<i>Silo pallipes</i>	1	4
<b>Perlodidae</b>			<i>Silo piceus</i>	1,2	4
<i>Perlodes sp</i>	1,2	4	<b>Beraeidae</b>		
<i>Isoperla grammatica</i>	1,6	3	<i>Beraea sp</i>	1,1	4
<i>Isoperla sp</i>	1,2	3	<i>Beraea maurus</i>	1,1	4
<b>Perlidae</b>			<b>Sericostomatidae</b>		
<i>Perla sp</i>	1,2	3	<i>Sericostoma personatum</i>	1,5	4
<i>Perla marginata</i>	1,2	4	<i>Sericostoma sp</i>	1,5	4
<i>Perla burmeisteriana</i>	1,4	3	<b>Leproceridae</b>		
<i>Dinocras megacephala</i>	1,2	4	<i>Mystacides azurea</i>	1,9	2
<b>Taeniopterigidae</b>			<i>Athripsodes sp</i>	1,8	3
<i>Taeniopterix sp</i>	1,4	3	<b>Hydropsychidae</b>		
<i>Brachyptera risi</i>	1,2	4	<i>Hydropsyche siltalai</i>	2,3	3
<i>Brachyptera sp</i>	1,2	4	<i>Hydropsyche incognita</i>	2,1	2
<b>Capnidae</b>			<i>Hydropsyche dinaricae</i>	end	em
<i>Capnia sp</i>	1,3	4	<i>Hydropsyche pellicidula</i>	2,1	2
<b>Odonata</b>			<i>Hydropsyche angustipennis</i>	2,5	2
<b>Gomphidae</b>			<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1,9	3
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	2,3	3	<b>Rhyacophilidae</b>		
<b>Aeshnidae</b>			<i>Rhyacophila sp</i>	1,7	3
<i>Rhyacophila fasciata</i>	1,4	3	<i>Tanipodinae</i>		
<i>Rhyacophila vulgaris</i>	1,2	2	<b>Psychodidae</b>	3,5	3
<i>Rhyacophila stigmatica</i>	1,7	3	<b>Stratiomyidae</b>		
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	1,7	3	<b>Empididae</b>		

<b>Psychomidae</b>			<b>Muscidae</b>		
<i>Lype sp</i>	1,5	4	<b>Limoniidae</b>		
<i>Psychomia pusilla</i>	1,5	4	<b>Blephariceridae</b>		
<b>Philopotamidae</b>			<i>Liponeura sp</i>	2,1	2
<i>Wormaldia subnigra</i>	1	4	<b>Coleoptera</b>		
<i>Philopotamus sp</i>	1	3	<i>Elmis sp</i>	1,5	2
<b>Odontoceridae</b>			<i>Riolus sp</i>		
<i>Odontocerum albicorne</i>	1	5	<i>Limnius sp</i>	1,4	4
<b>Diptera</b>			<i>Oulimnius sp</i>	1,5	3
<b>Tipulidae</b>			<b>Haliplidae</b>	1,8	2
<b>Culicidae</b>			<b>Dytiscidae</b>	2,1	1
<b>Dixidae</b>	1,7	2	<b>Gyrinidae</b>		
<b>Simuliidae</b>	2	1	<b>Hydrophilidae</b>		
<b>Chironomidae</b>	1,9	3			
<i>Chironominae</i>					
<i>Tanitarsinae</i>					

#### 4. DISKUSIJA

Metoda uzorkovanja "kick sampling" koja je primijenjena u ovim istraživanjima pokazala se odgovarajućom za tip tekućice kakva je Krivaja. To je brza, jednostavna metoda i transekti zahvataju veliki broj mikrohabitata. Rijeka je takva da joj se moglo prići, nije pretjerano duboka, a transektima odabrani su brzaci i druga različita staništa, tip sedimenta, itd.

Dobijene vrijednosti temperature vode rijeke Krivaje ukazuju da se ona može smatrati gorskom tekućicom (Mol, 1979). Prema vrijednostima protoka vode ova tekućica pokazuje osobine bujičavih voda planinskog područja što uz veliku zasićenost vode kiseonikom i njegovom rastvorljivošću ukazuje da je Krivaja dobra akvatična sredina za razvoj vodenih organizama. Veće bazne vrijednosti pH vode za neke lokalitete istraživanja – Stipin Han (L2), vjerovatno su posljedica slivanja stajskog đubriva iz staja u blizini obale rijeke, visokih ljetnjih temperatura, te dobrom razvoju perifitona. Treba istaći manje vrijednosti zasićenja vode kiseonikom u Krivaji na lokalitetu 3 – Vozuća što je posljedica visokih temperatura, nepogodnog sedimenta, pijeska "kuma", za razvoj fitobioceenoze. Iako, BPK5 vrijednosti vode Krivaje nisu dostizale prekomjerne nivoe ipak, u novembarskom uzorkovanju vrijednosti BPK5 su bile visoke za vodu zadnja dva uzorka, na lokalitetu Vozuće i Kovača. To je bila posljedica velikih oborina kiša koje su nas pratile od početka uzorkovanja, voda je naglo nabujala, postala zamućena, što je potvrda bujičave plahovitosti ove planinske ljepotice, a vjerovatno i brzog slivanja vode niz iskrčene padine šuma tog područja.

U jednogodišnjem istraživanju rijeke Krivaje nađeno je 133 taksona sa 12.766 jedinki makroinvertebrata zoobentosa. Te vrijednosti nam pokazuju veliki biodiverzitet organizama i dobru vodenu sredinu za razvoj makroinvertebrata. Vidljive su razlike u raznovrsnosti organizama i broju njihovih jedinki po lokalitetima uzorkovanja, a i prema terenskim izlascima što ukazuje na sezonsku ritmiku organizama. Veliki broj organizama na lokalitetu A – u bentosu Bioštrice je rezultat velike brojnosti jedinki pojedinih skupina – *Amphipoda*, *Diptera*, *Ephemeroptera*, zbog njihove dobre ishrane u pojedinim sezonama. Najveći broj taksona makroinvertebrata zoobentosa Krivaje nađen je u njenom gornjem toku, na lokalitetu I, na području Boganovića. To nam ukazuje na povoljne uvjete života organizama u njenom gornjem toku, kao i da ne pristize ogromno zagađenje iz naselja Olova. U uzorcima bentosa u toku jednogodišnjeg istraživanja Krivaje nađene su senzibilne skupine makroinvertebrata na zagađenje (*Plecoptera*, *Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *itd*) a i manje osjetljive skupine beskičmenjaka koje dobro podnose i jače zagađenje (*Diptera*, *Oligochaeta*). Zanimljivo je stanje populacija puževa u uzorcima bentosa Krivaje. Naime, u uzorcima njenih sastavnica: Bioštrice i Stupčanice, nađeno je malo jedinki puževa kao i u gornjem toku Krivaje. Brojnost jedinki puževa se naglo povećava u srednjem i donjem toku što ukazuje na formiranje Krivaje kao veće rijeke, te njeno postepeno zagađenje prema donjem toku. Brojnost i raznovrsnost makroinvertebrata u uzorcima jasno ukazuju na njihovu ovisnost o tipu sedimenta tekućice. Veća je brojnost

jedinki u gornjim tokovima rijeke gdje je krupnije kamenje i šljunak kao sediment. Pijesak "kum" se pokazao kao nepogodan sediment za razvoj makroinvertebrata. Najveći biodiverzitet u uzorcima Krivaje imao je red insekata *Trichoptera*, dok je po broju jedinki najbrojniji bio red *Ephemeroptera*. To je i razumljivo zbog povoljnih uvjeta koji vladaju u istraživa- noj tekućici. Sa većim brojem jedinki nađenih u uzor- cima ističu se sledeće familije: *Thiaridae* (iz skupine *Gastropoda*); *Tubificidae*, *Naididae* (*Oligochaeta*); *Gammaridae* (*Amphipoda*); *Baëtidae*, *Heptagenidae*, *Ephemerillidae* (*Ephemeroptera*); *Leuctridae*, *Nemouridae* (*Plecoptera*); *Hydropsychidae*, *Sericostomati- dae*, *Goeridae* (*Trichoptera*); *Chironomidae*, *Simuli- dae* (*Diptera*) i *Elminthidae* (iz reda *Coleoptera*).

**Shannon-Weaverov indeks diverziteta** – indeksi diverziteta nam pokazuju da u ekosistemu diverzitet organizama opada pod uticajem zagađenja. Čiste vode naseljavaju različite vrste taksona obično s manjim brojem jedinki zbog međusobne kompeti- cije, a ako su povoljni uvjeti i sa većim brojem jedin- ki. Pri izračunavanju indeksa diverziteta moramo sve taksonove dovesti u isti nivo, jer je moguća primjena i za vrste, rodove i porodice (Hughes, 1978). U Bosni i Hercegovini prvi put je primijenjen u istraživanju ri- jeke Bosne (Trožić-Borovac, 2001). Vrijednosti inde- ksa diverziteta za sve uzorke Krivaje bile su iznad tri što predstavlja vodu prve klase kvaliteta. Najveće vri- jednosti su dobijene za uzorke njenog gornjeg toka. Na manje vrijednosti ovog indeksa mogu uticati: pre- komjeran broj jedinki nekih taksona, čak i ako nema jačeg zagađenja, izljetanje insekata te prisustvo lar- vi veličine ispod 0,5 mm koje se ne zahvataju upotri- jebljenom mrežom, nabujalost i plahovitost vode, te odnošenje organizama u druge tokove rijeke, itd.

**Modificirani rašireni biotički indeks** – predstavlja modifikaciju Trent biotičkog indeksa (Woodiwis, 1964). Bazira se na dvije činjenice: organsko zagađe- nje reducira diverzitet vrsta a povećanjem zagađe- nosti dolazi do iščezavanja makroinvertebrata slede- ćim redom – *Plecoptera*, *Ephemeroptera*, *Trichopte- ra*, *Gammaridae*, *Chironomidae* te *Tubificidae*. Ovaj indeks je odabran u istraživanju Krivaje zbog njenog bujičavog toka. Izrazito velike vrijednosti ovog inde- ksa su dobijene za prva četiri lokaliteta (LA, LB, LI, L2) što ukazuje na vodu prve klase kvaliteta. Za uzor- ke bentosa Krivaje na lokalitetu 3 – Vozuća, vrije- dnosti su ukazivale na vodu II klase kvaliteta, tj. na umjereno zagađenu vodu.

**Modificirani saprobni indeks** – Određivanje sa- probiteta vode je odavno standardizovani sistem pri- mjenjivih metoda proizašlih iz saprobnog sistema Kolkwitz i Marsson (1908). Pri upotrebi saprobnog sistema po Sladačeku sve jedinke moraju biti deter- minisane do nivoa vrste (Sladaček, 1973). U ovom istraživanju primijenjen je modificirani saprobni sis- tem po Weglu (Wegl, 1983) gdje se upotrebljavaju vi- še taksonomske kategorije za izračunavanje inde-

ksa: rodovi, porodice koje imaju svoje indikatorske i saprobne vrijednosti. Iako je saprobni sistem do da- nas ostao najvažnija podloga za procjenu kvaliteta tekućih voda njegova upotreba je ograničena ili ne- moguća kada je prirodno samoprečišćavanje sprije- čeno djelovanjem otrovnih tvari. Vrijednosti ovog in- dekza dobijene za uzorke bentosa Krivaje u jedno- godišnjem istraživanju ukazuju da je voda I – II klase kvaliteta, tj. neznatno zagađena voda. Veće vrije- dnosti ovog indeksa dobijene za uzorke bentosa do- njeg toka Krivaje ukazuju na vodu II klase kvaliteta (beta mezosaprobni stepen), odnosno umjereno za- gađenu vodu. To potvrđuje prethodne konstatacije postepenog opterećenja Krivaje prema donjem toku.

Jednogodišnje istraživanje rijeke Krivaje dalo je mogućnost ispitivanja kvaliteta vode kroz primjenu određenih biotičkih i saprobnih indeksa. U budućim istraživanjima na području Bosne i Hercegovine tre- baju se sprovesti opsežnija istraživanja vodenih eko- sistema, radi dobijanja početnih podataka njihovog stanja, sa čime to mi raspoložemo, sa kakvim priro- dnim resursima. Također, trebaju se iznaći odgovara- juće metode tog istraživanja te ih uvrstiti u legislativi biomonitoringa voda Bosne i Hercegovine.

