

# VODNA

ČASOPIS AGENCIJE ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE SARAJEVO

2017  
Godina XV  
**73**





**UVODNIK**

D. Hrkaš  
UVODNIK

**ZAŠTITA VODA**

D. Sedić

ZAŠTO JE TEŠKO ODABRATI KOLONE  
ZA GASNO-HROMATOGRAFSKO ODREĐIVANJE?

K. Hafner, A. Pita-Bahto, A. Žero

REZULTATI ANALIZA UZORAKA RIJEČNE VODE U ŠLIVU  
RIJEKE BOSNE NA PRISUSTVO NUTRIJENATA DUŠIKA  
I FOSFORA U ODABRANIM SPECIJAMA – REDOVNI  
MONITORING ZA 2010. GODINU

V. Hodak-Kobasić, M. Picer, N. Picer

RASPODJELA POLIKLORIRANIH BIFENILA U TLU  
EKSPERIMENTALNOG FITOREMEDIJACIJSKOG POLJA

S. Trožić-Borovac, M. Gajević  
PLECOPTERA (KAMENJARKE)  
BOSNE I HERCEGOVINE

R. Muratović  
ČOVJEK I PRIRODNA OKOLINA

**ZAŠTITA OD VODA**

V. Rajčić

OBJEKTI RETENZIJA U ITALIJI

**VIJESTI I ZANIMLJIVOSTI**

E. Mažar

AQUASAN MREŽA BOSNE I HERCEGOVINE

**IN MEMORIAM**

**Autor kolor fotografija u ovom broju je inž. Mirsad Nazifović.**

*Fotografije su snimljene na lokalitetu Martin Brod na rijeci Uni u februaru ove godine.*

**"VODA I MI"**

**Časopis Agencije za vodno  
područje rijeke Save Sarajevo**

<http://www.voda.ba>

**Izdavač:**

Agencija za vodno područje rijeke Save  
Sarajevo, ul. Grbavička 4/III

Telefon: ++387 33 56 54 00

Fax: ++387 33 56 54 23

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

**Glavna urednica:**

Dilista Hrkaš, dipl. žurn.

**Savjet časopisa:** Predsjednik: Sejad Delić, direktor AVP Sava; članovi: Ivo Vincetić, predsjednik Upravnog odbora AVP Sava i Behija Hadžihajdarević, član Upravnog odbora AVP Sava.

**Redakcioni odbor časopisa:** Dilista Hrkaš, dipl. žurnalist, predsjednik; članovi: Mirsad Lončarević, dipl. ing. građ., Aida Salahović, dipl. ekonomist, Elmedin Hadrović, dipl. pravnik, mr Anisa Čičić Močić, dipl. biolog, Haris Fišeković, dipl. ing. građ. i mr Sanela Džino, dipl. hemičar.

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

**Priprema za štampu i filmovanje:** KKDD d.o.o. Sarajevo

**Štampa:** RIMIGRAF, 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/ČITATELJI,

**Z**aista je zadovoljstvo dobijati pismene ili usmene poruke sa pitanjima i izrazima zabrinutosti za sudbinu ovog časopisa koji se već pola godine nije pojavio, iako ste kao naši vjerni saradnici i čitatelji navikli na kontinuirano izlaženje od 1996. godine. Evo nas opet pred vama sa nekim poboljšanjima u sadržaju (uglavnom u skladu sa Uputstvom za autore koje smo objavili u prošlom broju!) i nadamo se da će tih poboljšanja biti i ubuduće na vaše i naše zadovoljstvo.

U mjesecu smo martu u kojem obilježavamo Svjetski dan voda – 22. mart, čiji je ovogodišnji moto: “VODA ZA GRADOVE - ODGOVOR NA URBANI IZAZOV”.

Kao što i sami zaključujete, tema je više nego aktuelna i traži hitnost rješavanja u cijelom svijetu, jer već preko 3,3 milijarde ljudi živi u gradovima sa tendencijom daljeg povećanja tog broja. Podaci UN kažu da se svake sekunde gradovi u svijetu povećaju za dva čovjeka. U isto vrijeme, komunalna infrastruktura u oblasti voda ni izbliza ne prati ovu situaciju, pogotovu ne u nerazvijenim i zemljama u razvoju. Stoga problemi sa obezbjeđenjem dovoljnih količina pitke vode stanovništvu i odgovarajućim sistemima odvodnje i tretmana otpadnih voda su narasli do vrlo zabrinjavajućih razmjera i imaju vrlo negativan uticaj na mnoge druge oblasti poput zdravstva, zaštite životne sredine, socijalnih statusa, a u krajnjem i na ukupan privredni i ekonomski razvoj.

Mi u Bosni i Hercegovini na sreću nemamo alarmantno stanje po ovom pitanju, prije svega zato što se vodnoj komunalnoj infrastrukturi posvećuje kontinuirana pažnja već decenijama. Naravno, osnovni problem u cijeloj priči kod nas, kao i u svijetu uostalom, jesu finansijska sredstva koja za rješavanje ovih pitanja nikada nisu bila beznačajna i zanemariva, naprotiv, ali korak po korak, problemi sa vodosnabdijevanjem i odvodnjom komunalnih otpadnih voda, rješavaju se svakodnevno sa dobrom perspektivom i u budućnosti.

СВЈЕТСКИ ДАН ВОДА  
22.03.2011.  
SVJETSKEKI DAN VODA

Water for Cities: Responding to the Urban Challenge  
Вода за градове: Урбани Изазови  
Voda za gradove: Urbani izazovi

Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске  
Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske

Федерално министарство пољопривреде, водопривреде и шумарства Сарајево  
Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva Sarajevo

Агенција за воде обласног рјечног слива Трбишњичко-Трбиње  
Агенција за воде обласног рјечног слива Саве - Бијелина  
Агенција за водно подручје Јадранског мора - Мостар  
Агенција за водно подручје рјеке Саве - Сарајево

Агенција за воде обласног рјечног слива Трбишњичко-Трбиње  
Агенција за воде обласног рјечног слива Саве - Бијелина  
Агенција за водно подручје Јадранског мора - Мостар  
Агенција за водно подручје рјеке Саве - Сарајево

Трбиње 22.03.2011. Trebinje

UN WATER PRESENTS  
WORLD WATER DAY 2011  
WATER FOR CITIES: RESPONDING TO THE URBAN CHALLENGE

O tome svjedoče i podaci da je kod nas oko 65% stanovništva obuhvaćeno organizovanim vodosnabdijevanjem (mada je taj procenat sigurno znatno veći, poznato nam je da mnoga individualna domaćinstva imaju i vlastite izvore vode kao što su bunarevi, ručne pumpe isl.), a oko 35% je obuhvaćeno kanalizacionim sistemom odvodnje otpadnih voda, koje se u devet gradova i prečišćavaju preko, za tu namjenu, izgrađenih uređaja. Očigledno je da ovdje imamo još dosta posla (pogotovu u izgradnji kanalizacija!), i on je predviđen u našim strateškim dokumentima i planovima čija će realizacija najviše ovisiti od materijalnih prilika.

Centralna manifestacija ovogodišnjeg obilježavanja Svjetskog dana voda u Bosni i Hercegovini održaće se u Trebinju u utorak, 22. marta a domaćin će biti Agencija za vode oblasnog riječnog sliva Trebišnjice. Na skupu će se prezentirati referatska izlaganja o stanju snabdijevanja pitkom vodom i izgrađenosti kanalizacionih sistema u Republici Srpskoj i u Federaciji BiH. Naravno, biće to i još jedna prilika da se na jednom mjestu sretnu i razmijene iskustva i znanja uposlenici sektora voda iz oba entiteta, kao i drugih oblasti koje su na određeni način u sprezi sa vodom.

Stoga svima njima, ali i vama dragi prijatelji voda, čestitamo 22. mart/ožujak – Svjetski dan voda!

– VODA ZA ŽIVOT –

*HRKAŠ*

Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.

# ZAŠTO JE TEŠKO ODABRATI KOLONE ZA GASNO-HROMATOGRAFSKO ODREĐIVANJE?

## 1. Ukratko o gasnoj hromatografiji

**H**romatografija kao metoda otkrivena je 1903. godine, kada je ruski botaničar M. Cvet ovom metodom razdvojio hlorofil i druge pigmente biljnog ekstrakta. Hromatografija je separacija smjese elemenata unutar pojedinih spojeva u svrhu lakše identifikacije (kvalitativna analiza) i određivanja količine (kvantitativna analiza) svakog elementa. Gasna hromatografija (GC) je jedna od separacionih tehnika, i da bi spojevi bili adekvatni za tu tehniku, moraju biti dovoljno volatilni i termički stabilni. Ako su svi ili neki od spojeva u gasnoj fazi ili isparavaju na 4000-4500C ili niže, i ne raspadaju se na ovim temperaturama, onda se ti spojevi vjerovatno mogu određivati sa GC. Ako prirodni spojevi nisu hlapivi, mogu se prevesti u derivate. Gasna hromatografija je zasnovana na raspodjeli komponenata između dvije faze – mobilne, koja je plinovita i stacionarne, koja je u 90% slučajeva tečna, a samo u 10% slučajeva čvrsta. Mobilna faza je plin nosilac (He, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>), a stacionarnu fazu predstavlja mikroskopski sloj tečnosti na neaktivnom čvrstom nosaču (praškasta smola, staklo, itd.). Održava se precizna i konstantna kontrola temperature injektora, peći i detektora. Varijable koje se kontroliraju su: ma-

terijal i koncentracija materijala od kojeg je izgrađena stacionarna faza, dužina i dijametar kolone, temperatura peći, protok gasa nosača i tip detektora.

## 2. Termini i uslovi

Postoje brojni termini koji se najčešće koriste da opišu različite hromatografske karakteristike i karakteristike kolona, te ponašanje i uslove. Razumijevanje ovih termina pomaže pri poređenju performansi kolona, kvaliteti, otkrivanju smetnji (grešaka) i interpretaciji rezultata.

- ❑ **Vrijeme retencije (zadržavanja) ( $t_R$ )** je vrijeme potrebno da neka komponenta prođe kroz kolonu dužine L i mjeri se od ulaska komponente u kolonu do pojave maksimuma njenog pika.
- ❑ **Brzina putovanja.** Prosječna brzina putovanja bit će jednaka brzini mobilne faze pomnoženoj sa udjelom vremena koje neka supstanca provede u njoj.
- ❑ **Retencioni odnos.** Mjerilo zadržavanja neke supstance je retencioni odnos, koji se može posmatrati kao udio vremena koji jedan molekul provodi u mobilnoj fazi, što je direktno vezano sa udjelom količine supstance u mobilnoj fazi.



- ❑ **Zapremina zadržavanja.** Zapremina zadržavanja neke komponente je zapremina mobilne faze potrebna za eluiranje komponente do pojave maksimuma njenog pika.
- ❑ **Efikasnost kolone.** Sposobnost kolone da daje uske i oštre pikove. Efikasnost se može povećati povećanjem dužine kolone, a samim tim i brojem tavana. Međutim, kako se povećanjem dužine kolone dešava i širenje pikova, efikasnost kolone se ne poveća proporcionalno povećanju njene dužine. Drugi način povećanja efikasnosti je da se smanji visina i tako poveća broj tavana po jedinici kolone. Visina je bolje mjerilo efikasnosti od broja teorijskih tavana, jer smanjenjem visine broj uravnoteženja u koloni iste dužine se povećava, pikovi postaju uži i razdvajanje bolje.

### 3. Gasno-hromatografske kolone

Prilikom odabira kolone treba voditi računa o pravilu sličnosti: nepolarno se dobro razdvaja u nepolarnom. Razdvajanje se vrši na osnovu vrelišta pojedinih spojeva. U nepolarnoj selektivnoj tekućini prvi izlaze polarni sastojci. Povećanje polarnosti selektivne tekućine istovremeno znači duže zadržavanje polarnih sastojaka smjese na koloni. Najbolje je za svaki tip detektora imati jednu polarnu i jednu nepolarnu kolonu.

Kapilarne GC kolone obuhvataju dva velika dijela: cijevi i stacionarne faze. Tanki film (0,1-10,0  $\mu\text{m}$ ) termički stabilnog polimera sa molekulama velike mase je presvučen uz unutrašnji zid cijevi malog unutrašnjeg dijametara (0,05-0,53 mm dijametar). Ovaj nanešeni polimer se zove stacionarna faza. Gas koji protiče kroz cijev se zove gas nosač ili mobilna faza. Nakon uvođenja u kolonu, rastvorene molekule se distribuiraju između stacionarne i mobilne faze. Molekule u mobilnoj fazi se prenose duž kolone; molekule na stacionarnoj fazi su privremeno nepokretne. Kako molekule prolaze kroz kolonu nošene mobilnom fazom, one se eventualno sudaraju i ponovo vežu na stacionarnu fazu. Istovremeno, neke od rastvorenih molekula napuštaju stacionarnu fazu i ulaze u mobilnu fazu. Ovo se događa hiljadama puta za svaku otopljenu molekulu tokom prolaska kroz kolonu. Sve molekule koje odgovaraju specifičnom spoju kreću se kroz kolonu približno istom brzinom, i javljaju se kao traka molekula (nazvana traka uzorka). Brzina kojom se kreće svaka traka uzorka kroz kolonu ovisi od strukture spoja, hemijske strukture stacionarne faze, i temperature kolone. Širina trake uzorka ovisi od uslova rada i dimenzija kolone. Da bi se spriječilo koeluiranje pikova, ključno je da nema preklapanja između susjednih traka uzorka dok izlaze iz kolone. Ovo može biti postignuto izabiranjem kolona i radnih uslova koji skraćuju širinu trake uzorka, i osiguravaju da svaka traka uzorka putuje različitom brzinom.

Podjela stacionarne faze prema polarnosti:

- A. Jako polarne; tu se razdvajaju spojevi koji prave trodimenzionalne veze sa vodikovim mostovima (voda, polialkoholi, polifenoli);
- B. Polarne; tu se razdvajaju spojevi koji uz aktivni vodikov atom imaju slobodan par elektrona (O, F, N, Br, Cl, P, S);
- C. Slabo i srednje polarne; tu se razdvajaju spojevi koji imaju slobodan par elektrona, a nemaju aktivni vodikov atom (eteri, aldehidi, ketoni);
- D. Nepolarne; tu se razdvajaju spojevi koji sadrže vodik, ali su slabog dipolnog karaktera (aromati, hlorirani ugljikovodici) i spojevi koji nemaju polarni karakter (parafini, CCl<sub>4</sub>).

### 4. Principi odabira kolona

Odabir odgovarajuće kapilarne kolone može biti neizvjestan i ponekad težak zadatak. Dok god nema univerzalnih tehnika, skraćenica, trikova ili tajni za odabir kolone, postoje putokazi i koncepti koji će pojednostaviti proces. Trebala bi se razmotriti četiri veća parametra: stacionarna faza, dijametar kolone, dužina kolone i debljina filma.

#### 4.1 Odabir stacionarne faze

Odabrati najbolju stacionarnu fazu je najvažnija odluka pri odabiru kapilarne kolone. Na žalost, to je također i najteža i najambicioznija odluka. Najpouzdanija metoda je pogledati veliku kolekciju primjenjenih aplikacija dostupnih od strane proizvođača i dobavljača, proizvođača gasnih hromatografa i objavljene literature. Najviše se problema javlja kad nema dovoljno informacija. Odabir stacionarne faze je mnogo lakši čak i ako imamo samo jedan hromatograf dostupan za sve ili bar neke od spojeva koji će se određivati. Ideja o selektivnosti i polarnosti stacionarne faze je veoma korisna pri odabiru stacionarne faze. Uobičajeno je da se ova dva termina koriste kao sinonimi, ali to nije isto. Selektivnost se definiše kao fizičko-hemijska interakcija rastvorenih molekula sa stacionarnom fazom. Polarnost je definisana strukturom stacionarne faze i ima uticaj na odvajanje. Kako god, to je samo jedna od mnogih karakteristika stacionarne faze koja ima uticaj na odvajanje pikova. Selektivnost može biti zamišljena kao mogućnost stacionarne faze za razlikovanje između dvije rastvorene molekule koje se razlikuju po njihovim hemijskim i fizičkim karakteristikama. Separacija se dobija ako je različita interakcija između stacionarne faze i rastvorenih molekula. Za tečnu ili ljepljivu stacionarnu fazu (polisiloksan i polietilen glikoli), postoje tri veće interakcije: disperzija, dipol i vodikova veza.

**Disperzija** je dominantna interakcija za polisiloksan i polietilen glikolnu stacionarnu fazu. Disperzija može biti pojednostavljena u okviru volatilnosti. Jednostavno, većina isparljivih rastvora, brže se eluiraju

ju iz kolone (kraće retenciono vrijeme). Kako god, disperzija može imati veći efekat od efekta rastvora i polarnosti stacionarne faze i drugih interakcija. Tačke ključanja rastvora se ponekad uzimaju kao mjera isparljivosti spojeva. Na žalost, tačke ključanja ne mogu biti univerzalno primijenjene na interakciju disperzije. Tačke ključanja su dovoljno validne kod rada sa spojevima sa sličnim strukturama, funkcionalnim grupama ili homolognim serijama. Kad se radi sa spojevima sa različitim funkcionalnim grupama, pojednostavljenje pomoću tačaka ključanja daje često greške. Ako se tačke ključanja spoja razlikuju za više od 300C, obično se mogu odvojiti na više stacionarnih faza (oni su izuzeci). Ako se tačke ključanja spoja razlikuju za manje od 100C, pojednostavljenje sa tačkama ključanja postaje manje tačno i više podložno greškama (posebno za spojeve u homolognim serijama).

Ako je stacionarna faza podložna **interakciji dipola**, povećava se snaga odvajanja otopina koje imaju različit dipolni moment. Samo neke stacionarne faze mogu iskoristiti ovu interakciju. Polietilen glikoli i cijanopropil i trifluoropropil supstituirani polisiloksani rado podliježu dipolnim interakcijama, metil ili fenil supstituirane grupe ne podliježu. Količina odvojenih pikova otopina sa različitim dipolima se često mijenja ako se koristi stacionarna faza sa različitom interakcijom. Ako je razlika između dipola spojeva malena, potrebna je veća količina odgovarajuće grupe (na primjer, 50% cijanopropilfenil-metil polisil-

loksan umjesto 14% cijanopropilfenil-metil polisiloksana). Teško je tačno predvidjeti značajnu promjenu u separaciji za sve pikove. Empirijski rezultati pokazuju da dipolna interakcija stacionarnih faza je jako pogodna za uzorke koji sadrže spojeve koji imaju baznu ili centralnu strukturu na kojoj se nalaze grupe na različitim pozicijama. Primjeri su supstituirani aromati, halogenirani ugljikovodici, pesticidi i lijekovi.

**Interakcija vodikovom vezom** se dešava ako se stvara vodikova veza između rastvorenih molekula i stacionarne faze. Tabela 1 daje pregled vrsta spojeva koji formiraju vodikovu vezu skupa sa njihovom relativnom jačinom.

Intenzitet vodikove veze je važan faktor u hromatografskom razdvajanju. One stacionarne faze koje podliježu dipolnom momentu podliježu i vodikovim vezama. Količina odvojenog spoja iz rastvora čija je vodikova veza potencijalno drukčija često se mijenja ako se koristi stacionarna faza sa različitom mogućnosti stvaranja vodikovih veza (Slika 1). Ako je razlika u vodikovim vezama između spojeva mala, potrebna je velika količina odgovarajuće grupe (na primjer polietilen glikol umjesto 14% cijanopropilfenil-metil polisiloksana). Teško je tačno predvidjeti značajnu promjenu u separaciji za sve pikove. Ponekad se željeno odvajanje dobije, ali slijedeći set pikova sada koeluiru sa novom stacionarnom fazom.

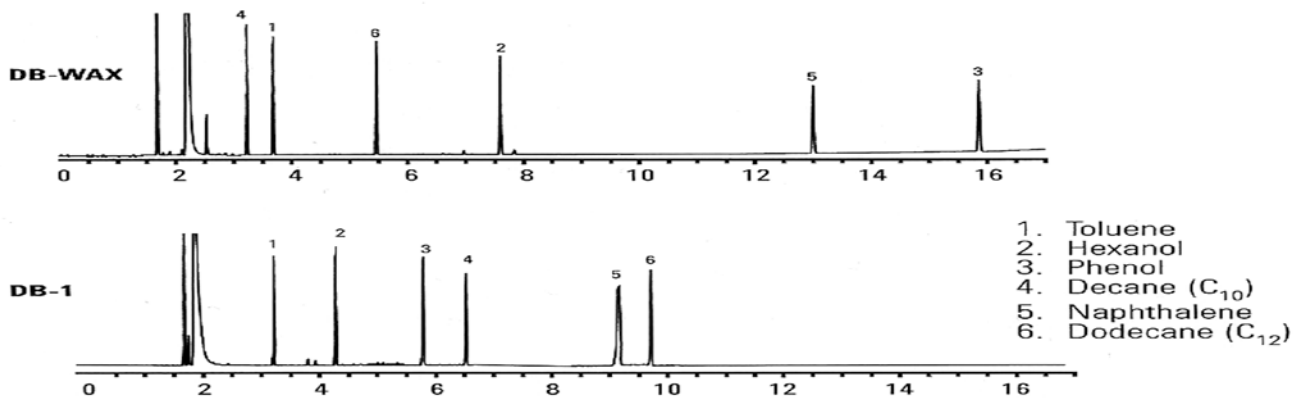
Druga karakteristika stacionarne faze koja može uticati na retenciju na predvidljiv način je sadržaj fenila. Uopćeno, veći sadržaj fenila u stacionarnoj fazi zna-

**Tabela 1.** Relativne jačine vodikovih veza

Jačina	Spoj
Jaka	Alkoholi, karboksilne kiseline, amini
Umjerena	Aldehidi, esteri, ketoni
Slaba do nikako	Ugljikohidrati, halogenirani ugljikohidrati, eteri

**Figure 4: Hydrogen Bonding Interactions**

**Column: 15 m x 0.25 mm I.D., 0.25 µm**

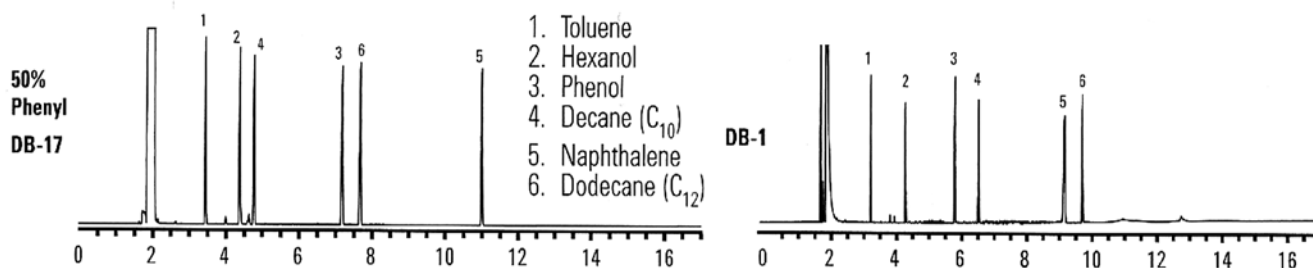


DB-1 does not undergo hydrogen bonding interactions. The change in the elution order of hexanol and phenol with DB-WAX is a combination of the dipole and hydrogen bonding interaction.

**Slika 1.** Interakcije vodikovom vezom

## Figure 5: Phenyl Content Retention

Column: 15 m x 0.25 mm I.D., 0.25  $\mu$ m



The aromatics increase in retention relative to the hydrocarbons for the DB-17 columns. DB-17 contains 50% phenyl substitution. DB-1 contains no phenyl substitution.

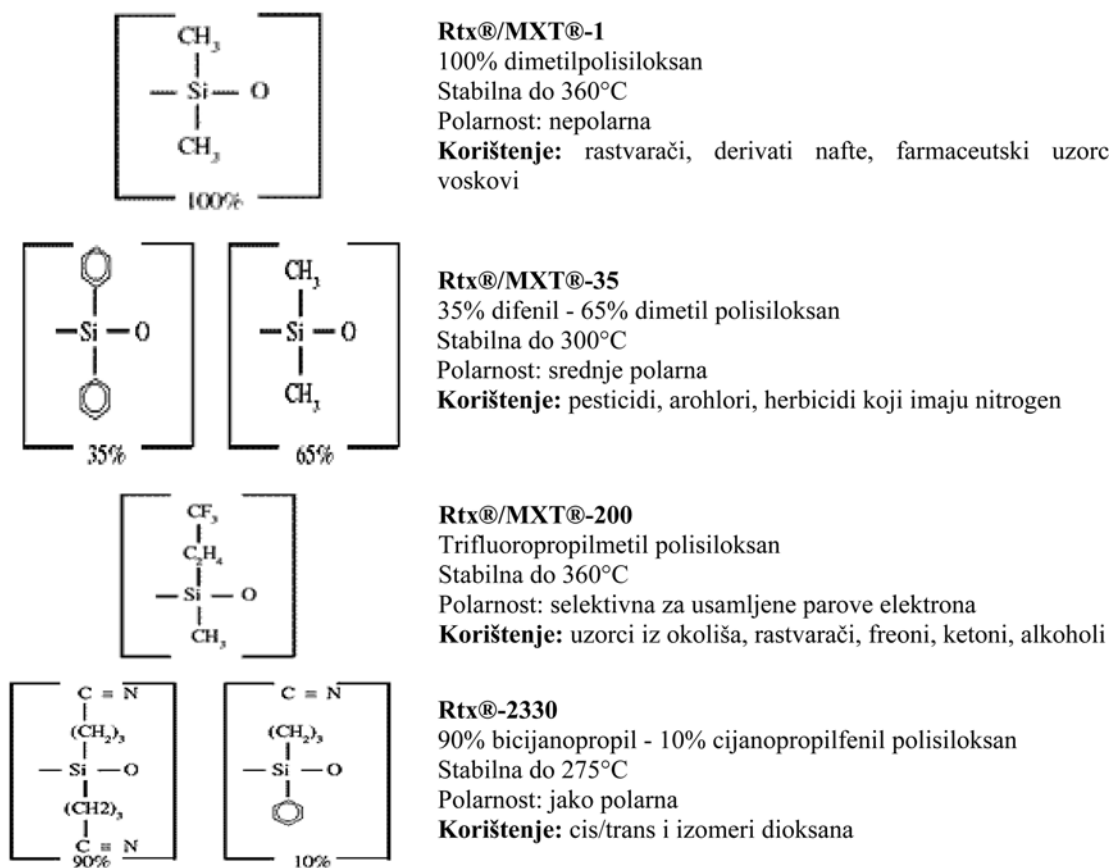
Slika 2. Zadržavanje prema sadržaju fenila

či veće retencijsko vrijeme aromatskih rastvora u odnosu na alifatske rastvore. Ovo ne znači da se aromatske otopine više zadržavaju (na primjer veći k) sa povećanjem sadržaja fenila u stacionarnoj fazi, ali su relativno više zadržani u odnosu na alifatske otopine (Sl. 2).

### 4.1.1 Polarnost

Polarnost stacionarne faze se određuje polarnošću supstituiranih grupa i njihovih relativnih količi-

na. Kod nabavke nove kolone, najvažnije je razmisliti o stacionarnoj fazi. Postoje mnoge različite interakcije između analita i funkcionalnih grupa stacionarne faze. Ove interakcije utiču na rezultate analiza više od bilo kojih drugih faktora kolone. Zbog toga je jako važno, koliko god je moguće, dobro poznavati kolonu i uzorke. Slika 3 pokazuje hemijske strukture najčešće korištenih stacionarnih faza. Promjene selektivnosti se mogu primjetiti korištenjem kolone sa



Slika 3. Strukture stacionarnih faza i karakteristike

različitim funkcionalnim grupama kao i povećanje postotka supstituisanja ovih funkcionalnih grupa. Napolarna Rtx<sup>®</sup>-1 faza će prvenstveno zadržavati napolarne spojeve u poređenju sa polarnim spojevima kao što su alkoholi. Ako su napolarne metil grupe zamijenjene sa polarnim kao što su fenil i cijanopropil grupe, selektivnost kolona se pomijera prema polarnim spojevima. Istovremeno, napolarni spojevi se manje zadržavaju ako je sveukupno manje metil grupa koje će interreagovati sa napolarnim spojevima. Rtx<sup>®</sup>-200 stacionarna faza sadrži trifluoropropil grupe koje omogućavaju veću selektivnost za analite koji sadrže usamljene parove elektrona, kao što su nitro i karbonilne grupe. Polietilen-glikolne kolone, kao što su Stabilwax<sup>®</sup> i Rtx<sup>®</sup>/MXT<sup>®</sup>-WAX, su polarne i jako selektivne prema polarnim spojevima kao što su alkoholi.

