

WATER

ČASOPIS AGENCIJE ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE SARAJEVO

2017
Godina XV
74



UVODNIK

D. Hrkaš, T. Rogač
UVODNIK

KORIŠTENJE VODA

S. Jusić
PRIPREMA VODE ZA PIĆE – SAVREMENI TOKOVI

ZAŠTITA VODA

N. Sejdić, A. Hadžiahmetović, A. Čičić-Močić
FLORISTIČKO-FAUNISTIČKO ISTRAŽIVANJE
TRSTIONICE U 2009. GODINI

P. Mitrović, I. Zarić
ANALIZA KVALITETA VODE
SLIVA REKE UNE NA OSNOVU
MAKROINVERTEBRATA DNA

S. Kuljak
BIOESEJ METODE ZA UTVRĐIVANJE TOKSIČNOSTI
VODA I VREDNOVANJA REZULTATA

VIJESTI I ZANIMLJIVOSTI

M. Bajčetić
PRIMENA I RAZVOJ MENADŽMENTA (LJUDSKIH
RESURSA) U VODNOJ DELATNOSTI



Autor kolor fotografija na srednjim stranama je dipl. oec. Sead Kumašin iz Sarajeva i snimljene su u Halkicima na rijeci Uni u okolini Bos. Krupe, a fotografije na prvoj i zadnjoj strani je snimio Dejan Vreco na slapovima rijeke Kozice u okolini Fojnice.

"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

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,



Povodom Svjetskog dana voda, 22. 03. 2011. godine u Hotelu „Leotar“ u Trebinju održan je radno-svečani skup sa temom „Voda za gradove: Urbani izazovi“. Sastanku su prisustvovali pomoćnik ministra za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu Republike Srpske Mihajlo Stevanović, pomoćnica ministra za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo FBiH, Hazima Hadžović, direktori agencija za vode iz Sarajeva, Mostara, Bijeljine i Trebinja, načelnici opština u okruženju, predstavnici vodovoda, zavoda za vodoprivredu i ostali mnogobrojni gosti iz oblasti voda u Bosni i Hercegovini. Skupu je prisustvovalo oko 150 učesnika.



Učesnici skupa u Trebinju

Uvodno obraćanje je kao domaćin imao direktor Agencije za vode oblasnog riječnog sliva Trebišnjice Branko Čolić, koji je, između ostalog, istakao, da u deceniji 2005.-2015. koju su UN proglasile decenijom Voda za život, ova godina sa motom „Voda za gradove: Urbani izazovi“ nameće potrebu i obavezu da se urbanizaciji prilazi planski, a to znači i efikasnije upravljanje vodama, kroz sposobnost država da se aktiviraju na izgradnji jakih institucijau sektoru vo-

da i jačanju profesionalnih kapaciteta koji mogu da primijene složene i odgovorne javne politike.

Na području BiH pokušava se doprinijeti integralnom upravljanju vodama kroz aktivno učešće resornih ministarstava i agencija za vode, njihovom usvojenom regulativom i legislativom, sa jedne strane i, s druge strane, stručno- tehničkom podrškom, kao i sufinansiranjem lokalnih zajednica ili garancija u dijelu kreditnih zaduženja.



Pozdravna riječ Branka Čolića

Pomoćnik ministra za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu Republike Srpske Mihajlo Stevanović, obratio se prisutnim sa zaključkom da je voda za piće u organizovanom vodosnabdijevanju u RS higijenski ispravna, ali da je problem obuhvat stanovništva koji nije priključen na gradski vodovod i kanalizacioni sistem, kao i nedovoljan tretman komunalnih otpadnih voda.

Sa sličnim stavovima se obratila i Hazima Hadžović, pomoćnica ministra za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo FBiH naglasivši pri tom da su u FBiH daleko više izraženi problemi sa organizovanim odvođenjem i tretmanom komunalnih otpadnih



voda nego sa vodosnabdijevanjem, što predstavlja poseban izazov za gradske infrastrukture.

Poslije uvodnih izlaganja, prisutne je pozdravio načelnik opštine Trebinje dr. Dobroslav Ćuk. Istakao je značaj obilježavanja Svjetskog dana voda i dao osvrt na neprocjenjivu vrijednost vode, zaštitu od ugroženosti i značaj očuvanja zaliha vode.

Zatim je skup nastavio rad kroz prezentovanje referata koje su za ovu priliku pripremili uposlenici iz sektora voda iz oba entiteta:

1. „Očuvanje kvaliteta vode-sigurna budućnost gradova Istočne Hercegovine“; Zdravko Mrkonja, dipl. hemičar
2. „Suvremene metode zaštite krških izvorišta“; mr. sc. Ivan Antunović, dipl.ing.geologije
3. „Modeli i metode utvrđivanja ekonomske cijene vode“; Dalibor Vrhovac, dipl.ekonomista
4. „Mogućnosti razvoja i proširenje vodovodnog sistema na urbanom području grada Trebinja – Osnove matematskog modeliranja i predloženog tehničkog rješenja“; Nedeljko Sudar, dipl. inž. građ., Vujadin Blagojević dipl. inž. građ, Branko Čolić, dipl. inž. građ, Marina Gadža, dipl. inž. građ.
5. „Vodosnabdijevanje i odvođenje otpadnih voda u FBiH“; Alma Imamović, dipl. inž. građ.
6. „Urbani vodni sustav-koncept integralnog upravljanja“; doc. dr. sc Željko Rozić, dipl. građ. inž.
7. „Vodosnabdijevanje u kontekstu Strategije upravljanja vodama u FBiH“; Autor: Indira Sulejmanagić, dipl. inž. građ.
8. „Voda za budućnost Banja Luke“; Gordana Glogovac, dipl. inž. građ., Aleksandra Kovačević, dipl. inž. teh.



Mihajlo Stevanović se obraća prisutnima



Uvodno izlaganje Hazime Hadžović

Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.



PRIPREMA VODE ZA PIĆE – SAVREMENI TOKOVI*

Rezime

Činjenica pogoršanja kvaliteta vodnih resursa s jedne strane, a s druge usvajanje strožije zakonske regulative vezane za kvalitet vode za piće, izazov je za preradu vode, to jest njenu pripremu za piće. U radu su najprije date osnovne informacije o zakonskoj regulativi vezanoj za pooštrene zahtjeve u pogledu kvaliteta vode za piće. Također je naveden pregled različitih metoda prerade vode, njihova efikasnost i pregled njihove primjene. Lošiji kvalitet sirove vode i strožiji zahtjevi u pogledu kvaliteta vode za piće nameću neminovnost u poboljšanju prerade vode, to jest, praćenje savremenih tokova u ovoj oblasti. Poboljšanja metoda prerade vode pretpostavljaju informisanje o novijim tokovima (spoznajama / zahtjevima) prakse prerade vode razvijenih zemalja i njihovo postepenu usvajanje u skladu sa postojećim mogućnostima.

Ključne riječi: priprema vode za piće, kvalitet vode, metode prerade vode, poboljšanja prerade vode

UVOD

Spoznaje o novim zagađivačima vodnih resursa i uopšte o posljedicama zagađenja raznih zagađivača, utiču na pooštrene zahtjeve potrošača za pouzdanim i sigurnim vodosnabdijevanjem. Svaka zemlja i njena vlada imaju obavezu obezbjediti svojim stanovnicima vodu kvalitetnu za piće. To se postiže, pored ostalog, i strožijom zakonskom regulativom vezanom za kvalitet vode. Praćenje i usvajanje međunarodnih tokova (WHO – svjetske zdravstvene organizacije, EU – Evropske unije...), vezano za nove strožije direktive, smjernice i standarde kvaliteta vode za piće, podrazumijeva i kontinuiranu strategiju u pravcu zaštite vodnih resursa i obezbjeđenja sigurnog vodosnabdijevanja.