## 5. ZAKLJUČCI

Na osnovu analize rezultata kvalitativno-kuantita- tivnog sastava makroinvertebrata zoobentosa rijeke Krivaje, a s ciljem ocjene kvaliteta vode, mogu se izvu- ći sledeći zaključci:

1. Dobijene vrijednosti temperature vode u jednogodišnjem istraživanju Krivaje ukazuju da je to planinska tekućica po- voljnih uvjeta života;
2. Vrijednosti protoka vode potvrđuju prethodnu konstataci- ju da Krivaja pripada planinskim rijekama bujičavog kara- ktera;
3. Vrijednosti pH vode ukazuju da je prisutno umjereno or- gansko zagađenje bez izrazitog uticaja drugog tipa zaga- đenja;
4. Na osnovu količine kiseonika u vodi te njena ujednačena zasićenost kiseonikom ukazuju da je Krivaja povoljna akvatična sredina za razvoj vodenih organizama;
5. Vrijednosti nitrata i fosfata ne prelaze MDK vrijednosti;
6. U jednogodišnjem istraživanju Krivaje u 90 uzoraka ben- tosa nađeno je 133 taksona sa 12.766 jedinki, što ukazu- je na veliki biodiverzitet makroinvertebrata u ovoj tekućici;
7. Broj nađenih jedinki kao i taksona organizama u uzorci- ma varirao je, što je ukazivalo na njihovu sezonsku ritmi- ku;
8. Analizirajući uzorke sastavnica Krivaje: Bioštica i Stupča- nice može se zaključiti da je Stupčanica više opterećena organskim otpadom iz naselja Olovo;
9. U uzorcima bentosa gornjeg toka Krivaje (na lokalitetima I i 2) nađen je veliki broj taksona makroinvertebrata što potvrđuje njen kvalitet;
10. U uzorcima srednjeg toka Krivaje, na lokalitetu 3 u nase- lju Vozuća, konstatovan je najmanji broj taksona i jedinki što je potvrdilo činjenicu da je pijesak "kum" nepovoljan sediment za razvoj makroinvertebrata, a i to da se Krivaja nizvodno postepeno sve više opterećuje;
11. U uzorcima bentosa u donjem toku Krivaje, na lokalitetu 4 u naselju Kovači, uočeno je opadanje brojnosti senzibilnih

- skupina beskičmenjaka što potvrđuje činjenicu postepenog nizvodnog opterećenja Krivaje;
12. Analizom uzoraka bentosa Krivaje dobijena je relativno visoka srednja vrijednost Shannon-Weaverova indeksa diverziteta na osnovu kojih se može zaključiti da u toj tekućici vladaju povoljni uvjeti života makroinvertebrata;
  13. Također, prethodnu konstataciju dobrih uvjeta su potvrdile dobijene visoke vrijednosti EBI indeksa za uzorke bentosa Krivaje;
  14. Srednja vrijednost saprobnog indeksa od 1,7 dobijena za uzorke bentosa Krivaje, ukazuju nam na vodu I do II klase kvaliteta, oligo-beta-mezosaprobnu vodu, odnosno malo do umjereno zagađenu vodu;
  15. Upotrijebljena metoda "kick sampling" pokazala se odgovarajućom za istraživanje Krivaje;
  16. Ukupni rezultati kao i primjena različitih metoda monitoringa – saprobnog, biotičkog, diverzitetnog pristupa treba da posluže boljem biomonitoringu naših tekućica, efikasnijoj kontroli, planiranju odgovarajućih zahvata njihovog iskorištavanja ali bez opterećenja i uništavanja vodenih populacija;

## 6. LITERATURA

1. Bole J. Ključni za određivanje živali: mehkužci (Molusca). Ljubljana: Inštitut za biologiju, Univerze v Ljubljani in Društvo biologov Slovenija, 1969.
2. Cikotić M. Makroinvertebrati zoobentosa rijeke Krivaje kao indikatori kvaliteta vode. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo 2004; Magistarski rad.
3. Čičić A. Biodiverzitet makroinvertebrata zoobentosa rijeke Fojnice. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo 2003; Magistarski rad.
4. Dall PC, Friberg N, Lindegard C, Toman MJ. A practical guide of biological assesment of stream water quality. Biological Assesment of Stream Water Quality. Ljubljana: University of Ljubljana, 1995.
5. Ghetti PF. I macroinvertebrati nell analisi di qualita dei corsi aqua. Trento: Universita di Parma. Catedra di Idrobiologia, 1986.
6. Hughes, B. D. (1978): The influence of factors other than pollution on the value of Shannon's Diversity index for benthic macroinvertebrates in streams. *Water Res.*, 12: 359-364.
7. Kačanski D. Plecoptera sliva gornjeg toka rijeke Bosne. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu* 1972; 10: 104-117.
8. Kačanski, D. (1978): Plecoptere sliva Neretve. *Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu*, 31: 57-69, Sarajevo.
9. Kačanski D. Fauna Simulidae (Diptera) u tekućicama na području planina Maglić, Volujak i Zelengora. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine* 1970; 9: 79-92.
10. Kerovec, M. (1988): *Ekologija kopnenih voda*. Hrvatsko ekološko društvo I dr. Ante Pelivan, Zagreb, Mala ekološka biblioteka.
11. Kolkwitz R, Marson M. *Okologie der pflanzlichen saprobien*. *Ber Deutch Bot Ges*, 1908; 26a: 505-519.
12. Krek, S. (1999): *Psychodidae (Diptera, Insecta) Balkanskog poluotoka*. Studentska štamparija Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
13. Macan TT, M A. *A Key to the Nymphes of the British species of Ephemeroptera*. Westmorland: Freshwater Biological Asociation. Scientific Publication, 1970.
14. Marinković M. *Endemični vodeni insekti u Bosni i Hercegovini: Trichoptera*. Sarajevo: Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, 1981.
15. Mol, A. (1979): *Flora and fauna of European running waters*. Council of Europe, European Committee for the Conservation of Nature and Natural Resources, Strasbourg.
16. Nagel VP. *Bildestimmungs – schlüssel der Saprobien: Macrozoobenthon*. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag, 1989.
17. Petz B. *Osnovne statističke metode*. Zagreb: SNL, 1985.
18. Shannon CE, Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press, urbana, IL, 1949; 1.pp 19-21, 82-83, 104-107.
19. Sladaček, V. (1973): *Ergebnisse der Limnologie, Sistem of water quality from the Biological point of View*. Stuttgart, Arch. Hydrobiologia, Beiheft 7, s, 215.
20. Tanasijević M. *Endemični vodeni insekti u Bosni i Hercegovini: Ephemeroptera*. Sarajevo: Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, 1981.
21. Trožić-Borovac S, Škrijelj R. *Makroinvertebrata u ocjeni kvaliteta vode gornjeg toka rijeke Une*. *Veterinaria*. 2000; 49 (3-4): 321-332.
22. Trožić-Borovac S. *Istraživanje makroinvertebrata bentosa rijeke Bosne i pritoka u ocjeni kvaliteta vode*. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo 2001; Doktorska disertacija.
23. Vagner, D., Meštrov, M. (1988): *Prilog poznavanju maločetinaša (Annelida, Clitellata) rijeke Trebišnjice*. *Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu*, 41: 97-107.
24. Waringer J, Graf W. *Atlas der Österreichischen köcherfliegenlarven: unter Einschluß der angrenzenden Gebiete*. Wien: Facultas Universitätsverlag, 1997.
25. Wegl R. *Indeks für die Limnosaprobität. Beiträge zur Gewässerforschung XIII, Band*. Wien, 1983; 26: 159-175.
26. Woodiwis F. *The biological System of Stream Classification used by the Trent River Bord*. *Chemistry and Industry*. 1964; 1:443-447.



Detalj sa gornjeg toka rijeke Krivaje

Snimio: M. Lončević

# OPĆE KARAKTERISTIKE KVALITETA VODE RIJEKE VRBAS

## Sažetak

**R**ad je rezultat analize sastava biocenoza ekosistema rijeke Vrbas do Jajca u periodu od 1980-1982. godine. U toku istraživanja obrađeno je 12 lokaliteta počev od Sikiričkog potoka do nizvodno od Jajca (Kaćanski, 1983). Na osnovu dobivenih podataka o naselju cijanobakterija i algi iznesen je kratak osvrt na kvalitet vode. Registrovano je 133 vrste cijanobakterija i algi, a utvrđen je pad brojnosti i raznovrsnosti idući nizvodno. Rezultati bakteriološke analize i mjerenja fizičko-hemijskih parametara ukazuju na jasno izdvajene dvije cjeline istraživanog dijela sliva rijeke Vrbas sa aspekta kvaliteta vode: Sikirički potok do Gornjeg Vakufa svrstava se u kategoriju čistih voda, od Gornjeg Vakufa nizvodno u kategoriju voda sa prisutnim onečišćenjem.

Analizom sastava makroinvertebrata bentosa utvrđen je 81 takson makroinvertebrata sa 6. 545 jedinici. Ocjena kvaliteta vode izvršena je izračunavanjem saprobnog indeksa koji uvažava saprobnost (s) i indikatorsku vrijednost (G) organizama, kao i njihovu relativnu abundancu. Prema izračunatim vrijednostima kvalitet vode rijeke Vrbas do Gornjeg Vakufa je u kategoriji čistih voda oligo/betamesosaprobnost stupanj, a nizvodno betamesosaprobnost sa izraženim padom kvaliteta i prisutnim onečišćenjem.

## Uvod

Rijeka Vrbas je sa cjelokupnim slivnim područjem na prostoru od izvorišnog dijela na planini Vranici do prostora nizvodno od Jajca, predstavlja kanjonsku rijeku. U sklopu bioloških istraživanja, akvatičnih ekosistema, donekle je ova rijeka manje istaknuta ili nedovoljno istražena. Akvatična fauna sliva rijeke Neretve, Bosne i Drine, relativno dobro istražena (Kaćanski, 1971, 1970, 1978, Krek, Kaćanski, Tanasijević, 1976, Mučibabić i sur., 1973, 1979, Tanasi-

jević, 1970, 1974, 1979, Blagojević, Hafner, 1980; Sofradžija i sur., 2002, 2003), sliv rijeke Vrbasa je samo u periodu kraja osamdesetih godina istraživana (Kaćanski i sur., 1983). Uslijed ovakvog stanja malo je ili skoro nikako poznata značajnost i bogastvo kako vodnim resursom tako i specifičnim živim svijetom u njemu. Uslijed sveopće degradacije životne sredine i neplanskog upravljanja vodnim resursima u centar potreba i planiranja postavljeni su slivovi sa rezervama pitke vode i hidroenergetskim potencijalom. Poseban karakter upravljanju vodama daje visok kvalitet hidroresursa u Bosni i Hercegovini, koji uslijed manjeg stupnja razvijenosti industrije još uvijek predstavljaju raritet u Evropi.

Bogat razvoj kopnene flore, specifičnost njenog sastava, prije svega velik broj endemičnih vrsta uslovljen je visokim vodnim potencijalom. U periodu prelaska ili tranzicije naša država sa svojim zakonima i odredbama mora se uklapati u suvremene evropske direktive i zakone o životnoj sredini. U svim tim nastojanjima aspekt poznavanja kvaliteta vode predstavlja polaznu osnovu u adekvatnom upravljanju i korištenju vodnih resursa.

Rijeka Neretva je već dugi niz godina pretrpila značajne izmjene koje karakterišu njen srednji tok koji je izgradnjom akumulacija iskorišten kao hidroenergetski potencijal, a tendencije su da i gornji tok zadesi ista sudbina. Slična događanja karakterišu i druge slivove. Sliv rijeke Vrbas je u dijelu Bočac, već iskorišten djelomično kao hidropotencijal, a na području grada Banja Luka kanjon Tolise je uredbom Republike Bosne i Hercegovine od 1955. godine, na osnovu specifičnosti, bogastva živog svijeta i prirodnih ljepota zaštićen.

Cilj ovog rada je da se na osnovu analize stanja biocenoza u slivu rijeke Vrbas na prostoru nizvodno od Jajca u periodu od 1980-1982. godine, ukaže na veliku i sveopću specifičnost ovog vodotoka. Pose-

ban aspekt dat je prijeratnom kvalitetu vode u ovom dijelu vodotoka, koji bi s obzirom na duži period i ratna događanja predstavljao veoma značajna polazišta za sveobuhvatna hidrobiološka fundamentalna istraživanja u novijem periodu. S druge strane, komparacijom sa podacima akvatičnih zajednica u drugim slivovima na prostoru Bosne i Hercegovine značajno je istaći specifičnost vodenih biocenoza sliva Vrbas.

### Osnovne hidrografske karakteristike sliva rijeke Vrbas

Rijeka Vrbas izvire na planini Zec (obronci Vranice) na oko 1.700m i drenira centralni dio sjevernih padina Dinarskog masiva, a u rijeku Savu se ulijeva u mjestu Srbac na 90 m.n.v. Svojim tokom gradi korito koje se duboko usjeca u planinsko zemljište i pravi velike padove do Gornjeg Vakufa, čak oko 30%. U području Gornjeg Vakufa u Vrbas se ulijeva Sikirički i Deralski potok, Arđenovac sa desne strane, a sa lijeve strane Dragučina, Bijele vode i Trlički potok.

Nizvodno od Donjeg Vakufa tok se djelomično proširuje, na mjestima meandrira (slika 1) i račva se. U ovom dijelu u Vrbas dotiču sa desne strane : Krupa, Bistrica, Grnišnjak i Ričica, a sa lijeve strane : Trnovača, Voljica potok, Mrkoloski i Cipala potok. U Bugojanskoj kotlini pad je mali, te na dužini od 22 km ukupan pad iznosi 92 m ili približno 4,1 %. U ovom dijelu Vrbas prima vodu od mnoštva potoka kao što su : Vitina, Potočani, Oboračka rijeka, Viseočica, Poričnica, Dolajanski potok i Brusački potok. Nizvodno uslijed geološke građe, tj. prisustva karbonatnih stijena dolina postaje klisurasta, korito je u ovom dijelu suženo zbog suženosti doline kojom protiče.

U području Jajca dotok pritoka u Vrbas je manji ali je količina vode u koritu veća nego uzvodno. Najznačajnije pritoke u ovom dijelu su Pliva i Rijeka koje se ulijevaju kod Jajca, a pored njih tu su Sandžekski, Babin, Sokolin potok i Bila voda, a s lijeve strane se još u Vrbas ulijevaju Semečnica i Solinac.

Generalno posmatrajući, rijeku Vrbas vodom snabdjeva oko 36 direktnih pritoka čija dužina korita je od 10 km. Prosječan pad korita je 80-90 cm, a protok od 93-94 m<sup>3</sup>/s. Dužina toka rijeke Vrbas iznosi 240 km, a slivno područje zahvata površinu oko 5.406 km<sup>2</sup>.