Polarnost stacionarne faze je samo jedan od mnogih faktora koji utiču na zadržavanje i odvajanje. Dok polarnost nije direktno vezana za selektivnost, ona ima izražen efekat na zadržavanje spojeva, a samim tim i na selektivnost. Za spojeve slične volatiliteti, veće zadržavanje se dešava u slučaju otopina sa polarnošću sličnoj polarnosti stacionarne faze. Drugim riječima, polarni spojevi se puno jače vežu za polarnu stacionarnu fazu nego na manje polarnu stacionarnu fazu, i obratno (Slika 4).

Promjene u redu zadržavanja i eluiranja mogu biti pripisane promjeni polarnosti stacionarne faze. Promjene u količini fenilnog supstituenta, dipola i vodikovih veza također doprinose promjenama; kako god, teško je ocijeniti veličinu njihovog pojedinačnog doprinosa. Dodatno na zadržavanje, pored polarosti stacionarne faze uticaja imaju i druge karakteristike kolone.

Postoji generalni trend između polarosti i života trajanja kolone, limita temperature, curenja i efikasnosti. Život kolone, temperaturni limiti i efikasnost imaju tendenciju porasta za manje polarne kolone. To su uopšteni trendovi i nisu apsolutno tačni. Nisko

curenje stacionarnih faza ponekad prati ovaj trend. Odvajanje i efikasnost se uzimaju u obzir zajedno, a ne kao odvojene karakteristike. Oba pridonose rezoluciji pika. Kada stacionarna faza odredi adekvatnu rezoluciju pikova, veća efikasnost nije potrebna. Moгу se koristiti uži ili širi dijametar kolone i manje optimalni uslovi GC-a u ovim otopinama. Kad rezolucija nije adekvatna, potrebna je veća efikasnost kolone.

## 4.2 Dijametar kolone

Dijametar kolone utiče sa pet parametara od primarnog interesa. Oni su efikasnost, retencija, pritisak, protok gasa nosača i kapacitet.

**Efikasnost kolone (N/m)** je obrnuto proporcionalna dijametru kolone. Tabela 2 pokazuje da manji dijametar kolone ima veći broj teoretskih tavana po metru.

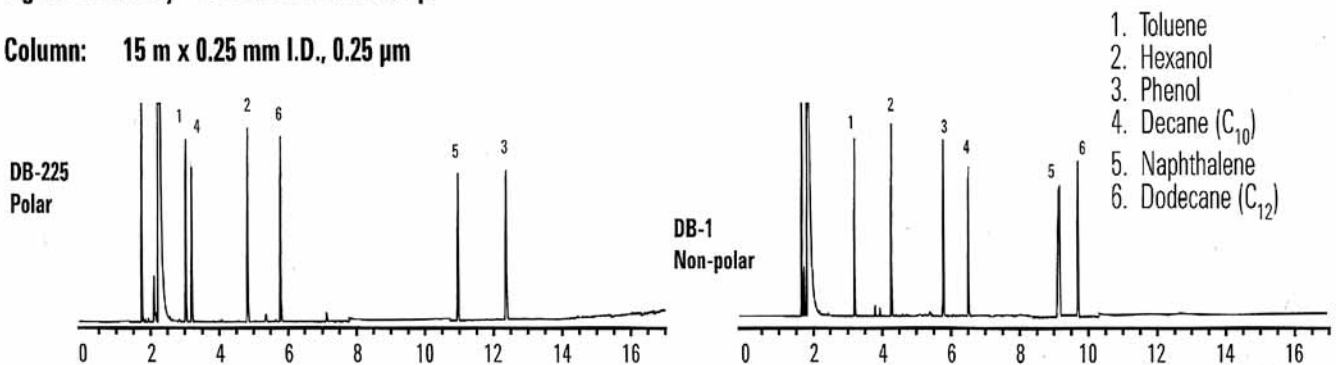
**Tabela 2.** Prikaz kolona sa dijametrom sa teoretskim brojem tavana

Unutrašnji dijametar kolone (mm)	Teoretski tavana/metar (N/m)
0,10	12500
0,18	6600
0,20	5940
0,25	4750
0,32	3710
0,45	2640
0,53	2240

Rezolucija je funkcija drugog korijena iz broja teoretskih tavana. Zbog toga, udvostručavanjem efikasnosti kolone teoretski raste rezolucija za samo 1,41 (drugi korijen iz 2), ali u praksi 1,2-1,3 puta. Manji di-

**Figure 6: Polarity – Retention Relationship**

Column: 15 m x 0.25 mm I.D., 0.25 µm



The alcohols (polar) increase in retention relative to hydrocarbon (non-polar) for the DB-225 column. DB-225 is more polar than DB-1.

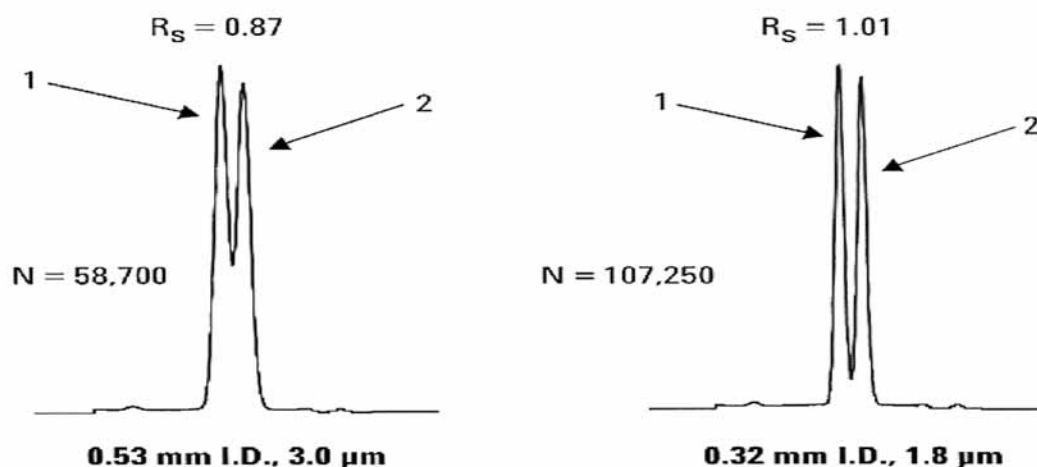
**Slika 4.** Odnos između polarosti i vremena zadržavanja



## Figure 7: Column Diameter – Comparison of Resolution and Retention

Column: DB-624, 30 m

1. 1,3-Dichlorobenzene
2. 1,4-Dichlorobenzene



Slika 5. Dijametar kolone – poređenje rezolucije i vremena zadržavanja

jametri kolone se koriste kada je malo odvajanje pikova i potrebna je visoka efikasnost kolone (na primjer suženi pikovi) (Slika 5).

**Zadržavanje otopine** je obrnuto proporcionalno dijametru kolone, za uslove izotermalne temperature. Pod uslovima temperaturnog programa, promijena je 1/3-1/2 od izotermalne vrijednosti. Dijametri kolone se rijetko selektiraju na osnovu retencije.

**Pritisak na vrhu kolone** je aproksimativno inverzna kvadratna funkcija radijusa kolone. Na primjer, 0,25 mm unutrašnji dijametar kolone zahtijeva oko 1,7 puta veći pritisak na vrhu od 0,32 mm unutrašnjeg dijametra kolone iste dužine (znači, gas nosač i temperatura). Pritisak na vrhu kolone raste ili opada dramatično sa promjenom dijametra kolone. Dijametar kolone od 0,18 mm ili veći se koriste za standardne GC analize, obzirom da su za manje dijemetre kolona potrebni jako visoki pritisci. Širi dijametri kolona, posebno kraćih (na primjer 15 m\*0,32 mm) su nepraktični za GC/MS sisteme. Vakuum na izlazu iz kolone u velikoj mjeri reducira zahtijevani pritisak na vrhu kolone, i teško je održati ili kontrolirati veoma nizak pritisak na vrhu. Pri konstantnom pritisku, protok gasa nosača raste kako raste dijametar kolone. Za aplikacije ili sklopove koji zahtijevaju visoke protoke, koriste se obično kolone većih dijametara. Headspace i purge&trap sistemi zahtijevaju veće protoke gasa nosača za odgovarajuće operacije. 0,45 ili 0,53 mm unutrašnji dijametar kolone se koristi sa ovim sistemima tako da se može raditi sa većim protokom. Posebna pažnja mora biti ako se koriste kolone manjih dijametara u ovim sistemima.

Ovo zahtijeva korištenje kriogenog interfejsa ili peći, ili povezivanje pomoću split injektora. Dodatna

složenost i/ili koštanje, ili gubitak uzorka su uključeni sa ovim tehnikama. Za aplikacije ili sklopove koji zahtijevaju niske protoke gasa nosača, koriste se obično kolone manjih dijametara. GC/MS je tipični sistem koji zahtijeva nizak protok gasa nosača, i zbog toga se u tim aplikacijama koriste 0,25 mm ili manje unutrašnjeg dijametra kolone.

**Kapacitet kolone** raste sa porastom dužine kolone. Stvarni kapacitet kolone ovisi i od stacionarne faze, rastvora i debljine filma. Tabela 3 daje prikaz tipičnih intervala kapaciteta kolona za različite dijemetre kolona.

Tabela 3. Prikaz tipičnih intervala kapaciteta kolona za različite dijemetre kolona

Kapacitet kolone u ng				
Debljina filma (µm)	Unutrašnji dijametar kolone (mm)			
	0,18-0,20	0,25	0,32	0,53
0,10	20-35	25-50	35-75	50-100
0,25	35-75	50-100	75-125	100-250
0,50	75-150	100-200	125-250	250-500
1,0	150-250	200-300	250-500	500-1000
3,0		400-600	500-800	1000-2000
5,0		1000-1500	1200-2400	2000-3000

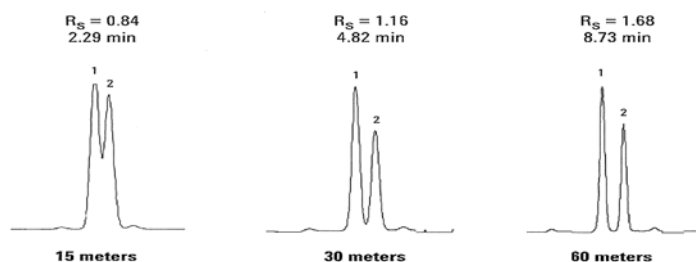
### 4.3 Dužina kolone

Uticaj dužine kolone se izražava kroz tri parametra sa velikim uticajem. To su efikasnost, retencija (vrijeme analize) i pritisak gasa nosača.

**Figure 8: Column Length – Comparison of Resolution and Retention**

**Column:** DB-624  
15 m x 0.53 mm I.D., 0.3 µm  
30 m x 0.53 mm I.D., 0.3 µm  
30 m x 0.53 mm I.D., 0.3 µm

1. 1,3-Dichlorobenzene
2. 1,4-Dichlorobenzene



**Slika 6.** Dužina kolone – Poređenje rezolucije i vremena zadržavanja

**Efikasnost kolone (N)** je proporcionalna dužini kolone. Rezolucija je funkcija drugog korijena iz broja teoretskih tavana. Na primjer, udvostručavanjem dužine kolone (odnosno efikasnosti) teoretski raste rezolucija za samo 1,41 (drugi korijen iz 2), ali u praksi 1,2-1,3 puta. Duže kolone se koriste kada je malo odvajanje pikova i potrebna je visoka efikasnost kolone (na primjer suženi pikovi) (Slika 6).

**Zadržavanje otopine** je proporcionalno dužini kolone, za uslove izotermalne temperature. Pod uslovima temperaturnog programa, promijena je 1/3-1/2 od izotermalne vrijednosti. Kad efikasnost raste produžavanjem kolone, biće i značajnog porasta vremena analize.

**Gornji pritisak kolone** je približno proporcionalan dužini kolone. Pritisak obično ne utiče ako kolona ima jako mali ili veliki dijametar. Duga, malog dijametra kolona zahtijeva ekstremno visok gornji pritisak, a kraća, šireg dijametra kolona zahtijeva veoma mali gornji pritisak. Nijedna situacija nije praktična i može biti limitirajući faktor. Izbor gasa nosača će također imati uticaja na pritisak kolone. Curenje kolone raste kako raste dužina kolone. Duže kolone imaju više stacionarne faze, i zbog toga se stvara više razgradnih produkata. Povećanje curenja sa dužinom kolone nije veliko i ne treba se bojati koristiti duže kolone kad je potrebno. Cijena kolone je u direktnoj relaciji sa dužinom kolone. Udvostručavanje dužine kolone znači i duplu cijenu. Kad efikasnost raste produžavanjem kolone, postoji i značajan rast cijene koštanja. Kad se razmatra povezanost rasta vremena analize, povećanje dužine kolone treba biti posljednji opravdavajući razlog za povećanje efikasnosti. Kraće kolone koštaju više po metru nego duže. Rezanje dužih kolona se čini kao dobra metoda za uštedu novca, ali se ne preporučuje. Kvalitet manjih dijelova ne može se garantovati i ne može biti isti kao kod originalnih, netaknutih kolona.

Teoretski, svaki komad treba dati zadovoljavajuće i dosljedne rezultate. U praksi se to ne dešava uvijek. Mogućnost varijacija pojedinih dijelova je veća kad se režu manji komadi sa originalne kolone. Povećanje varijabilnosti između pojedinih dijelova se javlja porastom dužine kolone, debljine filma i polarosti stacionarne faze, a smanjenjem dijametra kolo-

ne. Na kraju, veće su šanse prijeloma cijevi kad se premotavaju kraće kolone na druge rešetke. Tehnički, rezanje kolone na kraće dijelove poništava garantovane performanse.

#### 4.4 Debljina filma kolone

Uticaj debljine filma kolone se izražava kroz pet parametara sa velikim uticajem. To su retencija, rezolucija, curenje, inertnost i kapacitet.

Za izotermalne uslove, **zadržavanje** otopine je proporcionalno debljini filma kolone. Pod uslovima temperaturnog programa, promijena je 1/3-1/2 od izotermalne vrijednosti. Deblji film kolona se koristi da se dobije veća retencija za jako volatilne otopine. Volatilne otopine koje normalno zahtijevaju kriogeno hlađenje sa standardnim debljinama filma kolona mogu biti dovoljno sačuvane na temperaturi iznad 300C. Odabir debljeg filma kolone ima čisti efekat dajući istu ili veću retenciju na višim temperaturama kolone. Deblji film kolona se obično koristi za volatilne spojeve kao što su rastvarači i određeni gasovi. Tanji film se koristi da reducira zadržavanje otopina koje se jako zadržavaju. Mogu se eluirati brže ili na nižoj temperaturi. Odabir tanjeg filma kolone ima čisti efekat dajući istu ili manju retenciju na nižim temperaturama kolone. Tanji film kolone se obično koristi za molekule sa visokom tačkom ključanja ili velikom molekulskom masom (Slika 7). Rastvori sa k manjom od 2 se jako teško razdvajaju obzirom na nedovoljno zadržavanje na koloni.

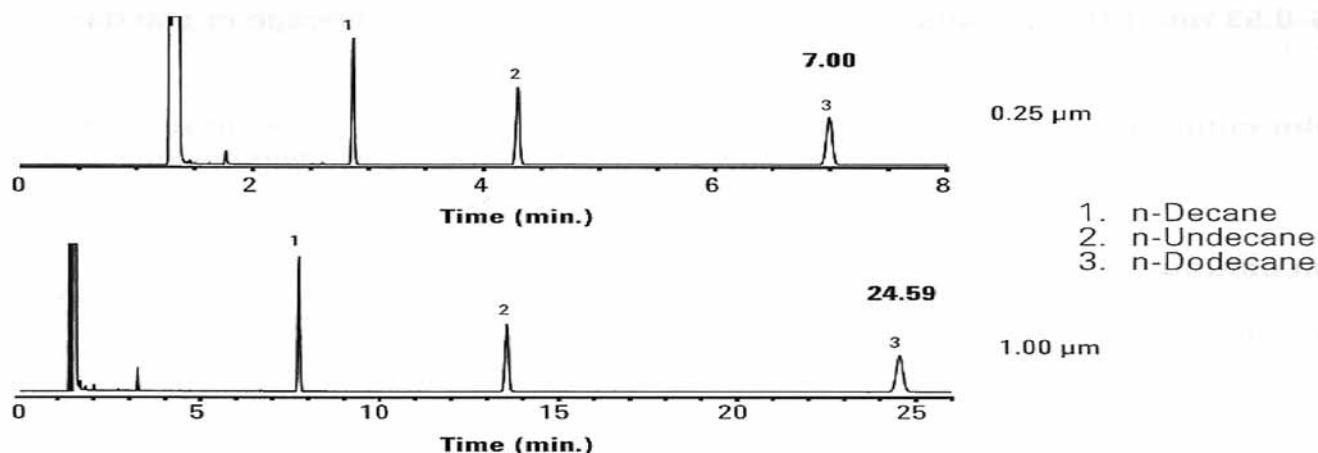
Mijenjanje debljine kolone rezultira boljom **rezolucijom** jer je zadržavanje otopine u porastu. Pобољшanje rezolucije ovisi od vrijednosti k otopine za originalnu kolonu. Za otopine sa k vrijednošću 5 ili manje, porast zadržavanja rezultira poboljšanom rezolucijom. Za pikove otopina sa vrijednošću k od 5-10, porast njihovog zadržavanja daje malo do umjereno povećanje rezolucije. Za otopine sa k većom od 10, povećanjem njihovog zadržavanja dovodi do smanjenja rezolucije i često i do gubitka rezolucije. Povećanje debljine filma daje poboljšanu rezoluciju rano izlazećih pikova i može rezultirati gubitkom rezolucije za pikove koji se kasnije eluiraju.

Za određenu stacionarnu fazu, **curenje** kolone raste kako raste debljina filma. Dok deblji filmovi ko-



## Figure 9: Column Film Thickness – Comparison of Resolution and Retention

Column: DB-1, 30 m x 0.32 mm I.D.  
Carrier: Helium at 38 cm/sec  
Oven: 100 °C isothermal



Slika 7. Debljina filma kolone – poređenje rezolucije i vremena zadržavanja

lona bolje zadržavaju, kasnije eluiranje pikova može pomjeriti u područje mnogo većeg curenja kolone dok raste debljina filma. Limiti gornjih temperatura za deblje filmove kolona mogu biti niži uslijed njihovih visokih nivoa curenja.

Deblji filmovi kolona su više **inertni**. Ima više stacionarne faze da zaštiti otopine od površine cijevi. Proširenje kraja pika za aktivni spoj često je reduciran ili eliminisan sa debljim filmom kolone. Deblji film kolona ima veći kapacitet za otopinu. Kad je jedna otopina prisutna u značajno većoj količini, rezultirajući široki pik može interferirati ili koeluirati sa susjednim pikom. Mijenjanjem debljine filma kolone može se reducirati širenje pika, prema tome i koeluiranje. Tabela 3 pokazuje tipično područje **kapaciteta** za različite debljine filma.

### 5. Zaključak

Veliki je broj parametara i karakteristika kolona, ali i samog analita od interesa koje treba razmotriti i uzeti u obzir prilikom odabira i kupovine kolona za gasno-hromatografsko određivanje.

Kolone sa malim curenjem su obično inertnije i imaju veće temperaturne limite. Treba koristiti manje polarnu stacionarnu fazu koja daje zadovoljavajuću rezoluciju i vrijeme analize. Napolarna stacionarna faza ima veći vijek trajanja nego polarna faza. Treba koristiti stacionarnu fazu sa sličnom polarnošću kao što je kod analita. Kada je potrebna veća efikasnost treba koristiti kolone dijametra od 0,18-0,25 mm. Kod potrebnog većeg kapaciteta koristiti kolone od 0,32 mm. Kad se ne zna najbolja potrebna dužina treba koristiti 25-30 m kolone. Kolone dužine 10-15 m su pogodne za uzorke koji sadrže analite koji se veoma

dobro odvajaju ili imaju jako malo spojeva. Kraće kolone se koriste uz jako male dijemetre kolona da reduciraju gornje pritiske. Kolone dužine 50-60 m se koriste kad se ne može postići bolja rezolucija na neki drugi način (manji dijametar, različita stacionarna faza, promjena temperature kolone). Kolone sa unutrašnjim dijametrom od 0,18-0,32 mm i debljinom filma od 0,18-0,25 µm su standard i koriste se za većinu analiza. Deblji filmovi kolona se koriste da zadrže i razdvoje volatilne otopine. Deblji film je inertniji i ima veći kapacitet. Deblji filmovi kolona idu u prilog većem curenju i opadanju gornjih limita temperature. Tanji film kolona se koristi da minimizira zadržavanje molekula sa visokom tačkom ključanja, velikom molekulskom težinom (steroidi, trigliceridi). Ovakve kolone su manje inertne, imaju manji kapacitet i izložene su manjem curenju kolona.

### 6. Literatura

- Agilent J&W, GC Column Selection Guide, Agilent Technologies, 2007
- Agilent J&W, GC Column Selection Guide, Agilent Technologies, 2009
- Your Access to the Future of Chromatography, 08/09 Product Guide, Phenomenex®
- Savić Jelena, Savić Momir (1990) Osnovi analitičke hemije: Klasične metode, IP «Svjetlost», Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo
- Handley Alan J., Adlard Edward R. (2001) Gas Chromatographic Techniques and Application, Sheffield, Academic Press
- Restek GC Column Selection Guide, Section II

# REZULTATI ANALIZA UZORAKA RIJEČNE VODE U SLIVU RIJEKE BOSNE NA PRISUSTVO NUTRIJENATA DUŠIKA I FOSFORA U ODABRANIM SPECIJAMA – REDOVNI MONITORING ZA 2010. GODINU

## Uvod

**L**aboratorija za vode Agencije za vodno područje rijeke Save, Sarajevo vrši redovna ispitivanja površinskih voda na području Federacije Bosne i Hercegovine. Ova ispitivanja podrazumijevaju uzimanje uzoraka riječne vode na 44 odabrana mjerna mjesta. Uzorci vode analiziraju se na terenu i u laboratoriji, a ispituje se više od stotinu fizikalno-hemijskih, mikrobioloških i bioloških parametara. U ove parametre ubrajaju se i nutrijenti dušik i fosfor u različitim pojavnim oblicima koji su zastupljeni u površinskim vodama. To su: ukupni dušik, nitratni dušik, nitritni dušik, amonijačni dušik, ukupni fosfor i ortofosfatni fosfor. Navedeni parametri su veoma bitni kod ispitivanja organskog, ali i anorganskog zagađenja površinskih voda. Specijacija navedenih elemenata može biti indikativna u smislu određivanja vrste i starosti zagađenja, a imajući u vidu da su ovi elementi kao nutrijenti veoma značajni za razvoj biljnog svijeta, vrijednosti dobivenih parametara korištene su i u svrhu procjene saprobnog indeksa. Zagađenje dušikom i fosforom može poticati iz najrazličitijih antropogenih

izvora kao što su prehrambene industrije, industrije deterdženata, postrojenja za galvanizaciju, kožare i sve vrste ljudske aktivnosti koje podrazumijevaju rad sa organskom materijom, kao što je postupak oplemenjivanja obradivog zemljišta, a naročito ozbiljan izvor navedenih specija predstavljaju komunalne otpadne vode koje se bez prečišćavanja ulijevaju u površinske vode. Ispitivanje nutrijenata sastavni je dio analize kod izračunavanja EBS-a za nekog zagađivača, te je dobra razrada metode za ovakva ispitivanja u različitim environmentalnim uzorcima veoma bitna za svaku laboratoriju koja se bavi ispitivanjem voda.

## Metoda

Metodologija određivanja specija nutrijenata podrazumijeva metodologiju uzorkovanja i prezerviranja uzorka, metodologiju pripreme uzoraka, te metodologiju analize. U slijedećoj tabeli ukratko su prikazane korištene standardizirane metode uzorkovanja i analize za svaku pojedinačnu speciju, kao i ukupne oblike dušika i fosfora.



Specija	Metoda uzorkovanja i prezerviranja uzorka	Metoda analize
Nitratni dušik ( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )	ISO 5667-6; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005	Jonska hromatografija: ISO10304-1 i 10304-2
Nitritni dušik ( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )	ISO 5667-6; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005	Jonska hromatografija: ISO10304-1 i 10304-2
Amonijačni dušik ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )	ISO 5667-6; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005	Jonska hromatografija: ISO11491
Ukupni dušik (TN)	ISO 5667-6; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005	Automatska metoda TOC/TN analizator: EN12260
Ortofosfatni fosfor ( $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ )	ISO 5667-6; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005	Spektrofotometrija: ISO6878
Ukupni fosfor (TP)	ISO 5667-6; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005	Spektrofotometrija sa digestijom: ISO6878

### Rezultati i zaključak

U nastavku date su tabele sa rezultatima specija nutrijenata na 18 mjernih mjesta na slivu rijeke Bosne. Rezultati su upoređeni sa MDK (maksimalne

dozvoljene količine) vrijednostima propisanim za prvu klasu vode u skladu sa Uredbom o opasnim i štetnim materijama u vodama (Službene novine Federacije BiH br. 43/07).

I. serija ispitivanja u 2010. godini (april)

Mjerno mjesto	I serija April, 2010.						Zahtijevana klasa vode
	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mgN/L)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mgN/L)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mgN/L)	TN (mgN/L)	$\text{PO}_4\text{-P}$ (mgP/L)	TP (mgP/L)	
Bosna - izvor	0,431	<0,005	<0,020	0,390	0,009	0,015	I.
Bosna - Rimski most	0,315	<0,005	<0,020	0,331	0,012	0,021	I.
Zujevina - ušće	0,693	0,020	0,080	0,836	0,031	0,108	II.
Željeznica - ušće	0,335	<0,005	<0,020	0,368	<0,009	0,045	II.
Bosna - nizv. od Zuj. i Želj.	0,299	<0,005	<0,020	0,400	0,009	0,050	II.
Miljacka - ušće	0,669	0,075	<b>4,220</b>	5,530	0,468	<b>1,622</b>	III.
Bosna - Reljevo	0,701	0,017	0,800	2,000	0,131	0,240	III.
Jošanica - ušće	0,435	0,009	<b>0,520</b>	1,380	0,092	<b>0,392</b>	II.
Misoča - ušće	0,315	0,014	0,120	0,513	0,019	0,066	II.
Stavnja - ušće	0,551	0,021	0,440	1,110	0,072	0,208	III.

Bosna - nizv. od Stavnje	0,505	0,033	0,780	1,310	0,111	0,616	III.
Bosna - nizv. od Visokog	0,510	0,044	0,440	1,100	0,081	0,308	III.
Zgošća - ušće	0,498	0,010	0,320	0,895	0,054	0,230	III.
Bosna - nizv. od Zgošće	0,511	0,034	0,360	1,070	0,091	0,269	III.
Lašva - ušće	0,669	0,017	0,029	0,730	0,033	0,074	II.
Bosna - nizv. od Zenice	0,683	0,035	0,480	1,090	0,070	0,151	III.
Bosna - uzv. od Zavidovića	0,595	0,027	0,050	0,744	0,044	0,122	III.
Bosna - nizv. od Maglaja	0,653	0,030	0,050	0,812	0,049	0,124	III.

II. serija ispitivanja u 2010. godini (juli):

Mjerno mjesto	II serija Juli, 2010.						Zahtijevana klasa vode
	NO <sub>3</sub> -N (mgN/L)	NO <sub>2</sub> -N (mgN/L)	NH <sub>4</sub> -N (mgN/L)	TN (mgN/L)	PO <sub>4</sub> -P (mgP/L)	TP (mgP/L)	
Bosna - izvor	0,395	<0,005	<0,020	0,405	<0,009	0,010	I.
Bosna - Rimski most	0,330	<0,005	<0,020	0,351	<0,009	0,013	I.
Zujevina - ušće	1,150	<b>0,047</b>	<0,020	1,190	0,073	0,099	II.
Željeznica - ušće	0,258	<0,005	<0,020	0,309	<0,009	0,036	II.
Bosna - nizv. od Zuj. i Želj.	0,635	0,021	<0,020	0,646	0,019	0,045	II.
Miljacka - ušće	0,081	0,199	<b>5,850</b>	7,310	0,846	<b>1,690</b>	III.
Bosna - Reljevo	0,611	0,102	<b>2,600</b>	3,980	0,380	0,640	III.
Jošanica - ušće	0,365	0,062	<b>1,090</b>	2,300	0,223	<b>0,490</b>	II.
Misoča - ušće	0,216	0,026	0,070	0,498	0,043	0,095	II.
Stavnja - ušće	0,694	0,091	<0,020	1,050	0,096	0,158	III.
Bosna - nizv. od Stavnje	0,781	<b>0,633</b>	0,720	2,240	0,093	0,419	III.
Bosna - nizv. od Visokog	1,390	<b>0,339</b>	0,120	1,800	0,223	0,286	III.
Zgošća - ušće	0,749	0,134	0,200	1,590	0,160	0,205	III.