Postizanje strožijih ograničenja, vezano za kvalitet vode za piće, podrazumijeva zaštitu vodnih resursa, ali i unapređenje rada i efekata u pripremi vode za piće, to jest u njoj preradi/tretmanu. U ovom radu više se razmatra problematika kvaliteta vode za piće, odnosno put postizanja tog kvaliteta. Nažalost,

* Rad prezentiran na radionici: *Uloga i značaj pitke vode* (organizator radionice, održane povodom 22. marta – Svjetskog dana voda, Ured za veterinarstvo BiH)

zbog prisutnog trenda zagađenja vodnih resursa, danas smo sve više upućeni na vode koje se ne mogu direktno upotrebljavati za piće, jer je neophodna njihova odgovarajuća prerada, kako bi se postigli standardi, odnosno zahtjevi kvaliteta vode za piće.

ZAHTJEVI U POGLEDU KVALITETA VODE ZA PIĆE (OSNOVNO O ZAKONSKOJ REGULATIVI)

Zahtjevi u pogledu kvaliteta vode za piće su sve strožiji, a propisuju se odgovarajućim standardima. Kvalitet vode za piće, reguliše svaka država posebnim propisima. Propisi (zakonski, podzakonski) o vodama u BiH, u kojima se razmatra problematika vode za piće, uopšteno su navedeni u nastavku.

ZAKONI

Zakon o vodama

PODZAKONSKI AKTI

Uredbe:

Uredba o klasifikaciji voda,

Uredba o kategorizaciji vodotoka,

Pravilnici:

Pravilnik o opasnim materijama koje se ne smiju unositi u vode,

Pravilnik o higijenskoj/zdravstvenoj ispravnosti vode za piće,

Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće

Sa aspekta pripreme vode za piće svakako da su najinteresantniji *Pravilnik o higijenskoj/zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* i *Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće*. Ovdje treba istaknuti novi *Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (u daljnjem tekstu: *Pravilnik*), koji je objavljen u "Službenom glasniku BiH", broj: 40/10. (Vijeće ministara BiH, na prijedlog Agencije za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine u saradnji s nadležnim organima entiteta i Brčko Distrikta Bosne i Hercegovine, na 113. sjednici, održanoj 21. januara 2010. godine, donijelo je ovaj *Pravilnik*). Prema članu 18 (stavljanje van snage) ovog *Pravilnika*:

Danom stupanja na snagu ovog *Pravilnika* (*Pravilnik* stupa na snagu osmog dana od dana objavljivanja u "Službenom glasniku BiH") prestaje da važi:

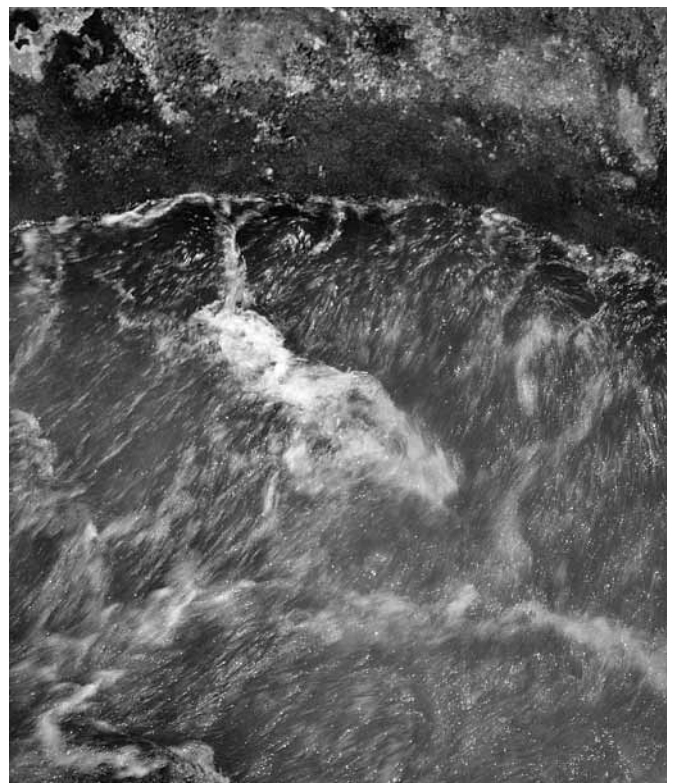
a) *Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće* ("Službeni list SFRJ", br 33/87 i 13/91 i "Službeni list RBiH", br. 2/92 i 13/94);

b) *Pravilnik o kvalitetu prirodne mineralne vode* ("Službeni list SFRJ", broj 58/78 i "Službeni list RBiH", br. 2/92 i 13/94);

c) *Pravilnik o načinu uzimanja i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće* ("Službeni list SFRJ", broj 33/87 i "Službeni list RBiH", br. 2/92 i 13/94).

Ovim *Pravilnikom* propisuju se zahtjevi i standardi koje mora ispunjavati voda za piće, maksimalno dozvoljene vrijednosti parametara zdravstvene ispravnosti, metode laboratorijskih ispitivanja, te mjere za praćenje zdravstvene ispravnosti vode za piće. Cilj ovog *Pravilnika* je zaštita zdravlja ljudi od negativnog utjecaja bilo kakvog zagađenja vode, namijenjene za piće, osiguravanjem njene zdravstvene ispravnosti.

U Tabeli 1, dati su Zahtjevi za kvalitetom vode za piće, koji su sve strožiji, kako rastu spoznaje o štetnom utjecaju pojedinih tvari na zdravlje ljudi. Tabela daje prikaz uporedbe standarda kvaliteta vode za piće u BiH, WHO (World Health Organization), EU (European Union), EPA (Environmental Protection Agency) i Japana. Uporedba je provedena vezano za neke parametre, odnosno pokazatelje kvaliteta vode za piće (1.kolona Tabele 1). U Bosni i Hercegovini, prije stupanja na snagu prethodno pomenutog *Pravilnika* (iz 2010), bio je važeći *Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće* iz 1987 (definisan pod tačkom a)). Analizom ove Tabele, odnosno različitih standarda, konkretno za BiH uporedbom *Pravilnika* iz 1987 i 2010, može se uočiti da su novi standardi pooštreni i usklađeni sa standardima EU.



Izvor rijeke Krušnice u Krajini

Snimio: M. Lončarević

Tabela 1: Usporedba standarda kvaliteta vode za piće vezano za neke parametre

STANDARDI PARAMETRI	BiH		WHO (2004)	EU (1998)	Japan (2004)	EPA (2003)
	(1987)	(2010)				
Koliformne bakt. (MPN u 100 ml)	0	<u>0</u>	0	0	0	0
Aerobne mezofilne bakt. u 1ml na 37°C (flaširana voda)	50	<u>20</u>	-	20	-	-
Mutnoća (NTU)	1,2	<u>1,0</u>	-	1,0	2 stepena ^[1]	-
TTHM ^[2] (mg/l)	0,1	<u>0,1</u>	-	0,1	0,1	0,08
Nitriti (mg/l)	0,005	<u>0,5</u>	3	0,5	0,05	10
Nitrati (mg/l)	10	<u>50</u>	50	50	-	1
Nitriti i nitrati (mg/l)	-	=	-	-	10	10
pH	6,8 - 8,5		-	6,5 - 9,5	5,8 - 8,6	6,5 - 8,5
Živa (mg/l)	0,001	<u>0,001</u>	0,001	0,001	0,0005	0,002
Olovo (mg/l)	0,05	<u>0,01</u>	0,01	0,01	0,01	0,015
Željezo (mg/l)	0,3	<u>0,2</u>	-	0,2	0,3	0,3
Arsen (mg/l)	0,05	<u>0,01</u>	0,01	0,01	0,01	0,01

U nastavku su uopšteno prikazane metode pripreme vode za piće, čiji je krajnji cilj zadovoljenje zahtjeva kvaliteta vode za piće, koji su propisani zakonskom regulativom. Također su date osnovne informacije o njihovoj efikasnosti i primjeni.