Prema osnovnim fiziografskim uslovima sliv rijeke Vrbas se dijeli u tri cjeline:

1. gornji tok – od izvora do Jajca, karakteriše ga strm pad i osobine planinskog toka;
2. srednji tok - od Jajca do Banjaluke, prisustvo krečnjačkih kanjona sa naglašenim padom korita i
3. donji tok - od Banjaluke do ušća u Savu, gdje teče kroz aluvijalnu raven, te je tipična ravničarska rijeka sa malim padom i meandrira.



Slika 1. Rijeka Vrbas na prostoru Gornjeg i Donjeg Vakufa

### Materijal i metode rada

U okviru istraživanja dinamike biocenoza ekosistema rijeke Vrbas do Jajca izvršeno je uzorkovanje proba bentosa za analizu sastava biljaka i makroinvertebrata, a u cilju utvrđivanja sastava, gustine populacija i ocjene kvaliteta vode u periodu od 1980 do 1982 godine (Blagojević, Hafner, 1983).

Ukupno su obuhvaćene četiri sezone sa uzorkovanjem u maju, junu, oktobru i septembru. Primjeno je uzorkovanje Saprobnom mrežom površine 929 cm<sup>2</sup>, a uzimane su dvije probe sa lokaliteta. Istraživanjem je obuhvaćeno 12 lokaliteta u gornjem toku rijeke Vrbas do Jajca (slika 2). Obrada materijala izvršena je u Laboratoriju Biološkog instituta Univerzi-

teta u Sarajevu i Prirodno-matematičkog fakulteta u Sarajevu. Determinacija je izvršena uglavnom do nivoa vrste. Pored kvantitativne metode uzorkovanja makroinvertebrata bentosa izvršen je izlov imaga vodenih insekata entomološkom mrežom. U radu su dati podaci o saprobnim vrijednostima konstatovanih vrsta ali nije izvršena adekvatna valorizacija kvaliteta vode (Kačanski i sur., 1983).

Na osnovu podataka (Kačanski i sur., 1983) sastava makroinvertebrata bentosa sliva rijeke Vrbas do Jajca u ovom radu izračunat je saprobni indeks u valorizaciji kvaliteta vode i naznačen faunistički pregled konstatovanih vrsta.

Ocjena kvaliteta vode na osnovu sastava zoobentosa izračunata je modificiranim saprobnim indeksom prema formuli:

$$S = \frac{\sum h \cdot s \cdot G}{\sum h \cdot G}$$

S – saprobni indeks,  
h – relativna abundanca taksona,  
s – saprobna vrijednost (Wegl, 1983) i  
G – indikatorska vrijednost taksona.

#### Lokaliteti istraživanja:

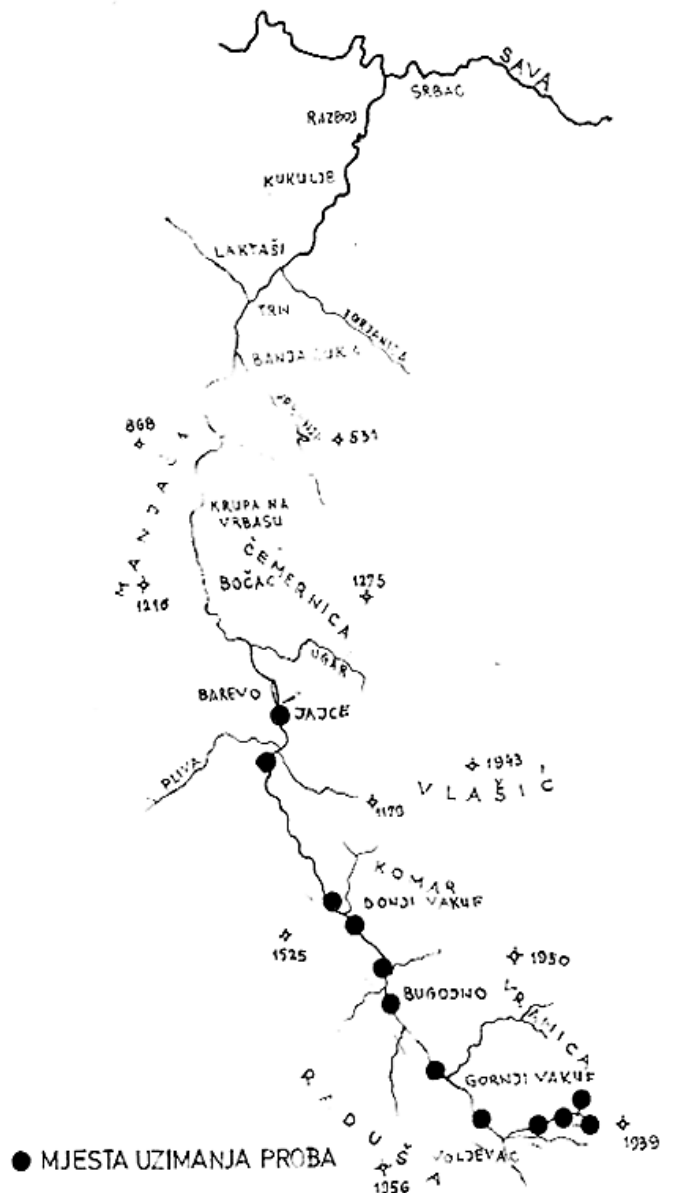
- L1 – Sikirički potok uzvodno od ušća u Vrbas,
- L2- Vrbas iznad ušća Sikiričkog potoka,
- L3 – Vrbas uzvodno od Jelića,
- L4- Vrbas uzvodno od Svilića,
- L5 – Vrbas uzvodno od Gornjeg Vakufa,
- L6 – Vrbas nizvodno od Gornjeg Vakufa,
- L7- Vrbas uzvodno od Bugojna,
- L8 – Vrbas nizvodno od Bugojna,
- L9 – Vrbas uzvodno od Donjeg Vakufa,
- L10 – Vrbas nizvodno od Donjeg Vakufa,
- L11 – Vrbas uzvodno od Jajca i
- L12 – Vrbas nizvodno od Jajca.

#### REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Kao rezultat analize sastava fitobentosa u uzorcima na lokalitetima sliva rijeke Vrbas do Jajca, konstatovano je 133 vrste koje su različito distribuirane po lokalitetima. Velik diverzitet cijanobakterija i algi ukazuje na povoljne uslove za egzistenciju ovih organizama. Pojedinačno analizirajući svaki lokalitet sa aspekta sastava cijanobakterija i algi, a u svrhu valorizacije kvaliteta vode može se zaključiti da je voda:

- od Sikiričkog potoka do Gornjeg Vakufa oligosaprobnost sa većim prisustvom mesosaprobnih indikatora,
- od Gornjeg Vakufa do ispod Jajca II stupnja kvaliteta ili betamesosaprobnost sa pojavom alfasosaprobnih indikatora (Blagojević, Hafner, 1983).

Rezultati analize kvalitativno-kuantitativnog sastava zoobentosa sliva rijeke Vrbas na 12 lokaliteta



Slika 2. Sliv Vrbasa sa lokalitetima uzorkovanja

(tabela 1) ukazuju na veoma visoku raznovrsnost i bogastvo posebno faune vodenih insekata. Ukupno je konstatovano 81 takson sa 6. 545 jedinki.

Broj taksona je različito distribuiran po lokalitetima kao i broj jedinki. Kao rezultat izlova imaga sa obala na istraživanim lokalitetima konstatovano je 28 vrsta iz reda Plecoptera. Po broju taksona izdvajaju se uzorci bentosa sa lokaliteta Vrbasa uzvodno od Jelića sa 35 taksona dok je najmanji broj taksona registrovan u uzorcima Vrbasa uzvodno od Donjeg Vakufa (26). Uzorci bentosa sa svih lokaliteta odlikuju se visokim diverzitetom i brojem jedinki što ukazuje na povoljnost ekoloških uvjeta za njihovu egzistenciju.

Posebnu značajnost predstavlja bogastvo senzibilnih grupa vodenih insekata (*Plecoptera*, *Ephemeroptera* i *Trichoptera*) koje po ukupnom učešću svo-

jom brojnošću dominiraju u uzorcima svih lokaliteta. U okviru faune vodenih insekata iz reda *Ephemeroptera* konstatovane su 23 vrste vodenih cvjetova koje su predstavnice sedam evropskih familija sa 12 rodova. Uporedbom sastava faune vodenih cvijetova iz uzoraka bentosa gornjeg toka rijeke Vrbas sa drugim tokovima na prostoru BiH uočava se sličnost sa rijekama Lašva, Stavnja i Krivaja (Mučibabić i sur., 1973, Mučibabić i sur., 1979). U sastavu faune vodenih cvije-

tova ističu se dvije vrste koje su endemične: *Ecdyonurus zelleri* (Eaton) i *Epeorus jugoslavicus* (Šamal).

Fauna kamenjarki iz reda Plecoptera predstavljena je sa 36 vrste i podvrste iz 14 rodova svrstanih u sedam evropskih familija. Konstatovane su tri vrste i podvrste endemičnih oblika, a interesantan je nalaz vrste *Arcynopteryx compacta* (McLachlan) koja je samo nađena još na jednom lokalitetu izvora Prače (Kačanski, 1976).

**Tabela 1.** Kvalitativno-kvantitativni sastav makroinvertebrata bentosa u uzorcima bentosa na lokalitetima sliva rijeke Vrbas do Jajca, 1980.-1982. god.

MAKROINVERTEBRATE	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
<b>Triclada</b>												
<i>Dugessia</i> sp.		1		3								
<b>GASTROPODA</b>												
<i>Ancylus fluviatilis</i>			4				1	8	32	14	16	20
<b>OLIGOCHAETA</b>												
<i>Haplotaxis gordioides</i>	5		4		3	4				3		4
<i>Eiseniella tetraedra tetraedra</i>	2	2	1	1		2						
<i>Friderica</i> sp.	2	2	1				1					
<i>Lumbriculus</i> sp.	1	2										
<i>Limnodrilus elaparedeans</i>								2				
<i>L. hoffmeisteri</i>								9		11	4	12
<i>Nais comunis</i>			6						8			
<i>N. barbata</i>								5				
<i>N. hreitscheri</i>								4	2			1
<i>N. elinguis</i>								7			36	4
<i>N. pseudoptusa</i>									3			
<i>Potamothrix nammoniensis</i>											2	3
<i>Pristina rosae</i>											1	
<i>Peloscolex velutinus</i>					1					1		
<i>Rhyacodrilus coccineus</i>					1							
<i>Stylodrilus heringus</i>	4		6	24		3	6		12	6	54	12
<i>Tubifex tubifex</i>										14		50
<i>T. Ignatus</i>												1
<b>HIRUDINEA</b>												
<i>Dina lineata</i>		1						7	12	8	1	
<i>Erpobdella octoculata</i>								7		5		8
<b>ARACHNIDA</b>												
<i>Argyrorenta aquatica</i>									1			
<b>Amphipoda</b>												
<i>Gammarus</i> sp.		1			1	11	4	350	700	300	1	
<b>INSECTA</b>												
<b>Ephemeroptera</b>												
<i>Baetis alpinus</i>	99	72	60	62	57							
<i>B. Rhodani</i>		7		29	21	49	58	59	21	34	19	14
<i>B. Muticus</i>			3	7	7	10		5				
<i>B. Fuscatus</i>					34	2	14		4			
<i>B. lutheri</i>							33	73	61	21	72	26
<i>Epeorus jugoslavicus</i>	4	4	9	14								
<i>Epeorus sylvicola</i>	39	18	1	7	7	25	36			1	7	3
<i>Ecdyonurus submontanus</i>	5		5									
<i>E. venosus</i>							18	4	3	12		
<i>Ephemerella mucronata</i>	15	20	8		1			60	4	3	12	
<i>E. Ignita</i>				8	11	25	160	28	24	4	15	
<i>E. Iknomovi</i>							1	11	2	2	3	