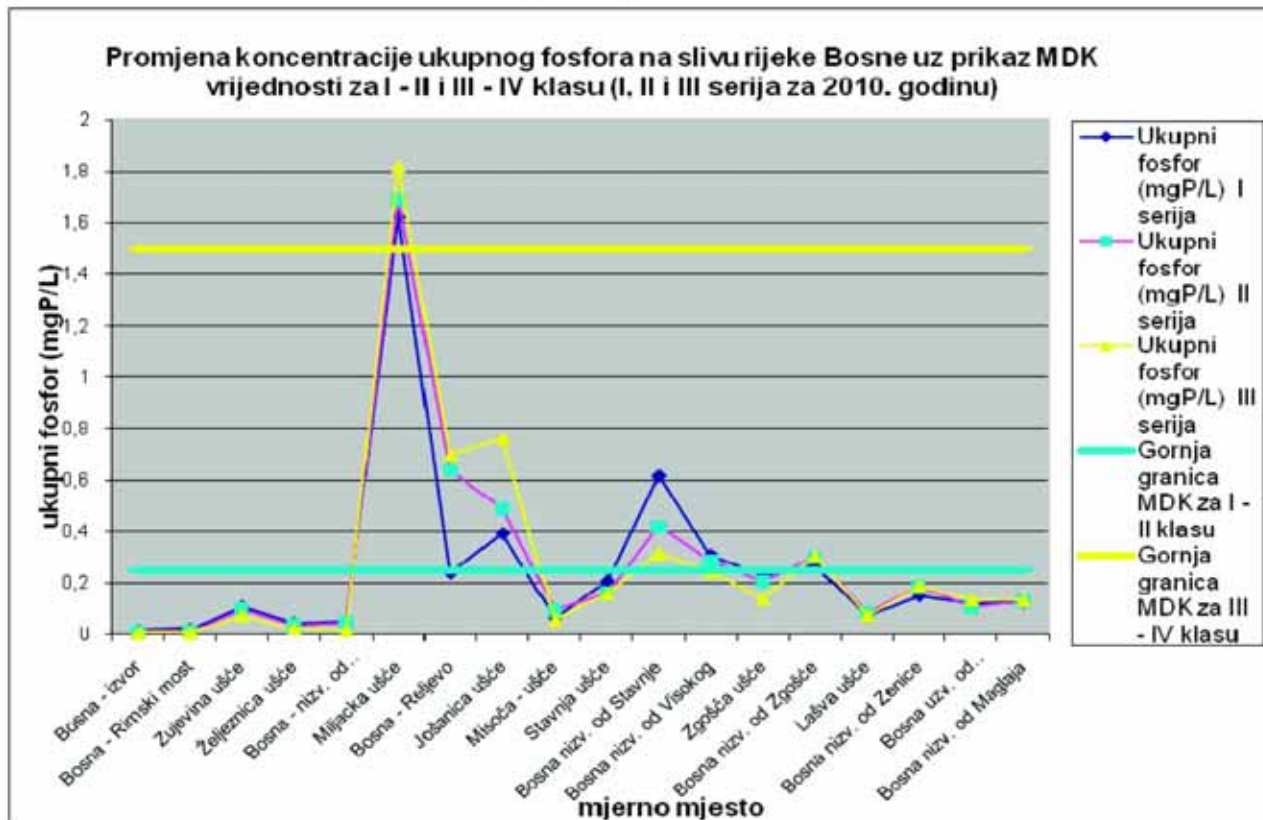
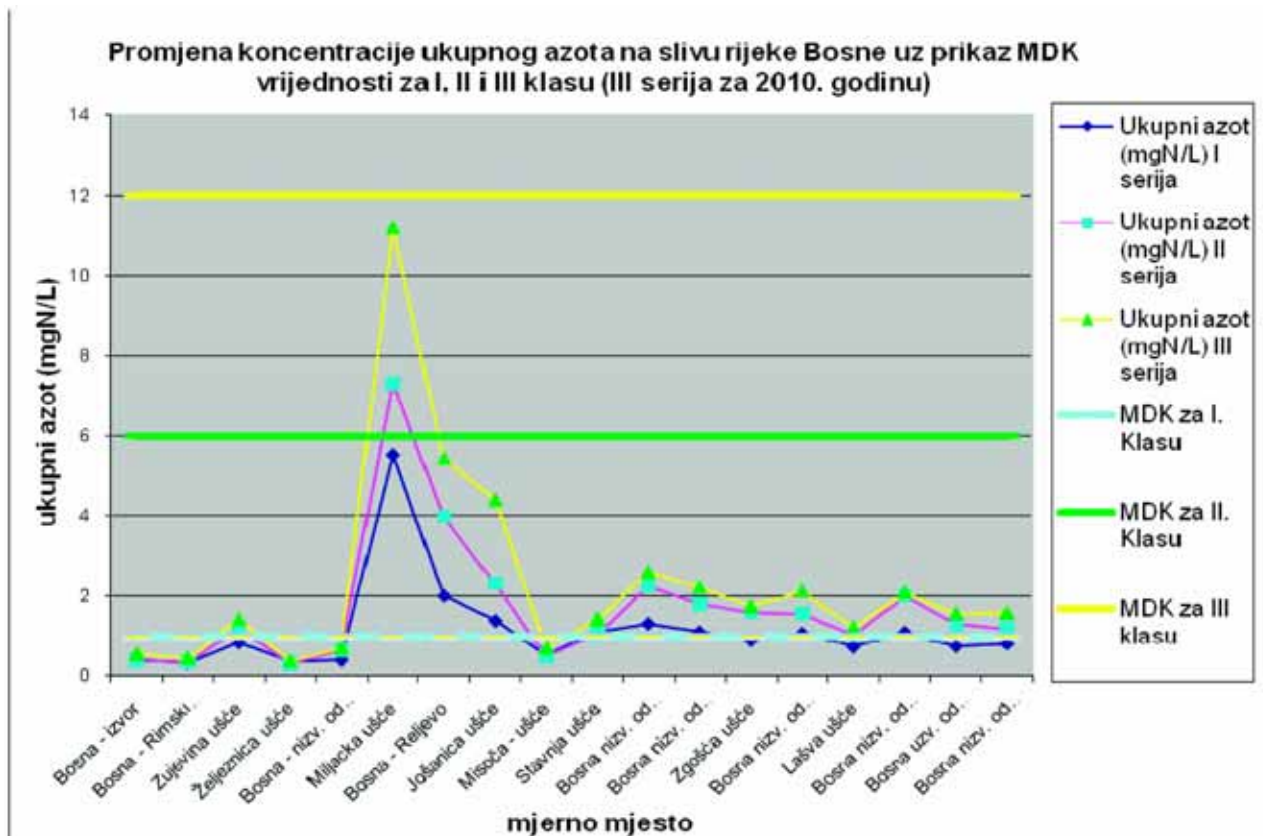


Bosna - nizv. od Zgošće	1,260	<b>0,243</b>	<0,020	1,560	0,245	0,300	III.
Lašva - ušće	0,869	0,039	0,040	1,010	0,035	0,083	II.
Bosna - nizv. od Zenice	1,380	0,147	0,260	1,990	0,099	0,186	III.
Bosna - uzv. od Zavidovića	1,020	0,107	<0,020	1,300	0,066	0,106	III.
Bosna - nizv. od Maglaja	0,980	0,510	<0,020	1,170	0,070	0,129	III.

III. serija ispitivanja u 2010. godini (septembar):

Mjerno mjesto	III serija Septembar, 2010.						Zahtijevana klasa vode
	NO <sub>3</sub> -N (mgN/L)	NO <sub>2</sub> -N (mgN/L)	NH <sub>4</sub> -N (mgN/L)	TN (mgN/L)	PO <sub>4</sub> -P (mgP/L)	TP (mgP/L)	
Bosna - izvor	0,446	<0,005	0,022	0,547	<0,009	0,005	I.
Bosna - Rimski most	0,401	<0,005	<0,020	0,446	<0,009	0,005	I.
Zujevina - ušće	1,28	0,042	<0,020	1,42	0,064	0,075	II.
Željeznica - ušće	0,283	<0,005	<0,020	0,376	<0,009	0,023	II.
Bosna - nizv. od Zuj. i Želj.	0,629	0,006	<0,020	0,690	<0,009	0,016	II.
Miljacka - ušće	0,283	0,105	<b>8,61</b>	11,2	1,06	<b>1,82</b>	III.
Bosna - Reljevo	0,424	0,041	<b>4,32</b>	5,43	0,458	0,698	III.
Jošanica - ušće	0,415	0,063	<b>3,20</b>	4,40	0,395	<b>0,760</b>	II.
Misoča - ušće	0,254	0,016	<b>0,375</b>	0,698	0,030	0,059	II.
Stavnja - ušće	0,856	0,116	0,229	1,42	0,106	0,159	III.
Bosna - nizv. od Stavnje	0,678	0,162	<b>1,57</b>	2,60	0,245	0,314	III.
Bosna - nizv. od Visokog	1,33	<b>0,206</b>	0,591	2,21	0,195	0,244	III.
Zgošća - ušće	0,832	0,175	0,583	1,73	0,110	0,140	III.
Bosna - nizv. od Zgošće	1,25	0,138	0,565	2,12	0,180	0,304	III.
Lašva - ušće	1,07	0,045	0,058	1,21	0,055	0,075	II.
Bosna - nizv. od Zenice	1,48	0,133	0,866	2,09	0,106	0,189	III.

<b>Bosna - uzv. od Zavidovića</b>	1,38	0,094	0,048	1,55	0,099	0,133	III.
<b>Bosna - nizv. od Maglaja</b>	1,39	0,086	0,056	1,57	0,095	0,134	III.



Sliv rijeke Bosne ispitivan je na 18 mjernih mjesta koja su odabrana tako da se vidi uticaj većih naselja, te značajnih pritoka od izvora do lokaliteta nizvodno od Maglaja. U tabelama je dat prikaz rezultata za navedene parametre u tri serije ispitivanja za 2010. godinu, a na dijagramima je dat grafički prikaz kretanja koncentracija ukupnog dušika i ukupnog fosfora u odnosu na MDK vrijednosti za IV klase površinskih voda. Iako se za procjenu pritisaka najčešće koriste podaci o sadržaju ukupnog fosfora i dušika, veoma je značajno pratiti specijaciju ovih parametara, kako bi se moglo utvrditi da li se radi o svježem zagađenju organskom materijom, što je indicirano prisustvom neoksidiranih formi, tj. značajnije koncentracije amonijačnog i nitritnog azota, te mnogo veće koncentracije ukupnog fosfora u odnosu na ortofosfat.

Na većem broju lokaliteta primjetno je odstupanje od zahtijevane klase, što se najvjerojatnije može pripisati uticaju komunalnih otpadnih voda iz većih naselja. Posebno je značajan uticaj Sarajeva na kvalitet Miljacke na njenom ušću, gdje je smješten uređaj za prečišćavanje otpadnih voda koji nije u funkciji. Ovaj uticaj se nadalje prenosi na rijeku Bosnu, te je vidljiv veći skok u koncentracijama fosfora i dušika na lokalitetu Reljeva. Jošanica, iako mala pritoka, također donosi značajno onečišćenje u rijeku Bosnu, budući da nosi otpadne vode naselja Vogošća, kroz koje Jošanica protiče. Nadalje se može vidjeti dodatni skok u koncentracijama nutrije-

nata na lokalitetima nizvodno od naselja Vareša i Breze (Bosna nizvodno od Stavnje), te nizvodno od Visokog. Slično kretanje koncentracija nutrijenata primijećeno je i u proteklim godinama kada je vršeno ispitivanje na pomenutim lokalitetima. Posebnu pažnju treba posvetiti izvoru Bosne, gdje je proteklih godina primijećeno povećanje koncentracija nutrijenata, te prisustvo bakterija fekalnog porijekla, što je vjerojatno posljedica izgradnje ugostiteljskih objekata na planini Igman i okruženju, te uzgajališta stoke.

Stavljanje postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda grada Sarajeva u pogon, te izgradnja novih postrojenja za veća naselja, uvelike bi poboljšalo kvalitet rijeke Bosne, kada su u pitanju nutrijenti, ali i drugi pokazatelji kvaliteta.

### Literatura

1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005.
2. Uredba o opasnim i štetnim materijama u vodama (Službene novine Federacije BiH br. 43/07)
3. Kvalitet ispitivanja površinskih voda sliva rijeke Save na području FBiH u 2010. godini, Agencija za vodno područje rijeke Save, Sarajevo
4. ISO 5667-6
5. ISO 6878
6. EN12260
7. ISO11491
8. ISO10304-1
9. ISO10304-2





# RASPODJELA POLIKLORIRANIH BIFENILA U TLU EKSPERIMENTALNOG FITOREMEDIJACIJSKOG POLJA I RASPODJELA PCB U POVRŠINSKOM SLOJU TLA EKSPERIMENTALNOG POLJA BEZ LIZIMETARA

## UVOD

**N**edavni rat na području Hrvatske prouzročio je bezobzirno uništavanje prirodnih bogatstava, infrastrukture, nastambi i gospodarskih objekata. Istraživanja utjecaja rata i ratnog otpada na ugroženost vodenih ekosustava u području krša Hrvatske, kao ekološki izvanredno osjetljivo područja, započela su u Institutu Ruđer Bošković tijekom 1993. godine. Tijekom 1995. godine ta su se istraživanja proširila uključanjem drugih ustanova, pa i Hrvatske vojske. U razdoblju od 1996 do 1999 godine izvršena su uzorkovanja tla na lokacijama gdje su trafostanice oštećene tijekom rata, a za koje su postojale indicije da bi mogle biti kontaminirane polikloriranim bifenilima. Iz dobivenih rezultata se zaključilo da su lokacije transformatorskih stanica Zadra i Šibenika značajno zagađene PCB-ima. Kako su određeni rezultati istraživanja mora u blizini zagađene trafostanice u Zadru ukazivali na povišene razine ovih zagađivala, to su se daljnja ispitivanja najviše koncentrirala na obalno more zadarskog područja. U rujnu 2002. godine zaključen je ugovor s Europskom Komisijom o istraživanju posljedica ratnog otpada na ugroženost akvatičkih ekosustava, ne samo u Hrvatskoj, već i na području BiH, Kosova

i SiCG - Projekt APOPSBAL. Zahvaljujući tom projektu ova su se istraživanja izrazito intenzivirala u razdoblju od 2002. do 2005. godine. U istraživanjima nisu sudjelovali samo suradnici IRB-a, već i niz znanstvenika iz drugih institucija Hrvatske, Slovenije, Austrije i Češke.

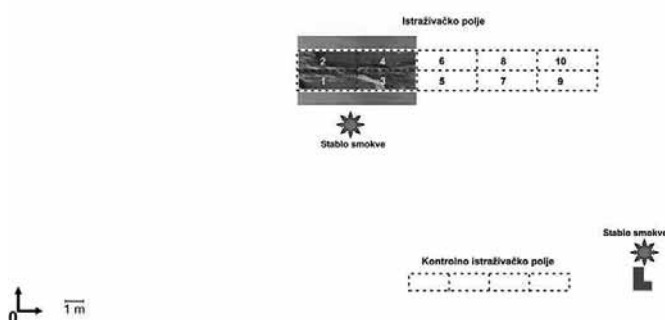
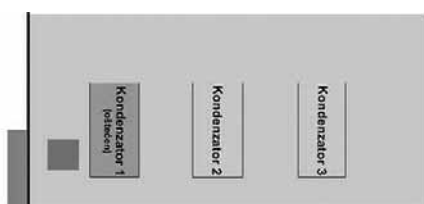
Tijekom domovinskog rata, raketiran je kondenzator trafostanice Zadar. Ulje iz kondenzatora koje je sadržavalo PCB-e, prolilo se u tlo neposredno uz oštećene kondenzatorske baterije. Na osnovi dobivenih rezultata razina PCB u tlu oko razorenog kondenzatorskog uređaja, ovako zagađeno tlo zahtjeva sanaciju i mora biti podvrgnuto postupku remedijacije (spaljivanje, termalna desorpcija, ispiranje itd.). Poznato je da zbog ograničene učinkovitosti i velikih troškova pri primjeni takvih tradicionalnih fizikalno-kemijskih postupaka remedijacije, pristupilo se razvoju novih remedijacijskih tehnologija. Fitoremedijacija je jedna od njih i koristi biljke za bioremedijaciju zagađivala u tlu. Svrha ove serije radova je prikaz dobivenih rezultata na području istraživačkog polja, na kojem se istraživala mogućnost fitoremedijacije pri terenskim uvjetima eliminacije PCB-a iz kontaminiranog zemljišta.

## METODOLOGIJA

### 1. Priprema eksperimentalnog fitoremedijacijskog polja

Zagađeno tlo je sakupljeno oko uništenog kondenzatora trafostanice te je nakon eliminiranja krupnijeg kamenja i biljnih ostataka homogenizirano uz pomoć velike mješalice za beton. Nakon toga izgrađeno je pokusno polje podijeljeno u 10 gredica na oko 9 metara udaljeno od kondenzatorskog uređaja unutar prostora E.T.S. Zadar (Slika 1). Na slici također prikazan položaje t.z.v. kontrolnog polja za genotoksična istraživanja.

Tijekom rujna 2003. godine izvršeno sisanje eksperimentalnog polja (Slika 2) prema shemi prikazanoj na Slici 3.



Slika 1 Shematski prikaz položaja eksperimentalnog fitoremedijacijskog polja unutar ETS Zadar



Slika 2 Sisanje eksperimentalnog fitoremedijacijskog polja

9	7	5	3	1
10	8	6	4	2

	Kontrolne gredice	~	1, 2, 3 i 4 = Kontrolne gredice
	Alfa alfa (L.)	~	5, 6 i 8 = Alfa alfa (L.)
	Dactilis glomerata (L.)	~	7, 9 i 10 = Dactilis glomerata (L.)

Slika 3 Shema eksperimentalnih gredica sa posijanim biljkama po gredicama i kontrolne gredice

### Analiza PCB-a u uzorcima tla

Uzorci tla osušeni na sobnoj temperaturi i prosijani kroz sito promjera pora 2 mm, ekstrahirani su pomoću ASE 200 ekstraktora sa smjesom otapala heksan i aceton (1:1), pri tlaku od 2000 psi (14 MPa) i temperaturi 100 °C. Analitička metoda upotrijebljena za analizu ekstrakata uključuje filtraciju preko kolone bezvodnog Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, čišćenje propuštanjem preko kolone neutralnog Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, te separaciju PCB od organokloriranih insekticida na minijaturnoj silikagelskoj koloni. Za određivanje i karakterizaciju kloriranih ugljikovodika korištena je plinskromatografska metoda uz primjenu detektora zahvata elektrona (GC-ECD). Kao interni standard tijekom cijelog postupka korišten je Mirex.

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Raspodjela PCB u tlu u početnoj fazi istraživanja

Kako su u ispitivanim uzorcima opaženi značajno viši udjeli niže hlapljivih polikloriranih bifenila u odnosu na više hlapljive, razine ukupnih PCB izražavane su u ekvivalentima Aroclor 1248. Osim toga prema dostupnim informacijama, u raketiranim kondenzatorskim baterijama nalazio se piralen koji je po sastavu PCB kongenera najbliži Arocloru 1248. Upotrebom standardnih smjesa određenih PCB kongenera istraživala se raspodjela suma 7 PCB koja sadrži 7 najkarakterističnijih, najzastupljenijih PCB kongenera u okolišu, a po IUPAC nomenklaturi to su: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 i PCB 180. Također je određivana suma 13 PCB koja sadrži slijedeće PCB kongenere: PCB 8, PCB 18, PCB 44, PCB 66, PCB 77, PCB 105, PCB 126, PCB 128, PCB 170, PCB 187, PCB 195, PCB 206 i PCB 209. Maseni udio sume 7 PCB u komercijalnoj smjesi Aroclor 1248 je značajan i on iznosi 21,3 % dok su od preostalih određivanih 13 PCB kongenera, u Aroclor 1248 prisutni slijedeći kongeneri: PCB 8, PCB 18+17, PCB 44, PCB 66+95, PCB 170 i njihova zastupljenost iznosi 20,8 %.. Komercijalna smjesa Aroclor 1248 sadrži diklorbifenile do hepta-

klorbifenile. U Aroclor 1248 najveći udio je tetraklorbifenila (49%), maseni udio pentaklorbifenila je 27%, triklorbifenila 22%, heksaklorbifenila 2% i diklorbifenila 1%. (Brinkman i Kok, 1980). U diskusiji rezultata treba uzeti u obzir da je tlo zagađeno PCB još 1991., a pokusi fitoremedijacije u fitoremedijacijskom polju su započeli 2003. tj. 12 godina nakon zagađenja. Prema tome u istraživanim uzorcima zemlje sigurno je došlo do promjene navedenih masenih odnosa.

U 2003. godini izvršena su dva uzorkovanja u srpnju i prosincu. U to vrijeme se eksperimentalno fitoremedijacijsko polje sastojalo od 10 gredica. U srpnju 2003. izvršeno je uzorkovanje površinskog sloja tla sa četiri eksperimentalne gredice te je pripremljen uzorak smjese tla navedenih gredica. Početne razine PCB u njima prilično su podjednake i izražene u ekvivalentima Aroclor 1248 kreću se u rasponu od 71,0 do 77,9 mg kg<sup>-1</sup>, sume 7 PCB u rasponu od 15,87 do 17,36 mg kg<sup>-1</sup>, a sume 13 PCB od 10,55 do 11,40 mg kg<sup>-1</sup> (Slika 4 a). Rezultati ovih analiza PCB u površinskom sloju tla, ukazali su da je intenzivnim mješanjem nejednoliko zagađenog tla u mješalici za beton postignuto relativno dobro homogeniziranje tla.

Eksperimentalno polje se sastojalo od 10 gredica koje su oko tri mjeseca nakon pripreme polja posijane odabranim biljkama. U to vrijeme je sakupljeno 10 uzoraka tla s površine 0 do 5 cm te je izvršena analiza PCB. Rezultati analiza su pokazivali značajnu nehomogenost tla s obzirom na razine PCB (Slika 4 b).

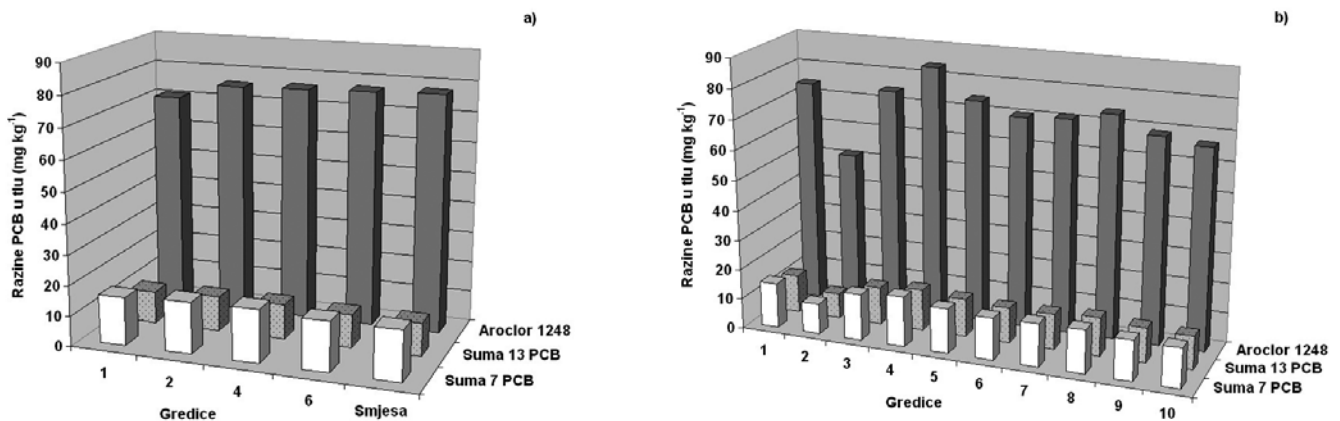
S obzirom na relativno velike oscilacije razina PCB među gredicama kao i s obzirom na relativno mali broj paralelnih uzoraka, u diskusiji rezultata razina PCB u tlu, podaci su statistički obrađivani za cijelo polje te su korištene metode neparametrijske statistike. Raspodjele razina PCB u tlu polja prikazane su grafički u obliku boks plotova. Za ispitivanje razlika između više nezavisnih skupina podataka primijenjen je Kruskal-Wallis test. Na slikama su prikazane statističke značajnosti (p) medijana razina PCB s ob-

zirom na vremenski tijek istraživanja. Statistički značajne razlike među skupinama potvrđene su *post-hoc* Dunnovim testom (razina značajnosti  $p < 0,05$ ) i obilježene su na grafovima različitim slovima (a, b, c).

### Praćenje razina PCB u tlu eksperimentalnog fitoremedijacijskog polja tijekom 38 mjeseci

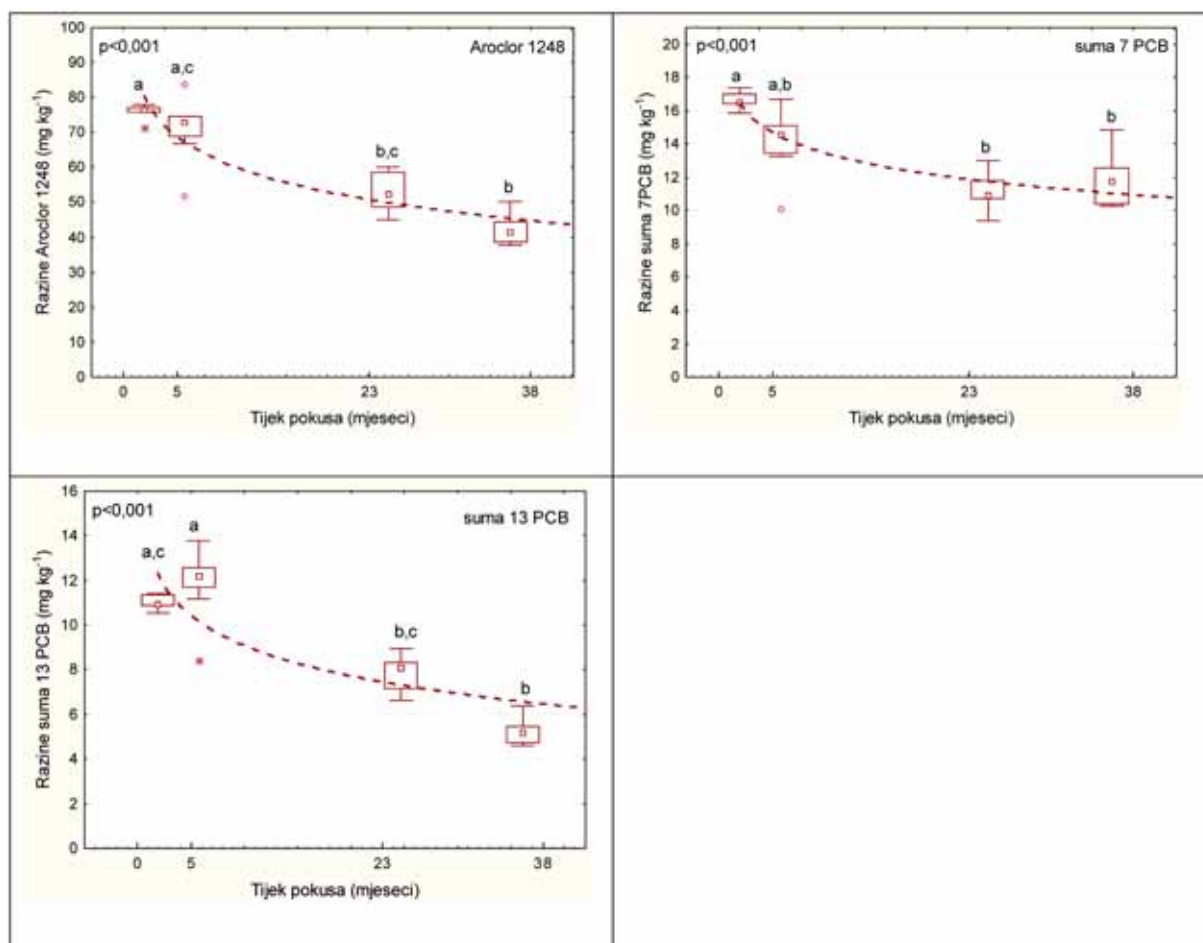
Razine PCB mjerene su u površinskom sloju tla na dubini od 0 do 5 cm neposredno nakon izrade eksperimentalnih gredica (u srpnju 2003.). Praćenje sadržaja PCB u uzorcima tla zasijanih istraživačkih gredica izvršeno je u prosincu 2003., u lipnju 2005. te u rujnu 2006. godine nakon što su izrasle brojne biljne vrste (uglavnom mediteranske trave i korovi). U 2005. i 2006. godini eksperimentalno fitoremedijacijsko polje sastojalo se od 6 gredica te su uzorkovanja tla izvršena na tim gredicama. U gredicama se tijekom vremena tlo sleglo pa su navedena uzorkovanja površinskog sloja tla izvedena na dubini od 0-4 cm. Obzirom na značajnu varijabilnost razina PCB tijekom vremena istraživanja, pomoću detaljnije statističke analize praćena je promjena razina PCB kroz istraživani vremenski period, što je prikazano na sljedećim slikama. Gledajući vremenski u odnosu na prvo uzorkovanje (na slikama označeno kao nulto vrijeme) sljedeća uzorkovanja izvedena su nakon 5 mjeseci (prosinac 2003.), nakon 23 mjeseci (lipanj 2005.) te nakon 38 mjeseci (rujan 2006.).