METODE PRERADE VODE – NJIHOVA EFIKASNOST I PRIMJENA

Kvalitet vode izvorišta, odnosno sirove vode, utječe na izbor metoda, odnosno operacija prerade. Da bi se voda koristila za piće, ako je kvalitet sirove vode dobar, dovoljna je samo dezinfekcija, kao operacija prerade, a ukoliko je sirova voda izuzetno zagađena, neupotrebliiva je u svrhu vodosnabdijevanja.

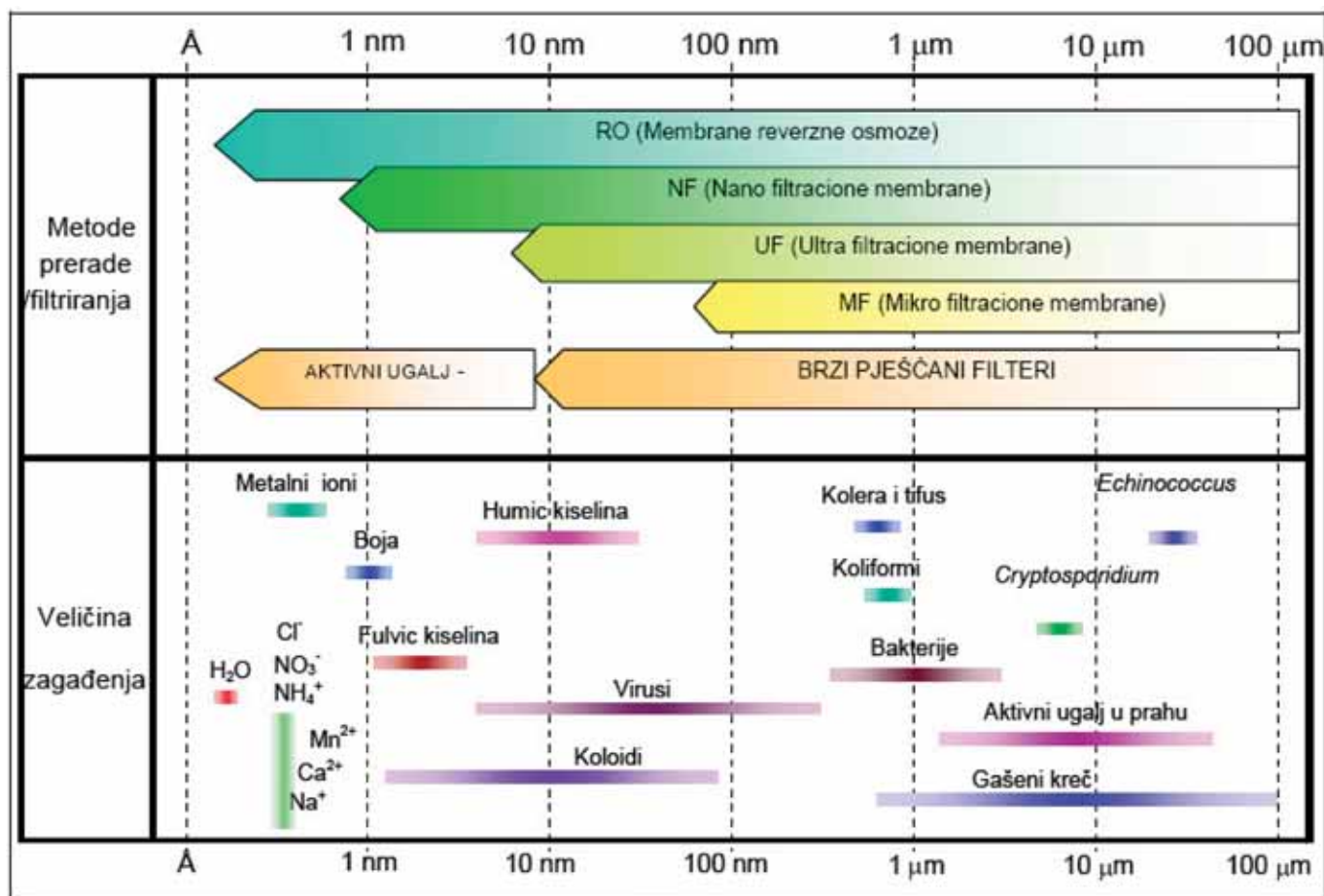
Istorijski gledano metode prerade vode su se vremenom razvijale, odnosno poboljšavale, kako bi se savladalo sve veće zagađenje vodnih resursa i odgovorilo zahtjevima kvaliteta vode za piće. U nastavku su prikazane osnovne metode prerade vode.

- KLASIČNA METODA PRERADE (biološko-fizički procesi)
 - Spori filteri;
- KONVENCIONALNE (fizičko-hemijski)
 - Brzi (granularni) filteri;
- SAVREMENE METODE PRERADE (fizičko-hemijski procesi)

– Membranski filteri (nano filtracija, reverzna osmoza)...

Osnovne operacije pripreme vode za piće, koje su uglavnom uključene u svakom metodu prerade vode su - miješanje, koagulaciju, flokulaciju, taloženje, filtriranje i dezinfekciju. *Filtriranje* je, zajedno sa *dezinfekcijom*, najvažnija operacija prerade vode. Filtriranje vode predstavlja izdvajanje određenih komponenti iz tečne faze rastvora, bilo prolaskom tečnosti kroz poroznu/granularnu sredinu ili odgovarajuću površinu/ membranu na primjer. Koja će materija biti propuštena u filtrat, a koja neće, zavisi od fizičko-hemijskih karakteristika te materije, te primjenjene tehnike/metode filtriranja. Različitim metodama filtriranja otklonit će se različite materije – različite po vrsti i veličini.

Slika 1. prikazuje različite metode prerade, odnosno filtriranja, te njihovu efikasnost u uklanjanju različitih vrsta zagađenja. Učinkovitost metode prerade vode ovisi o veličini poroziteta filtera, odnosno o veličini pora. Smanjenjem poroziteta povećava se učinkovitost izdvajanja, odnosno izdvajaju se čestice manje veličine. Fizički je nemoguće izdvojiti praktično sve tvari koje su veće od molekule vode. Kao što Slika 1 i pokazuje, najefikasniji metod prerade vode u pogledu uklanjanja najmanjih veličina zagađenja svakako je reverzna osmoza, koja predstavlja jednu



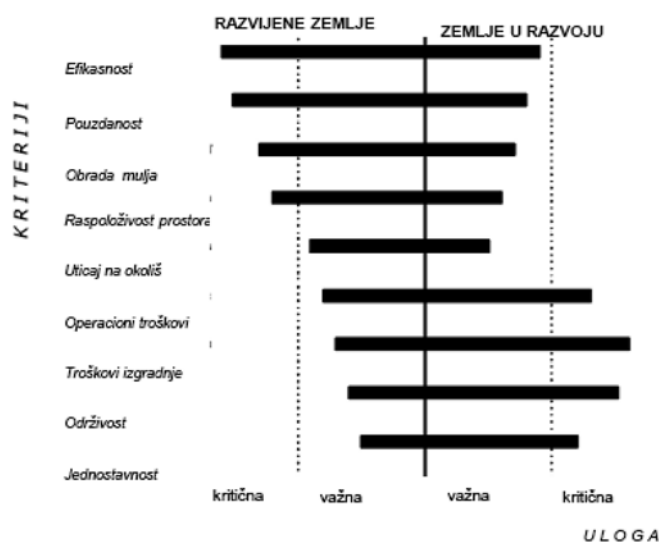
Slika 1: Različita zagađenja i odgovarajuće metode prerade / filtriranja

od savremenih metoda prerade vode. Konvencionalni postupci pripreme vode za piće podrazumijevaju upotrebu brzih granularnih (najčešće pješčanih) filtera, a efikasni su za uklanjanje suspendovanih i koloidnih materija (Slika 1). Ukoliko se kao ispuna filtera koristi i aktivni uglj (bilo granularni ili u prahu) efikasnost konvencionalne metode prerade može se znatno povećati, što pokazuje Slika 1.