<i>E. major</i>										4	8	
<i>Ephemera danica</i>					5			4				4
<i>Rhythrogena semicolorata</i>	95	98	75	95	40	90	25	65	9		14	10
<i>Ecdyonurus zelleri</i>		5		2								
<i>Caenis macrura</i>						3	16	4		11		
<i>Oligoneuriella rhenana</i>									4		4	
<i>Habroleptoides modesta</i>	5	6	6	3	4							
<i>Paraaleptophlebia submarginata</i>							4		3			
<b>Plecoptera</b>												
<i>Brachyptera seticornis</i>	8			2								
<i>Taeniopteryx sp.</i>			+									
<i>Leuctra sp.</i>	32	24	1	2	6	28	11	4	1	3	1	
<i>Leuctra cingulata</i>	+	+	+									
<i>Leuctra fusca</i>						+	+		+			+
<i>Leuctra hippopoides</i>	+	+	+									
<i>Leuctra hippopus</i>	+			+								
<i>Leuctra hirsute</i>	+			+	+							
<i>Leuctra inermis</i>	+	+	+	+								
<i>Leuctra major</i>			+									
<i>Leuctra moselyi</i>	+		+									
<i>Leuctra nigra</i>	+	+	+	+								
<i>Leuctra pseudosignifera</i>	+											
<i>Leuctra quadrimaculata</i>	+	+										
<i>Leuctra rosinae</i>		+										
<i>Capnia vidua</i>		+	+									
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	+	+		4	7		2					
<i>Amphinemura triangularis</i>		+		+	+	+	+	+	+		+	
<i>Nemoura cinerea</i>	+						+					
<i>Nemoura flexuosa</i>	+											
<i>Nemoura fluviceps</i>	+	+	+	+								
<i>Nemurella pictetii</i>	+	+					+					
<i>Protonemura auberti</i>	2	28	6	10	6			3	1	1		
<i>Protonemura autumnalis</i>			+	+								
<i>Protonemura hrabei</i>	+	+	+	+								
<i>Protonemura intricate</i>	+		+	+	+	+			+	+		+
<i>Dinocras megacephala</i>	1								+	+	10	+
<i>Perla illiesi</i>					8	6	10					
<i>Perla marginata</i>	5		4	7								
<i>Arcynopteryx compacta</i>	+											
<i>Perlodes sp.</i>	+		2		8			1				
<i>Isoperla oxleipsis</i>				+	+	+	+				+	
<i>Isoperla tripartite tripartite</i>	25	60	34									
<i>Isoperla tripartite obliqua</i>						+	+	+	+	+		
<i>Siphonoperla torentium</i>	+	+	+									
<i>Siphonoperla neglecta</i>		+		+		+						
<i>Chloroperla russevi</i>	4	1		2		1						
<b>Trichoptera</b>												
<i>Rhyacophila fasciata</i>	6	27	10	8	8	14			7	9	5	75
<i>Rhyacophila nubila</i>			20			4						
<i>Rhyacophila laevis</i>	3	7										
<i>Rhyacophila tristis</i>	7	2	1									
<i>Rhyacophila sp.</i>	2		3									

<i>Glossosoma</i> sp.	2		1	48	18	9	59					
<i>Hydropsyche angustipennis</i>							3	4		10	10	
<i>Hydropsyche</i> sp.	15		2	25	28	25	85	40	20	90	10	25
<i>Brachycentrus</i> sp.	7			50	14							
<i>Micrasema</i> sp.								5				3
<i>Drusus</i> sp.	7	14	11	10	20							
<i>Limnephilus</i> sp.		4	3	5	2	2		2			3	
<i>Stenophilax permistus</i>								2				
<i>Sericostoma</i> sp.					2	3					3	
<b>Diptera</b>												
<b>Chironomidae</b>												
<i>Tanypodinae</i>			4	1		5		33			8	8
<i>Ortocladinae</i>	21	45	56	50	48	35	28	43	27	38	54	43
<i>Tanytarsinae</i>			3									
<i>Chironominae</i>												4
<b>Limoniidae</b>	10	1	12	5	5	2			1	2	10	2
<b>Simuliidae</b>		29	25	11	40		14				7	7
<b>Tipulidae</b>												
<b>Blepharoceridae</b>	9	5	8	15	4	45	11					
<b>Psychodidae</b>		6	2	4	1	1			2			
<b>Empididae</b>			1									
<b>Athericidae</b>												
<i>Atherix ibis</i>				21	30	20	8		5	30	19	5
<b>Coleoptera</b>												
<i>Elmis</i> sp.				3	4	4	3			5		11
<i>Noterus</i> sp.						1	1			2	1	
$\Sigma$ broj jedinki	<b>437</b>	<b>492</b>	<b>397</b>	<b>627</b>	<b>447</b>	<b>421</b>	<b>512</b>	<b>857</b>	<b>963</b>	<b>619</b>	<b>410</b>	<b>358</b>
$\Sigma$ broj taksona	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>25</b>

+ vrste koje su izlovljene kao imago

Lokaliteti uzorkovanja:

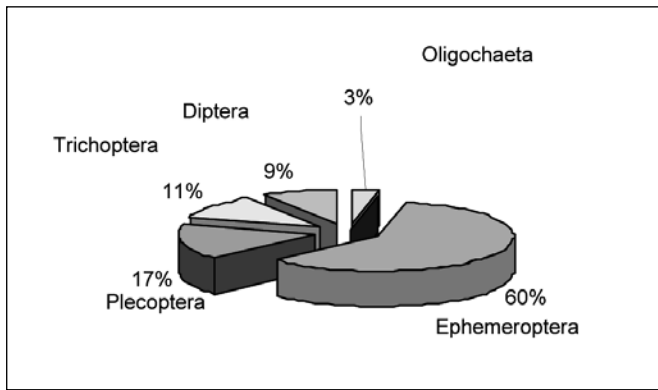
**L1** – Sikirički potok uzvodno od ušća u Vrbas, **L2**- Vrbas iznad ušća Sikiričkog potoka, **L3** – Vrbas uzvodno od Jelića, **L4**- Vrbas uzvodno od Svilića, **L5** – Vrbas uzvodno od Gornjeg Vakufa, **L6** – Vrbas nizvodno od Gornjeg Vakufa, **L7**- Vrbas uzvodno od Bugojna, **L8** – Vrbas nizvodno od Bugojna, **L9** – Vrbas uzvodno od Donjeg Vakufa, **L10** – Vrbas nizvodno od Donjeg Vakufa, **L11** – Vrbas uzvodno od Jajca i **L12** – Vrbas nizvodno od Jajca.

Iz procentualnog učešća makroinvertebrata u uzorcima sa lokaliteta gornjeg toka rijeke Vrbas u periodu od 1980-19081. godine, vidljiva je dominacija vodenih insekata (slika 3). Prema zastupljenosti grupa vidljivo je smanjenje njihovog učešća u uzorcima nizvodno. *Dominacija Ephemeroptera* u sastavu bentosa od 50 % u uzorcima Sikiričkog potoka (L1) se postepeno smanjuje, te već u uzorcima Vrbasa u Gornjem Vakufu L9 i L10 dominiraju amfipodni račići, a u uzorcima nizvodno od Jajca vodeni moljci sa predstavnicima roda *Hydropsyche* i maločekinjaši. Ovakvo stanje je rezultat taloženja organske materije koja uslovljava izmjenu sedimenta i općih ekoloških uvjeta.

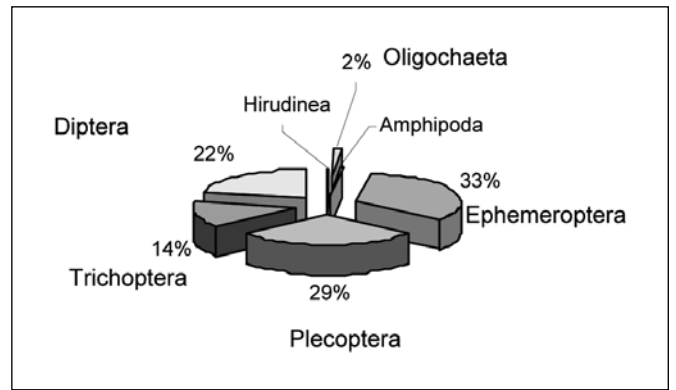


Rijeka Vrbas u svom gornjem toku protiče kroz D. Vakuf

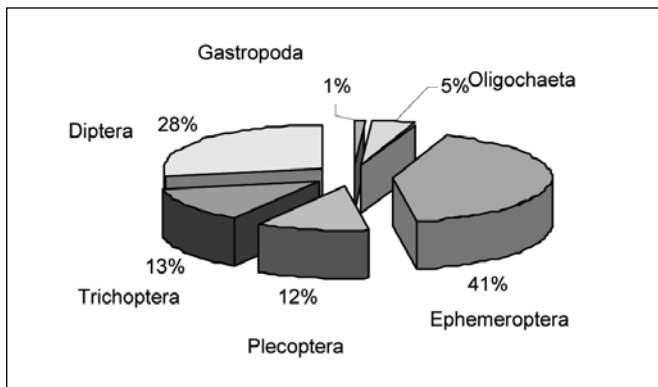
Snimio: M. Lončević



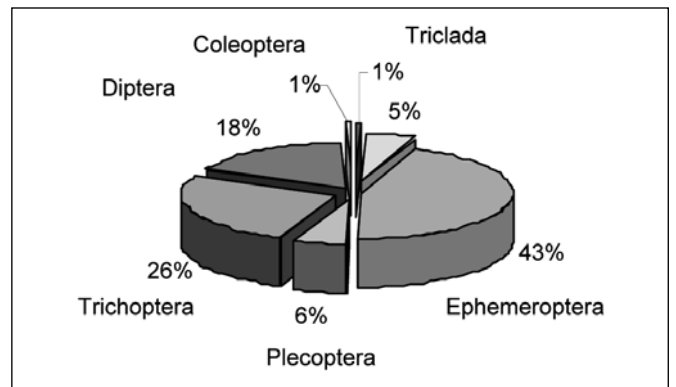
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L1*



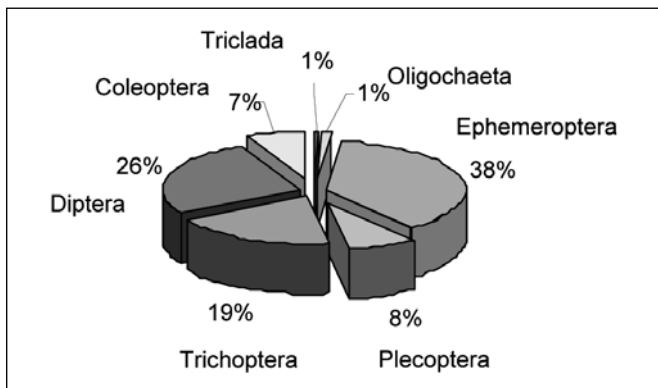
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L2*



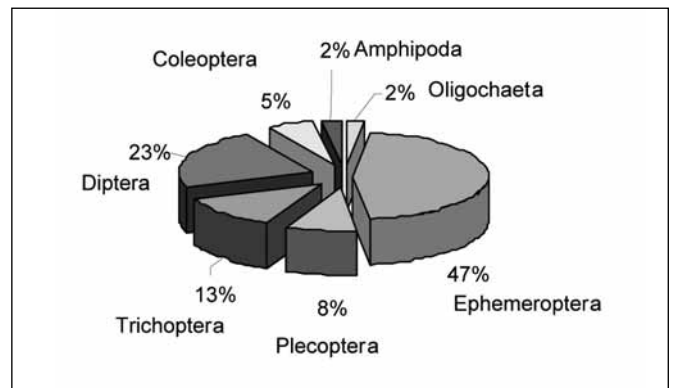
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L3*



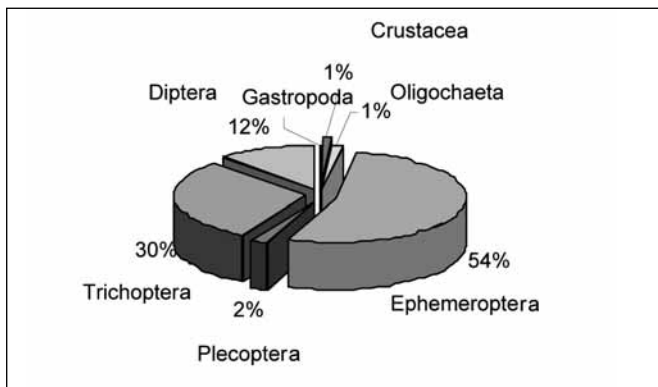
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L4*



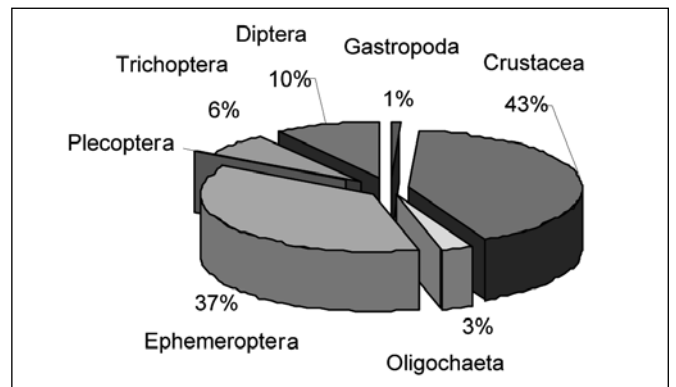
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L5*



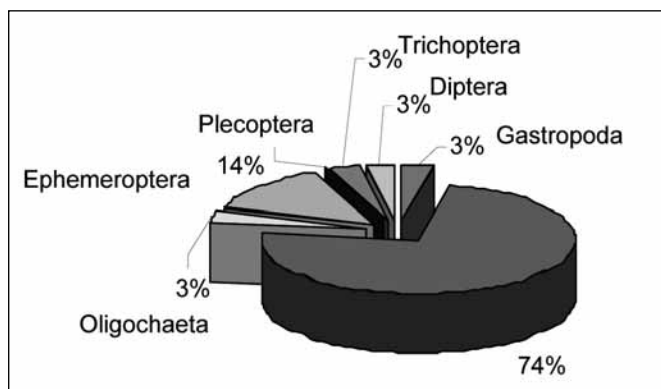
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L6*



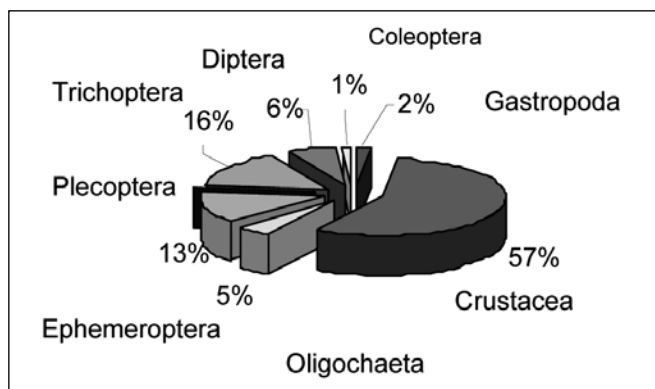
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L7*