Za sva tri promatrana parametra (Aroclor 1248, sume 7 PCB i sume 13 PCB) uočen je pad razina u površinskom sloju tla tijekom vremenskog perioda od 38 mjeseci (Slika 5). Kruskal-Wallis testom potvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u razinama PCB između četiri promatrane skupine podataka ( $p < 0,001$ ). Međutim *post-hoc* Dunnov test na nivou značajnosti  $p < 0,05$  utvrdio je koje se nezavisne skupine podataka statistički značajno razlikuju. Različita slova obilježena na grafovima promatranih skupina podataka ukazuju na postojanje statistički značajne razlike među njima. Gubici razina PCB u tlu



Slika 4 Raspodjela PCB u površinskom sloju tla eksperimentalnog fitoremedijacijskog polja, 4a srpanj 2003, 4b prosinac 2003





Slika 5. Razine PCB ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) u površinskom sloju tla u razdoblju od srpnja 2003. do rujna 2006. godine

izračunati su kao razlike medijana razina PCB u promatranom vremenskom periodu i izraženi su u %.

Na početku pokusa (nulto vrijeme) u površinskom sloju tla medijani početnih razina PCB izraženi u ekvivalentima Aroclor 1248, sume 7 PCB i sume 13 PCB iznosili su zasebno:  $76,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $16,51 \text{ mg kg}^{-1}$  i  $27,45 \text{ mg kg}^{-1}$ . Kod sva tri parametra (Aroclor 1248, sume 7 PCB i sume 13 PCB) utvrđena je statistički značajna razlika između razina PCB u tlu na početku i razina PCB na kraju istraživanja. Odnosno, nakon 38 mjeseci u promatranom eksperimentalnom polju ukupna razina PCB izražena u ekvivalentima Aroclor 1248 manja je za oko 46 %, razina sume 7 PCB za oko 29 %, a najveći gubitak uočen je za sumu 13 PCB koji iznosi oko 53 %. Iako je usporedbom razina PCB u tlu tijekom vremena proteklog između 23 mjeseca i 38 mjeseca istraživanja uočen gubitak Aroclor 1248 za oko 21 % i sume 13 PCB za 36 % navedeno smanjenje razina PCB nije statistički značajno.

Na početku pokusa fitoremedijacije medijan razina sume 7 PCB u površinskom sloju tla eksperimentalnih gredica iznosio je  $16,51 \text{ mg kg}^{-1}$ . U sumi 7 PCB najzastupljeniji je kongener sa 3 klorova atoma PCB 28 (71%), zatim ga slijedi tetraklorbifenil PCB 52 (21%) dok se preostalih 8 % sume 7 PCB odnosi na

PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 i PCB 180.

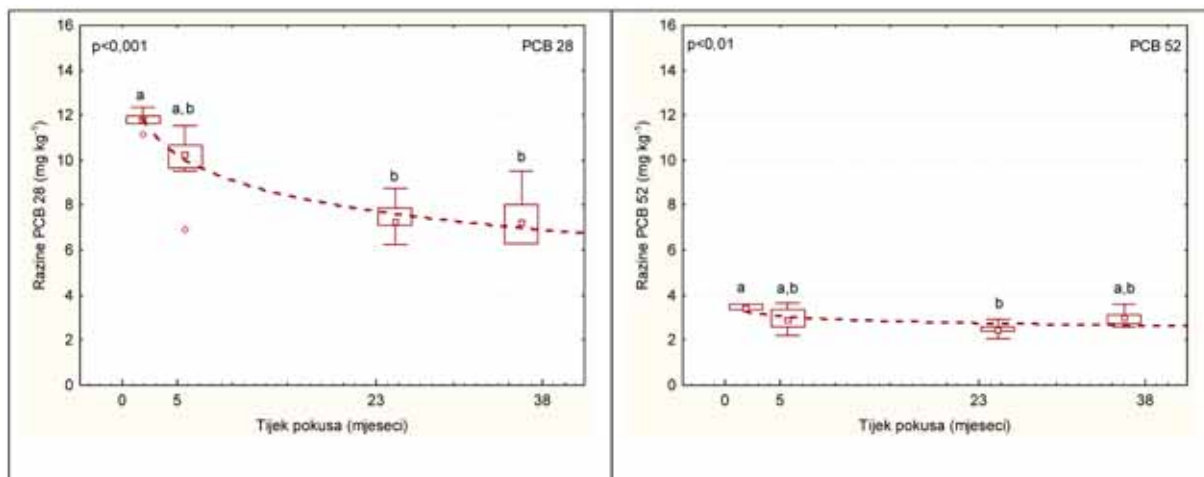
Medijan razine PCB 28 iznosio je  $11,75 \text{ mg kg}^{-1}$  dok su medijani razina ostalih šest PCB bili u rasponu od  $0,07 \text{ mg kg}^{-1}$  (PCB 180) do  $3,42 \text{ mg kg}^{-1}$  (PCB 52).

Zbog značajne dominacije kongenera PCB 28 i PCB 52 na Slici 6 prikazana je njihova varijabilnost tijekom vremena

Iz grafičkog prikaza na slici 6 uočava se opadanje razina PCB 28 u površinskom sloju tla tijekom promatranog perioda. U srpnju, 2003. (nulto vrijeme) median razina PCB 28 u tlu bio je  $11,75 \text{ mg kg}^{-1}$ , a nakon 38 mjeseci  $7,23 \text{ mg kg}^{-1}$  odnosno smanjenje PCB 28 za oko 38 % što je statistički značajno.

Razlike između razina PCB 28 u tlu koje je uzorkovano 5 mjeseci nakon započinjanja pokusa u usporedbi s razinama PCB 28 u tlu koje je uzorkovano 23 mjeseca i 38 mjeseci nakon početka pokusa nisu statistički značajne. Međutim budući se u tlu tijekom drugog uzorkovanja tj. nakon 5 mjeseci uočava jedna vrijednost koja značajno odstupa od ostalih rezultata mjerenja u tom periodu i ukoliko se ona isključuje iz statističke analize, tada postoji statistički značajna razlika između promatranih razina PCB.

Nakon 23 mjeseca istraživanja u površinskom sloju tla vidljiv je blagi pad razina PCB 52 (oko 15%)



Slika 6. Razine PCB 28 i PCB 52 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) u površinskom sloju tla u razdoblju od srpnja 2003. do rujna 2006. godine

i on je statistički značajan. Međutim razine PCB 52 utvrđene tijekom posljednja dva uzorkovanja nisu se statistički značajno razlikovale.

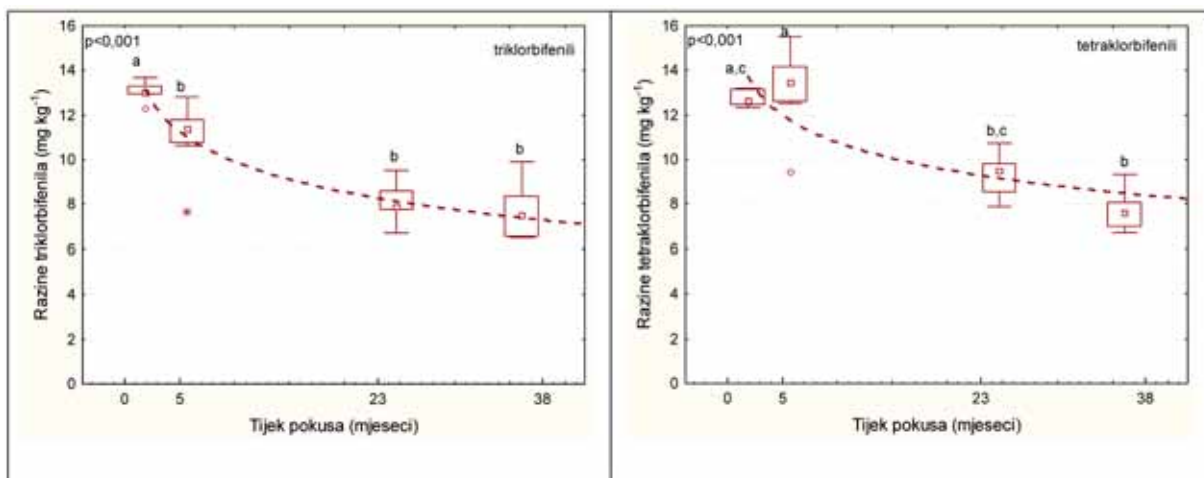
Na početku eksperimenta udio ukupno analiziranih triklorbifenila (PCB 28 + PCB 18) u odnosu na ukupne PCB izražene u ekvivalentima Aroclor 1248 (medijan  $76,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) iznosi oko 17 % (median  $13,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ), udio analiziranih tetraklorbifenila (PCB 52, PCB 44 i PCB 66) iznosi oko 14 % ( $11,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ), udio pentaklorbifenila (PCB 101, PCB 105 i PCB 118) je oko 2% ( $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) dok je udio analiziranih heksaklorbifenila (PCB 138 i PCB 153) oko 0,3%.

U grafičkom prikazu razine pojedinih homolognih grupa predstavljaju zapravo sume razina analiziranih PCB kongenera. Razine triklorbifenila su sume PCB 28 i PCB 18, razine tetraklorbifenila izražene su sumom razina PCB 52, PCB 44, PCB 66, razine pentaklorbifenila su sume PCB 101, PCB 105, PCB 118 i PCB 126, razine heksaklorbifenila su sume kongenera PCB 128, PCB 138 i PCB 153 dok razinu heptaklorbifenila predstavljaju sume kongenera PCB 170, PCB 180 i PCB 187.

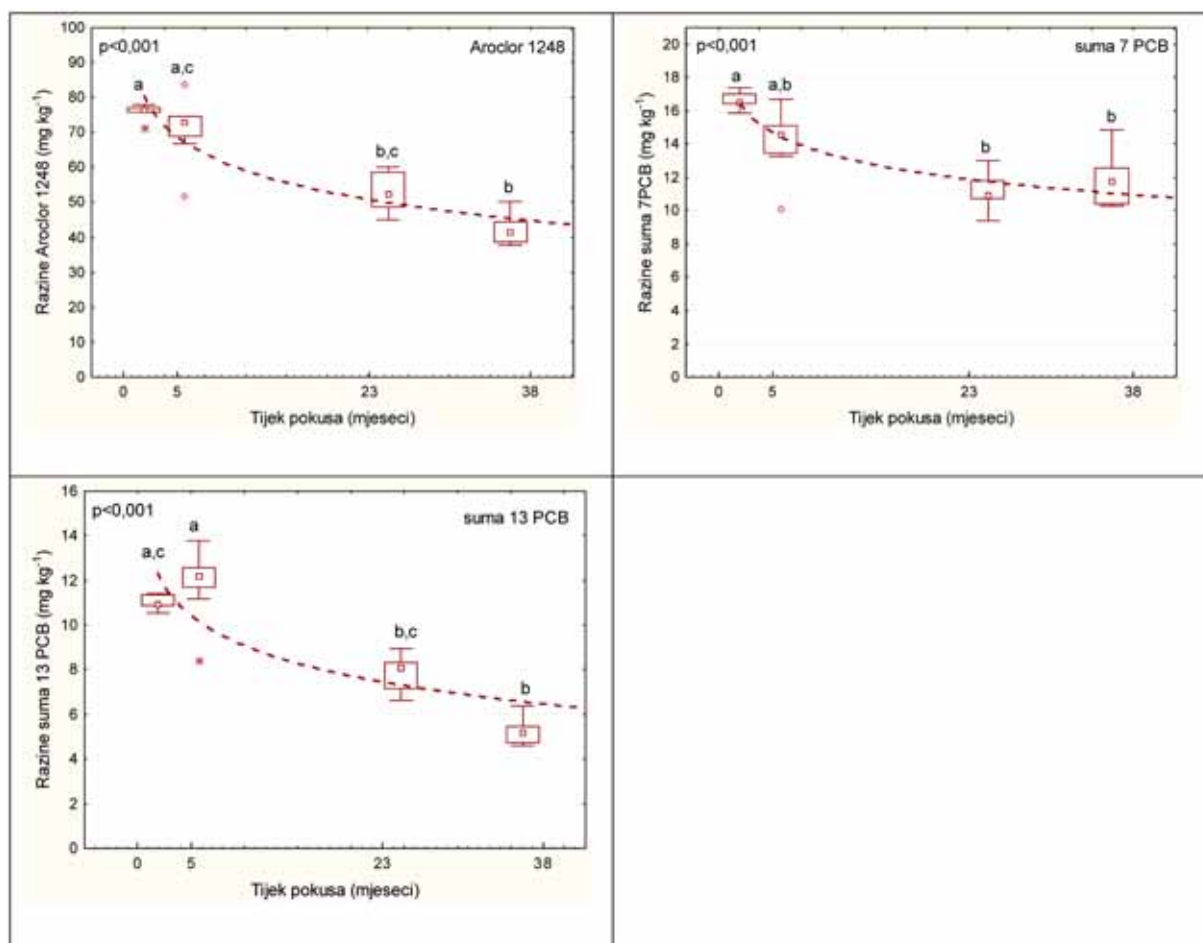
Promatranjem grafičkog prikaza razina triklorbifenila i tetraklorbifenila u tlu vidljiv je trend opadanja s vremenom i razine utvrđene na početku se statistički značajno razlikuju od razina utvrđenih na kraju pokusa tj. nakon 38 mjeseci.

U trenutku oblikovanja fitoremedijacijskog polja medijan razina triklorbifenila iznosio je  $13,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , a po završetku eksperimenta  $7,51$  što ukazuje na značajni gubitak PCB od oko 42 %. Navedeni gubitak zapravo predstavlja gubitak najzastupljenijeg kongenera PCB 28. Od analiziranih tetraklorbifenila najzastupljeniji kongener je PCB 66 ( $4,52 \text{ mg kg}^{-1}$ ), dok je razina PCB 52 i PCB 44 podjednaka (oko  $3 \text{ mg kg}^{-1}$ ). U promatranom eksperimentalnom fitoremedijacijskom polju utvrđen je podjednak gubitak razina tetraklorbifenila (oko 40 %), a njihovom opadanju značajno doprinosi pad razina PCB 44 i PCB 66.

Iz grafičkog prikaza uočljiv je statistički značajan pad razina pentaklorbifenila (od  $1,37 \text{ mg kg}^{-1}$  do  $1,16 \text{ mg kg}^{-1}$ ) i heptaklorbifenila (od  $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$  do  $0,11 \text{ mg kg}^{-1}$ ), dok nema značajne razlike u razinama heksaklorbifenila tijekom promatranog perioda.



Slika 7 Razine triklorbifenila i tetraklorbifenila ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) u površinskom sloju tla u razdoblju od srpnja 2003. do rujna 2006. godine



Slika 8. Razine pentaklorbifenila, heksaklorbifenila i heptaklorbifenila ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) u površinskom sloju tla u razdoblju od srpnja 2003. do rujna 2006. godine

Općenito, u promatranom vremenu razine višekloriranih bifenila su relativno stalne. Budući su razine višekloriranih PCB značajno niže od tri i tetraklorbifenila njihov doprinos ukupnom gubitku PCB iz tla je praktički zanemariv.

## ZAKLJUČAK

Kod sva tri parametra (Aroclor 1248, sume 7 PCB i sume 13 PCB) utvrđena je statistički značajna razlika između razina PCB u tlu na početku i razina PCB na kraju istraživanja. Odnosno, nakon 38 mjeseci u promatranom eksperimentalnom polju ukupna razina PCB izražena u ekvivalentima Aroclor 1248 manja je za oko 46 %, razina sume 7 PCB za oko 29 %, a najveći gubitak uočen je za sumu 13 PCB koji iznosi oko 53 %. Iako je usporedbom razina PCB u tlu tijekom vremena proteklog između 23 mjeseca i 38 mjeseca istraživanja uočen gubitak Aroclor 1248 za oko 21 % i sume 13 PCB za 36 % navedeno smanjenje razina PCB nije statistički značajno. Zaključno je opaženo da poliklorirani bifenili s manjim brojem atoma klora u bifenilnoj jezgri se značajnije degradiraju od onih s više atoma klora u istraživa-

vanom površinskom sloju tla eksperimentalnog fitoremedijacijskog polja.

## ZAHVALA

Autori izražavaju zahvalnost Ministarstvu znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske i Europskoj Komisiji za financijsku potporu. Prikazan rad je izveden kao dio ugovora ICA2- CT-2002-10007 (APOPSBAL projekt) između Europske Komisije i Instituta "Ruđer Bošković", Zagreb, Hrvatska.

## LITERATURA

- Cortes, A., Riego, J., Paya-Perez, A.B. and Larsen, B. (1991) SOIL SORPTION OF COPLANAR AND NON-PLANAR PCBs, *Toxicol. Environ. Chem.*, 91: 31-32, 79-86.
- Macek, T, Francovž, K., Kochžnkovž, L., Loveckž, P., Ryslavž, E., Rezek, J., Surž, M., Triska, J., Demnerovž, K., Mackovž, M. PHYTOREMEDIATION: BIOLOGICAL CLEANING OF A POLLUTED ENVIRONMENT, *Reviews on Environmental Health* 19(1), (2004), 63-82
- Martel, R., Foy, S. Saumure, L., Roy, A., Lefebvre, R., Therrien, R., Gabriel, U., Gelinas, P.J. POLYCHLORINATED BIPHENYL (PCB) RECOVERY UNDER A



- BUILDING WITH AN IN SITU TECHNOLOGY USING MICELLAR SOLUTIONS, Canadian Geotechnical Journal 42(3), (2005), **932-948**
- Picer, M. and Ahel, M. SEPARATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS FROM DDT AND ITS ANALOGUES ON A MINIATURE SILICA GEL COLUMN, J. Chromatogr. 150: (1978) 119-127.
- Picer, M. (koordinator Projekta), Barišić, D., Drevenkar, V., Fröbe, Z., Hršak, D., Mayer, D. Milanović, Z., Sekulić, B., Soldo, M. STUDIJA UGROŽENOSTI VODA I PRISTUP OPTIMALNOM RJEŠAVANJU RATNIH OTPADA NA KRŠKOM PODRUČJU, IRB-CIM Zagreb, (1996), **1-135**
- Picer, M. (koordinator), Barišić, D., Drevenkar, V., Fröbe, Z., Hršak, D., Mayer, D., Milanović, Z., Sekulić, B., Soldo, M. (1996) STUDIJA UGROŽENOSTI VODA I PRISTUP OPTIMALNOM RJEŠAVANJU RATNIH OTPADA NA KRŠKOM PODRUČJU, Hrvatska vodoprivreda 5, 3-10.
- Picer, M. (2000) DDTs AND PCBs IN THE ADIATIC SEA, CROATICA chemica acta 73, 123
- Picer, M., Hodak Kobasić, V. PROJEKT EUROPSKE UNIJE ISTRAŽIVANJA POSLJEDICE RATA NA ZAGAĐENJE OKOLIŠA STABILNIM ORGANSKIM ZAGAĐIVALIMA (POPS) NA PODRUČJU BIVŠE JUGOSLAVIJE – I. OPIS PROJEKTA, Hrvatska vodoprivreda XIII(144), (2004), **22-27**
- Picer, M., Tarnik, T., Picer, N. Kovač, T. PREPARING AN INVESTIGATION FIELD WITH PCB-CONTAMINATED SOIL FOR PHYTOREMEDIATION RESEARCH, Fresenius Environmental Bulletin 13(12b), (2004), **1487-1492**
- Picer, M. (scientific coordinator) and coworkers (2006) FINAL SCIENTIFIC REPORT WITH 3 ANNEXES FOR EU PROJECT APOPSBAL
- Picer, M.; Picer, N.; Čalić, V.; Hodak Kobasić, V.; Cencić Kodba, Z. (2006) POSLJEDICE RATA KAO POTENCIJALNA OPASNOST ZA EKOSUSTAV KRŠKOG DIJELA HRVATSKE, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju 3 (57); 275-288.



# PLECOPTERA (KAMENJARKE) BOSNE I HERCEGOVINE

## UVOD

**P**lecoptere obuhvataju insekte mekanog tijela, čija se veličina kreće od 4 mm do 5 cm. Imaju dva para krila, ali su slabi letači. Najčešće se nalaze uz vodu u kojoj žive njihovi preimaginalni stadiji (larve, nimfe) i to većinom u čistoj vodi, ispod kamenja, vodenog bilja i pijeska. Ne naseljavaju zagađenu vodu. Kod nekih vrsta krila su redukovana, a kod mužjaka su potpuno zakržljala. Do danas je opisano oko 2000 vrsta Plecoptera koje su svrstane u 15 porodica (Zwick, 2004).

Imago jedinki reda Plecoptera ima na glavi razvijene duge antene, sa čekinjama i velikim brojem članaka. Posjeduju složene oči i dvije ili tri ocele. Usni aparat prilagođen je za grickanje, a kod mnogih adultnih oblika koji ne uzimaju hranu je redukovan. Od tri torakalna segmenta protoraks je krupniji i pokretan. Noge su snažne sa tročlanim tarsusima i parom kandžica. Krila su membranozna; zadnja su skoro uvijek krupnija od prednjih. Nervatura krila je primitivna i kod pojedinih familija pokazuje karakteristične osobine. Kad miruju krila su naborana iznad tijela i protežu se iza vrha abdomena. Abdomen ima 11 segmenata i par višečlanih cerka. Ženke nemaju gelasticu. Na desetom segmentu se nalaze ostaci je-

danaestog segmenta. Crijevni sistem počinje usnim otvorom i karakteriše se dugim jednjakom, predželudac je rudimentisan ili ga nema, a srednje i zadnje crijevo je kratko. Imaju par pljuvačnih žlijezda; u crijevo se ulijeva 20 do 60 Malpigijevih sudova.

Trahejni sistem (za respiraciju) je otvoren prema spoljnoj sredini preko 10 pari stigmi, od kojih su dva para na toraksu i osam pari na abdomenu. Nervni sistem sačinjava mozak, tri para torakalnih i 6 do 8 pari abdominalnih ganglija. Muški polni sistem je građen od para testisa od kojih polaze sjemevodi koji se spajaju u središnji ejakulatorni kanal. Ženski spolni sistem je građen od para ovarijuma od kojih polaze jajovodi koji se otvaraju preko gonopore i obično imaju spermateku.

Zbog izrazite osjetljivosti larvi na sniženu koncentraciju kisika, kao i zbog osjetljivosti na toksične tvari u vodi te promjene u strukturi staništa, upravo se ova skupina vodenih insekta upotrebljava u biološkom ocjenjivanju kvalitete površinskih voda, kao indikator čistih potoka i rijeka (u biomonitoringu).

Plecoptera, red hemimetabolnih vodenih insekta, naseljava čiste tekuće vode i samo malobrojne vrste ispoljavaju izvjesnu tolerantnost u odnosu na manji stepen zagađenosti. Mnoge među njima su

hladnoštenotermne, ograničene na užu ili širu zonu izvorišta. (Woodiwis, 1964). Larve Plecoptera su značajna hrana ribama. Neke kamenjarke su karnivorne i hrane se larvama iz reda Ephemeroptera, dok su druge pretežno herbivorne i hrane se bljkama.

Red Plecoptera izvorno je postavio Linnaeus, kao porodicu Perlidae u redu Neuroptera. Usko su vezane za fosile Paraplecoptera iz karbona i vjerovatno su izvedene od familije Narkemidae. Razlikuju se od njihovih fosilni predaka u iščezavanju tragova krila, i postojanju samo tri tarzalna segmenta umjesto pet primitivnih. (Hynes, 1993).

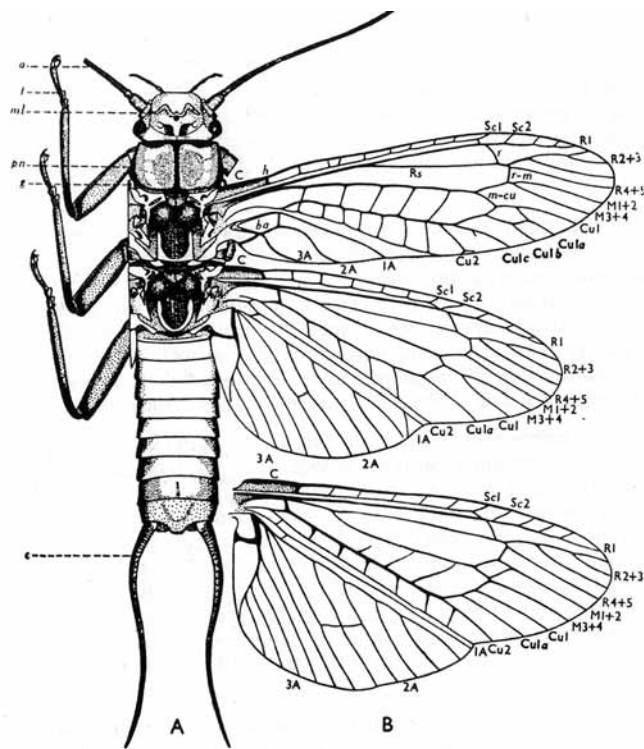
Red Plecoptera se dijeli na podredove Filipalpia i Setipalpia. Ova dva podreda se razlikuju prema obliku labijuma, a i po tome što su Filipalpia fitofagne i kao larve i kao adulti, dok su Setipalpia karnivorne kao larve, a kao adulti se obično ne hrane.

Podred Filipalpia obuhvata familije (Illies, 1965 i Stewart i Stark, 1988): Capniidae (Klapalek, 1905), Leuctridae (Klapalek, 1905), Nemouridae (Newman, 1853), Taeniopterygidae (Klapalek, 1905). Podred Setipalpia obuhvata porodice: Perlidae (Latreille, 1802), Perlodidae (Klapalek, 1912), Chloroperlidae (Okaomoto, 1912).