Ovdje je interesantno prikazati različite kriterije pri odabiru metoda prerade vode, odnosno pri odabiru mjera/načina poboljšanja procesa prerade. Ovaj prikaz daje Slika 2. Naime, različiti kriteriji su različito vrednovani u razvijenim, odnosno u zemljama u razvoju. Tako na primjer, u razvijenim zemljama, pri odabiru metoda za pripremu vode za piće (a i obradu otpadnih voda) najveći značaj daje se efikasnosti, pouzdanosti, obradi mulja, zahtjevima za zemljište, te utjecaju na okoliš. Za razliku od razvijenih zemalja, u zemljama u razvoju najveća važnost daje se: troškovima izgradnje, održivosti, jednostavnosti i operativnim troškovima.

Generalno, od svake stanice za preradu vode, odnosno usvojene metode prerade vode u sklopu stanice, zahtijeva se sljedeće:

- pouzdaniji kvalitet prerađene vode (zadovoljenje strožijih standarda kvaliteta vode),



Slika 2: Kriteriji u odabiru metoda prerade vode: poređenje razvijenih i zemalja u razvoju

- manji operacioni troškovi, i
- minimiziranje negativnog uticaja na okoliš.

Prethodno pomenuto je u koliziji. Na primjer, veća potrošnja energije, korištenje hemikalija, učestalije pranje i češća regeneracija ispune filtera, proizvodnja otpadne vode i mulja, znače bolji kvalitet vo-

de za piće, ali istovremeno i veće troškove i negativniji utjecaj na okoliš. Najvažniji ograničavajući kriterij svakako je kvalitet vode za piće (regulisan zakonskom regulativom), koji mora biti zadovoljen.

Klasične metode prerade

Do II svjetskog rata, u pripremi vode za piće, bile su uobičajene klasične metode prerade, koje su podrazumijevale korištenje sporih filtera. Ovi filteri su dosta efikasni, ali im je osnovna mana što zbog malog opterećenja kojeg primaju zauzimaju velike površine zemljišta. Danas se spori filteri uglavnom koriste radi dodatnog poboljšanja kvaliteta površinske vode iza obrade taloženjem i brzom filtracijom, ili u malim stanicama, za preradu podzemnih voda, koje sadrže magnezijum (Mg) i željezo (Fe).

Vrlo sporadična upotreba sporih pješčanih filtera, na primjeru SAD, vidljiva je na Slici 3. Istina, u odnosu na SAD u Evropi je nešto veća primjena ovih filtera. Slika 4, također daje uvid u zastupljenost razli-



Slika 3: Broj sporih pješčanih filtera u djelovanju, SAD, 1991.

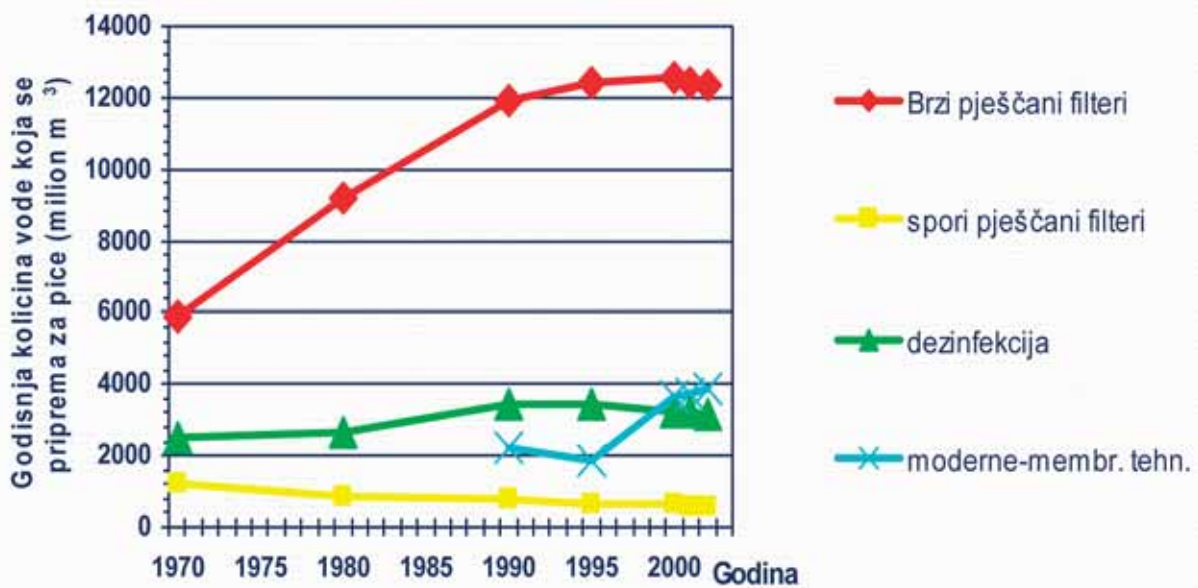
čitih metoda prerade vode na primjeru Japana, u posljednje 4 decenije. Ovakva zastupljenosti različitih metoda filtriranja u pripremi vode za piće, u Japanu, može poslužiti kao tipičan primjer za razvijene zemlje. Metode klasične prerade vode (spori pješčani filteri) su zastupljive u najmanjoj mjeri i njihova primjena ima tendenciju daljnjeg smanjenja.

U BiH, u pripremi vode za piće, u sklopu javnog vodosnabdijevanja, ne koriste se spori pješčani filteri.

Konvencionalne metode prerade

Brzi filteri, zahvaljujući svojim karakteristikama, skoro u potpunosti su istisnuli primjenu sporih filtera, kao klasične metode prerade. Iza II svjetskog rata, i dan danas, u pripremi vode za piće, najviše se koriste konvencionalne metode – brzi dubinski filtera. Naime, na stanicama za pripremu vode za piće, najčešće se koriste brzi filteri sa granularnim punjenjem, konstruisani tako da funkcionišu kao dubinske filterske jedinice. Uglavnom se koriste klasični brzi pješčani otvoreni filteri, sa jednoslojnom pješčanom ispunom. Najčešće je to kvarcni pijesak. I mada višeslojni filteri (pijesak, aktivni uglj...) postaju sve više uobičajeni, ovi filteri (naročito sa ispunom od aktivnog uglja) uglavnom se koriste u razvijenim zemljama. Razlog je uglavnom finansijske prirode.

Širom svijeta na stanicama za snabdijevanje naselja vodom za piće, naročito stanicama većih kapaciteta, najčešće se koriste gravitacioni brzi pješčani filteri. Kod stanica manjih kapaciteta, također se najviše koriste brzi granularni filteri, ali osim gravitacionih u velikoj mjeri se primjenjuju i zatvoreni, to jest filteri pod pritiskom. Također, uobičajenije je korištenje gravitacionih sistema za preradu površinske vode, dok se filteri pod pritiskom više koriste



Slika 4: Zastupljenost različitih metoda pripreme vode za piće

za preradu podzemnih voda. U usporedbi gravitacionih i filtera pod pritiskom, smatra se da je primjena filtera pod pritiskom opravdana, samo onda, kada se radi o pripremi manjih količina vode za piće, odnosno za slučajeve kada visoka cijena gravitacionih filtera nije opravdana. Razlog rjeđe primjene filtera pod pritiskom u pripremi vode za piće, u odnosu na gravitacione, jeste opasnost da, s obzirom na visoki pritisak kod filtriranja, greška u rukovanju može da izazove potpuni poremećaj filterske ispune, što može uticati negativno na kvalitet filtrata. U nekim državama u SAD se čak izričito zabranjuje njihova upotreba.