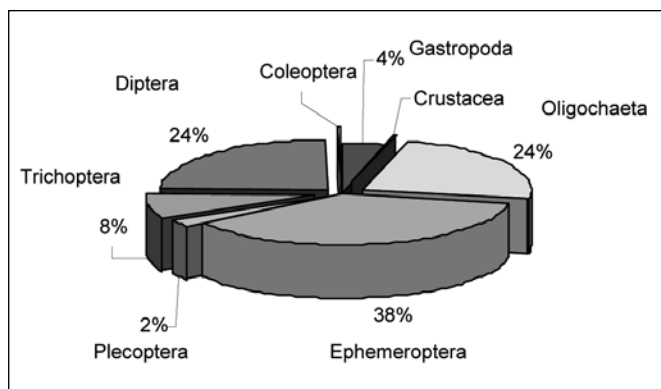
*Učešće makroinvertebrata u bentosu L8*



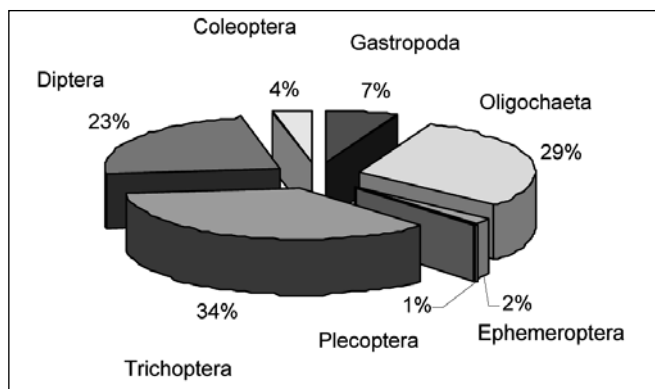
Učešće makroinvertebrata u bentosu L9



Učešće makroinvertebrata u bentosu L10



Učešće makroinvertebrata u bentosu L11



Učešće makroinvertebrata u bentosu L12

Slika 3. Grafikoni učešća (%) makroinvertebrata u uzorcima bentosa na 12 lokaliteta gornjeg toka rijeke Vrbas, 1980-1981. god

## KVALITET VODE

Vrijednosti fizičko - hemijskih parametara u periodu uzorkovanja (Kačanski i sur., 1983), ukazuju na dvije dionice:

- od Sikiričkog potoka do Gornjeg Vakufa od I – II klase boniteta;
- od Gornjeg Vakufa – Jajce – II – III klasu boniteta.

Rezultati bakteriološke analize (Kačanski i sur., 1983) se podudaraju sa podacima o fizičko-hemijskim parametrima.

Naselje cijanobakterija i algi takođe potvrđuje pogoršanje kvaliteta vode idući nizvodno od Gornjeg Vakufa.

Prema saprobnj i indikatorskoj vrjednosti, a i prema brojnosti pojedinih taksona u uzorcima bento-

sa na lokalitetima sliva Vrbas izračunat je saprobnj indeks. Njegove vrijednosti variraju od 1,32 do 2,20 na lokalitetu nizvodno od Gornjeg Vakufa (tabela 2).

Izračunate vrijednosti saprobnog indeksa za uzorke makroinvertebrata iz vode na 12 lokaliteta sliva gornjeg toka rijeke Vrbas ukazuju da je voda od Sikiričkog potoka do Gornjeg Vakufa čista sa blagim stupnjem organskog opterećenja I/II kategorije ili oligo/betamesosaprobnog stupnja kvaliteta.

Usljed prolazka korita rijeke kroz naseljena ili gradska područja nizvodno, slabijeg protoka i negativnog uticaja otpadnih gradskih voda na području Gornjeg Vakufa voda je nešto jače opterećena ili II klase boniteta tj. betamesosaprobnog stupnja kvaliteta. Nizvodno od Jajca voda već poprima karakter zagađene tekućice sa većim prisustvom alfamesosaprobnim indikatorima.

Tabela 2. Vrijednosti saprobnog indeksa – SI za makroinvertebrate uzorka bentosa na lokalitetima gornjeg toka rijeke Vrbas od 1980-1981. godine

Index	LOKALITET											
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
SI -saprobnj	1,63	1,38	1,41	1,32	1,56	1,49	1,74	1,73	1,92	2,20	1,85	2,15
bonitet	I/II	I	I	I	I/II	I	I/II	I/II	II	II	II	II

## ZAKLJUČCI

Rezultat istraživanja biocenoza u ekosistemu gornjeg toka rijeke Vrbas do Jajca u periodu od 1980-1982. godine konstatovano je 133 cijanobakterije i alge, a u sastavu zoobentosa konstatovan je 81 takson sa dominacijom vodenih insekata. Na osnovu dobivenih podataka može se konstatovati da:

1. rijeku Vrbas od Sikiričkog potoka nizvodno od Jajca karakteriše visok diverzitet akvatičnih oblika;
2. prema naselju makroinvertebrata jasno se izdvajaju dvije dionice koje se razlikuju kako po sastavu tako i po brojnosti pojedinih grupa makroinvertebrata: područje od Sikiričkog potoka do Gornjeg Vakufa i područje od Gornjeg Vakufa do nizvodno od Jajca;
3. u sastavu faune insekata registrovane su 23 vrste vodenih cvjetova – *Ephemeroptera*, 32 vrste i podvrste kamenjarki – *Plecoptera*, 20 vrsta iz reda *Trichoptera* i 20 vrsta dvokrilnih insekata iz familije *Chironomidae*;
4. posebna značajnost je prisutvo pet endemičnih vrsta i podvrsta iz faune vodenih insekata i dvije vrste sa uskim arealom rasprostranjenja u Bosni i Hercegovini;
5. na osnovu iznesenih podataka o vrijednostima fizičko-hemijskih parametara, bakteriološkoj analizi voda na istraživanim lokalitetima je do Gornjeg Vakufa u I/II kategoriji boniteta, a nizvodno ispod Jajca u II kategoriji boniteta;
6. na osnovu sastava cijanobakterija i algi rezultati o kvalitetu vode se podudaraju sa vrijednostima fizičko-hemijskih parametara i bakteriološke analize,
7. vrijednosti saprobnog indeksa izračunatog na osnovu sastava makroinvertebrata u uzorcima bentosa na istraživanim lokalitetima ukazuju da su vrijednosti ovog indeksa do Gornjeg Vakufa (1,32-1,73) u kategoriji I/II ili oligo/betamesosaprobnog stupanj kvaliteta, nizvodno vrijednosti su veće od 1,85-2,20 što ukazuje na betamesosaprobnog stupanj kvaliteta vode ili II kategoriju boniteta,
8. rijeka Vrbas koja je samo u jednom periodu analizirana sa aspekta sastava životnih zajednica, prema prikazanim rezultatima odlikuje se specifičnim živim svijetom, a što indicira potrebu daleko većih i opsežnijih istraživanja.



## LITERATURA

1. Blagojević, S., Hafner, D. (1980): Floristička i taksonomska istraživanja cijanofita i algi u slivu rijeke Krivaje. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, 33: 25-30.
2. Blagojević, S., Hafner, D. (1983): Naselje cijanobakterija i algi u gornjem toku rijeke Vrbas. *Elaborat*: Dinamika biocenoza ekosistema rijeke Vrbas. Biološki institut Univerzitet u Sarajevu, 2-22.
3. Kaćanski, D. (1970): Fauna Plecoptera na području planina Maglić, Volujak i Zelengora. GZM – prirodne nauke, Sarajevo, 9: 67-78
4. Kaćanski, D. (1971): Plecoptera sliva gornjeg toka rijeke Bosne. GZM, Sarajevo, 10: 103-118.
5. Kaćanski, D. (1978): Plekoptera sliva rijeke Neretve. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, 31: 57-68.
6. Kaćanski, D., Stilinović, B., Muratspahić, D., Blagojević, S., Hafner, D., Ratković, V., Tanasijević, M., Vagner, D. (1983): Dinamika biocenoza ekosistema rijeke Vrbas (do Jajca). Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, 1-90.
7. Krek, S., Kaćanski, D., Tanasijević, M. (1976): Biocenološka analiza naselja insekata (Ephemeroptera, Plecoptera, Simuliidae i Psychodidae) sliva rijeke Sutjeske. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, 29: 23-54.
8. Mučibabić, S. i sur. (1973): Lašva u kompleksu ekosistema sliva gornjeg toka rijeke Bosne. Prvi kongres ekologa Beograd.
9. Mučibabić, S., Blagojević, S., Čepić, V., Hafner, D., Kosorić, Đ., Krek, S., Marinković-Gospodnetić, M., Tanasijević, M. (1979): Neke karakteristike biocenoza Krivaje. Ekologija. Zagreb, 825-836.
10. Tanasijević, M. (1970): Fauna Ephemeroptera na području planina Maglić, Volujak i Zelengora. GZM – prirodne nauke, Sarajevo, 9: 179-184.
11. Tanasijević, M. (1974): Nalaz vrsta roda *Siphonurus* Eaton, 1868 (Ephemeroptera) u nekim područjima Jugoslavije, GZM – prirodne nauke, 13:287-292.
12. Tanasijević, M. (1979): Prilog poznavanju vrste *Ephemerella ikonovi* Puthz (Insecta: Ephemeroptera), 32:163-169.
13. Sofradžija, A., Hadžiselimović, R., Škrijelj, R., Guzina, N., **Trožić-Borovac, S.**, Korjenić, E., Hamzić, A. (2002): Efekti poribljavanja u slivu rijeke Neretve - Centar za ihtiologiju i ribarstvo Prirodno-matematičkog fakulteta Sarajevo.
14. Sofradžija, A., Hadžiselimović, R., Škrijelj, R., Guzina, N., **Trožić-Borovac, S.**, Korjenić, E., Hamzić, A. (2002): Ribarstveno-gospodarska osnova "Vode Kantona Sarajevo". Centar za ihtiologiju i ribarstvo Prirodno-matematičkog fakulteta Sarajevo.

# MONITORING EROZIJE ZEMLJIŠTA I KALIBRACIJA SIMULACIONIH MODELA ZA PRONOS ERODOVANOG MATERIJALA

## Rezime

Č

lanak je pisan kao kompilacija članaka slične sadržine koji se u posljednje vrijeme objavljuju u italijanskom časopisu L'Acqua (časopis Udruženja za hidrotehniku), a bave se procjenom erozije zemljišta usljed površinskog oticanja u prisustvu različitih kultura. S obzirom da se ovakav monitoring još ne primjenjuje u našim riječnim slivovima, u članku se navode najznačajniji zaključci radova naših italijanskih kolega.

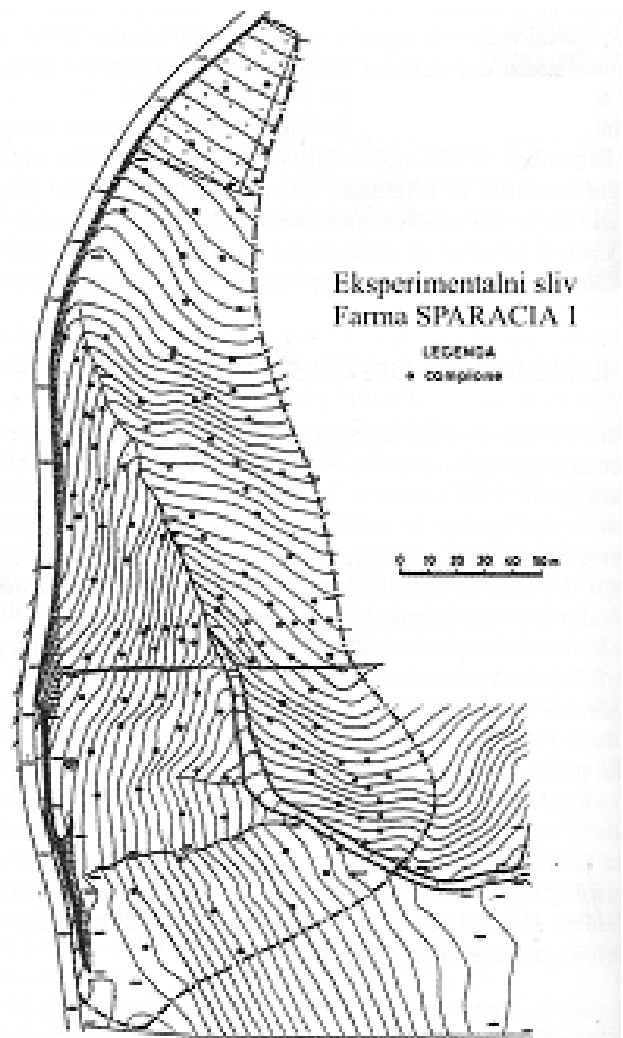
Korišten je model SEDD (Sediment Delivery Distributed Model, Model za distribuciju pronosa nanosa) koji može da da procjenu transporta erodovanih čestica do najnižeg nizvodnog lokaliteta. U svrhu kalibriranja ovog modela izgrađena je realna monitoring stanica na kojoj je izvršeno osmatranje u periodu decembar 1997. – oktobar 2003.godine na tzv. principu događaja.

Osnovna namjera autora ovog članka je da se prikažu aktivnosti u oblasti erozije zemljišta koje se poduzimaju u razvijenom Zapadu kako bi se dobili što pouzdaniji modeli za prognozu ovog fenomena. Podrobnija analiza primjenjenog matematičkog modela SEDD kao i sama njegova kalibracija, neće se detaljno opisivati.