Najvažnije strukture u taksonomiji Plecoptera su krila i genitalije (Hynes, 1993). Druga obilježja su: antene (a), proporcije tarzalnih segmenata (t), M- linija preko glave, ispred očiju kod nekih rodova (ml), pronotum (pn) ili dorzalna ploča prvog torakalnog segmenta, tragovi trahealnih škruga kod nimfi (g), i cerci (c) koji su obično reducirani na jednom ili na nekoliko segmenata (sl.1). Postoje mnoga neslaganja oko nomenklature i tipova krila, posebno zadnjih krila. Sistem Comstock (1918) uglavnom je u upotrebi jer je baziran na proučavanjima razvoja krila kod nimfi. Karakteristike krila su kao što slijedi: costa (C) prednja margina krila; subcosta (Sc) je dvoračvasta; račva Sc2 spaja se za dio dužine sa šarom R1. Radius (r), je ispred račve R1 i zadnje račve radialnog sektora (Rs). To su primitivne četiri račve, ali kod kamenjarki one su reducirane na dvije (R2 + 3 i R4 + 5), koje mogu biti sekundarno razdijeljene (sl.1). U zadnjih krila kod adulta radialni sektor (Rs) je spojen u središnji, ali je kod nimfi odvojen.(Comstock). Neki od autora (Klapalek) ističu da je Rs odsutan kod zadnjih krila. Medijalna šara (M) se dvostruko račva (M1 + 2 i M3 + 4). Cubitus (Cu) je dvostruko račvast, račva Cu1 savija se i često se spaja sa dijelom M3 + 4. Cubitus često ima pomoćne šare označene Cu1a, Cu1b ... Od analnih šara ( 1A, 2A i 3A) zadnje dvije su obično račvaste, a 1A veoma rijetko. Tipovi šara veoma značajni u taksonomiji su: humeralni tip šare (h), radialni tip šare (r), radio – medialni tip šare (r-m), medio – kubitalni tip šare (m-cu), analni tip šare (ba).

U opisu genitalija termini tergum i sternum se odnose na dorzalne i ventralne ploče abdominalnih segmenata.

Genitalije su veoma raznovrsne i ne liče ni jednoj grupi insekata. Kod ženki sternum na 7-om, 8-om i 9-om abdominalnom segmentu je izmjenjen u formu poznatu kao sub-genitalna ploča. Kada je na 7-om segmentu sternum je obično proizvod zadnje margine koja leži preko 8-og segmenta (Nemouridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae). U okviru familije Nemouridama rod *Protonemura* je izuzetak jer nema prave sub-genitalne ploče. U nekih vrsta sa sub-genitalnom pločom na 7-om i 8-om segmentu sternum je modifikovan poput zadebljanja. Kada je sub-genitalna ploča na 8-om segmentu sternum je izmjenjen u oblik koji može biti u dijelovima zadebljan (Leuctridae). Ako je sub-genitalna ploča na 9-om segmentu sternum je obično izdužen (Taeniopterygidae). Zbog toga se termin sub-genitalna ploča odnosi na tri tipa nehomologih struktura. Cerci kod ženki mogu biti dugi i mnogo segmentirani, kratki i malo segmentirani ili reducirani na jedan segment.



Slika 1. A, ženka *Perla bipunctata* : a – antena; t – tarsus; ml – M linija; pn – pronotum; g – tragovi škruga; B, desno zadnje krilo ženke *Dinocras cephalotes*.

Nakon oplodnje ženka polaže jaja u vodu. Poslije izvjesnog vremena izleže se larva koja dosta liči na odrasle jedinke. Larve obično dišu preko škruga koje se nalaze na prvim abdominalnim segmentima, međutim, škrge se mogu naći i na ostalim dijelovima tijela. U razvojnem ciklusu koji se odvija u akvatični eksoistemima prolaze kroz stadij larve i nimfe (sl.2). Period razvića je različit i traje od jedne godine kod sitnijih vrsta do četiri godine kod krupnijih vrsta. U to-



ku razvića se često presvlače. Većina vrsta zaokruži svoj životni ciklus u jednoj sezoni, a samo kod nekih, prije svega većih vrsta razvoj se produži i na više godina. Samo za vrstu *Nemurella pictetii* poznato je da ima dvije ili ponekad i skoro tri generacije na godinu (Wolf i Zwick, 1989). Zanimljivo je ponašanje prilikom udvaranja. Svojstveno je za životinjske vrste koje se spolno razmnožavaju s partnerom suprotnog spola. Specifična je zvučna komunikacija kod nekih vrsta (bubnjanje – engl. drumming) kad mužjak privlači ženke udarajući zatkom o podlogu, a one na sličan način odgovaraju pa ih mužjak zatim pronalazi i obavlja oplodnju jajašca.



Sl. 2. Imago i nimfa familije Perlidae

## 1. HISTORIJAT ISTRAŽIVANJA PLECOPTERA U BOSNI I HERCEGOVINI

Proučavanja Plecoptera Evrope započeta su još u periodu K. Linea. U našim predjelima su one privukle pažnju istraživača još krajem 19 vijeka i početkom 20 vijeka. Do sada je za Bosnu i Hercegovinu

poznato 75 vrsta i podvrsta Plecoptera. Prema broju opisanih vrsta BiH se uvrštava općenito među bogatijim područjima u Evropi. Prvi podaci o fauni kamenjarki područja naše države potiču još iz 1898 godine (Klapalek 1898, 1901, 1906, 1906a, Pongracz 1913, 1914), a u periodu od 1960 do 1987 godine vršena su intenzivna istraživanja ovih insekata (Kaćanski 1970, Kaćanski 1971, Kaćanski 1972, Kaćanski 1973, Kaćanski 1976, Kaćanski 1978, Kaćanski & Zwick 1970, 1971, Kaćanski, 1980, Kaćanski 1983, Kaćanski 1987).

Cilj rada je da se na osnovu literaturnih podataka i rezultata dosadašnjih istraživanja prikaže stupanj istraženosti, ukupan diverzitet i distribucija vrsta reda Plecoptera u fauni BiH.

## 2. MATERIJAL I METODE RADA

U cilju opisa sastava faune Plecoptera Bosne i Hercegovine izvršena je analiza slijedećih literaturnih podataka. Prilikom navođenja vrsta korištena je sistematika ovog reda, kao i naziv vrsta koji je u današnjoj upotrebi:

1. Klapalek, F. 1898: Zpržve o Neuropterach a Pseudoneuropterach sbiranich v Bosne a Hercegovine. Vest.Kral.Češke Akad., Praha,2: 1-11.
2. Klapalek, F. 1901: O novych a mžle znžmych družich paleartických Neuropteroid.Raspr.Českč Akad. Ved.Umeni, Trida II Praha, 10: 1-19
3. Klapalek, F., 1906: Prispvevek ke znalosti fauny Neuropteroid Chorvatska, Slavonska i zemi so-usednich. Raspr.Českč Akad., Praha, 15: 1-8.
4. Kaćanski, D., 1970: Fauna Plecoptera na području planina Maglič, Volujak i Zelengora. Glasnik Zemaljskog Muzeja, 9: 67-78.
5. Kaćanski, D., 1971: Die Larven von Brachyptera graeca Barthlemy und B.tristis (Klapalek) Subspecies aus Jugoslawien. — Mitt. Schweiz. Ent. Ges. Lausanne, 44 (2):281-284
6. Kaćanski, D., 1971: Plecoptera sliva gornjeg toka rijeke Bosne. Glasnik Zemaljskog Muzeja, 10: 103-118.
7. Kaćanski, D., 1971: Vodeni insekti sliva gornjeg toka Drine: Plecoptera. Elaborat. Biološki Institut Univerziteta u Sarajevu.
8. Kaćanski, D., 1972: *Lectra signifera jahorinensis* n.spp., eine neue Subspecies aus Jugoslawien. – Mitt.Schweiz.Ent.Ges. Lausanne, 45 (1-3):37-41
9. Kaćanski, D. (1976): A preliminary report of the Plecoptera fauna in Bosnia and Herzegovina (Yugoslavia). Proceedings of the Biological Society of Washington. 88 (38): 419-422.
10. Kaćanski, D., 1978: Plecoptera sliva Neretve. Godišnjak Biološkog Instituta Univerziteta u Sarajevu, 31: 57-68.



11. Kaćanski, D., 1981: Endemični vodeni insekti: Plecoptera. Elaborat. Biološki Institut Univerziteta u Sarajevu.
12. Kaćanski, D., 1983: Plecoptera rijeke Vrbas. Godišnjak Biološkog Instituta Univerziteta u Sarajevu, 36: 101-115.
13. Kaćanski, D., 1987: O naselju endemičnih Plecoptera (Insecta) u tekućim vodama Bosne i Hercegovine. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, 14: 33-38.
14. Marinković, M. (1977): Diferencijacija populacija nekih vrsta vodenih insekata. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo
15. Pongrčcz, S., 1913: Újabb adatok Magyarországi faunájához. – Rovart. Lap., Budapest, 20: 177-178.
16. Pongracz, S., 1914: Magyarországi Neuropteraidzi. - Rovart. Lap., Budapest, 21: 122-126.

Istraživanja su izvršena na slivovima Bosne, Drine, Vrbasa, Neretve i Une (sl.3).

## REZULTATI RADA

Na prostoru Bosne i Hercegovine do danas konstatovano je 75 vrsta i podvrsta reda Plecoptera koje su različito distribuirane po slivovima. Analizom literaturnih podataka o objavljenim vrstama i lokalitetima na kojima su konstatovane jedinice kamenjarki, realiziran je sistematski prijelaz nađenih vrsta i naznačeni slivovi koje nastanjuju.

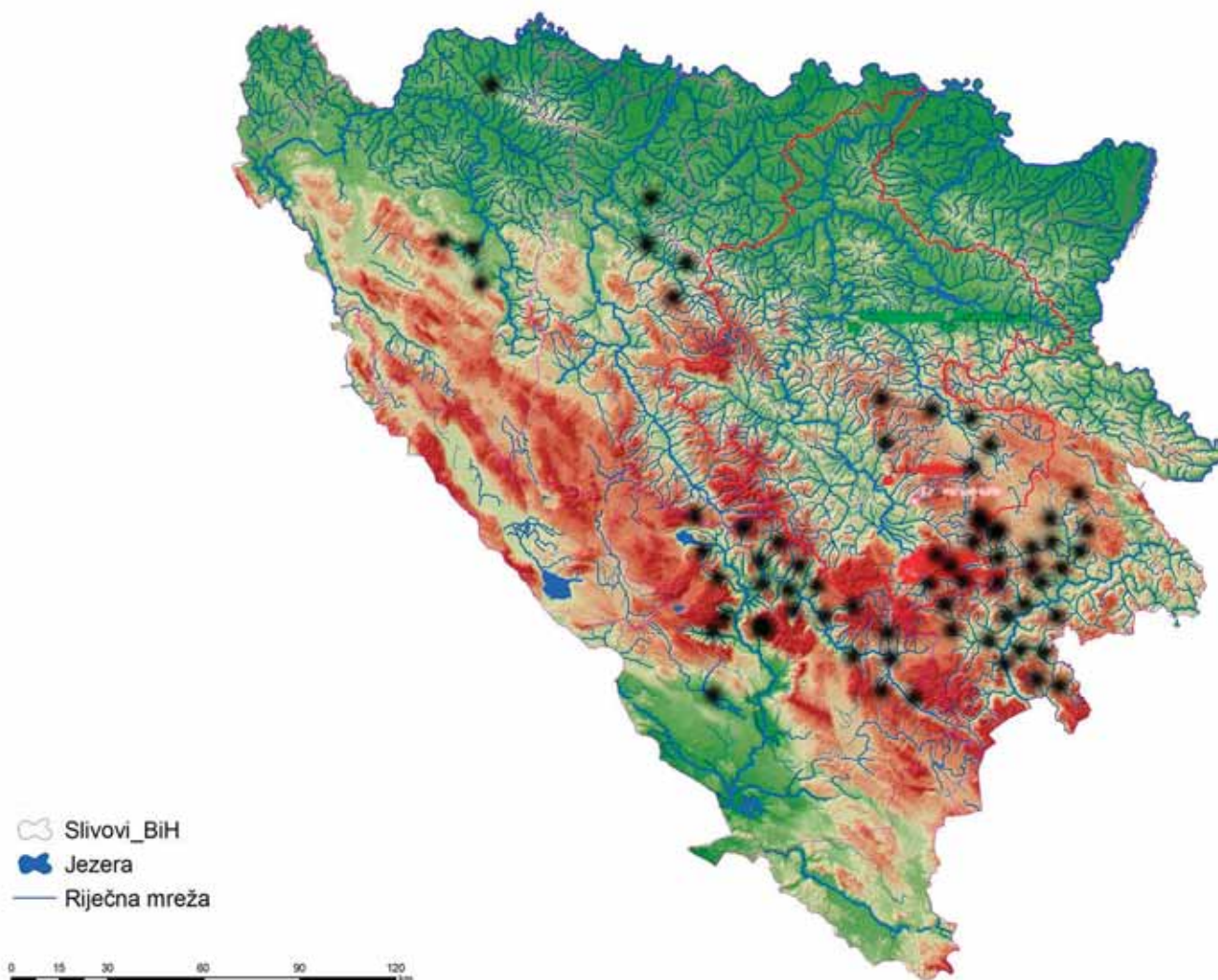
Red **Plecoptera** Plecoptera Burmeister 1839 [Zwick 1980]

[=Perlariae Latreille 1802] [Handlirsch 1903]

Porodica **Nemouridae** Newman 1853

Rod **Nemoura** Latreille, 1796

Predstavnici porodice *Nemouridae* su vrste koje se mogu razlikovati po prisustvu vratnih vazdušnih škrge skupa sa glossama i paraglossama (dijelovi usta), poprilično jednakih po dužini. Druga karakteristika *Nemourida* je ta da je prvi tarzalni segment duži od drugog.



Slika 3. Lokaliteti na prostoru BiH na kojima su izvršena istraživanja faune Plecoptera

1. *N. flexuosa* Aubert, 1949 (sl.4) – konstatovana na području gornjeg toka sliva rijeke Bosne na većem broju lokaliteta, na jednom lokalitetu sliva rijeke Drine, sliv rijeke Vrbas (Sikirički potok)



Sl. 4 *Nemoura flexuosa* (nimfa)

2. *N. minima* Aubert, 1946 – sliv gornjeg toka rijeke Bosne
3. *N. cinerea* (Retzins, 1783) – (sl.5) potoci sliva gornjeg toka rijeke Bosne, sliv Drine, sliv rijeke Vrbas, sliv Neretve (Neretva uzvodno od Uloga, Šištica ispod Boračkog Jezera);



Sl. 5. *Nemoura cinerea*

4. *N. fluviceps* Klapalek, 1902- potoci na području Maglića i Zelengore, potoci sliva Drine na području Kalinovika, Miljevine, Gračanice; na više lokaliteta sliva gornjeg toka rijeke Bosne (Treskavica, Jahorina, Miljacka, Stavnja); sliv rijeke Vrbas
5. *N. marginata* Pictet, 1836 – veoma frekventna vrsta u istraživanim područjima BiH; sliv Drine, gornji tok sliva Bosne, sliv Neretve (Rama – Dušćice);
6. *N. cambrica* Stephens, 1836: jedino nalazište Rakita (sliv Drine)
7. *N. carpatinica* Illies, 1963- prvi nalaz u fauni BiH sliv Drine (izvorski potoci na putu Pale – Prača, Dobro polje-Miljevina, potok na Jabuci)
8. *Nemoura dubitans* Morton, 1894: gornji tok sliva rijeke Bosne (sliv Stavnje) – prvi nalaz i dosad jedini u BiH

Rod **Nemourella** Kempny, 1898

9. *N. picteti* (Klapžlek) 1900: sliv gornjeg toka rijeke Bosne, gornji tok sliva Drine; gornji tok sliva Bosne, sliv Neretve, sliv Vrbasa

Rod **Amphinemura** Ris, 1902

10. *A. sulcicollis* (Stephens, 1835) – (sl.6) gornji tok sliva rijeke Drine, sliv Vrbasa, sliv Neretve (Ljuta)



Slika 6. *A.sulcicollis* (gore) i *A.standfussi* (dolje)

11. *A. triangularis* (Ris, 1902) –gornji tok sliva rijeke Bosne, sliv Drine, sliv Vrbasa, sliv Neretve (Ljuta)
12. *A. standfussi* (Ris, 1902)- (sl.6) gornji tok sliva rijeke Bosne, sliv Drine, sliv Neretve (Slatinica)

Rod **Protonemura** Kempny 1898

13. *P. intricata* Ris, 1902 – Sliv Neretve, gornji tok sliva Bosne, gornji tok sliva Drine
14. *P. auberti* Illies, 1954 - Sliv Neretve, gornji tok sliva Bosne, gornji tok sliva Drine
15. *P. autumnalis* Raušer, 1956 – sliv neretve (Bregava, Rama), sliv gornjeg toka Drine
16. *P. hrabei* Raušer, 1956 (sl.7) – sliv gornjeg toka Bosne, sliv gornjeg toka Drine



Slika 7. *Protonemura hrabei* – nimfa



17. *P. praecox* (Morton), 1894 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv gornjeg toka Drine
18. *P. umbrosa* (Pictet) 1865 – gornji tok sliva rijeke Drine

Porodica **Capniidae** Klapžlek 1905

Predstavnici porodice Capniidae (zimске kame-njarke) u zemljama na području Evrope su zaštićene odredbama Habitat Directive i anexima Bernske konvencije. Brojne su u toku zimskih mjeseci, po čemu su i dobile ime. Njihove larve se mogu pronaći u malim potočićima i rijekama. Obično je dužina tijela kod larvi od 5 do 10 mm.

Rod **Capnia** Pictet, 1841

19. *C. vidua* Klapalek, 1904 (sl.8) - sliv Vrbasa (Sikirički potok), sliv gornjeg toka Drine



Slika 8. *Capnia vidua*

Rod **Capnopsis** Morton

20. *Capnopsis schilleri* (Rostock, 1892) – Stavnja iznad Vareša (sliv gornjeg toka Bosne)

Porodica **Leuctridae** Klapžlek 1905

Jedinke porodice Leuctridae imaju pleuralne nabore na abdomenu koji se protežu od prvog do sedmog segmenta. Rubne lateralne strane abdomena su glatke dajući mu cilindričan oblik. Krila su paralelna sa tijelom. Javlja se veoma brojnim populacijama.

Podporodica **Leuctrinae** Klapžlek 1905

Rod **Leuctra** Stephens, 1836

21. *L. albida* Kempny, 1899 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine
22. *L. bronislavi* Sowa, 1970 (= *L. procera* Kačanski & Zwick, 1970) - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Neretve
23. *L. digitata* Kempny, 1989 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine
24. *L. fusca* (Linnae, 1758) - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Vrbasa, sliv Neretve
25. *L. handlirschi* Kempny, 1758 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine

26. *L. inermis* Kempny, 1899 (sl.9) - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Vrbasa



Slika 9. *Leuctra inermis*

27. *L. aptera* Kačanski & Zwick, 1970 – sliv gornjeg toka Bosne
28. *L. cingulata* Kempny, 1899 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Vrbasa, sliv Neretve
29. *L. hippopoides* Kačanski & Zwick, 1970 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Vrbasa
30. *L. digitata* Kempny, 1899 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine
31. *L. signifera jahoriensis* Kačanski, 1982 – endem, potoci na Jahorini
32. *L. hippopus* Kempny, 1899 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Vrbasa



Slika 10. *Leuctra hippopus*

33. *L. hirsuta* Bogoesco i Tabacara, 1960 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Vrbasa i sliv Neretve
34. *L. mortoni* (Olivier) 1811 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine
35. *L. major* Brinck, 1949 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Neretve i sliv Vrbasa
36. *L. nigra* (Olivier) 1811 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine i sliv Vrbasa
37. *L. pseudosignifera* Aubert, 1954 – potoci na Jahorini (sliv Drine), potoci na slivu Stavnje (Bosna), Sikirički potok (sliv Vrbasa), potoci na Kozari (sliv Une)
38. *L. prima* Kempny, 1899 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine
39. *L. quadrimaculata* Kis, 1963 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv drine i sliv Vrbasa
40. *L. rosinae* Kempny, 1900 – sliv Drine, Vrbas iznad ušća Sikiričkog potoka
41. *L. olympia* Aubert, 1956 – sliv Drine, Neretva na lokalitetu nizvodno od Uloga
42. *L. jahorinensis* Kačanski & Zwick, 1970 - Prača nizvodno od izvora (Drina), izvor Paljanske Miljacke (Bosna)
43. *L. moselyi* Morton, 1929 – sliv Vrbasa (Sikirički potok, Vrbas uzvodno od Jelića), sliv Neretve

Porodica **Taeniopterygidae** Klapžlek 1905

Jedinke porodice Taeniopterygidae odlikuju se time što neki članovi imaju prste poput nastavaka koji se izdižu iz baze nogu. Prvi i drugi tarzalni segmenti su jednaki.

Podporodica **Brachypterinae** (Opinion 1916)  
Zwick 1973

Rod **Brachyptera** Newport, 1849

44. *Brachyptera beali* (Navžs) 1923 – potoci na Magliču, Volujku i Zelengori (sliv Drine)
45. *Brachyptera helenica* Aubert, 1956 – sliv Drine i sliv Neretve
46. *Brachyptera graeca* Barthelemy, 1970 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine i sliv Neretve
47. *Brachyptera risi* (Morton, 1896) – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine
48. *Brachyptera seticornis* (Klapalek, 1902) - sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Neretve, sliv Vrbasa i sliv Neretve
49. *Brachyptera tristis* (Klapalek, 1901) – izvor mokarajnske Miljacke (sliv Bosne), sliv Drine, sliv Neretve i sliv Une

Podporodica **Taeniopteryginae** Klapžlek 1905

Rod **Taeniopteryx** Pictet, 1841

50. *T. auberti* Kis & Sova, 1964 (sl.11) – Žunovnica – Hadžići (Bosna)



Slika 11. *Taeniopteryx auberti* – nimfa

51. *T. schoenemundi* (Mertens 1923) Claassen 1940 – Prača iznad Vrhprače (Drina),

Porodica **Chloroperlidae** Okamoto 1912

Za predstavnike porodice *Chloroperlidae* se koristi naziv zelene kamenjarke, što ukazuje na zelenu boju tijela. Dužina larvi se kreće od 10 do 20 mm. Mogu se naći u hladnoj, čistoj vodi ali i u akumulacijama detritusa. Paraglosse su im mnogo duže od glossa.

Podporodica **Chloroperlinae** Okamoto 1912

Rod **Siphonoperla** Zwick, 1967

52. *S. montana* (Pictet, 1841) – sliv gornjeg toka Bosne, sliv gornjeg toka Drine i Vrbasa
53. *S. neglecta* (Rastoc, 1881) – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Vrbasa
54. *S. transsylvanica* (Kis, 1963) – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine i sliv Neretve
55. *S. neglecta graeca* (Aubert, 1956) – sliv Drine (izvori na planini Zelengori)
56. *S.torentium* Pictet, 1841 – sliv Vrbasa

Rod **Chloroperla** Newman 1836

57. *Ch. tripunctata* (Scopoli, 1763) Claassen 1940 – sliv Drine i sliv Neretve
58. *Ch. russevi* Braasch, 1969 (sl.12)- sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine i sliv Vrbasa



Slika 12. *Chloroperla russevi*



Porodica **Perlidae** Latreille 1802 [=Perlariae Latreille 1802]

[=Neoperlinae Enderlein 1909] [Ricker 1950]

[=Perlidae MacLachlan 1886]

Porodica Perlidae su predatori sa filamentoznim respiratornim organom koji se proteže od baze nogu na torakalni segment. Kod njih su paraglosse mnogo duže od glossa.

Podporodica **Perlinae** Latreille 1802

[=Perlinae Okamoto 1912]

Rod **Perla** Geoffroy, 1762

- 59. *P. burmesteriana* Claassen, 1936 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine i sliv Lašve
- 60. *P. marginata* (Panzer, 1799) – (sl.13) sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine, sliv Lašve, sliv Neretve, rijeka Sana (Una)



Slika 13. *Perla marginata* (imago i nimfa)

- 60. *P. pallida* Guerin, 1838 – rijeka Glogovka (sliv Neretve)
- 62. *P. bipunctata* Pictet, 1833 (sl.14) – sliv gornjeg toka Bosne



Slika 14. *Perla bipunctata* (imago i nimfa)

- 63. *P. Illies* Brasch&Joost, 1971 – sliv Vrbasa

Rod **Dinocras** Klapálek 1907 [=Dinocras Claassen 1940]

- 64. *D. megacephala* (Klapálek, 1907) [=Dinocras bosnica Nav's 1932] – sliv Vrbasa,

Porodica **Perlodidae** Klapálek 1912

Porodica Perlodidae obuhvata vrste kod kojih su paraglosse duže od glossa. Nemaju filamentozne respiratorne organe na torakalnim segmentima, ali mogu imati prstolike respiratorne organe.

Podporodica **Perlodinae** Klapálek 1909

Rod **Perlodes** Perlodes Banks 1903 [=Dictyopteryx Pictet 1841]

- 65. *P. microcephala* (Pictet) 1833 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Drine
- 66. *P. intricata* (Pictet, 1842) – sliv gornjeg toka Bosne, sliv Neretve

Rod **Arcynopteryx** Klapžlek 1904

- 67. *A. compacta* (McLachlan) 1872 – sliv Vrbasa (Sikirički potok), sliv gornjeg toka Drine



Slika 15. *Arcynopteryx* sp. – nimfa

Potporodica **Isoperlinae** Frison 1942

Rod **Isoperla** Banks, 1906

- 68. *I. albanica* Aubert, 1969 – sliv gornjeg toka Bosne, sliv gornjeg toka Drine
- 69. *I. buresi* Raušer, 1962 - sliv gornjeg toka Bosne, sliv gornjeg toka Drine
- 70. *I. bosnica* Aubert 1964 – gornji tok sliva Bosne (Trnovo)
- 71. *I. oxylepis* (Despar), 1936- sliv gornjeg toka Bosne, sliv gornjeg toka Drine, sliv Vrbasa
- 72. *I. grammatica* (Poda, 1761) – (sl.16) sliv gornjeg toka Bosne



Slika 16. *Isoperla grammatica* – imago i nimfa

- 73. *I. tripartita* Illies, 1954 (Zwick, 1978)- sliv gornjeg toka Bosne, sliv rijeke Drine i sliv Vrbasa
- 74. *I. inermis* Kačanski & Zwick, 1970 – sliv Bosne
- 75. *I. graeca* Aubert, 1956 – sliv Drine

Prema podacima u naselju Plecoptera Bosne i Hercegovine evidentirano je 17,3% vrsta i podvrsta endemičnih za Balkan. Udio endema šire rasprostranjenih na Balkanu iznosi 12,0%, a vrsta endemičnih za Dinaride 5,3%.

Osam vrsta i jedna podvrsta: *Brachyptera beali*, *Brachyptera helenica*, *Brachyptera graeca*, *Brachyptera tristis*, *Leuctra hippopoides*, *Leuctra olympia*, *Isoperla albanica*, *Siphonoperla neglecta graeca* i *Chloroperla russevi*, prema današnjem poznavanju njihovog rasprostranjenja naseljavaju samo Balkansko poluostrvo, te ih za sada smatramo endemima ovog područja.

Balkanski endemi zastupljeni su i u slivu rijeke Neretve sa četiri vrste. Posebno treba istaći nalaz vrste *Isoperla intermis*, endemične za Dinaride, a koja se može tretirati kao karakteristična vrsta za izvore u području bosansko-hercegovačkog holokarsta, gdje na nekim mjestima dostiže veliku gustinu populacije.

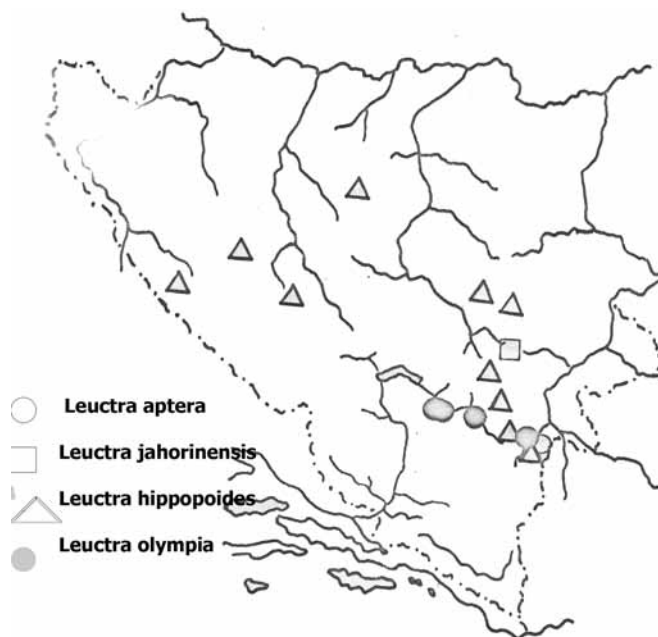
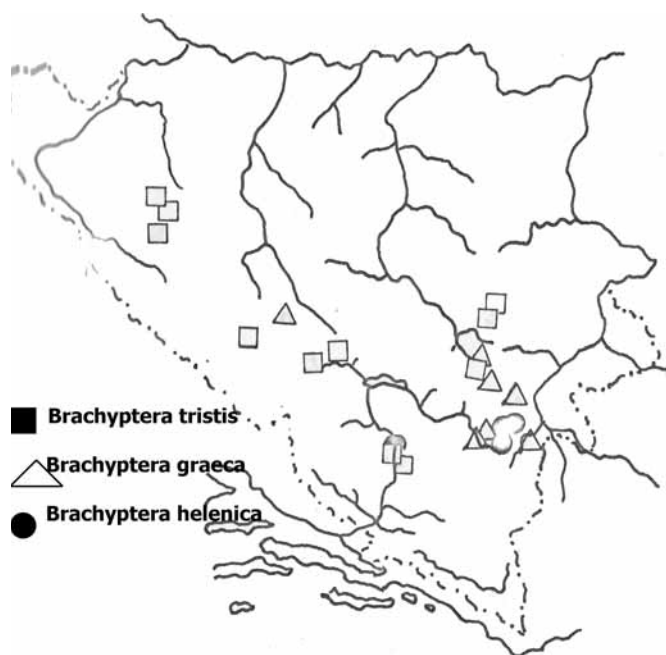
Zabilježena je i *Perla pallida* poznata na Kavkazu, Karpatima i Maloj Aziji. Glogovka je prvo i do sada jedino nalazište ove vrste u Bosni i Hercegovini.