Kao što je već navedeno, konvencionalne metode su najuobičajeniji metod prerade vode u svijetu. Može se vidjeti da su brzi filteri definitivno najzastupljeniji način prerade vode i na primjeru Japana (Slika 4). U BiH, u zadnjim desetljećima, u pripremi vode za piće, u sklopu javnog vodosnabdijevanja, uglavnom se koriste brzi pješčani filteri, odnosno konvencionalne metode.

Savremene metode prerade

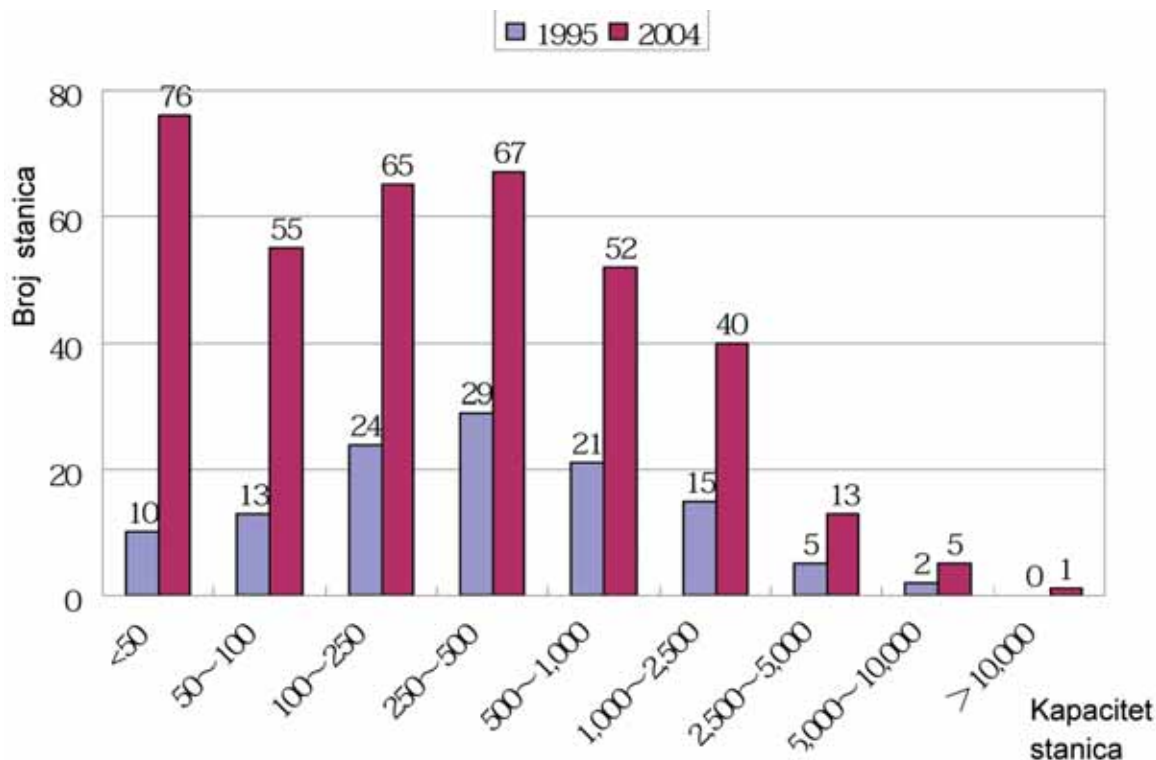
U cilju boljeg iskorištenja brzih filtera u sistemu prerade vode, u SAD i u Evropi naročito, posljednjih decenija vrše se opsežna istraživanja. Tako nastaju i sve više se primjenjuju i druge metode filtriranja - savremene metode prerade, to jest novije koncepcije filtriranja.

Jedna od savremenih metoda prerade vode jesu membranske metode. Kod svih membranskih postupaka veoma je važna prethodna obrada sirove vode, odnosno nužno je iz nje ukloniti suspendovane i koloidne tvari, što se uglavnom provodi konvencionalnim postupcima. Membranski postupci filtriranja primjenjuju se za preradu vode na osnovi izabrane propusnosti membrane. Učinak odvajanja temelji se na razlikama u koncentracijama, pritiscima ili električnoj napetosti. Sažeta informacija o ovim membranskim procesima filtracije data je u Tabeli 2.

Membranske tehnologije generalno imaju veću primjenu u industrijama koje zahtjevaju visok kvalitet vode ili u desalinizaciji morske vode. Iako su osnovni naučni principi membranske tehnologije razvijeni 50-ih godina 19. vijeka, tek 70-ih godina membranska tehnologija se prihvata kao efikasna i pouzdana tehnologija. Različite membranske tehnologije imaju različitu efikasnost djelovanja, vezano za mogućnosti uklanjanja različitog zagađenja (Slika 1), a s tim u vezi i svrha primjene različitih membranskih tehnologija je različita (Tabela 2.). Npr. reverzna osmoza, s obzirom na kvalitet vode koju daje, izbor je za filtraciju u medicinskoj, farmaceutskoj, prehrambenoj i drugim sličnim industrijama. Ipak, primjena u pripremi vode za piće još nije toliko značajna. Ono što je činjenica jeste da je ovaj način pripreme vode za piće više zastupljeniji u razvijenijim, odnosno bogatijim zemljama, s obzirom da je dosta skuplji od konvencionalne tehnologije pripreme vode.

MEMBRANSKI PROCES	VELIČINA PORA	PRITISAK (bar)	PRIMJENA
Reverzna osmoza	0.2 nm – 0.8 nm	7 - 70	- desalinizacija morske vode, - prečišćavanje otpadnih voda, - priprema vode za piće, - prehrambena industrija...
Nanofiltracija	0.5 nm – 5 nm	5 – 15	- vodosnabdijevanje, - prečišćavanje otpadnih voda...
Ultrafiltracija	5 nm – 20 nm	0,5 – 5	- vodosnabdijevanje, - prečišćavanje otpadnih voda, - mliječna industrija, - industrija pića, - farmaceutska industrija, - separacija vode od sirove nafte, - separacija ekstrakte voća i povrća.
Mikrofiltracija	20 nm – 200 nm	0,5 - 3	- prečišćavanje otpadnih voda, - predtretman u prečišćavanju voda, - prehrambena industrija, - industrija boja.

Tabela 2: Osnovne informacije o membranskim procesima



Slika 5: Broj membranskih stanica u funkciji kapaciteta na primjeru Japana

U slučaju Japana, kao primjera razvijene zemlje, prisutna je primjena membranskih tehnologija u pripremi vode za piće, od kraja osamdesetih (Slika 4). Njihova primjena u pripremi vode za piće je iz godine u godinu veća. Također, činjenica je da se ove membranske tehnologije generalno u većoj mjeri primjenjuju na stanicama manjeg kapaciteta (Slika 5). Pozitivne odlike membranskih tehnologija (visok kvalitet filtrata, ušteda prostora, jednostavnost i lako održavanje), razlozi su sve veće primjene ove tehnologije u pripremi vode za piće. Negativne odlike (velika potrošnja energije, vremenska ograničenost korištenja, upotreba određenih hemikalija pri pranju...) razlozi su koji ograničavaju primjenu membrana na razvijene/bogate zemlje, i to na stanice manjih kapaciteta.