## 1. UVODNE NAPOMENE

Procesi degradacije zemljišta su predmet pozornosti stanovništva planete na oko 35% površine tla, posebno u agrarnim područjima gdje se nepovratno gubi oko 23 milijardi tona zemljišta godišnje. Ovaj fenomen postaje posebno važan na zemljištima sa ograničenom dubinom. Proces *ubrzane erozije* je postao problem zaštite životne sredine i prije svega nameće pitanje mjera i aktivnosti na zaštiti riječnih slivova uključujući i primjenu odgovarajućih kultura biljaka. Vrijednosti trajnog gubitka tla varira u zavisnosti od geografskog područja i to od minimalnih

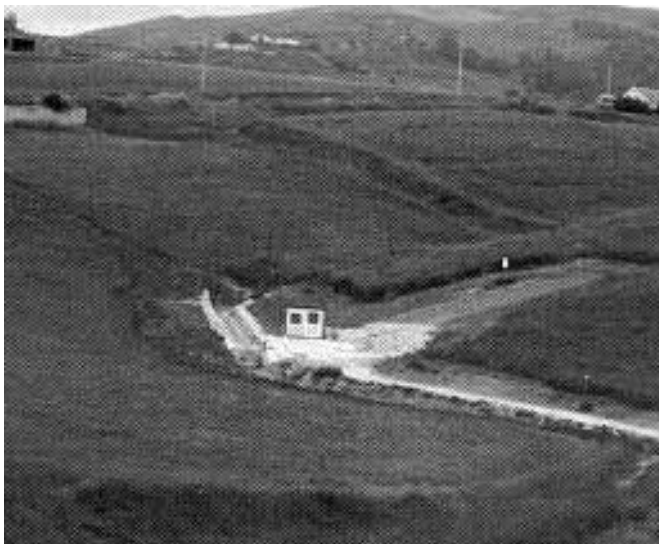
vrijednosti 0,4 – 0,5 tona po hektaru godišnje (primjer iz Konga) do 1.400 – 1.800 tona po hektaru godišnje u vrletima Tajlanda.



Slika 1: Situativni položaj sliva

Poljoprivredne površine, gdje je teren izložen radovima i mjerama kultivisanja kulture, globalna erozija se kreće u intervalu od 1 - 40 t ha<sup>-1</sup>god. Na površinama sa intenzivnom poljoprivredom, gdje se primjenjuju razne mjere kultivisanja, govori se o tzv. toleransi gubitka zemljišta, odnosno o maksimalnom dozvoljenom gubitku zemljišta. Npr SAD i FAO primjenjuju toleransu od 2,5 do 12,3 tona po hektaru godišnje zavisno od karakteristika tla, njegovog korištenja kao i pedološke mogućnosti obnavljanja tla.

U posljednjih pedeset godina primjenjuju se razni matematički modeli za procjenu gubitka tla bilo u prostoru (lokalna parcela, padina, riječni sliv) ili vremenski (događaj, mjesec, godina, prosječna godina). Uprkos brojnim dostignućima u ovoj oblasti nauke, mora se reći da su rezultati u mjerenju erozije nedovoljni za neke ozbiljnije zaključke, posebno političke prirode. Dosadašnji modeli su uglavnom bili trojaki: *Čisto empirijski modeli*, *fizički modeli* u mjerilu ili tzv. konceptualni modeli.



Slika 2: Pogled na analizirani sliv

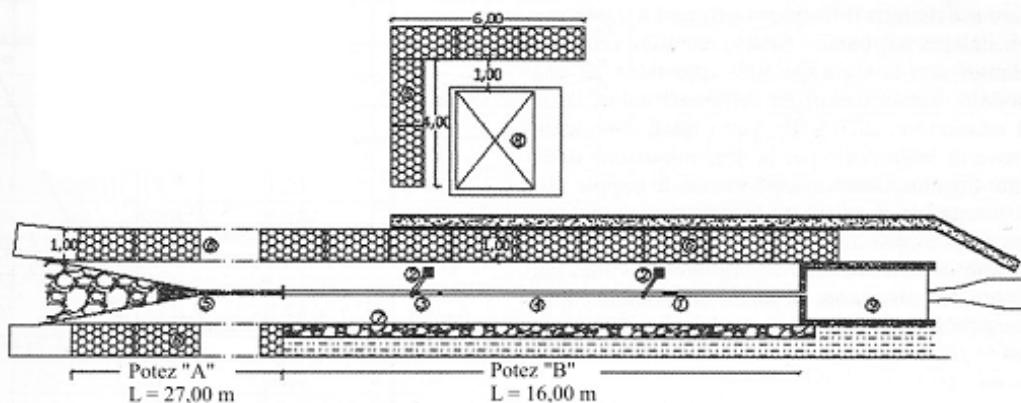
Navode se najpoznatiji simulacioni modeli za proračun erozije zemljišta u posljednjih pedesetak godina: USLE; MUSLE; CREAMS; EPIC; ANSWER; AGNPS; SEDD.

Ovdje se neće ulaziti u objašnjenje pojedinih korištenih modela, kod kojih je zajedničko da se prostor sliva podijeli prvo u odgovarajuće morfološke cjeline, nego će se akcenat dati na eksperimentalne instalacije i tehnike mjerenja sa ciljem da se konfrontiraju rezultati dobijeni matematičkim modelom sa onim realnim – dobijenim direktnim mjerenjem, uz napomenu da je površina sliva mala i iznosi samo 3,7 hektara.

## 2. EKSPERIMENTALNA INSTALACIJA I TEHNIKE MJERENJA

Eksperimentalni riječni sliv, nazvan SPA1, ima površinu od 3,7 ha i smješten je na sjeveru Sicilije, južno od Palerma oko 100 km. Klima je poluaridna, mediteranska a prosječne godišnje padavine u periodu 1971.-2001.g. iznose 692 mm sa temperaturama koje se kreću od 7°C u januaru do 25°C u augustu (Slika 1).

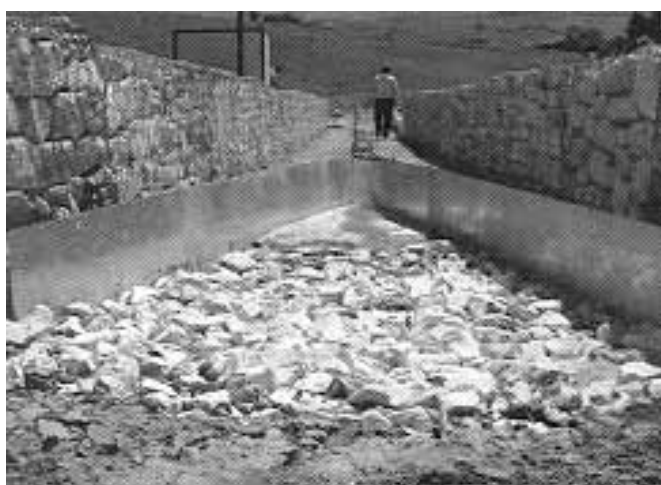
S obzirom na malu veličinu sliva, prathodno su postavljena 4 digitalna pluviografa od kojih je na kraju zadržan samo 1 i to onaj u neposrednoj blizini najnižvodnijeg profila u slivu. Kako kiše u ovom kraju Italije imaju agresivan karakter eksperimentalno je određen Indeks agresivnosti koji je opisan odgovarajućom jednačinom. Tlo je tipa *Vertic Xerochrept* sa površinskim slojem od 30 cm. U okruženju softvera ArcInfo korištena su 129 faktora erodibilnosti ravnomjerno raspoređeni unutar 274 morfoloških cjelina vodeći računa o neravnomjernosti pada terena u slivu. Tako je formirana mapa sliva sa odgovarajućim poligonima u vidu digitalnog modela terena tipa DEM. Korišteni su geodetski planovi u mjerilu R. 1:500. Eksperimentalna građevina sa pratećom instalacijom prikazana je u sljedećih 5 slika (Slike 2-6). Građevina ima 42 metra dugačke bočne zidove izvedene u vidu gabiona, širina građevine je 2 metra. Eksperimentalna oprema se sastoji od sljedećih komponenti: Venturimetra u dnu građevine (pozicija 1), ultrazvučni senzor nivoa (pozicija 2), mjerač proticaja (pozicija 3), kanal za mjerenje (pozicija 4), pocinčani lim sa željeznim klinovima za fiksiranje u teren (pozicija 5), gabionski zidovi (pozicija 6), suvi zid od kamena (pozicija 7), polufabrikati-elementi (pozicija 8) i



Slika 3: Situacija mjernog kanala



Slika 4: Uzvodni dio mjernog kanala



Slika 5: Pogled na srednji dio mjernog kanala

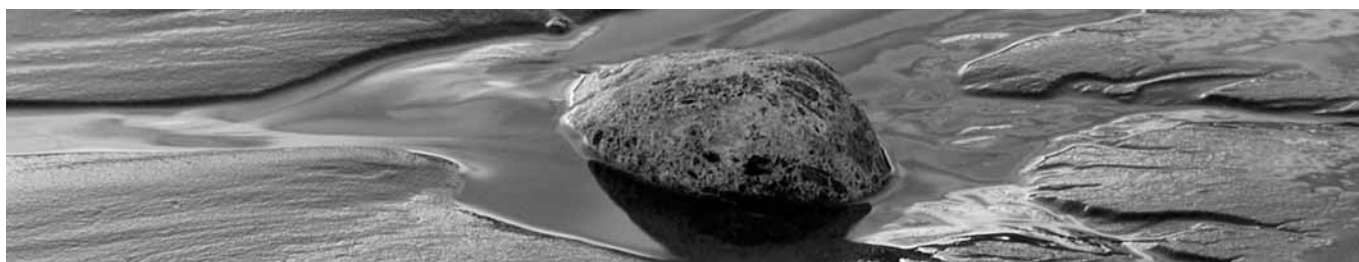


Slika 6: Pogled na bazen za sedimentaciju

bazen za sedimentaciju (pozicija 10). Korištena su ukupno dva mjeraca protoka, dok je protok nanosa posebno mjeren.

### 3. ZAKLJUČCI

1. Skorašnja istraživanja u oblasti modeliranja erozije tla imaju za cilj da ponude fizičke modele kako bi se preciznije primjenili faktori u USLE (Universal Soil Loss Equation – Univerzalna jednačina za gubitak tla), kako bi ova jednačina bila više prilagodljiva cijelom hidrografskom slivu, a ne samo pojedinačnoj parceli unutar istog sliva.
2. Za određivanje količine nanosa koji se transportuje u pripadajućem vremenu, matematički model za procjenu erozije tla mora imati matematički operator koji opisuje efikasnost transporta čvrstog materijala duž padina i linija hidrografskih strujnica.
3. Korišteni model SEDD zahtjeva podjelu sliva na morfološke čestice. Ovaj model je već provjeren u skladu sa vremenom prosječne godine kao i na izlazu riječnog sliva u promjenjivom vremenu kao varijablom.
4. U ovom radu je prezentovana nova eksperimentalna instalacija za osmatranje protoka fluida i čvrstog materijala na skali tzv. pojedinačnog događaja u jednom malom riječnom slivu od cca 4 hektara. Na najnižvodnijem dijelu sliva konstruisan je mjerni kanal, gdje su pomoću instrumenata mjereni proticaji, a koji završava u bazenu za sedimentaciju koji služi za akumulisanje sedimenta proizvedenog u svakom događaju.
5. U periodu XII 1997. – II 1999.g. registrovano je pet događaja za kalibraciju modela SEDD. Operacija kalibracije izvedena je pomoću jednačine bilansa sedimenta na najnižvodnijoj tački i omogućila je procjenu parametara koji figurišu u modelu SEDD, a u funkciji indeksa agresivnosti kiše. Upoređenje količine prognoziranog i mjenog sedimenta potrdilo su ispravnost originalne USLE jednačine. Takođe je upoređen i indeks kulture sa odgovarajućim vrijednostima u literaturi i dobijene je zadovoljavajuća usaglašenost.
6. Detaljnije kalibrisanje ovog SEDD modela zahtjeva daljnja upoređenja odgovarajućih parametara, odnosno mjerenja na terenu.
7. Podrobnija analiza samog modela SEDD kao i njegova kalibracija mogu se naći u časopisu l'Acqua (Italijansko udruženje za hidrotehniku) br. 1/2005, str. 31-42 ili na e-mail adresi jednog od autora: [vferro@unipa.it](mailto:vferro@unipa.it) (prof. Vito Ferro).





# ANTROPOGENA I TEHNOGENA OŠTEĆENJA ZEMLJIŠTA – MJERE ZAŠTITE I SANACIJE

## UVOD

**T**lo/zemljište (Soil)<sup>1</sup> se u radu tretiraju kao sinonimi je osnovni prirodni resurs, i zajedno sa vodom, zrakom i organizmima sačinjava eko-sistem.

Osnovne funkcije zemljišta se mogu podijeliti u 2 osnovne grupe:

- ekološke funkcije
- tehničke funkcije.

Ove funkcije se međusobno suprotstavljene jer obadviije reflektuju na isti zemljišni prostor (Land).

Danas se, kao izuzetno važno pitanje postavlja – kako navedene funkcije hramonizirati, tako da one što je moguće manje pogadjaju kvalitetna tla. Odmah da naglasimo da apsolutnih mjera zaštite tla nema, iz razloga što se uvećava broj stanovništva, rastu potrebe za hranom, sirovinama i energijom se kontinuirano povećavaju. Medjutim, moguće je relativnim mjerama reducirati ove gubitke, posebno one koje se odnose na kvalitetu zemljišta.