Zoogeografsko rasprostranjenje većine ostalih Plecoptera koje ulaze u sastav ispitivanog područja Bosne i Hercegovine, pripadaju užem ili širem području Evrope. Rasprostranjenje manjeg broja vrsta Plecoptera prelazi granice Evrope.



Slika 17. Lokaliteti na slivovima rijeka u BiH na kojima su konstatovane endemične vrste reda Plecoptera u periodu od 1980. god.





Slika 17. Lokaliteti na slivovima rijeka u BiH na kojima su konstatovane endemične vrste reda Plecoptera u periodu od 1980. god.

### Zaključak:

U sastavu faune kamenjarki prostora Bosne i Hercegovine registrovano je 75 vrsta i podvrsta sa dominacijom porodice Leuctridae (23 vrste). Ove vrste, iako je istraživanje financirano iz sredstava SIZ-a za nauku Republike BiH (period zadnjih decenija prošlog stoljeća), ne nalaze se pohranjene u entomološkoj zbirci Zemaljskog muzeja u Sarajevu, sto predstavlja veliki nedostatak. Nastavak istraživanja faune Plecoptera trenutno je usmjeren na preimaginalne stadije u sastavu zoobentosa, ali su do danas registrovane nove vrste u stadiju nimfe. U narednom periodu izlovom imaga nastojaće se potvrditi opis novih vrsta za faunu Bosne i Hercegovine, a nastojanja će se usmjeriti i na stvaranje nove kolekcije

imaga koja će prikazati objektivnu raznovrsnost ovih insekata.

### LITERATURA

- Hynes, H.B., 1993: A key to the adults and nymphs of the british Stoneflies (Plecoptera). Freshwater Biological Association. Scientific Publication, University of Waterloo, Ontario, 92
- Trožić-Borovac, S., 2005: Sistematski prijedlog kamenjarki Bosne i Hercegovine. Unutar: S. Lelo (urednik), Fauna Bosne i Hercegovine-Biosistematski pregledi. Udruženje za inventarizaciju i zaštitu životinja, Ilijaš, Kanton Sarajevo.
- Zwick, P. 2004: Key to the West Palearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. Limnologica. 34: 315-348.

# ČOVJEK I PRIRODNA OKOLINA

## UVOD

**U** jednom izvještaju UN-a iz 2005. godine (*The report's details are the stuff of nightmares*) navodi se, između ostalog da čovječanstvo živi u pozajmljenom vremenu. U pisanju pomenutog dokumenta učestvovalo je 1.360 istraživača iz 95 zemalja. Prvi put u historiji čovječanstva, pišu ovi eksperti, ljudsko djelovanje ima za posledicu snažan pritisak na eko sistem planete tako da buduće generacije neće moći koristiti ove resurse. Stručnjaci upozoravaju da će neplanska sječa šuma i globalno zagrijavanje dovesti do povećanog rizika od malarije i kolere, te otvoriti puteve za širenje nepoznatih zaraznih bolesti. Samo u posljednjih desetak godina, navode ovi stručnjaci, neke morske vrste kao što su tunjevi i morski psi reducirane su za 90%. Do kraja ovog stoljeća prijeti izumiranje 12 % ptičijeg svijeta, 25% sisavaca i preko 300% gmizavaca. Od 1980. do 2005. 35% svjetskih zaliha šuma je izgubljeno, 20% morskih korala je uništeno, a 20% je na putu da bude uništeno. Izvještaj UN-a sadrži gomilu podataka za čije prezentiranje bi trebalo dosta prostora. Izvještaj završava pitanjem: „Koji je glavni uzrok ovakvog stanja u kojem jedna vrsta – ljudska (čovjek), predstavlja opasnost za deset miliona dru-



Rijeka una

Foto: Mirsad Nazifović



gih vrsta?“ Odgovor je: „Ljudska glupost, pokvarenost, neodgovornost i pohlepa!“

Popularni nučnik, Jared Diamond, proslavio se bestselerom pod naslovom *Collapse – How Societies Choose to Fail or Survive* (2005.). U navedenom djelu govori se o odnosu ljudi prema okolini kao osnovnom prirodnom resursu i izdržljivosti prirode kao glavnim pitanjima i problemima sa kojima su se sva društva suočavala i tragala za adekvatnim rješenjima. Diamond, koji je po struci biolog i fiziolog i koji je povezan sa američkim Univerzitetom UCLA, postavlja uznemiravajuće pitanje: Hoće li proizvodi naše civilizacije, računajući tu nebudere i ostale građevine od betona i drugih materijala, za nekoliko stotina godina zarasti u korov i šaš i svjedočiti o prohujaloj civilizaciji isto kao što je to slučaj sa ostacima civilizacije Maja i Asteka u džunglama Srednje Amerike i što je slučaj sa kamenim spomenicima na Uskrnjšnim otocima?

### GDJE SMO DANAS?

Mada su sve civilizacije, bez obzira na vrijeme, mjesto i njihov karakter, imale dio izazova koji se ticao prirode i odnosa prema njoj, današnji moderni svijet na jedan dramatičan način stoji pred problemima te vrste a koji su se naročito nagomilali u posljednjih 150 godina. Civilizacija Maja i Asteka u Novom Mexicu koju su karakterizirale monumentalne građevine kojima su dominirali velike piramide, kao i mala društvena zajednica, koju je Eirih Rude osnovao na

Grenlandu, kolapsirali su, prije svega, zbog drastičnih promjena na lokalnom nivou. Nekontrolisana sječa šuma i sebična eksploatacija ostalih prirodnih bogastava odigrali su centralnu ulogu u ovom procesu. Za Maje i Asteke pristup vodi, na primjer, imao je životnu važnost. Zajedničko za sva spomenuta društva je to da su njeni stanovnici neadekvatno koristili i tako uništili prirodne resurse na lokalnom nivou. Postoje međutim varijacije na ovu temu. Neadekvatan i sebičan odnos prema prirodi pripadnika društvene zajednice na pustom ostrvu Pitcairn u Tihom okeanu koje je bilo nenaseljeno do dolaska gusara sa Bountya koji su tu našli utočište 1790. godine, gdje su pronašli ostatke ranijih civilizacija, pojavio se kao pratnja pojava u vidu ekonomskog sloma Pitcairnovih glavnih trgovačkih partnera Mangareva. Priča o Pitcairnimima je priča iz davnih vremena ali je ona istovremeno samo jedan od mnoštva znakova koji upozoravaju na prijetnje sa kojima se moderno društvo susreće. Hoće se reći da se prekomjerna potrošnja ili uništavanje prirodnih resursa na jednom mjestu može odraziti kao katastrofalna posljedica na drugom mjestu. Odlaganje atomskog, hemijskog, te otpada od teških metala koji se koriste u privredi, doveo je do toga da majčino mlijeko kod majki dojičja na Grenlandu i Sibiru ima visok nivo bakterija tako da je njihovo mlijeko klasificirano kao otrovna tekućina. Povećan nivo željeza u krvi majki dojičja doveo je do toga da je ta pojava dijagnosticirano kao akutno trovanje željezom. Teško je nakon ovoga procijeniti ko-



Rijeka una

Foto: Mirsad Nazifović

liko daleko dosežu uticaji na zdravlje ljudi gledajući od mjesta gdje se koriste hemikalije u proizvodnji. Na plažama nenaseljenih otoka Oeno i Ducie, u jugoistočnom Tihom okeanu, pustim otocima gdje svoje konačno utočište nalaze sve morske struje svijeta, čovjek može pronaći veliku količinu smeća. Glavne su plastične kese i flaše, posebno flaše od Suntorya – viskija iz Japana.

Najviše dramatični primjeri prijetnje prirodi u današnje vrijeme su ipak ispuštanje štetnih gasova u atmosferu. To je vrsta zagađenja okoline koja se ne da zaustaviti na nacionalnim granicama. Malo toplije vrijeme može izgledati privlačno za one na Sjeveru, ali povećanje prosječne temperature za samo nekoliko stepeni može za posljedicu imati poplave u ogromnim razmjerama. U radikalnom manifestu pod naslovom: *The Revenge of Gaia*, 86-godišnji, James Lovelock, čovjek poznat po „Gaia hipotezi“, tvrdi da je planetarni klimatski krug promijenio brzinu od cikličnog stabilnog stanja do akseleratične spirale i da „Gaia“ (Lovelockov pojam za planetu) se neće još dugo stabilizirati. Razlog zato su ljudske aktivnosti kao što su vožnja automobila, rad termoelektrana, posljedice od uzgoja i držanje stoke i nekontrolisana sječa šuma.

Ako dođemo u situaciju da temperatura zraka poraste za samo pet stepeni istopit će se dovoljno leda na Antartiku da će se nivo mora na nekim mjestima povećati između pet i petnaest metara. Zemlja kao što je Bangladeš i metropala kao što je Amsterdam u tom slučaju bit će poplavljeni. Takvo povećanje temperature sa navedenim posljedicama sigurno će se desiti još u ovom stoljeću, ako nastavimo kao do sada. Drugi rezultat tog procesa bit će taj da će cijeli tropski pojas postati pustinjom jer se isparavanje odvija puno brže. U fantastičnoj knjizi o promjeni klime kroz historiju i danas australski profesor Univerziteta i direktor muzeja, Tim Flannery, piše o tome kako su relativno male promjene temperature zraka ranije imala dramatične posljedice, kako u toku, tako i poslije velikog ledenog doba. Razlika u tome je da se danas promjene te vrste dešavaju puno brže nego prije. Blagi periodi usred zime u Laplandu na sjeveru Norveške uništavaju mahovinu tako da sjeverni jeleni ostaju bez hrane jer je i ono malo mahovine, što je ostalo, pokriveno ledom a ne prhkim snijegom. Manjak santi leda na Artiku utiče na smanjuje broja polarnih foka i bijelih medvjeda. Istovremeno, otopljanje uzrokuje golfske struje čije se djelovanje ispoljava na način koji je dobro poznat u Skandinaviji. Promjene temperature zraka i otopljanje snijega i leda su u korelaciji, mada do velikih klimatskih promjena neće doći prije nego što se ubrza otopljanje. Snijeg i led reflektiraju toplotu a voda i zemljina kora je upijaju. I Flannery i Lovelock dokazuju da je planeti zemlji, generalno, najugodnije kada je potpuno hladno. Hladna mora proizvode više hrane nego

topla dok su pustinje direktni proizvodi toplotnih isparavanja. Sahara je bila zelena za vrijeme zadnjeg ledenog doba kada je tamo temperatura zraka bila za pet stepeni manja nego danas.

Svaki stanovnik SAD-a, Zapadne Evrope i Japana konzumira 32 puta više svake vrste proizvoda koje dobijemo iz zemlje od svakog stanovnika trećeg svijeta. Odnos je otprilike isti i kada se tiče proizvodnje otpada i smeća. Bogate, zapadne zemlje pronašle su rješenje za mnoge probleme prirodne okoline na lokalnom nivou. Naravno, još uvijek postoji problem zagađivanja zraka u mnogim velikim gradovima, kao što je smog oko Los Angelesa, gusta magla u Londonu ili prašina u zraku iznad Osla. Ipak, za ovu vrstu problema postoje zakoni i pravila, odnosno legislativa kojom se regulišu stanje i odnosi u ovoj oblasti. Lokalni problemi vezani za zagađivanje okoline povezani su sa rudnicima i eksploatacijom rude, nekontrolisanom i ilegalnom sječom šuma veći su u zemljama u razvoju i dijelovima Istočne Evrope nego u ostalim dijelovima svijeta. Prljava industrija, odnosno industrija koja zagađuje okolinu seli se prema jugu i prema istoku. Stanovništvo je u velikoj mjeri zarađeno promjenama klime i ekstremnim vremenskim promjenama. Suše i cikloni imaju velike posljedice naročito tamo gdje nisu izvršene adekvatne pripreme i donesene mjere koje mogu barem djelomično preduprijeti i eliminisati posljedice ovih prirodnih reakcija. Kao što je već rečeno, ovi problemi više su karakteristični za zemlje u razvoju, mada problemi zagađivanja prirodne okoline ne poznaju nacionalne granice.

Ovdje je veoma važno spomenuti izvoz otpada kojeg zapadne zemlje izvoze u zemlje u razvoju. U septembru 2002. godine carinske službe Zhejiang provincije registrovale su teret od 400 tona elektronskog otpada na putu za Kinu. Od 1991. do 1997. godine, povećan je uvoz u Kinu prevaziđenih TV ekrana, starih kompjutera i VHS video rekordera koje niko na Zapadu više nije trebao, sa jedan na jedanaest miliona tona godišnje. Kada je cunami pogodio Somaliju, nakon što je poharao Indijsku obalu, u decembru 2004. godine, veliki morski talasi izbacili su burad sa hemijskim otrovom, radioaktivni otpad, olovo, olovnu prašinu i druge teške metale, kao i medicinski i industrijski otpad koje su kompanije zapadnih zemalja bacile po plažama još 80-ih godina prošlog stoljeća. Prateći jedan izvještaj UNEP-a, programa UN-a za razvoj i zaštitu okoline, buradi i kanisteri puni štetnog i opasnog otpada doveli su do trovanja ljudi u ribarskim naseljima duž morske obale, a registrovane su i nove vrste zdravstvenih tegoba kod stanovništva kao što su disajni problemi, krvarenje iz usta, nosa, trbuha i vrtoglavica.

Velike promjene prirodne i životne okoline svoje utočište imaju u porastu broja stanovnika i porastu životnog standarda zemalja u razvoju. Prateći Di-





Rijeka una

Foto: Mirsad Nazifović

amonda već je pređena granica opterećenja koju zemlja može da otrpi. Ako će milijarde stanovnika izaći iz faze siromaštva i prihvatiti zapadni način življenja onda će rezultat biti dvanaest puta veći uticaj ljudskog faktora na prirodu. Ako samo Kina dostigne ovaj nivo onda će nivo uticaja na prirodu biti udvostručen. Ako i ima neko da sumnja u tvrdnje o opasnosti za čovječanstvo koje će nastati kao posljedica procesa otopljanja, čisto sumnjam da postoji neko ko ne vjeruje u mogućnost nestajanje planete čija je egzistencija dovedena u pitanje našim otpadom i smećem.

Nezamislivo je da se u svijetu u kome svi uživaju ili žele da uživaju blagodati zapadnog načina života tako malo radi na tome da se upotreba prirodnih resursa svede na razumnu mjeru i da ima tako malo volje da se reciklira otpad.

Nemoguće je i nemoralno negirati zemljama u razvju ekonomski razvoj i želju za boljim životnim standardom ali, isto tako, nemoguće je pridobiti ljude u bogatim zemljama da dobrovoljno reduciraju svoj životni standard. Međutim, jedna stvar je sigurna: Niko iz reda onih bogatih i bijelih ne želi biti bijel i bogat i naći se na ulicama Dakara, Hararea ili nekog drugog afričkog glavnog grada onog dana kada stanovnici tih gradova shvate da se njihov san o zapadnom blagostanju neće nikada ispuniti.

Ali, sačekajte malo. Nije istina da će klimatske promjene imati žestoke posljedice ispoljene u vidu gubitka života i vrijednosti samo u zemljama trećeg

svijeta. Porast nivoa mora i posljedice koje će ta pojava izazvati osjetit će se i u Holandiji i u Danskoj. Naglo otopljanje doprinijet će promjenama golfskih struja a sve to za posledicu će imati takvu klimu u Norveškoj koja će postati jako surova, teška i neprikladna za normalan život. Ako, kao posljedica klimatskih promjena i uništenja prirode, zbog rata ili građanskog rata, zbog nedostatka resursa ili kao pratna pojava epidemije, kolapsira sistem na jugu, onda će se osjetno povećati pritisak i u ostatku svijeta. Visokorazvijene zapadne zemlje mogu rizikovati da dožive sudbinu sličnu onoj koju je doživio jedan poglavica u norveškom naselju na Grenlandu. Od bogastva i moći koje su imali stanovnici tog naselja poglavici su dali toliko da je ubrzo umro od gladi i studeni. Zadnji Maje, Asteci i stanovnici Uskršnjih otoka morali su priznati poraz lokalne zajednica koji je nastupio kao posljedica uništenja prirode. Danas je ispred nas problem koji obuhvata cijelu planetu direktno ili indirektno. Tako ćemo svi mi, jednog dana, primijetiti posljedice nastale našom zloupotrebom zemaljskih dobara.

### **GLOBALIZACIJA DA, ALI ...**

Globalizacija stvara probleme vezane za životnu okolinu. Tako, na primjer, povećanje obima svjetske trgovine vodi povećanju obima transporta. Stvarni simboli ekonomske globalizacije trebali bi biti ogromni kontejneri naslagani u svom bezbroju u morskim lukama širom svijeta. Znakovito je da smo u proljeće

2006. godine dobili praktične knjige o ovome o čemu pričamo. Jedna knjiga je o kontejnerima a druga knjiga je o brodovima koji prevoze te iste kontejnere. Dvadeset četiri sata dnevno brodovi prevoze robu iz jednog dijela svijeta u drugi držeći globalnu ekonomiju u pogonu. Espen S?byer je veoma tačno ukazao na to da su „kontejneri za naše vrijeme isto kao što su to bile uzde u vrijeme korištenja konjske zaprege, oklopi u vrijeme konjanika, parne mašine u vrijeme industrijske revolucije.“ Želje i maštanja siromašnog dijela svijeta o zapadnom stilu života idu zajedno sa globalizacijom. Tako danas imamo situaciju da u onom najnepristupačnijem afričkom selu svi ljudi znaju za Coca colu, košarkaša Michaela „Air“ Jordana i za sapunice koje svakodnevno prikazuju luksuzni život na Sjeveru.

Sa globalizacijom smo dobili mogućnost za razumijevanje sveobuhvatnosti problema prirodne okoline putem razvoja sistema informacija i znanja tako da imamo razvijena politička sredstva koja nas čine u stanju da kontrolišemo i reduciramo one destruktivne efekte koji uništavaju prirodu. I sporazum iz Kyota kojim se reguliše dozvoljena kvota za ispušne gasove i *Global Environment Facility* kao fond koji finansira projekte koji štite prirodnu okolinu u zemljama u razvoju i Baselska konvencija koja ima zadatak da spriječi izvoz otrovnog otpada iz razvijenih zemalja u siromašne zemlje su primjeri o nadnacionalnim organizacijama koje imaju za cilj kontrolu i reduciranje efekata koji uništavaju prirodu. Nažalost, nijedan od ovih pomenutih ugovora nije funkcionisao dovoljno dobro do danas. To je, prije svega, zbog toga što neke od zapadnih zemalja pokušavaju potkopati ove ugovore.

Diamond je mišljenja da će pitanja i problemi okoline u budućnosti sami izbiti na površinu. S obzirom na činjenicu da će posljedice postati akutne u bliskoj budućnosti, pitanje nije da li će problemi okoline biti riješeni, već da li će se riješiti na jedan relaksirajući način u kojem ćemo imati kontrolu ili će se ta pitanja rješavati putem građanskih ratova, genocida, epidemija i gladi. Postalo je očigledno u međuvremenu da dijelovi pokreta za zaštitu okoline koji se pozivaju na priču o smaku svijeta misle da je proizvodnja hrane za sopstvene potrebe, na primjer, jedini način za izlaz iz ove situacije. Globalizacija se ne može zaustaviti. Ta činjenica mora biti naša polazna tačka. Tu je i činjenica da je „genetička hrana“ faktički više opasna za okolinu nego hrana iz uvoza. Evo primjera sa paradajzom. Norveški paradajz proizveden u staklenicima stvara više zagađenja okoline nego što to čini transport paradajza sazealog na suncu u Maroku. Na ovome trguje politika kao što to radi i u drugim oblastima koračajući malim koracima u pravom smjeru. Važan dio rješenja problema vezan je za jačanje internacionalnog uticaja. Lovelock, iz svoje perspektive, predlaže rješenje pomoću urbanizacije

zbog niskih transportnih potreba i mogućnosti zadržavanja nečega što je nedirnuta priroda. Po toj zamisli, većina stanovnika bi živjela na što užem prostoru. Lovelock se bavi mišlju o tome da se počne živjeti od sintetičke hrane koja bi se koristila umjesto poljoprivredne hrane a po njemu treba potpuno prestati sa proizvodnjom hrane jer taj proces zagađuje okolinu.

Prateći George W. Busha, bivšeg političara koji redovno ismijavao bilo kakav argument koji govori o zaštiti prirode, američka ekonomija je „oil addicted“. U govoru naciji, u priljeće 2006. godine, on je upozorio da će se Amerika učiniti manje zavisnom od nafte. Politički razlozi i promjena političke linije bili su pogonsko gorivo koje je uticalo na ovakvu odluku više nego što je o tome odlučivala zabrinutost vlasti za probleme okoline. Ovaj novi pravac uključuje alternativne izvore energije, između ostalih, atomsku energiju i termoelektrane sa boljom kontrolom čistoće. Ipak, sve ovo je primjer da se vrše pripreme za proširenje prostora za trgovinu. Ranije bi u ovakvim situacijama povezani lobiji koji se bore za zaštitu okoline i lobiji koji imaju ekonomske interese u zajedničkoj akciji zaustavili slične prijedloge. Sada je i Švedska, također, udarila čvrsto šakom od sto tvrdeći da će svoju budućnost učiniti nezavisnom od nafte, najkasnije do 2020. godine.

Zaštita prirodne okoline košta i u prvom krugu je vezana za idealiste koji imaju mogućnost da žive u ljubavi sa prirodom. Usluge manje uništavaju prirodnu okolinu nego potrošnja roba ali treba doći u situaciju da je atraktivnije ići u kino nego kupiti novu TV plazmu. Borci za zaštitu okoline su veliki borci protiv izgradnje vjetrenjača i hidrocentrala. Ali zar nije naivno misliti da možemo živjeti bez toga tako da nekada može izgledati primamljivim vjerovati da se argumenti tiču više estetike nego zaštite okoline. Vjetrenjače su bez svake sumnje ružne, a hidrocentrale uništavaju prirodni doživljaj. Postoje naravno mnoge mogućnosti koje mogu učiniti isplativim rješenja koja odgovaraju zaštiti okoline, kako za privatnike, tako i za općine i firme: povećanje konkurencije na tržištu centralnog grijanja, na primjer. Danas neki usamljeni pojedinci imaju veliku tržišnu moć i mogu diktirati cijene kako hoće. Centralno grijanje bilo bi jeftinije ako bi se u tržišnoj utakmici pojavilo više isporučilaca. Proći će dosta vremena prije nego što električni i hidrogenski automobili preuzmu dizel i benzinske automobile gutače benzina. Proces bi išao brže ako se izgradi infrastruktura koja se zahtijeva, na primjer, „električne stanice“. U jednoj fazi to je dobra ideja da država podupre električne i hibridne automobile (auto sa električnim i benzinskim motorom). Možemo ovdje spomenuti i mnoge druge mjere: progresivne cijene struje, povećanje ekonomičnosti energetske potrošnje i više poreskih i drugih olakšica kada je u pitanju zaštita okoline i tako dalje.



Pored promjena klime, povećanje broja stanovnika i širenje stanovništva predstavlja jedan od vodećih problema za prirodnu okolinu. Prosjek uništavanja prirodne okoline danas je 5.000 puta brži od normalnog. Samo šest puta u historiji su neke vrste tako nestale. Posljednja takva promjena je bila prije 65 miliona godina kada je zemlja najvjerovatnije bila zahvaćena meteorom.

## MOGUĆA RJEŠENJA

Jedan primjer dolazi iz Halkær Ådala iz Sjevernog Jyllanda, u Danskoj, gdje su razvojni planovi ojačali lokalnu demokratiju a nisu je oslabili. Rezultat je bio povećanje svijesti o zaštiti okoline i rješenja koja su imala značaja za budućnost i bila usmjerena prema budućnosti. Većina seljaka se sastala i zajedno dala dijelove svoje zemlje da bi formirali zemljište za navodnjavanje na kojem sada postoji mogućnost čak i da se rode vrate u Halkær. Projekat je omogućio stvaranje uslova za razmnožavanje roda na mjestu gdje su prije bila poljoprivredna polja i mašine.

Mali gradovi Garstand i England su drugi primjer. Garstand je bio prvi na svijetu „priznati trgovački grad“. Danas je u njemu 90% onih koji se bave privredom i koji su se obavezali da kupuju robu koja ne zagađuje okolinu ili su u suprotnom izloženi kritici zbog načina organizovanja radnog procesa. Možemo spomenuti, također, i jednog čovjeka iz Aske- ra koji je slučajno radio u Udruženju za prirodni razvoj. On je reducirao upotrebu energije u svojoj kući

sa 90% tako što je uradio dobro izolaciju i što je koristio različite izvore energije. Na taj način on će najvjerovatnije uštedjeti više, nego da plaća manji poraz. Ovo je nešto o čemu bi trebali razmišljati političari koji su orijentisani prema novčanicima svojih glasača.

Uživanje je predstaviti ovakve lokalne mjere ali one ne mogu riješiti ni polovinu svjetskih problema koji se tiču zaštite okoline. Pored toga, obavezno je i internacionalno rukovođenje. Mora se stati u kraj tome da siromašne zemlje podcjenjuju jedna drugu kako bi sebi privukle kapital. Također, protokol iz Kyota koji se odnosi na regulaciju ispuštanja klimatskih gasova mora izaći iz mrtvog mora kako bi se otvorile neke nove mogućnosti.

Na ovom polju stoji kosmopolitika ispred svog najvećeg izazova. Na individualnom planu prirodu nije moguće zaštititi ni očistiti dok se ne očisti ljudska duša od pokvarenosti i neodgovornosti prema životu na Zemlji. Po mnogima XX. stoljeće bilo je stoljeće genocida – uništavanja ljudskog roda. Hoće li XXI. stoljeće biti stoljeće planiranog i organizovanog uništenja prirodne okoline od strane čovjeka?

## LITERATURA:

[www.un.org](http://www.un.org)

[www.worldwaterday.org](http://www.worldwaterday.org)

[www.unwater.org](http://www.unwater.org)

[www.worldenvironmentday.org](http://www.worldenvironmentday.org)



Rijeka una

Foto: Mirsad Nazifović

# OBJEKTI RETENZIJA U ITALIJI

## UVOD

**D**a bi se definitivno riješile poplave desnih pritoka rijeke Po na području pokrajine Emilija-Romanja, na svakom vodotoku Sekja, Panaro, Krostolo, Enca i Parma izvedeni su retenzioni objekti na završetku planinskog dijela sliva. Ukupna zapremina ovih retenzija iznosi oko 70 miliona m<sup>3</sup>. Objekti ovakvih dimenzija su, na nivou Italije, jedino izvedeni u ovoj italijanskoj pokrajini i po svom karakteru su jednonamjenski. Ovaj rad se odnosi na projekantske aspekte, eksperimentalne provjere i prostorni raspored, a obrađuje i teme nadzora i održavanja što predstavlja novost za Javne radove u Italiji.

Objekti su karakteristični i prema svom položaju i pratećim elementima predstavljaju novost za naše prilike u Riječnoj hidraulici jer predstavljaju jednonamjenske retenzije koje su kod nas rijetke u praksi.