POBOLJŠANJA U PRIPREMI VODE ZA PIĆE

U samoj eksploataciji stanice, ukoliko postoji problem smanjene efikasnosti, da bi se otkrile "slabe tačke" potrebno je analizirati svaku operaciju prerade izdvojeno i u sadejstvu sa ostalim operacijama. Osim toga, iako ne postoje neki izraženiji problemi u funkcionisanju stanice, nakon određenog perioda (10-15 godina) korisno je izvršiti reviziju, kako bi se odgovorilo na sljedeća pitanja:

- Da li je moguće proširenje kapaciteta stanice?
- Može li se efikasnost stanice značajnije poboljšati uz manje troškove?
- Koje mjere/mogućnosti preduzeti radi poboljšanja?

Vrlo često, stanica ne radi onako kako je predviđeno projektom. Mogući razlozi su:

- loše procjenjen kvalitet sirove vode,
- nedovoljan kapacitet objekata same stanice,
- neadekvatan izbor hemikalija,
- loše održavanje opreme,
- nedovoljan monitoring...

Kako bi se priprema vode za piće poboljšala, odnosno kako bi jedna stanica za pripremu vode za piće radila efikasnije, i odgovorila izazovima većih zagađenja vodnih resursa i pooštrene zakonske regulative vezano za kvalitet vode, neophodna su odgovarajuća poboljšanja. Generalno, poboljšanja u pripremi vode za piće, moguća su:

- POBOLJŠANJEM POSTOJEĆIH KONVENCIONALNIH METODA (odgovarajućim optimiziranjem operacija uz eventualne rekonstrukcije objekata stanice)
- KOMBINACIJOM KONVENCIONALNIH I SAVREMENIH METODA ili
- UVOĐENJEM SAVREMENIJIH METODA PRERADE.

Ovdje se daje prednost *poboljšanju postojećih konvencionalnih metoda pripreme vode za piće*. I u razvijenim zemljama, postizanje visokog kvaliteta vode za piće vrši se vrlo često uz *poboljšanje postojeće konvencionalne tehnologije*, uključivanjem na prim-

jer ozonizacije i filtera sa aktivnim ugljem (advanced technology). Na ovaj način, može se ostvariti visok kvalitet filtrata ekvivalentan kvalitetu koji se dobiva korištenjem membranske reverzne osmoze (Slika 1). Visok kvalitet vode za piće, odnosno efikasnost stanice moguće je značajno poboljšati i sa manjim ulaganjima, odnosno mjerama. Neke od tih mjera, koje mogu doprinijeti znatnom poboljšanju efikasnosti stanice, su:

- potpuniji monitoring na stanici,
- promjene u načinu pranja filtera,
- zamjena filterske ispune,
- rad na poboljšanju efekata hemije u preradi vode,
- dodatne pumpe za vodu za pranje, za doziranje hemikalija ili za zahvat sirove vode...

Koja će se mjera primjenjivati najviše zavisi od postojećeg stanja na stanici. Ove mjere trebaju biti usklađene sa novijim saznanjima, odnosno savremenim tokovima iz ove oblasti. U nastavku se analizira način *poboljšanja postojećih konvencionalnih metoda* prerade vode uz primjenu novih saznanja, odnosno efikasnijih mogućnosti, do kojih se došlo na osnovu dugogodišnjih istraživanja teorije i prakse pripreme vode za piće, a što predstavlja trend kome teže i razvijene zemlje.

Tabela 3 daje vrijednosti opštih karakteristika izgradnje i pogona *konvencionalnih brzih pješčanih filtera* (kolona 1) i to uobičajenu praksu (kolona 2) i savremene tokove (kolona 3), odnosno trend kome se teži u cilju poboljšanja ovog procesa, odnosno metode prerade vode.

Tabela 3: Opšte karakteristike izgradnje i pogona konvencionalnih brzih pješčanih filtera

OPŠTE KARAKTERISTIKE	BRZI PJEŠČANI FILTERI	
	Uobičajena praksa	Savremena praksa – trend
(1)	(2)	(3)
Brzina filtriranja [m/h]	4 – 12	15-18
Veličina zrna nosive ispune [mm]	2 – 50 (konvencionalni raspored granulacija slojeva)	2 – 50 (djelimično reverzna granulacija slojeva)
Visina filterskog sloja ispune [m]	0,6 – 0,7	0,6 – 2
Broj slojeva filterske ispune	1	2 – 3
Veličina zrna filterske ispune [mm]	0,3 – 1,2	0,5 – 2,5
Ekvivalentni/efektivni prečnik zrna filterske ispune [mm]	0,35 – 0,7	0,5 – 1,2
Visina vode iznad ispune [m]	1 – 1,5 (max 2)	-
Porozitet ispune [%]	40 - 43	-
Koeficijent uniformnosti	1,2 – 1,8 (uglavnom 1,5)	≤ 1,25
Gubitak pritiska (filterski otpor) [m] VS – vodenog stuba	0,30 (početni) do 1,5 ili 2,0 (krajnji)	-
Ciklus filtriranja [h]	12 do 24	do 60 (100)
Trajanje pranja [min]	5 - 20	-
Metode pranja	Uklanjanje onečišćenja tokom vode odozdo prema gore ili povratnim pranjem koje dovodi filterski sloj u tačno stanje.	Po pravilu kombinovanim ispiranjem vazduh - voda Radi poboljšanja pranja moguća je upotreba mlazeva vode ili vazduha ili mehaničkih grabulja – površinsko pranje.
Mutnoća vode koja dolaze na filtere – nakon prethodne obrade vode [NTU]	1,9 - 2,9 NTU (8-12 mg/l)	1NTU (ako je 95 % godišnjih uzoraka sirove vode sa mutnoćom manjom ili jednakom 10 NTU) ili 2 NTU (ako je 95 % godišnjih uzoraka sirove vode sa mutnoćom većom od 10 NTU).
Mutnoća filtrata- filtrirane vode [NTU]	1 (1,2) NTU	0.1 NTU
Količina vode za pranje ispune [% od ukupnog kapaciteta stanice]	5 - 10	1 – 5
Površinsko opterećenje filtera [m ³ /m ² /h]	6 - 8	12 – 15
Prethodna obrada vode	koagulacija, flokulacija i taloženje	

U nastavku su rezimirana neka od novijih saznanja iz problematike pripreme vode za piće. U vezi sa nekim od tih saznanja navedeni su i novi zahtjevi u oblasti pripreme vode za piće.

- ❑ Da bi se nešto efikasno kontrolisalo, njime upravljalo i na kraju to i poboljšalo, neophodna su mjerenja, odnosno monitoring. Neki minimalni monitoring u sklopu stanice za preradu vode trebao bi uključiti sljedeće praćenje:
 - svakodnevno mutnoće sirove vode,
 - mutnoće u taložniku (praćenje promjene svaka 4 sata),
 - mutnoće filtrata iz svakog filtera,
 - vode povratnog pranja (mjesečno svaki filter).

Svakako da je neki dugoročniji cilj praćenja savremenih tokova potpuniji automatski kontinuirani monitoring svih operacija prerade. Cilj je uvođenje sistema kontrole i pohranjivanja podataka monitoringa (kao što je na primjer SCADA sistem), kako bi se omogućila raspoloživost podataka van granica stanice i time mogućnost daljinske kontrole njenog rada.