U radu razmatramo slijedeće:

- raspoloživi zemljišni fond u Bosni i Hercegovini,

- uzroci i posljedice oštećenja zemljišta, odnosno: Infekcija – kontaminacija – antropogena degradacija – destrukcija,
- mogućnosti harmonizacije ekoloških i tehničkih zemljišta,

## 1. Raspoloživi zemljišni prostor u Bosni i Hercegovini

Danas se za ocjenu zemljišnog prostora najviše koriste slijedeći parametri:

- odnos ukupnog zemljišnog fonda u ha/stanovniku,
- odnosi poljoprivrednog zemljišta u ha/stanovniku
- odnos obadivog zemljišta u ha/stanovniku

Kao granične vrijednosti uzimaju se slijedeći parametri:

- za poljoprivredno zemljište 0,45 ha/stanovniku
- za obradjena zemljišta 0,17 ha/stanovniku.

<sup>1</sup> U radu se tretiraju termini “tlo” i “zemljište” (engl. Soil) kao sinonimi, a “zemljišni prostor” (engl. Land).

**Tabela 1:** Učešće pojedinih bonitetnih klasa zemljišta u Bosni i Hercegovini

Klasa	ha	%
I	134.550	2,63
II	160.260	3,13
III	430.300	8,42
IV	910.703	17,81
V	883.960	16,31
VI	1,621.323	31,72
VII	383.407	7,50
VIII	637.807	12,48
Ukupno:	5,112.900	100,00

Odmah da naglasimo da kvalitetnog zemljišta u BiH nema dovoljno. Prema našim ranijim podacima (Resulović, 1991), sa aspekta boniteta (Soila Capability) učešće pojedinih bonitetnih klasa je prikazano u tabeli 1.

Iz navedene table se može vidjeti na prve tri bonitetne klase dolazi samo 14%. Ako se tome još doda i IV klasa, a to znači da ukupno vrijednijih zemljišta ima cca 32%, ili 1/3 ukupnog zemljišnog prostora.

U slijedećij tabeli navode se odnosi, odnosno daje se prognoza u kolikoj mjeri će u narednim godinama doći do promjene odnosa poljoprivrednog i obradivog zemljišta po stanovniku (podatke o broju stanovništva prema prof. Bošnjoviću, 2005).

**Tabela 2:** Stanje i prognoza odnosa poljoprivrednog i obradivog zemljišta do 2050 godine u BiH

Godina	Broj stanovnika	Odnos u ha/stanovniku	
		Poljoprivredno zem.	Obradivo zemljište
1991	4.377.000	0,58	0,27
1996	3.645.000	0,70	0,32
2001	3.781.000	0,68	0,31
2003	3.832.000	0,67	0,31
2011	3.481.000	0,73	0,34
2021	3.444.000	0,74	0,34
2031	3,389.000	0,75	0,35
2041	3,339.000	0,76	0,35
2051	3.287,000	0,78	0,36

Iz navedene tabele se može vidjeti da se sve više pogoršavaju odnosi, odnosno da se relativno smanjuje fond i poljoprivrednog i obradivog zemljišta po stanovniku.

Iz tabele 2 se vidi da je došlo i da dolazi do različitih odnosa poljoprivrednog i obradivog zemljišta po stanovniku. Prema podacima prof. Bošnjovića (2005) došlo je do smanjenja stanovništva od 1991. godine (prije rata) i 1996. godine (nakon rata) za 732.000. Uzroci ovog smanjenja su: stradanje stanovništva, velike emigracije što je naročito teško stanje, da je broj stanovnika i nakon 50 godina ostao na tom smanjenom broju.

Ovo smanjenje stanovništva dovelo je do "poboljšanja" odnosa poljoprivrednog i obradivog fonda zemljišta po stanovniku. Tako je taj odnos iz 1991. godine gdje je iznosio 0,58 ha/stanovniku poljoprivrednog zemljišta i 0,27 ha/stanovniku obradivog zemljišta. Nakon rata odnos je iznosio 0,70 ha/stanovniku poljoprivrednog zemljišta i 0,32 ha/stanovniku obradivog. Ovakav trend se nastavlja i prema procjeni u 2051 godini, i iznosiće 0,78 ha/stanovniku poljoprivrednog i 0,36 ha/stanovniku obradivog.

## 2. Uzroci antropogene degradacije zemljišta

Kod razmatranja posljedica oštećenja zemljišta, izdvojena je kao zasebna kategorija "antropogena degradacija".

Pod ovim terminom se podrazumijevaju ona oštećenja zemljišta koja su usko povezana sa redovnom djelatnošću čovjeka. Naime u slučajevima redovnih i

meliorativnih agromjera može doći do azličitog stepena oštećenja zemljišta. Tu su najčešće prisutne: pogoršanje stabilnosti strukture, zbijanje, smanjenje fiziološke dubine tla, smanjenje vodopropusnosti i aeracije, pojačana acidifikacija, smanjenje sadržaja humusa, te pojava raznih vidova erozija (površinska i brazdasta). Ako se tome dodaju i mogućnosti kontaminacije tla, posebno sa teškim metalima i organskim polutantima, može se dobiti slika o stvarnim ovim posljedicama.

Korisnik zemljišta se u većoj ili manjoj mjeri suprotstavlja ovim negativnim posljedicama primjenom raznih mjera, kao što su: kalcizacija, humizacija, povećanje sadržaja hraniva, postepenim razrahljivanjem dubljih slojeva, te mjerama odvodnje.

Kao naročito teške posljedice koje se manifestuju u tlu je gubitak humusa. Istraživanjima se ustanovilo da je već došlo do njegovog smanjenja za cca 50%. Ne treba posebno ni naglašavati, koliki je značaj humusa na očuvanju plodnosti tla.

## 3. Destrukcija zemljišta (pedocid)

Kao najteži vid oštećenja zemljišta je njegovo fizičko uništenje. Postoji više uzorka za takva stanja. Ovdje kao naročito teške posljedice dolaze slijedeći uzročnici:

- stambeno-industrijska izgradnja
- površinska eksploatacija raznih sirovina
- jaružna erozija i klizišta.

### 3.1. Stambeno-industrijska izgradnja

Kao jedan od najvećih agresora na zemljišni prostor, nesumnjivo je izgradnja stanova i industrija.

Posebno je ovaj problem intenziviran nakon rata, odnosno zadnju deceniju. Želimo naglasiti da je učešće u procesima oduzimanja zemljišta bilo prisutno i prije rata (1992 godine). Uzorci intenzivne izgradnje u postratnom periodu je bila velika migracija stanovništva u ratnom periodu. Izbjeglo stanovništvo se koncentrisalo u bliže gradove. Da bi se obezbijedio stambeni prostor za ovo stanovništvo, počeli su se graditi novi stanovi. U tim akcijama izgradnja je locirana u većini slučajeva na najbolje zemljište (aluvijalna), odnosno na bonitete I, II i III. Još je teže, što su takve tendencije izgradnje nastavljaju i danas.

Kao konačna posljedica je ta, što je došlo do velikog smanjenja ovih najkvalitetnijih zemljišta.

Postavlja se pitanje šta se uzroci takvih pojava, da se one i u negativnoj formi javljaju i danas. Navodimo neke:

- potpuno odsustvo stručnih službi, kod izdavanja odobrenja za tražene lokacije,
- nepridržavanje zakonskih propisa, vezanu u ovakav način korištenja zemljišta,
- nefunkcionisanje državnih organa vezana za takav način djelovanja, odnosno bespravne izgradnje,
- uplitanje političkih organa za odabir lokacije, politička naselja,
- nepreduzimanje nikakvih sankcija za prekršitelje zakonskih propisa

Mi smo i ranije istakli da bi u ovim akcijama trebalo posebno zaštititi bonitete I, II i III. Za promjenu njihove namjene uvesti odnosno ustanoviti i krivičnu odgovornost, i pristupiti i onoj najtežoj na rušenju bespravno podignutih objekata.

Skoro je donešen izradjen nacrt Zakona o poljoprivrednom zemljištu (2005). Naša osnovna primjedaba što ovaj Zakon nije uključio i cjelokupni zemljišni prostor u BiH, tj. ne samo poljoprivredna zemljišta, nego i šumske površine (šume u BiH zauzimaju cca 49% prostora). Naša dalja primjedba što je trebalo posebno zaštititi kategorije zemljišta, tj. I i II bonitet. U slučajevima njihove promjene namjene treba uvesti visoke takse, uz temeljna stručna mišljenja.

### **3.2. Povećana površinska eksploatacija raznih sirovina**

Kao dalji, i ne manje važan faktor u uništavanju zemljišnog prostora, je površinska eksploatacija raznih sirovina (ugalj, željezna ruda, boksit i dr), te kameno-lomi. Kao rezultat ovakvog djelovanja oštećene su velike zemljišne površine. Ovi narušeni tereni danas predstavljaju tzv. industrijske pustinje. Ove oštećene površine karakterišu se u formiranju kratera velikih dimenzija, a s druge strane, došlo je do akumulacije ogromnih količina krovinskog (jalovinskog) materijala. Procjenjuje se da samo ovim putem narušene površine prelaze cifru oko 20.000 ha – (ekološke pustinje).

Problem je što se vrlo malo radi na sanaciji ovih oštećenja odnosno primjena mjera rekultivacije. Do

danas je rekultivisano cca 3.000 ha. Značajniji radovi na rekultivaciji uradjeni su na području Banovića, Djurdjevika, Šićkog Broda, Šikulja, te manjim dijelom na području Zenice i Vlasenice.

Iako su zakonom o rudarstvu organizacije dužne vršiti rekultivaciju, vrlo malo se na tome radi danas. Prema nama dostupnim informacijama, posebno zadnjih godina ovakve akcije su svedene na minimum.

Potrebno je na nivou opštinskih, kantonalnih, federalnih i državnih organa donijeti propise za urgentno osposobljavanje narušenih površina, i njihovo ponovo pretvaranje u proizvodne prostore.

### **3.3. Jaružna erozija i klizišta**

Kao slijedeći vid oštećenja zemljišta je sve intenzivniji razvoj erozije i klizišta.

S obzirom na veoma razvijeni reljef u Bosni i Hercegovini (na brdski rejon dolazi 26,8%, a planinski 51,8%) su uzroci prisustva aktivne vodne erozije.

Ovim procesima su posebno doprinijeli slijedeći uzroci:

- veoma intenzivna sječa šumskog pokoda, deforestacija,
- intenzivno korištenje jako nagnutih površina u poljoprivrednoj proizvodnji.

Sječa šumskog pokrivača odnosno deforestacije površina su se naročito intenzivirali u ratnom i postratnom periodu. Ovo uništavanje šumskog pokrova ima veoma često karakter tzv. prave "gole sječe". Kao posljedica takvog ponašanja ogoljele površine bez šumskog pokrova, veoma brzo su postale plijenom djelovanja erozije. Danas ovakve površine, na kojima je odnošenje tla dovedeno do krajnje granice, odnosno do matičnog supstrata, došlo je do potpunog nestanka tla, i do stvaranja tzv. kamenih pustinja.

Drugi problem je što se kod nas veoma na inkliniranim površinama često koriste pod okopavinama (kropmir, kukuruz), gdje je došlo do velikog splićavanja tla, a time i opadanja njegove plodnosti i produktivnosti. Za racionalno korištenje ovih inkliniranih terena je promjena namjene u izboru kulture.

Danas se smatra da, u uslovima većih nagiba od 15% ovakve terene treba koristiti za travnjake, a sadnja voćaka uz terasiranje, kao na jako velikim nagibima ovakve terene je potrebno pošumiti.

### **Klizišta**

Kao poseban vid oštećenja zemljišta kod nas, su veće pojave klizišta.

Klizišta – pored toga što dovode do klizanja površinskih slojeva preko dubljih glinovitih, uz veoma izražene pojave haotičnog izgleda ovakve narušene površine, i time nemogućnosti korištenja u poljoprivredi. Osim toga posebne su posljedice što na ovakvim klizištima dolazi do uništavanja stambenih objekata.

Kao zaštitne mjere su regulisanje površinskih i podzemnih voda.

#### 4. Mogućnosti harmonizacije ekoloških i tehničkih funkcija tla odnosno intenziviranje radova na održivom razvoju tla – Uslovi za stvaranje održivog razvoja tla –

Kao što smo naveli na području BiH došlo je veoma izraženih procesa oštećenja i uništenja zemljišta. Ove posljedice oštećenja će se i dalje odvijati kod nas, jer nije došlo do uravnoteženih odnosa između ekoloških i tehničkih funkcija tla.

Kao posebno značajno pitanje - kako harmonizirati ekološke i tehničke funkcije tla odnosno racionalni način njegovog korištenja. Racionalni način korištenja zemljišta, se danas označava **kao održivi razvoj zemljišta**. Pod ovim terminom podrazumijeva se korištenje takvih mjera i postupaka čijom primjenom dolazi do povećanja plodnosti tla, a time i produktivnosti zemljišta, a da u takvim uslovima neće dolaziti do narušavanja svojstava tla.

Koje mjere primijeniti u pravcu održivog razvoja tla?

Da naglasimo – to je skup većeg broja mjera, čije su korištenje i primjena ovisni od načina gospoda-

renja, finansijskih mogućnosti, a i razumijevanja i pomoći od strane državnih institucija.