**Ključne riječi:** *Italija, Retenzije, Riječni parkovi, Eksperimentalne retenzije*

## 1. OPŠTE KARAKTERISTIKE SLIVA RIJEKE PO

Površina sliva rijeke Po, najvećeg u Italiji, iznosi više od 74.000 km<sup>2</sup> što predstavlja četvrtinu

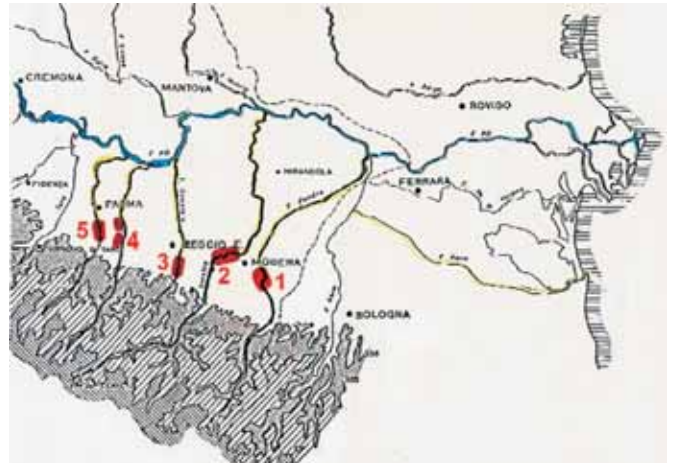
nacionalne teritorije. Na njoj se nalazi oko 3.200 lokalnih zajednica raspoređenih u 6 regija: Pjemonte, Dolina Aosta, Lombardija, Veneto, Ligurija, Emilija-Romanja i autonomna regija Trento. U slivu živi oko 16 miliona stanovnika, a teritorija je neujednačeno nastanjena. Sliv je sjedište glavne nacionalne industrije i obezbjeđuje 46% ukupnih poslova, 55% proizvodnje i 35% nacionalne poljoprivredne proizvodnje, Potrošnja električne energije je 48% od ukupne nacionalne konsumpcije, i sve nabrojano čini ovaj sliv krucijalnim prostorom nacionalne ekonomije. Poređenja radi, u neposrednoj zoni ušća stogodišnji veliki proticaj iznosi oko 12.000 m<sup>3</sup>/s sa padom velikih voda u donjem toku vodotoka od oko 15 cm/km (rijeka Sava: potez granica sa Srbijom do ušća rijeke Bosne, pad velikih voda oko 5 cm/km).

U vodoprivrednom smislu, slivom upravlja Međuregionalna Agencija za rijeku Po (AIPO, italijanski akronim) koja je javna institucija i obezbjeđuje servis u oblasti inženjerstva i životne sredine za sljedeće italijanske pokrajine: Pjemonte, Lombardija, Emilija-Romanja i Veneto. Ova Agencija je prevashodno zadužena za realizaciju zaštite od poplava kao i mjera za smanjenje potencijalnih šteta od poplava. Objekti kojima upravlja variraju od nasipa i



neinvesticionih mjera za smanjenje šteta od poplava do velikih građevinskih objekata kao što su brane, retezije i sl. Programi i projekti ove Agencije su često rezultat uske saradnje sa nacionalnim i lokalnim vlastima, univerzitetskim institucijama i ostalim zainteresovanim stranama. Osnovana je 2003.g. i preuzela je rad bivšeg Magistrata (Uprave) za rijeku Po koji je bio dio nacionalnog Ministarstva za javne radove. U poređenju sa bivšim Magistratom koji se uglavnom bavio događajima u vezi sa poplavama u slivu, AIPO od 01.01.2007.g. ima ulogu i u plovidbi na rijekama i to u pokrajinama Lombardija i Emilija-Romanja. Sjedište Agencije je u gradu Parmi (oko 125.000 stanovnika) i ima 12 podjedinica koje su raspoređene kako u slivu tako i u oblasti istraživanja i razvoja. Odjeljenja su određena prema podslivnim cjelinama lociranim u 4 distrikta rijeke Po (Pjemonte, Lombardija, Veneto i Emilija-Romanja). Glavni zadaci Agencije su sljedeći: planiranje, projektovanje i izvođenje hidrograđevinskih projekata duž rijeke Po i njenih pritoka (plovidba, zaštita od poplava, zaštita životne sredine, odgovor na hazardne i iznenadne situacije, prognoze poplava i suša, planiranje i upravljanje prirodnim resursima (prije svega voda, ma-

izvođenja odgovarajućih pregrada (rezervoara) u donjem toku rijeke Po.



Slika 2: Prikaz izvedenih retezionih površina u pokrajini Emilija-Romanja: (1) Sekja (Secchia), (2) Panaro, (3) Krostolo (Crostolo), (4) Enca (Enza), (5) Parma



Rijeka Po: jedan evropski sliv

Slika 1: Shematski položaj sliva rijeke Po

njim dijelom zemljište i znatno manjim dijelom vazduh, šume i postojeća flora i fauna) i resursima vodnih sistema, analiza morfologije sistema, hidrodinamike i geološke karakteristike terena za numeričko, fizičko i geotehničko modeliranje, i sl.

Odjeljenje koje se bavi istraživanjem i razvojem ima 3 laboratorije (2 hidrauličke i laboratoriju za geotehničko inženjerstvo uključujući i testiranje materijala) koje je smješteno u gradiću Boreto u blizini grada Ređo-Emilija. Agencija ima uspostavljen sistem ranog upozoravanja od poplavnih događaja koji omogućava pouzdanu prognozu budućeg događaja, pri čemu se ovi podaci istovremeno dostavljaju lokalnim vlastima. Sistem je uspješno povezan sa vanjskim hidrološkim i meteorološkim izvorima podataka. Trenutno se rade studije sa ciljem povećanja plovniha dana na navigacionim putevima kao i studije

## 2. UVODNE NAPOMENE

Objekti koji su predmet ovog rada se odnose isključivo na jednonamjenske retezije koje su namjenjene isključivo za zaštitu od poplava. Na sjeveru Italije postoje i višenamjenski objekti pregrada (rezervoara) kao što su objekti na lokalitetu Bilancino na rijeci Sieve u blizini Firence sa 69 miliona m<sup>3</sup> zapremine pri čemu je zapremina pri maksimalnom nivou 84 miliona m<sup>3</sup> i retezija Ravedis na bujici Čelina, pritoka rijeke Livenca u pokrajini Friuli sa 24 miliona m<sup>3</sup>.

2006.g. u Bolonji održano je Savjetovanje o retezijama (jednonamjenskim) izvedenim na desnim pritokama rijeke Po, na vodotocima Sekja, Panaro, Krostolo, Enca i Parma odnosno na svim pritokama na području pokrajine Emilija bez rijeke Taro kao i rijeke Reno koje su već hidrološki-hidraulički „ispeglane“. Od početka studija i početka aktivnosti prošlo je više od 30 godina i Savjetovanje je bila prilika za prvi pregled i jedan oblik zaključaka, odnosno konačni bilans o tome kako su se stanovnici ove pokrajine efikasno suočili sa integralnim i konačnim rješenjem plavljenja gore pomenutih vodotoka. U okviru ovih radova predviđena je zapremina za „peglanje“ vršnog proticaja od približno 70 miliona m<sup>3</sup>, a svi radovi su izvedeni po glavnoj inicijativi Međuregionalne Agencije za rijeku Po (AIPO) iz Parme.

Ovakvi objekti nisu poznati na nacionalnom nivou Italije i kao takvi se pojavljuju u Planovima Upravljanja ali samo u pokrajini Emilija-Romanja. U ovom trenutku takođe je započeta prva faza izvođenja velike retezije sa zapreminom od 16 miliona m<sup>3</sup> na rijeci, Bisencio, pritoka rijeke Arno (retezija Renai).



### 3. RETENZIJA NA RIJECI SEKJA

Prvi prijedlog za izvođenje retenzija, i to na rijeci Sekja, potiče iz kraja šezdesetih godina i došla je od Inž. Moratija koji je u slučaju velikog odrona zemljišta u Čeredolu od 22. aprila 1960.g. predložio izvođenje brane kako bi se sačuvala akumulacija stvorena odronom zemljišta. Studije u vezi sa izvođenjem ove retenzije datiraju iz sedamdesetih kada je na profilu prelaska iz planinskog u dolinski sliv planirana retenzija Rubijera u pokrajini Emilija-Romanja. Ovaj objekat ima zapreminu od 15 miliona m<sup>3</sup> i štiti 50 kilometara rijeke, prije svega nasipima nevelike visine i ovo je istorijski i pionir objekat čija su pozitivna iskustva primjenjena na drugim retenzijama. Karakteristično za ovaj objekat je da se sastoji od 2 retenzije, jedne manje tzv. linearne i druge bočne, odnosno derivacione. Ovo je novost za naše hidrotehničke prilike, s obzirom da je u našoj praksi ustaljeno pravilo da su retenzioni objekti isključivo tzv. derivacionog (bočnog) položaja.

Na lokalitetu retenzije Rubiera nalazili su se krateri kao ostaci zahvatanja riječnog materijala u vidu vodnog lica napuštene vode. Ideja je bila da se ovi prostori pretvore u retenzije.

Interesantno je napomenuti način projektantskog pristupa. Rekonstrukcija maksimalnih vrijednosti poplava dovela je na kraju do izrade fizičkog (hidrauličkog) modela ukupnog sistema rijeke Sekja. Fizički hidraulički model je rađen na otvorenom u inundaciji rijeke Ence u razmjeri R. 1:40. Istraživanja su imala za cilj da odrede optimalnu visinu nasipa na retenziji kao i njene optimalne dimenzije i sam hidraulički učinak. Takođe, ova istraživanja su dala odgovor o optimalnim hidrauličkim objektima kojim se pune retenzije, različitim tipovima i kombinacijama objekata preliva i posebnih oblika temeljnog ispusta a sve sa ciljem što bržeg rasterećenja ulaznog hidrograma, odnosno brže evakuacije tražene zapremine vode na ovim kombinovanim objektima.

Eksperimentalno određivanje kapaciteta evakuacionih organa trajalo je do decembra 1976.g. kada je Magistrat za rijeku Po odlučio da brzo izvede retenzioni objekat koji je

direktno štitio grad Modenu. Prihvaćeno rješenje je ekonomski optimalno, a sastoji se od dvije retenzije, jedne koja se nalazi unutar rijeke Sekja sa prelivom i temeljnim ispustom i druge na lijevom boku ovog vodotoka sa bočnim prelivom, a sve u skladu sa dimenzijama potvrđenim na fizičkom hidrauličkom modelu. Radovi su završeni 1979.g. i već slijedeće godine ovaj objekat je imao uticaja na poplavu koja se tada dogodila.

### 4. RADOVI NA OSTALIM RETENZIJAMA

Na osnovu pozitivnih iskustva stečenih na vodotoku Sekja, prišlo se u prvim godinama osamde-

setih provjeri analognih objekata na vodotocima Panaro, Enca, Krostolo i Parma pri čemu su se koristila iskustva zaštite od poplava i eksploatacije riječnog materijala. Prve studije za retenziju Panaro i dva objekta na rijeci Enca pojavljuju se u 1980.g, za Krostolo 1982.g. i za Parmu 1983.g. Potpora ovakvih aktivnosti su bile poplave koje su se javile 1910.g., 1952.g., 1968.g. i 1980.g. Istraživanja su urađena za svaku retenziju i svaki vodotok.

Kod realizacije ovih objekata vođeno je računa o zavisnosti izvođenja ovih radova od potreba za komercijalnim materijalom iz iskopa na tržištu. U slučaju retenzije Panaro, eksploatacija riječnog materijala je izvedena kratko vrijeme prije izvođenja objekta po projektu, tako da je kompletan objekat završen već 1985.g. samo nakon 5 godina od početka radova. Međutim, u slučaju retenzija Krostolo, Enca i Parma aktivnosti na eksploataciji riječnog materijala su započeli nakon odobrenja projekta kao i nivoa eksploatacije sa dužim vremenom realizacije. Retenzija Krostolo završena je 1991.g., 8 godina nakon početka radova a slični objekti na rijekama Enca i Parma 2004. i 2006.g., odnosno 18 i 16 godina od početka radova, ali takođe zbog ozbiljnog administrativnog kašnjenja.

U tabeli 1 dati su osnovni elementi izvedenih retenzija. Zapremina ovih objekata varira od maksimalno 18 miliona m<sup>3</sup> (Panaro) do minimalno 1,5 miliona m<sup>3</sup> (Krostolo). Povratni periodi na koje su definisane ove retenzije su takođe različiti i kreću se od 20-30 godina za vodotok Sekja do 200 godina za vodotok Panaro. Takođe, postoji velika razlika u procentu redukcije poplavnog proticaja od minimalno 24% za vodotok Sekja do maksimalno 66% za vodotok Parma.



Tabela br. 1: Osnovni parametri analiziranih retenzionih površina

Naziv objekta	Slivna površina	Površina retenzionog objekta	Zapremina retencije (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		Proticaj pri poplavi (m <sup>3</sup> /s)			Razlika	
	(km <sup>2</sup> )	(ha)	Max. Poplava	Projekto-vana	Povratni period (godina)	Ulaz	Izlaz	(m <sup>3</sup> /s)	%
Sekja	1250	180	19	15	20-30	1020	780	240	24
Enca (zajedno 2 retenzione površine)	630	200	12	10,7	40-50	990	550	440	44
Parma	618	144	14,5	12	100	1000	340	660	66
Panaro	759	370	24	18	200	2100	1175	925	44
Krostolo	85	42	2,4	1,5	100	410	270	140	34

Kada se uzme u obzir skraćeno povratno vrijeme poplava koje pune retenciju na vodotoku Sekja, prethodno predviđenu za stogodišnje poplave, efektivno stanje je provjereno 1991.g. višednevnom rekonstrukcijom poplave. U ovom trenutku postavlja se pitanje opravdanosti zaštitne visine u odnosu na maksimalnu predvidivu poplavu. Takođe postoji pitanje odgovarajuće propusnosti ispusta koji se inače dimenzioniraju na maksimalnu moguću poplavu.

Pitanje vododrživosti retencije pri bilo kojoj poplavi je logično za ove objekte izvedene od lokalnog

zemljanog materijala za koje je prema italijanskim normativima predviđen odgovarajući stepen sigurnosti.

Usvojena zaštitna visina, odnosno razlika nivoa krune nasipa i nivoa maksimalne poplave je prema italijanskim normativima funkcija visine preliva kao i visine talasa uslijed vjetra. U slučaju retenzione površine Parma, sa visinom preliva od 23,90 m usvojena je zaštitna visina od 2,60 m, za Krostolo pri visini preliva od 20,50 m zaštitna visina je 1,80 m, a za dvije retencije Enca za maksimalnu visinu od 17,50 m zaštitna visina iznosi 1,80 m.

U vezi sa funkcijom evakuacionih organa kao i objekata za punjenje retencija, treba reći da na retencijama Enca, Krostolo i Parma su izvedeni takvi prelivni organi koji nisu pod uticajem donje vode, odnosno nivoa u retenciji i obično se koriste za neočekivano velike poplavne talase. Slično rješenje je primjenjeno za retenciju Krostolo pomoću jednog produženog frontalnog prelivnog organa.

U vezi sa retencijom Enca originalno je bilo predviđena realizacija bočnih objekata od 6 retencija, 3 uzvodno i 3 nizvodno u odnosu na naselje Montekjo Emilija. Zajedno su trebali da redukuju poplave stogodišnjih velikih voda, međutim kasnije je rješenje promijenjeno tako da je izvedena velika pregrada sa 3 retencije koje omogućavaju ispunjavanje projektovanih zahtjeva u vezi sa velikim vodama povratnog perioda 1/50. Od ove tri retencije, ona najnižvodnija je prva realizovana. Takođe, dvije uzvodne retencije su grupisane u jednu (Slika 3). Na ovaj način su izvedene retencije pri čemu je zapremina nizvodne retencije 4,0 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, a uzvodne 8,2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Na retenciji Panaro u skorašnje vrijeme izvedeni su radovi na povećanju zapremine tako da umjesto stogodišnjih velikih voda uspješno transformišu zapremine dvjestogodišnje velike vode. U slučaju re-



Slika 3: Retenzija Enca (Enza): Panorama sa označenim položajem retenzija



tenzije Krostolo, koja transformiše stogodišnji veliki talas, objekat je smješten malo uzvodno od grada Ređo Emilija i primarni cilj je, uz ostale hidrograđevinske radove, zaštita ovog grada od velikih voda.

#### 4.1. Retenzija Parma

Ovaj objekat je izveden kao lokalna retenzija jer je vodotok kroz grad Parmu nedovoljne propusne moći. S tim u vezi, urađen je fizički hidraulički model finansiran od AIPO na kraju sedamdesetih u laboratoriju u Boretu. Na ovaj način je izvršeno tariranje nivoa u modelu i hidrauličkom proračunu pri čemu su korišteni postojeći tragovi velikih voda. Kako je kapacitet regulisanog korita kroz grad Parmu nedovoljan da propusti vršne proticaje stogodišnjih velikih voda, nije bilo moguće izvesti rekonstrukciju ove regulacije sa ciljem povećanja propusne moći prije svega zbog stare istorijske jezgre grada. Prišlo se ideji o realizaciji jedne retenzije koja se puni sa oba ova vodotoka i to sa rijeke Parme oko  $5,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  i rijeke Baganca oko  $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . U toku projektovanja odlučeno je da se zapremina ove retenzije poveća sa prvobitnih  $9 \times 10^6 \text{ m}^3$  na  $12 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 5. PROJEKTANTSKI ASPEKTI

Za svaku retenziju projektantska procedura je zahtjevala detaljno sagledavanje svih aspekata. Polazeći od provjere propusne moći korita nizvodno od retenzije, stanja nasipa i uticaja donje vode rijeke Po urađeni su modeli propagacije sa rekonstrukcijom poplava i određene dimenzije i lokaliteti retenzionih objekata uzimajući u obzir i uslove životne sredine i lokalne karakteristike.

#### 5.1. Rekonstrukcija poplava

Glavni odgovor koji se tražio jeste zapremina retenzije, zatim prognoze maksimalnih događaja kao i određivanje proticajne propusnosti ispusta. Za različite povratne periode i različito trajanje padavina, urađene su analize potrebne zapremine retenzije u funkciji izlaznog (nizvodnog) proticaja neposredno nizvodno od prelivnog ili nekog drugog organa predviđenog za punjenje ovih objekata.

Za svaku analiziranu retenziju može se reći da predstavlja slučaj za sebe i da su one međusobno različite. U slučaju objekta Sekja radi se o dvije retenzije koje su međusobno kombinovane u vidu manjeg i primarnog objekta u samom vodotoku i drugog, većeg objekta koji se naknadno aktivira. U slučaju retenzije Enca, njeno punjenje nastaje kada ulazni proticaj premašuje propusnu moć osnovnog korita nizvodno od organa za punjenje objekta. Ovu funkciju obavlja prag u koritu koji omogućava aktiviranje bočnog preliva.

Rješenje sa punjenjem retenzija sa uzvodne strane samog objekta je prihvatljivije je iz dva razloga: Prvo, jer je ovaj položaj evakuacionog organa bolji sa stanovišta pronosa i deponovanja nanosa, a drugo jer je to prihvatljivije za objekte nasipa koji su izvedeni po obodu retenzije.

Na retenzijama Krostolo i Parma izvedeni su cjeloviti objekti retenzija sa prelivnim objektom na nizvodnom kraju koje nalikuju na klasično akumulaciono jezero ali s tom razlikom da je objekat jednonamjenski pa se i zbog toga svrstava u retenzije.



Slika 4: Retenzija Parma: Nizvodni pogled na pregradu (branu)



## 5.2. Disipacija mlaza na izlazu iz temeljnog ispusta na objektu pregrade

Posebna pažnja je posvećena objektima temeljnih ispusta na pregradama (branama) s obzirom da oni stvaraju različite mlazne strujnice u odnosu na već poznate slične prilike na hidroenergetskim objektima. Na objektu vodotoka Sekja korišteni su posebni armirano-betonski blokovi tipa „duple kašike“ (bucket) sa odgovarajućim fizičkim modelom gdje je provjerena funkcionalnost ovih objekata.

Svaka od retenzija ima svoje karakteristične objekte za disipaciju energije temeljnih ispusta na branama za šta su rađeni fizički hidraulički modeli po preporukama američkog inženjerstva i njegovih iskustava na ovakvim objektima, Ovo je samo dokaz koliko su kompleksni ovi objekti i sa kakvom pažnjom i projektantskim oprezom treba prići njihovim rješenjima.

## 5.3. Geomorfološke karakteristike i veza između retenzija i eksploatacije riječnog materijala

Potrebno je dati karakteristike geološke, geomorfološke i hidrogeološke građe kako zbog izvođenja građevinskih radova i vododrživosti objekata tako i zbog eksploatacije riječnog materijala kako u samim retenzijama tako i van njih.

Očigledno je da je situacija na svim retenzijama slična i da se radi o konoidima wŕrmiane i Mindel-Riss na visokim platoima Modene, Ređo-Emilije i

Parme. U inženjersko-geološkom rječniku, ovo su primarni materijali koji su bili izloženi istim procesima erozije pri čemu se izdvajaju šljunci, pijesak, mulj i ilovače u raznim razvojnim fazama, što je inače uobičajeno za sastav zemljišta na donjim tokovima u Savskom slivu .

Objekti Sekja i Panaro nalaze se na završecima konoida na krajevima dolina gdje su padovi terena mali (0,5- 1 ‰), dok se objekti na Parmi, Enci i Krostolo nalaze uzvodno od konoida sa većim padovima terena (3-5 ‰).

Za svaki objekat posebno istraživanje je sprovedeno za položaj sedimenata, njihove litološke karakteristike, debljine slojeva, njihovu povezanost, propusnost, nivoe akvifera, sezonski režim. Razmatrani su takođe i slučajevi u vezi sa slijeganjem ovih objekata, kao i sa očekivanim seizmičkim karakteristikama. Istraživanje je bilo povjereno Odjeljenju za nauku zemljišta na Univerzitetu Modena i Ređo-Emilija.

Za sve retenzije oko 50% količina radova je bilo kompenzirano iskopom za industriju za preradu šljunka i pijeska.

## 5.4. Primjena Normativa o branama

Važno pitanje je u primjeni normativa u fazi projektovanja. Razmatrano je sljedeće:

- da sve retenzije sa svojim akumulacionim prostorom i maksimalnim nivoom uspora se izvode u skladu sa italijanskim Pravilnikom o branama (D.P.R. No 1363 od 01.11.1959.g.) kao i u skladu sa Normativnim dekretom od 24.03.1982.g.,



- ovi normativi ne uzimaju u obzir periodičnu funkciju retenzija i ne određuju tzv. ekološki prihvatljiv protok,
- Izvršni Savjet za javne radove ima svoje normative za ovakve retenzije.

U toku 1994.g. Ministarstvo za životnu sredinu svojim Zakonom No 584 od 21.10.1994.g. uzima u razmatranje retenzije. Ovim se preciziraju povremeni vodeni tokovi opasani nasipima (kao što je slučaj sa objektom Enca) i oni koji su stvoreni pregrađivanjem ovih tokova. O ovim prvo navedenim objektima brine lokalna Hidraulička Uprava, a o drugim ova Uprava zajedno sa Nacionalnim Servisom za brane. Zaključeno je da se za ovakve objekte ne moraju primjenjivati Normativi o branama s obzirom na malu frekvenciju i nepredvidivost poplavnih događaja.

Sve u svemu, postoji potreba za jednim savjetovanjem na kojem bi se dali odgovori o maksimalnoj procijenjenoj poplavi, dimenzioniranju ispusnih objekata, uticaju seizmičkih faktora kao i održavanje i nadzor izvedenih retenzija.

### 5.5. Uređenje korita Ence bočno od izvedenih retenzija

Retenzije Enca su izvedene van korita vodotoka uz lijevu obalu korita u jednoj starači u dužini od približno 5 km. Ukupna zapremina retenzionih objekata od  $12 \times 10^6 \text{ m}^3$  izvedena je približno 50% u iskopu terena, a preostalih 50% u nasipima. Ukupno su izvedene dvije retenzije pri čemu je najnižvodniji potez (dno retenzije) položeno na kotu dna osnovnog korita, dok je, uzvodno, dno objekta položeno par metara ispod kote korita. Razlika između kote krune nasipa i dna vodotoka je između 7 i 14 m. Unutrašnjost osnovnog korita vodotoka je bila obuhvaćena iskopom pri čemu su zahvaćeni svi slojevi šljunka i pijeska sve dok se nije došlo do slojeva gline. Izvedene traverze u koritu, zajedno sa ostalim međupragovima, omogućavaju ne samo bolju stabilnost korita nego i izdizanje nivoa vode što je povoljnije sa stanovišta prelaznih proticaja na organima za punjenje retenzija.

## 6. PRIMJENA FIZIČKIH HIDRAULIČKIH MODELA

Za sve retenzije i njihove objekte izvedeni su fizički hidraulički modeli tako da su za retenzije sa pregradama nizvodno od njih (Slučaj Parma i Krostolo) ovi modeli dali odgovor na pitanja hidrauličkih događaja u bučnicama, disipaciji mlaza, funkcionisanja pri velikim poplavama kao i ponašanju objekata pri različitim doticanjima (proticajima) na objektu za njegovo punjenje. U slučajevima punjenja ovih objekata sa uzvodne strane, modeli su dali odgovore na ponašanje trouglastog „Y“ rasporeda traverzi kao

i objekata za prigušenje toka na nizvodnom kraju objekata za punjenje kao i na ponašanje pojedinih objekata sistema.

Takođe, u slučaju retenzije Parma analizirana su dva nezavisna slučaja, jedne jedinstvene retenzije kao i slučaj kada se objekat sastoji od dvije retenzije. Svi fizički modeli su ispitivani u laboratoriji Boreto, a konačna obrada rezultata je urađena u Odjeljenju za građevinsko inženjerstvo Univerziteta u Parmi. Takođe, ovdje su urađeni i analizirani modeli sa objektima prigušenja u vidu „dvostruke kašike“ (bucket) o čemu je bilo više riječi u prethodnom tekstu i prethodnim slikama.

### 6.1. Pregrade (brane)

U slučaju pregrada postavljenih nizvodno od retenzije (Parma i Krostolo kao i Parma za oba slučaja, sa varijantama sa jednom i dvije retenzije) prve eksperimentalne faze su razmatrale isticanje u temeljnim ispustima, disipaciju mlaza nizvodno od njih, kao i generalno dimenzioniranje ovih objekata. Slična iskustva su preuzeta sa retenzije Sekja, koja je prethodno izvedena, s tim što su ova iskustva provjerena i primjenjena na novoprojektovanim objektima. To se prije svega odnosi na položaj i optimalne dimenzije u dužini i širini blokova za disipaciju. Tako npr. ulazne brzine reda u slučaju bez disipatora sa veličinom od 16 m/s su umanjene na 2,5 m/s sa minimumom od 1,0 m/s.

Takođe je analiziran i slučaj maksimalne poplave pri čemu se aktivira i površinski evakuacioni organ u vidu šahtnog preliava.

### 6.2. Uzvodni sistemi punjenja

Na primjeru retenzije Enca formiran je sistem od tri traverze (pregrade) u vidu slova „Y“. Modeli su dali rješenje za optimalnu vrijednost uglova pragova, odnose dužina pragova, nizvodne kote pragova kako bi se definisale zone taloženja. Takođe, modeli su u svojoj drugoj fazi dali odgovor na erozione procese u dnu vodotoka i retenzija kao i na njihovim obalama.

## 7. PROSTORNI POLOŽAJ

Za izvođenje ovih retenzija potrebno je zauzimanje značajnih površina okolnog terena i to: 350 ha za Sekju, 450 ha za Panaro, 300 ha za Encu i 180 ha za Parmu. Modeli za primjenu prostornih mjera i njihova evolucija su prirodno od velikog inetresa. Na ovim prostorima došlo je do plavljenja poljoprivrednih kultura i naravno da je inetresantno da se u relativno kratkom vremenu stvaraju uslovi povremenog plavljenja pri čemu dolazi do kratkotrajnog povećanja vlažnosti. Za svaku retenziju analizirana je mogućnost održavanja i preživljavanja faune i ustanovljeno je da povećanje vlažnosti utiče povoljno na razvoj i reprodukciju. U slučaju objekta Sekja unutar retenzi-





je kao i van nje se nalaze tereni koji se periodično plave i oni su tipični za močvarne krajeve. Tako je 1990.g. na površini od 260 hektara (od ukupno 350 ha cijele retenzije) formiran Riječni park retenzije Sekja u kojem se nalazi posebna flora i fauna specifični za močvarna vodna tijela.

U slučaju retenzija Enca, koje su novijeg datuma i utočište posebnih flora i fauna, nisu primjećene degradacije potencijala usljed poplava. U odnosu na retenziju Sekja gdje je automatski nastala prirodna transformacija zbog prisustva jezera usljed iskopavanja, i ovdje je došlo do podsticaja jedne prostorne ravni na jedan unaprijed pripremljeni način. Teritorij koji se analizira, van granica retenzija, podrazumijeva zaštitne pojaseve riječnog korita koji su u naprednoj fazi uspostavljanja ravnoteže. Sve to prati zadovoljstvo stanovnika ovog kraja. Putem intereneta lokalno Udruženje obavještava svoje posjetioce da se na teritoriji retenzionih površina nalazi značajno prirodno blago, da se radi o dvije retenzije na rijeci Enca... gdje se nalazi bogato prisustvo realnih vrsta, barskih ptica, malih gnjuraca, „italijanskih vitezova“, jarebica, dabrova i sl. Osjeća se entuzijazam simpatičnih ljubitelja prirode iako su radovi u završnoj fazi.

Retenzija Panaro koja se nalazi između autoputa i ulice Emilija, slično kao i u slučaju Sekje, smještena je na konoidima i u njoj se nalaze vodna ogledala na

iskopima, a prostor unutar retenzije se koristi za poljoprivredu. Jedan manji dio retenzije, oko 10%, predstavlja površinu koja je interesantan lokalni habitat.

Retenzija Krostolo, iako sastavljena od najstarijih retenzija (napravljena u ranim devedesetim) ne nalazi se u odgovarajućoj ravni. Unutrašnjost retenzije se jednim dijelom koristi za krmne kulture i travnate biljke, ostatak je neobrađen. Smatra se da je moguće ostvariti veoma atraktivan ambijentalni prostor ako se ostvari pravljenje retenzije uzvodno i nizvodno pri čemu bi se formirao prostor od oko 40 ha.

U vezi sa retenzijom Parma čiji su radovi završeni 2006.g. situacija je sljedeća: Na nekim dijelovima se još zahvata riječni materijal, a dio retenzije je još pod eksperimentalnim punjenjem. Već se razmatra primjena sličnih radova na uređenju ove površine kao što je bio slučaj na ostalim retenzijama.

## 8. EKSPERIMENTALNO PUNJENJE RETENZIJA, NADZOR I UPRAVLJANJE

Sa izuzetkom retenzije Sekja gdje se radi trenutno na povećanju zapremine ovog objekta uključujući i povećanje proticajnog kapaciteta na objektima za punjenje retenzije pri maksimalnoj poplavi, svi radovi na intervencijama kao i sami građevinski radovi su završeni. U ovom trenutku radi se na radovima u vezi sa eksperimentalnim punjenjem retenzije Parma kao i faza u vezi sa programiranjem ovakvih punjenja za



retenzije Enca, Krostolo i Parma. Ukratko daje se kratak prikaz nadzora i održavanja ovih objekata.

Ovakvi radovi su prema italijanskim normama i zakonima obavezni za sve akumulacione bazene kako nakon završetka radova tako i za tzv. probni rad. Ovo je obaveza nacionalnog servisa za brane. Ove probe su idealna prilika da se provjeri ponašanje akumulacionih bazena i da se eventualno uoče nedostaci kao i ponašanje objekata u funkciji. Takođe, u Italiji je predviđeno i povremena provjera ponašanja ovih objekata.

Tehnički elementi za aktivnosti upravljanja akumulacijama kojih se moraju pridržavati koncesionari ovih objekata su jedna novina za Agenciju za javne radove. Npr. u ovom trenutku su u toku radovi na izvođenju eksperimentalnih akumulacija na Parmi gdje su uposleni interna tehnička lica kao i privremeni tehnički specijalisti kao spoljni saradnici. Međutim, razmišlja se o stalnom angažovanju ovog osoblja. Takođe, predviđa se jedna saradnja sa institutima Univerziteta kao i Institutima za istraživanja u vidu sakupljanja podataka, precizno praćenje vrijednosti proticaja u sistemu.

Takođe nije isključena mogućnost da se u budućnosti akumulacioni prostori koriste i za navodnjavanje. Tako bi objekti postali dvonamjenski, za ublažavanja poplava i za navodnjavanje. Takođe se u ovom trenutku razmišlja o povećanju zapremine retenzija upravo za potrebe navodnjavanja. Takođe, objekti moraju obezbijediti i ispuštanje ekološki prihvatljivog protoka posebno važnim za ljetne mjesec.

## 9. ZAKLJUČCI

Analizirane retenzije površine na sjeveru Italije su na nacionalnom nivou jedinstvene u hidrauličkom smislu jer predstavljaju netipične jednonamjenske objekte za kontrolu poplava u slivu. Od početka projektovanja do njihove izgradnje bilo je potrebno oko 30 godina zbog ne samo složenih izvođenja nego već i administrativnog kašnjenja.

- ❑ Iako poneki objekti imaju sve elemente akumulacionog bazena, ipak se u italijanskoj literaturi svrstavaju u retenzione jer su isključivo jednonamjenski objekti za kontrolu poplava. Takođe, interesantna su iskustva na ovim, italijanskim objektima koja se odnose na situativni položaj retenzija, jedne ili više njih na istom objektu. U našoj praksi Riječne hidraulike uglavnom dominiraju tzv. bočni (derivacioni) objekti retenzija što ne mora biti isključivo pravilo.
- ❑ Posebna prednost dijelova objekata koji se odnose na punjenje i pražnjenje ovih retenzija leži u činjenici da nije primjenjen nijedan način mehaničke ili elektronske kontrole punjenja i

pražnjenja kako bi se pouzdanost objekata izdigla na viši nivo.

- ❑ Interesantno je za većinu izvedenih retenzija da je usvojen princip (nakon sprovedenih tehnoloških analiza) da se oko 50% radova izvodi u iskopu pri čemu se znatan dio investicionih ulaganja kompenzira komercijalnim efektom riječnog materijala iz iskopa. U nekim slučajevima su dna retenzija spuštana i ispod nivoa osnovnog korita, a u nekim drugim slučajevima ono prati kotu dna minor korita. Ovo ima za posljedicu neophodnost izvođenja nepropusnih injekcionih zavjesa (membrana) ispod temelja pratećih nasipa uz retenziju kako bi se omogućila vododrživost ovih objekata.
- ❑ Teško je na osnovu 5 izvedenih objekata, koji se znatno međusobno razlikuju, doći do srednje vrijednosti zadržanog kubnog metra vode, ali se može aproksimativno računati sa vrijednosti od oko 5 Eura.
- ❑ Primjenjujući iskustva naših italijanskih kolega na lokalnim prilikama donjeg toka rijeke Vrbas, autor je došao do zaključka da bi ovi objekti uz komercijalno korištenje iskopanog materijala u retenziji, najvjerovatnije bili ekonomski prihvatljivi pod uslovom da tržište u kratkom vremenu može prihvatiti desetine miliona kubika iskopanog komercijalnog materijala.
- ❑ Postoji mišljenje autora da bi najvjerovatnije ovi objekti mogli naći svoju primjenu u kombinaciji sa uređenjem vodotoka umjesto isključivo klasičnih regulacionih objekata na koje smo već više od 20 godina navikli i koji se u posljednjih 15-tak godina napuštaju na Zapadu i sve više prilazi tzv. „Natural Free Bank Protection“ konceptu ili kako ga još na Zapadu nazivaju „Natural River Engineering“.

## 10. LITERATURA

- [1] Bureau of Reclamation: Design of small Dams, SAD, 1977.g.
- [2] Bureau of Reclamation: Design of small cannal structures, SAD, 1980.g.
- [3] Rajčić, V.: „Neka praktična iskustva iz Zapadne Evrope u primjeni savremenih retenzionih površina za zaštitu od poplava“, 15. Savjetovanje Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI), Beograd, 2009.g.
- [4] Rajčić, V.; „Primjena retenzija u donjem toku rijeke Vrbas“, Časopis „Voda i mi“, Sarajevo ( u štampi)
- [5] Susin, G.M.: Le casse di espansione in Emilia-Romagna (Flood Control Retention Polders in Emilia Romagna Region, Italy), Časopis Acqua, Broj 5/2008, (str. 9-24), Rim, Italija, 2008.g.
- [6] Privatna prepiska autora sa pojedinim istraživačima sa Univerziteta u Bolonji i Parmii, Italija

# AQUASAN MREŽA BOSNE I HERCEGOVINE

## USPOSTAVLJENA NEFORMALNA MREŽA STRUČNJAKA U SEKTORU VODA I ZAŠTITE OKOLIŠA

**U** okviru Projekta dobre uprave u oblasti voda i zaštite okoliša „GOV-WADE“ 2. 12. 2010. godine uspostavljena je neformalna mreže stručnjaka iz sektora voda i zaštite okoliša u Bosni Hercegovini (BiH). Aquasan mreža je podržana od strane Švicarske agencije za razvoj i saradnju u BiH, a sekretarijat pomenute mreže je Resursni centar za vode i okoliš "Una Consulting" iz Bihaća.

### Kako je došlo do inicijative za uspostavu Aquasan mreže?

Sektoru voda i zaštite okoliša u Bosni i Hercegovini još uvijek nije dat zasluženi prioritet na svim nivoima, posebno na nivou entitetskih i državnih institucija. Izazovi u sektoru uglavnom su vezani za proces tranzicije u BiH i decentralizacije sektora voda i zaštite okoliša, što je rezultiralo nizom prekinutih veza između relevantnih aktera.

Upravo zbog nedostatka komunikacije, slabe povezanosti između relevantnih aktera u sektoru i potrebi za razmjenom postojećih iskustava pokrenuta je inicijativa za uspostavu neformalne Aquasan (aqua=voda, sanitas=zdravlje) mreže stručnjaka iz sektora voda i zaštite okoliša sa područja cijele BiH.

Ideja za uspostavljanje Aquasan mreže se takođe iskristalizirala tokom četverogodišnjeg provođenja Projekta „GOV-WADE“ na području sliva rijeke Une.

Nakon pripreme koncepta Aquasan mreže u saradnji sa stručnjacima iz sektora voda i zaštite okoliša (predstavnicima kantonalnih institucija, općina, javnih preduzeća, nevladinih organizacija i nezavisnim konsultantima), predstavnici firme "UNA Consulting" su proveli niz pripremnih aktivnosti i održali 27 sastanaka sa predstavnicima relevantnih institucija u sektoru voda i zaštite okoliša sa područja cijele BiH, a sve u cilju pripreme i uspostave Aquasan mreže.

Tokom provedenih razgovora, odnosno istraživanja, ideja o uspostavljanju Aquasan mreže je dobila značajnu podršku i potvrdila stvarnu potrebu za iz-

### Šta je Aquasan mreža?

**Aquasan mreža je neformalna grupa stručnjaka iz sektora voda i zaštite okoliša iz cijele Bosne i Hercegovine okupljena sa ciljem razmjene informacija, znanja, iskustava te unapređenja i promocije sektora voda i zaštite okoliša.**



Fotografije sa konsultativnih sastanaka sa predstavnicima Agencije za vodno područje Save i općine Tuzla



gradnjom kapaciteta u sektora voda i zaštite okoliša. Projekt uspostave Aquasan mreže je prepoznat od strane skoro svih zainteresiranih strana kao važan korak u razvoju i prosperitetu sektora voda i zaštite okoliša, kako za stručnjake pojedince, tako i za institucije koje oni predstavljaju.

### Ciljevi Aquasan mreže

Sektor voda i zaštite okoliša se suočava sa mnogim izazovima u pogledu upravljanja, nedostatka kapaciteta i međusobne komunikacije na svim nivoima – od lokalnog (općine) do entitetskog nivoa (relevantna ministarstva). Za potrebna unapređenja u sektoru, kroz uspostavljanje Aquasan mreže, postavljeni su slijedeći ciljevi:

- ❑ prikupiti i koristiti znanja i iskustva članova Aquasan mreže, te doprinijeti boljoj organizaciji sektora voda i zaštite okoliša i motivirati ostale zainteresirane strane da postanu aktivni članovi Aquasan mreže;
- ❑ omogućiti učenje kroz razmjenu pozitivnih iskustava, saznanja, informacija i najboljih praksi, te doprinijeti izgradnji ljudskih kapaciteta u sektoru voda i zaštite okoliša;
- ❑ Intenzivirati saradnju između predstavnika svih zainteresiranih strana, posebno stručnjaka u sektoru voda i zaštite okoliša, kroz lobiranje za zajedničke interese u sektoru voda i zaštite okoliša i promoviranje prepoznatljivosti sektora na svim nivoima vlasti.

Osim pružanja mogućnosti učenja, predviđeno je i promoviranje konkretnih aktivnosti i dobrih praksi (projekti koji se odnose na centralizovanu i decentraliziranu odvodnju i tretman otpadnih voda, upravljanje rizicima i kartiranje rizika od poplava, regionalno upravljanje čvrstim otpadom i sl.) i prezentiranje istih nadležnim organima uprave na svim nivoima i poten-

cijalnim finansijskim institucijama. Pored toga, najbolje prakse će biti dokumentirane i dostupne partnerima zainteresiranim za replikaciju. Ipak, Aquasan mreža će biti prvenstveno osnova za direktni kontakt sektorskih stručnjaka "licem-u-lice" kroz stvaranje zajednice za učenje i razmjenu iskustava, a ne kao alat za stvaranje konkretnih proizvoda. Najvažniji proizvod Aquasan mreže jest znanje i razmjena iskustava.

### Članstvo

Članovi Aquasan mreže su stručnjaci iz sektora voda i zaštite okoliša sa područja cijele Bosne i Hercegovine.

Članstvo u Aquasan mreži ovisi o intenzitetu učešća njenih članova i podijeljeno je na tri grupe: ključni članovi (stalni članovi – pokretači koji će osigurati kontinuitet rada mreže), pridruženi članovi (pozivaju se u određenim prilikama) i članovi podrške (donatori, finansijske institucije i drugi relevantni i zainteresirani akteri).



Članstvo u Aquasan mreži

Članovi Aquasan mreže su, odnosno mogu biti predstavnici: državnih ministarstava, relevantnih entitetskih i kantonalnih ministarstava, entitetskih agencija za vode, općina, istraživačkih ustanova, civilnog



društva, nevladinih organizacija, javnih vodovodnih i komunalnih preduzeća, te predstavnici privatnog sektora uključujući neovisne konsultante na temelju usaglašenih kriterija i na dobrovoljnoj osnovi. Pri odabiru članova poštuje se princip ravnopravnosti spolova.

Pokretačke snage Aquasan mreže su timski duh njezinih članova, jednakost svih članova na temelju kulture dijaloga, predanost razmjeni znanja, ali i predanost članova da ostvare napredak u sektoru voda i zaštite okoliša sa zajedničkom vizijom unapređenja. Neformalnost u radu nudi mogućnosti za užu saradnju i komunikaciju među članovima koji predstavljaju različite institucije, ali koji u takvom okruženju mogu djelovati i kao pojedinci sa zajedničkim interesima u sektoru voda i zaštite okoliša ili drugim zajedničkim interesima. Neformalnost grupe također znači da ne postoji statut, nema zakonske i organizacijske strukture, nego samo dobro međusobno funkcioniranje pojedinaca i horizontalna hijerarhija članova, tj. jasne i redovite rotacije uloga i odgovornosti.

### **Incijalni sastanak Aquasan mreže**

Tokom incijalnog sastanka Aquasan mreže koji je održan 2.12.2010. godine u Bihaću uspostavljena je Aquasan mreža i usvojen programa rada za narednu godinu, a pojedini članovi su se već izjasnili za nivo članstva u mreži. Ključni članovi mreže će zajedno sa predstavnicima Una Consulting-a (sekretarijatom Aquasan mreže), učestvovati u pripremi i provođenju narednih sastanaka.

Kao najaktuelniju temu za prvi sastanak Aquasan mreže većina učesnika je predložila: "Priprema i upravljanje projektima (investicijama) u oblasti odvodnje i prečišćavanja otpadnih voda, uključujući i pripremu Jedinica (timova) za implementaciju pomenutih projekata".

Na Inicijalnom sastanku Aquasan mreže prisustvovali su predstavnici Agencije za vodno područje Jadranskog mora, Agencije za vode oblasnog rije-

čnog sliva Save, predstavnici kantonalnih ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva iz Zeničko-dobojskog, Tuzlanskog i Unsko-sanskog kantona, predstavnici općina Tuzla, Prijedor, Cazin, Bosanska Krupa i Bihać, javnih vodovodnih/komunalnih preduzeća predstavnici Jedinice za implementaciju projekta odvodnje i prečišćavanja otpadnih voda grada Bihaća, predstavnik SDC-a, i švicarske konsultantske firme SKAT.

U svrhu razmjene aktuelnih informacija i dešavanja u sektoru, u uvodnoj prezentaciji koju je pripremio gospodin Branislav Blagojević, koji iz opravdanih razloga nije mogao prisustvovati Inicijalnom sastanku Aquasan mreže, prezentirao je gospodin Sandi Zulić, direktor Una Consulting-a. On je sa učesnicima podijelio najbitnije informacije i zaključke sa nedavno održane konferencije u Sarajevu pod pokroviteljstvom DABLAS sekretarijata (platforma za zaštitu voda i ekosistema za sliv Dunava i Crnog mora).

Ukratko su predstavljeni strateški i pravni okviri sektora voda i odvodnje otpadnih voda u BiH, te naučene lekcije u pripremi projekata i mogućnosti financiranja infrastrukturnih projekata u oblasti voda iz zemalja u regiji. Također, uz osvrt na predprocjenu projekata, planiranje i utvrđivanje prioriteta kod ulaganja u postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, učesnicima su predstavljeni zaključci sa preporukama za unapređenje situacije u sektoru.

Gđa Aida Jusufhodžić, inženjerka Una Consulting-a, učesnicima je pružila informacije o nedavno održanoj radionici: „Decentralizirani sistemi odvodnje otpadnih voda“, njenom sadržaju i ciljevima. Jedan od glavnih zaključaka sa radionice jest da je tema veoma aktuelna za općine i javna vodovodna i komunalna preduzeća, te je izražena potreba daljnje izgradnje njihovih kapaciteta kako bi se ovakvi projekti mogli implementirati u što skorijem periodu.

Prezentacija „Projekat odvodnje i prečišćavanja otpadnih voda u općini Bihać – iskustva u implementaciji projekta“ koju je priredio gosp. Hasan Zulić, te-



*Predstavljanje učesnika*



*Prezentacija gospodina Hasana Zulića i diskusija*

matski je poslužila kao uvod za naredni sastanak Aquasan mreže. Za pomenutu temu je tokom konsultativnih sastanaka vladao veliki interes među svim učesnicima Aquasan mreže.

Pored pregleda trenutnog stanja sa stanovišta odvodnje otpadnih voda, učesnicima su takođe prezentirane informacije o glavnim elementima sporazuma općine Bihać i KfW banke, iznosu i raspodjeli finansijskih sredstava i ostvarenim preduvjetima za početak realizacije projekta. Pojašnjeni su i odnosi učesnika u realizaciji projekta na relacijama finansijska institucija – općina - realizator. Iz diskusije je proizašla konstatacija o neophodnosti unapređenja kapaciteta općina i obuke članova JIP-a za provođenje velikih infrastrukturnih u sektoru voda i zaštite okoliša. Također, veliki interes izražen tokom diskusije i brojna pitanja opravdanje su i potvrda pokretanja Aquasan mreže.

Treba takođe na kraju navesti da su svi prisutni zaključili da je sa prezentacijom gosp. Zulića i disku-

sijom na pomenutu temu izvršena odlična priprema za naredni sastanak Aquasan mreže.

Pored ove aktuelne teme, prisutni učesnici predložili su još niz tema (zaštita izvorišta i vodenih tokova, iskustva u primjeni novih pristupa i tehnologija, javno-privatno partnerstvo i sl.) koje će biti detaljnije razrađene tokom narednih sastanaka Aquasan mreže i Aquasan radionice.

Tokom dvogodišnjeg perioda djelovanja Aquasan mreže, čiju je podršku omogućila Švicarska agencija za razvoj i saradnju u BiH, predviđeno je šest sastanaka i dvije Aquasan radionice koje će organizovati sekretarijat Aquasan mreže. Prvi redovni sastanak Aquasan mreže biće održan u Banja Luci, povodom obilježavanja Svjetskog dana voda, 22. marta 2011. godine.

Više informacija: [www.sliv-una.org.ba](http://www.sliv-una.org.ba),  
e-mail: [unasanabi@bih.net.ba](mailto:unasanabi@bih.net.ba)



*Svi učesnici Inicijalnog sastanka Aquasan mreže (2.12.2010. godine, Bihać)*



## IN MEMORIAM

### NADA GALIĆ, (1956.-2010.)

**N** ikada nije lako pisati ovu vrstu teksta, a naročito onda kada pišete o osobi koju ste poznavali preko dvije decenije i sa kojom ste imali veoma lijepe poslovne i prijateljske odnose, međusobno se uvažavali i razumijevali, uspješno saradivali i zajedno proživljavali mnoge lijepe, ali i one druge trenutke.

Nada Galić je bila na svoj način neobično obična i posebna osoba. Uvijek je znala šta želi, može i hoće, naročito kada su struka i posao bili u pitanju i sve to uokvireno u savjesnost i odgovornost do mjere do koje je to ponekad sagovornika ili saradnika znalo zadiviti, ali i obeshabriti ili osujetiti. To se odslikavalo i u njenom privatnom životu u kojem je uvijek više pažnje i vremena imala za porodicu i prijatelje, za sebe najmanje. Sjećam se neke naše priče od prije tri godine o godišnjem odmoru kada mi je rekla da posljednjih 7-8 godina uopšte nije koristila godišnji odmor što zbog posla, što zbog nekih porodičnih problema. I takva je ostala do samog kraja; iako teško bolesna, svim silama je nastojala da ne zavisi od drugih, da ne opterećuje okolinu i da bude što pozitivnija. Valjda nije naučila da prima pomoć i pažnju, znala je samo da pruža.

Rođena u Žepču 1956. godine, završivši gimnaziju u Zavidovićima, odlazi u Sarajevo na Građevinski fakultet na kojem diplomira 1981. godine.

Radeći kao mladi inženjer u Unioninvestu - Hidroterma, brzo se opredjeljuje za oblast tretmana pitkih voda i svoja značajna iskustva stiče radom u istom imenom glavnom gradu Alžira na izgradnji uređaja za pripremu pitke vode.

Želja za novim saznanjima i iskustvima dovodi je u Zavod za vodoprivredu u Odjeljenje za komunalnu



hidrotehniku, a kasnije u Studijsko odjeljenje gdje rame uz rame sa starijim i iskusnijim kolegama profesionalno, stručno i odgovorno obavlja radne zadatke.

Ratna zbivanja 1992.-1995. preživjela je u Sarajevu redovno idući na posao u Zavod, pa sve do 2001. godine kada prelazi na rad u Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva na mjesto glavne federalne vodoprivredne inspektorice.

Formiranjem Federalne uprave za inspekcijske poslove, nastavlja svoj rad kao glavna inspektorica za

oblast voda sve do svoje smrti.

Kada se u proljeće 2009. godine razboljela pa sve gotovo do kraja nije gubila ni duh ni vedrinu, uvijek želeći pričati samo o poslu i vodoprivrednim temama, za sebe samo kratko govoreći da je dobro i da će ozdraviti, a i dalje veoma brinući o zdravlju svoga staroga oca koji živi sam u Žepču.

Nažalost, teška bolest je bila jača i Nada je zaklopila svoje plave oči 4. oktobra 2010. godine.

Tako smo ostali bez jedne drage i čestite osobe, bez jedne vrlo profesionalne i odgovorne inženjerke hidrotehnikе i vodoprivredne inspektorice, bez Nade Galić koja je svoja znanja i iskustva dijelila i kroz ovaj časopis pišući zanimljive tekstove o zaštiti voda.

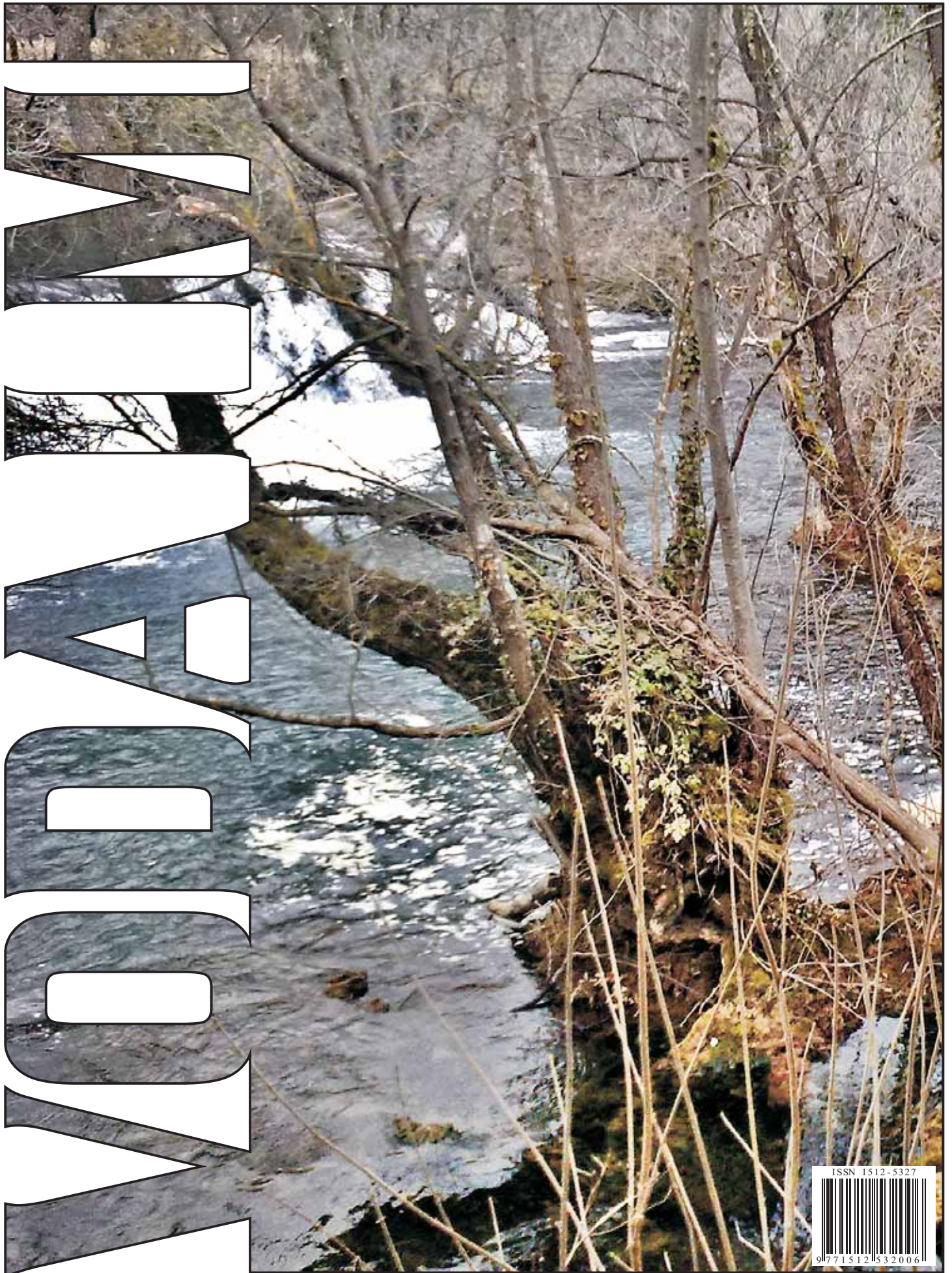
Da se krivo ne shvati, nije Nada bila samo inženjerka i stručnjak, Nada je itekako voljela pozorište, muziku, film, pa je svoje slobodno vrijeme najčešće i provodila posjećujući pozorišna i koncertna događanja u Sarajevu. Tako je, jednom mi je rekla, punila baterije za ispunjavanje svih zadataka koji je čekaju sutra. Takav spoj senzibiliteta i čvrstine ne sreće se često u životu.

Koliko god je bila dio naših života, jednako tako će biti i dio naših lijepih i dragih sjećanja.









# WORLDWIDE

ISSN 1512-5327  
9 771512 532006