Ove mjere su podijeljene u tri grupe:

- redovne agrotehničke
- meliorativne
- specifične

U okviru redovnih agrotehničkih mjera dolaze: upotreba mineralnih gnojiva, unošenje stajnjaka, komposta ili zelenog gnojiva (siderati). Ovdje još dolaze: rastresanje tla, razvijanje pokrova, rastresanje plućnog tabana, pravilni način oranja, izbor kultura u uslovima većih nagiba, plodored, primjena leguminoza, izbor kultura na nagnutim površinama.

U domenu **meliorativnih mjera** dolaze: rigoliranje, produbljivanje oraničnog sloja, terasiranje, odvodnja, navodnjavanje, zaštita od erozije.

U domenu **specifičnih mjera** dolaze one koje su vezane za razna oštećenja zemljišta. Tu dolaze sljedeće: rekultivacija, posebno u slučajevima površinske eksploatacije raznih sirovina, zatim remedijacija kontaminiranih zemljišta.

#### ZAKLJUČCI

U radu su razmatrani različiti uzroci oštećenja zemljišta, kao i njihove posljedice. Istaknuto je da se danas izdvajaju 4 grupe oštećenja zemljišta i to: infekcija – kontaminacija – antropogena degradacija – destrukcija. U radu težište je dati na dvije grupe oštećenja: antropogena degradacija i destrukcija.

U domenu antropogene degradacije kao posljedice su navedeni: smanjenje humusa, gubitak strukture, zbijanje, pogoršanje vodopropusnosti i aeracije, te površinska i brazdasta erozija.

U oblasti destrukcije zemljišta težište je dato na one uzroke i posljedice koji su danas naročito prisutni, kao što su: intenzivna stambena izgradnja, pojačana eksploatacija raznih sirovina, intenzivna sječa šumskog pokrova i razvoj jaružne erozije. Istaknuto je da su ovim procesima posebno zahvaćene kvalitetna tla, kojih inače ima malo u BiH (cca 14%).



Slika 1: Tuzla – Krušik – pseudoglej sa plitkim oraničnim slojem, nedreniran



Slika 2: Tuzla – Krušik, pseudoglej, gdje je izvedena odvodnja

Kao mjere zaštite zemljišta istaknuta je sindrom mjera koji se naziva održivi razvoj zemljišta. U tom pravcu navedene su preventivne i sanacione mjere. Naglašeno je da bi bilo od posebno značaja izrada Zakona o zaštiti zemljišta koji bi uključio cijeli zemljišni prostor (poljoprivredni i šumski).

### VAŽNIJA KORIŠTENA LITERATURA

- Blume, H.P., Eyer, H. Fleischauer, E. Et al (1998): Towards Sustainable Land Use. Volume I, Catana Verlag, Reiskirchen, Germany.
- Burgahrtdt, W. (1996): Urbaner Bodenschutz. Springer Verlag.
- Resulović, H. (1993): Ekološke i tehničke funkcije tla. Skripte za III stepen, Poljoprivredni Fakultet, Sarajevo
- Resulović, H., Čustović, H. (2002): Pedologija, I dio Univerzitet, Sarajevo
- Scheffer-Schachtscjabel, (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, 15 Auflage, Spectrum Akademischer Verlag, Berlin, Germany



Slika 3: Sarajevo-deforestacija je dovela do odnošenja tla usljed intenzivnog razvoja vodene Erozije



Slika 4: Tuzla-Bistrica rekultivisanim površinama i manji nagib dovodi do razvoja jaružne erozije



Slika 5: Sarajevo-Hadžići – kamenolomi dovode do velikih oštećenja zemljišta. Primjer neselektivnog odlaganja krovinskog materijala



Slika 6: Visoko - na tlima sa kiselim reakcijom potrebno je primijeniti kalcizaciju. Deponije krečnjačkog materijala ( $\text{CaCO}_3$ ) prije njegovog rasturanja



# NA IZVORU I OKO IZVORA BOSNE

**Č**im smo počeli šetnju Titovom ulicom moj poznanik je odmah počeo da priča o jučerašnjem susretu sa jednom strankinjom. Sav se pretvorio u priču, pa njegovi pogledi nisu, kao obično, letjeli prema ljepšem polu.

- Juče, na tramvajskoj stanici na Ilidži, jedna djevojka gleda uokolo, poče poznanik.- Vidim da je strankinja. Nešto traži. Nađoh se na usluzi.. Htjela je da posjeti Vrelo Bosne, a nigdje putokaza. Trudio sam se da joj pokažem. Kad sam čuo da je Norvežanka odlučih da joj pravim društvo i da skupa prošetamo do Vrela. Riječ po riječ, noga za nogom, nikad lakše i prijatnije šetnje alejom u dužini od tri kilometra. Norvežanka Vigdis bacala je radoznale poglede po visokom drveću, livadama i raznobojnom cvijeću i ujedno se trudila da čuje i razumije svaku moju riječ. U našem razgovoru mogli su se čuti imena poznatih norveških književnika Henrika Ibzena, Bjersnstjerna Bjersona, Knuta Hamsuna, zatim muzičara Edvarda Griga, pa slikara Edvarda Munka i klizačice i glumice Sonje Henri. Vigdis se čudila da je to bio naš slučajni susret, a ličio je na ugovoreni i dugo priželjkivani.

Kad se ukaza modro zelena boja malog jezera, po kojoj je ponosito klizio labud, Vigdis zastade. Više se nisu čule naše riječi. Njen pogled žudno je upijao sve boje – i bijelu, i modru, i zelenu i žutu. Sve je to bilo popraćeno tihom simfonijom malih vodopada i protokom vode iz obližnjih brojnih izvora. Norvežanka ushićeno reče: "Marvelous" (Divno).

Raznobojne patke (divlje ili pitome?) pratile su sa strana, kao u svečanoj povorci, jezdenje labuda i kao da su se i one divile njegovoj gracioznosti i uzvišenosti. Kad bi on dodirnuo tlo obale, to bi i one činile, kad bi se on uputio suprotnoj obali jezera to bi i one sa žurbom činile. Sve u istom rasporedu i ritmu. I kao da to sve čine ne samo iz svog zadovoljstva, već više iz zadovoljstva brojnih gledalaca koji ih posmatraju sa puta.

Naše kretnje se polahko usmjeriše prema glavnom izvoru čija je pjesma nadjačavala sve ostale. Mala, plitka jezera i iz njih brzi i razdragani protok vode takođe su zahtjevali da se, kolikotoliko, pogled zadrži. Veseli i učestali glasovi djece, koji su dopirali sa svih strana, stapali su se sa šumovima i žuborima i stvarali jednu posebnu životnu melodiju – i ljudsku i prirodnu. Kao da se sve odvajalo od tla, htjelo da poleti i dugo, dugo u magnovenju lebdi i raduje se.

Na glavnom izvoru. Oči plavokose Skandinavke upijale su se čas u otvor iz kojeg je buljala srebrenasta tečnost, čas u tu istu vodu koja se, sva radosna što je došla na svjetlo dana, blago razlijeva, čas u neznatnu izmaglicu koja se stvarala iznad njenog malog pada i daljnog oticanja. Vigdis je stajala ukočeno i divila se. Nije htjela da sjedne na klupu koja je bila pored nas. Čak to

i ljutito odbi. Reče: "Ovu ljepotu hoću da gledam samo stojeći. Samo stojeći".

I ja sam sa njom buljio u vodu i upijao svu njenu svježinu i zdravost. Iznenada, poput oštre ose, poljubi me Norvežanka, pa nastavi da i dalje gleda u kristalno čistu vodu, kao da to nije ni uradila,

- How it is all vivid and refreshing. All is so magic and clean.

(Kako je to sve životno i osvježavajuće. Sve je tako magično i čisto), reče.

- Pa, i vi imate sličnih prirodnih ljepota u Norveškoj: fjordove, jezera, rijeke, vodopade..., dodadoh.

- Da, ali ne ovakve jake izvore oko kojih je sve bujno i puno života. Kako je ova planina iznad šumovita. Kao džungla. Kao kosa na dječijoj glavi. Kako bi se ovdje naši trolovi (vukodlaci) rado skrivali.

Naša ljepota je sjeverna, ova je ovdje južna, ipak postoji razlika, odgovorila je.

Tek tada sjede. Primi čašu izvorske vode iz plastične čaše koja se tu zadesi pa tiho reče:

- Ovo je Vrelo Bosne?

- Da, rekoh.

- Po ovome izvoru se zove cijela rijeka?

- Da.

- Po ovom vrelu, vodi i rijeci se zove vaša zemlja?

- Da.

- To joj ime najbolje odgovara. Zsigurno najbolje. Nikako drugačije, reče odlučno.

Kap po kap, gutljaj po gutljaj sladila se hladnom izvorskom vodom i dugo pratila njeno raspjevano doticanje i proticanje.

\* \* \*

Kod Slatkog čošeta moj poznanik završi sa pričom, bacivši pogled ustranu, priželjkujući da ga je još neko slušao.

- Ja bih više volio da si taj poljubac za žubor i čistu vodu dobio negdje na srednjem toku ili pri ušću Bosne, rekoh zadovoljan što se toga odmah sjetih.

- Možda će to neko drugi dobiti, brzo dobaci poznanik smješeći se..

- Dabogda, rekoh.

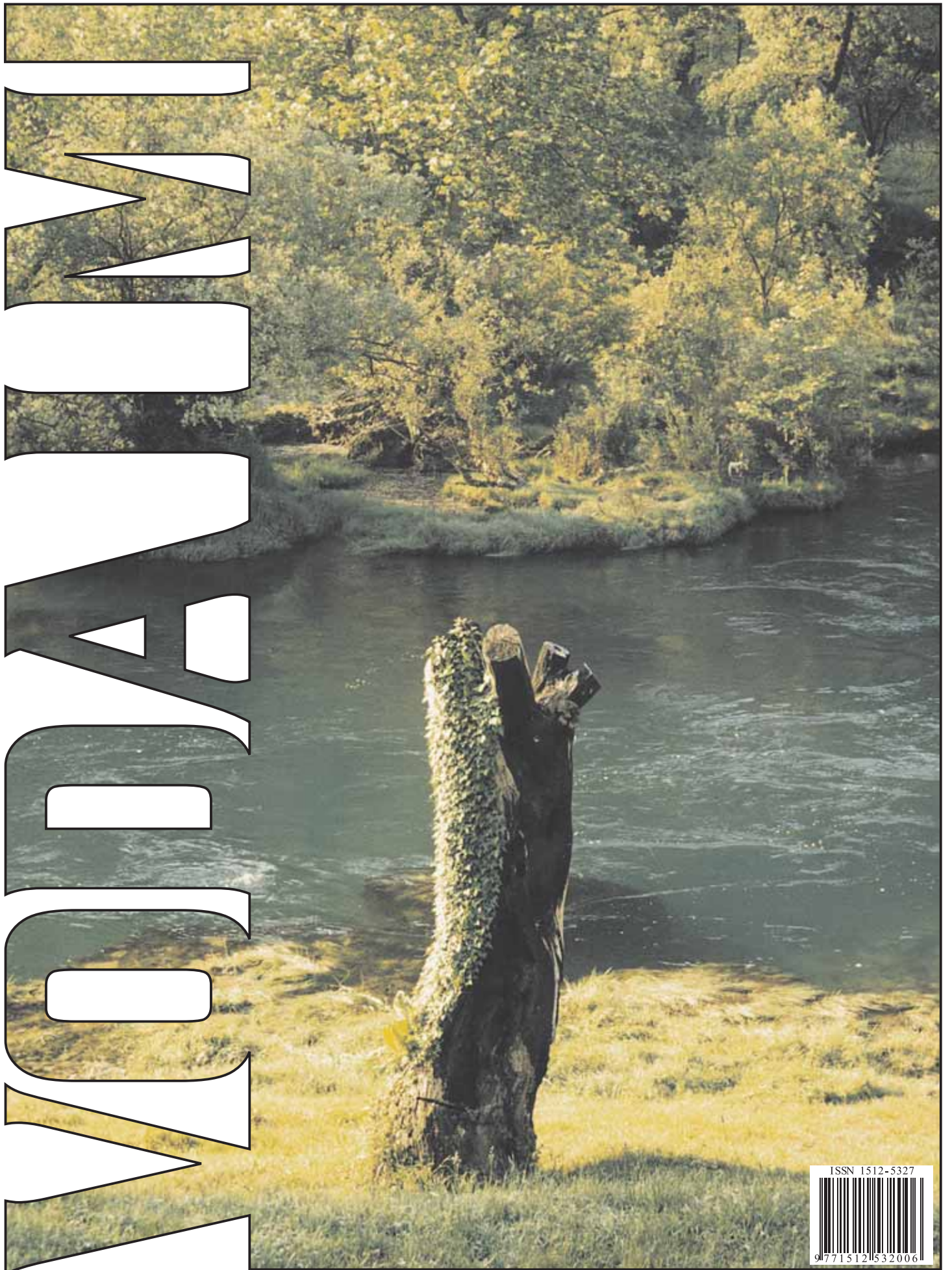
- Dabogda, ponovi poznanik.

Poslije utonusho u dužu šutnju. Mjesto naših riječi čuli su se tihi razgovori prolaznika i zvonki odjeci ženskih štikli po kamenoj, izlizanoj kaldrmi.

**Napomena urednice:** Ovaj pomalo neobičan i neobičan tekst za sadržaj časopisa je u stvari samo želja da pokažemo kako voda često biva i literarna inspiracija. Ne bismo imali ništa protiv da nam neko od naših čitalaca pošalje možda neku svoju likovnu inspiraciju vodom.



*R. Sana - Ključ, Novembar 2004. godine*



# WORLDVIEW

ISSN 1512-5327  
9 771512 532006