- ❑ Dugogodišnjim istraživanjem utjecaja pojedinih materija (zagađivača) na kvalitet vode za piće, odnosno utjecaj tih materija na zdravlje čovjeka, uslovi lo je sljedeće zahtjeve u oblasti prerade vode:
 - strožiji zahtjevi / standardi o kvalitetu vode za piće,
 - zahtjevi za multibarijernom zaštitom protiv parazita (*Giardia*, *Cryptosporidium*...),
 - opreznost u primjeni gasovitog hlora (ukoliko voda sadrži organske materije moguće je nastajanje opasnih nus produkata dezinfekcije – trihalometana THM),
 - zabrana primjene nekih hemikalija u preradi vode za piće (na primjer polielektrolota PAA-a (poliakrilamida – kumulativnog neurotoksina)),
 - odličan kvalitet filtrirane vode ($NTU < 0.1$).
- ❑ Kako konvencionalna metoda pripreme vode za piće podrazumijeva korištenje fizičko hemijskih procesa, ovde se ističu saznanja u vezi sa mogućnostima boljeg korištenja efekata hemije u preradi vode. Osim toga, ukoliko se hemikalije ne koriste kako treba, one mogu uzrokovati štetne posljedice. U vezi sa ovim saznanjima ističu se sljedeći zahtjevi, odnosno bitnost:
 - ispravnog izbora tipa i doze hemikalija (koagulant, flokulanta...),
 - primjene odgovarajućeg gradijenta brzine i vremena miješanja hemikalija,
 - korigovanje alkaliteta / pH vrijednosti, s ciljem postizanja optimalnih efekata.
- ❑ U vezi sa prethodnim zahtjevima, za njihovu realizaciju, bitna su laboratorijska, te eksperimentalna

istraživanja na fizičkim ili numeričkim modelima. U pripremi vode za piće, nažalost više se koriste neki empirijski iskustveni podaci, koji orijentaciono mogu pomoći pri projektovanju i eksploataciji, ali pouzdanije rezultate svakako će dati:

- Jar test – test za određivanje optimalnih uslova koagulacije i flokulacije,
- laboratorijski modeli i poluindustrijska postrojenja za razne objekte stanice, ili
- odgovarajući softverski paketi za numeričko modeliranje procesa prerade.

Tako na primjer, korištenjem modeliranja, u kombinaciji sa kontinuiranim monitoringom i kontrolom, efekti stanice mogu biti povećani kroz niže troškove prerade vode i / ili redukciju negativnog uticaja na okoliš (potrošnja energije, korištenje hemikalija...).

- ❑ Bitno je i posmatranje objekata stanice povezano, a ne kao zasebne nevezane jedinice (što je bila dosadašnja praksa).
- ❑ Cilj je i obučen, dobro informisan i motiviran personal stanice. Efikasnost rada već izgrađene stanice je u rukama uposlenog personala.

Prethodno postavljene zahtjeve nemoguće je ispuniti ako se ne modernizuje način rada u vodovodu, što podrazumijeva, između ostalog, uvođenje računarske tehnike, novih metoda rada, automatizaciju monitoringa i dopunsku obuku stručnjaka u raznim djelatnostima u sistemu snabdijevanja vodom.

ZAKLJUČAK

Metode prerade vode, odnosno njene pripreme za piće u sklopu sistema vodosnabdijevanja, kontinuirano se razvijaju i poboljšavaju, a sve s ciljem da odgovore izazovima pogoršanja kvaliteta vodnih resursa (ulazni element sistema) i pooštrene zakonske regulative vezane za kvalitet vode za piće (izlazni element sistema). Ovi izazovi su posljednjih decenija sve veći, tako da je potreba za poboljšanjima u preradi vode sve veća. U vezi sa ostvarenjem ovih poboljšanja bitno je istaknuti, značaj praćenja savremenih tokova, odnosno saznanja iz oblasti prerade vode. Isto kao što se prati nova strožija zakonska regulativa u ovoj oblasti, logično je da se prate i savremeni tokovi, odnosno saznanja iz oblasti prerade vode. Ova novija saznanja nameću i ispunjavanje određenih zahtjeva, odnosno ciljeva, prethodno navedenih, iz ove oblasti.

Cilj praćenja savremenih tokova u oblasti prerade vode jeste poboljšanje kompletnog sistema javnog vodosnabdijevanja. Zašto da flaširana voda predstavlja zdraviju i pouzdaniju alternativu običnoj vodi, koju pijemo sa slavine, u sklopu javnog

vodosnabdijevanja, a pri tom je preskupa i stvara smeće? Naravno, prethodna saznanja, odnosno mjere poboljšanja, treba primjenjivati u skladu sa postojećom situacijom na stanici, odnosno postepeno, u skladu sa postojećim okolnostima i mogućnostima.

U odabiru metode prerade vode ili pri rješavanju problematike rada filter stanica s ciljem poboljšanja, u svakom slučaju, bitan je kompromis između novih tehničkih dostignuća / savremenih tokova, sanitarnih propisa/zakonske regulative i ekonomskih mogućnosti.

LITERATURA:

Đurić, D. (2001). *Snabdijevanje vodom za piće*. Arhitektonsko-građevinski fakultet, Univerzitet u Banja Luci, Banja Luka, str. 232.

Jusić, S. (2006). *Metode brzog filtriranja i njihova primjena*. Magistarski rad (mentor: H. Bajraktarević-Dobran), Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, str.124.

Kunikane, S. (2005). *National Institute of Public Health - Department of Water Supply Engineering (NIPH)*. Japan International Cooperation Agency (JICA), (trening kurs: "Engineering on Water Supply Systems II"), Japan, 8. maj - 30. juli.

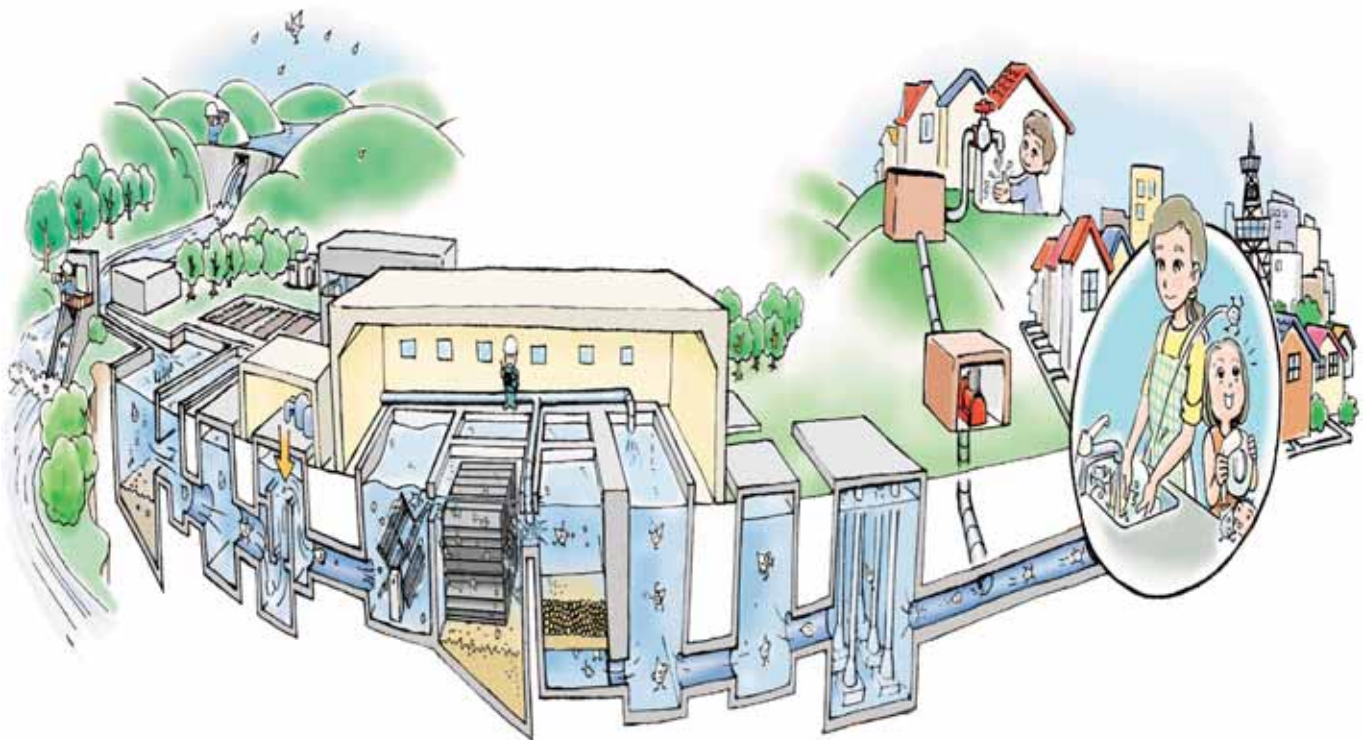
Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće. (1994). *Službene novine FBiH* (čime je cjelokupno (uz zanemarive izmjene) preuzet stari Pravilnik objavljen u »Službenom listu SFRJ«, broj 33/87 i »Službenom listu RBiH«, broj 2/92).

Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. (2010). *Službeni glasnik BiH* (broj: 40/10, str 15).

Rekonstrukcija i zamjena opreme na Postrojenju za prečišćavanje vode »Tilava«. (2008). Preduzeće za projektovanje i usluge d.o.o. Prnjavor.

Schippers, Jan C. (2007). *Public Water Supply*. Materijal nastavne jedinice u sklopu kursa postdiplomskog studija: Sanitary Engineering, UNESCO -IHE Institute for Water Education, Delft, Holandija.

Wagner, E.G. i Pinheiro, R.G. (2001) *Upgrading Water Treatment Plants*. World Health Organization, SPON PRESS, London i New York, p.p. 225.



Šema sistema za snabdijevanje vodom, sa objektima stanice za preradu vode

FLORISTIČKO-FAUNISTIČKO ISTRAŽIVANJE TRSTIONICE U 2009. GODINI

1. UVOD

U svrhu ustanovljavanja referentnih profila na pojedinim tipovima vodotoka na slivu rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine, na tri tipa na rijeci Trstionici u 2009. godini izvršena su uzorkovanja i analize bioloških i fizičko-hemijskih parametara kvaliteta voda kao i analiza hidromorfoloških promjena u vodotoku.

Uzorkovanje, analizu i obradu svih parametara radila je Agencija za vodno područje rijeke Save u Sarajevu.

U ovom radu biće prezentovani rezultati analize bioloških parametara kvaliteta površinskih voda, fitobentos i makroinvertebrate zoobentosa.

2. MATERIJAL I METODE

U periodu juli-avgust i septembar-oktobar 2009. godine obavljena su istraživanja na tri potencijalno

referentna lokaliteta na rijeci Trstionici (tabela 1; karta 1), odabranih nakon preliminarnog definisanja tipova na bazi abiotičkih parametara (nadmorska visina, površina slivnog područja, dominantna geološka podloga i dominantni tip supstrata).

Od bioloških parametara kvaliteta analizirani su uzorci fitobentosa i makrozoobentosa, a od pomoćnih (propratnih) ispitivani su osnovni fizičko-hemijski parametri kvaliteta i prioritete supstance te hidromorfološka ispitivanja.

Rijeka Trstionica nastaje od više manjih potoka koji izviru na planinskim obodima Zvijezde na oko 1.100 metara nadmorske visine.

Dužina rijeke Trstionice je oko 35 km, a površine sliva 161 km². Kod Kaknja se uliva u rijeku Bosnu kao njena desna pritoka.

Osnovni abiotički parametri odabranih lokaliteta na rijeci Trstionici predstavljeni su tabelom 1.

Tabela 1. Mjerna mjesta potencijalnih referentnih lokaliteta na rijeci Trstionici

Redni broj	Tip_code	Naziv referentnog profila	Ekoregion	Nadmorska visina lokaliteta (m.n.m)	Parametar geološka podloga	Parametar površina sliva (km ²)	Parametar Dominantni tip supstrata dna korita
1	Tip_5.19	Trstionica_Bijele vode	5	786	silikatna	44	krupni
2	Tip_4.7	Trstionica, iznad Kraljeve Sutjeske	5	501	karbonatna	110	krupni
3	Tip_4.5	Trstionica, nizvodno od ušća Bukovice	5	470	karbonatna	135	srednji



Karta 1. Pregled potencijalnih referentnih lokaliteta na rijeci Trstionici

Fitobentos

Alge su značajni primarni producenti u mnogim kopnenim površinskim vodama umjerenog regiona. To čini ovu grupu organizama posebno interesantnom sa stanovišta korištenja kao bioindikatora u praćenju dugoročnih promjena u vodenim ekosistemima, pogotovo onih vezanih za eutrofikaciju. Prema osnovnim principima Okvirne direktive o vodama (2000/60/EC)-ODV fitobentos se smatra odgovarajućim parametrom za ocjenu uticaja zagađenja nutrijentima, posebno u tekućim vodama, jer su ovi organizmi, načelno sesilni/pričvršćeni za podlogu i s toga prikazuju status nutrijenata na mjestu uzorkovanja.

Uzorci fitobentosa, za potrebe ovog istraživanja, prikupljeni su prema uputama standarda EN 13946: 2004 (Kvalitet vode. Standard – priručnik za rutinsko uzorkovanje i pretretman bentosnih dijatoma iz rijeka) dok su za identifikaciju i kvantifikaciju bentosnih dijatoma praćene instrukcije standarda EN 14407: 2004 (Standard – uputstvo za identifikaciju, brojanje i interpretaciju uzoraka bentosnih dijatoma iz tekućih voda).

Na osnovu popisa taksona i njihove relativne brojnosti izračunati su dijatomni parametri (indeksi)

primjenom statističkog softvera OMNIDIA 5.3, koji sadrži taksonomsku i ekološku bazu od 7 500 dijatomnih taksona, te indikatorske vrijednosti i stepen senzitivnosti za date vrste. Vrijednosti dijatomnih indeksa standardizovane su u skalu od 1 do 20 (izuzev TDI čija je maksimalna vrijednost 100) u cilju lakšeg poređenja. Od 17 različitih indeksa, koje ovaj softver izračunava, a prema adekvatnosti i primjenljivosti na istraživano područje, korišteni su sljedeći: indeks organskog i anorganskog zagađenja IPS (Specific Pollution Sensitivity Index, Coste i Aypasorrho, 1991), saprobni indeks SID (Saprobic Index – SID, Rott i sar., 1997, 1999), indeks eutrofikacije EPI-D (Diatom – based Eutrophication/Pollution Index, Dell’Uomo i sar., 1999), trofički dijatomni indeks za evaluaciju nivoa nutrijenata u vodotoku TDI (Trophic Diatom Index, Kelly i Whitton, 1995), Evenness – indeks ujednačenosti (Pielou index, 1966).

Od indeksa koji nisu sadržani u softveru OMNIDIA korišteni su saprobni indeks prema Pantle-Buck (Pantle i Buck, 1955) i diverzitetni indeksi: Shannon-Weaver-ov (Shannon i Weaver, 1949), Simpsonov (Simpson, 1949) i Margalefov indeks (Margalef, 1984).

Makroinvertebrate zoobentosa – makrobeskičmenjaci

Bentosni makrobeskičmenjaci često se koriste u integralnoj procjeni kvaliteta voda prema preporukama ODV-a. Oni su ciljna grupa jer mogu ponuditi brojne prednosti vezane za biomonitoring, što objašnjava njihovu reputaciju kao najčešće korištene grupe u ocjeni statusa kvaliteta voda. Uzorkovanje makroinvertebrata zoobentosa vršeno je ?multihabitat-sampling? metodom (AQEM, 2002). Statistička analiza podataka rađena je pomoću softvera ASTERIX 3.1.1. (preuzeto sa: www.aqem.de).

Tokom rada na definisanju referentnih vrijednosti za vodene makroinvertebrate, u razmatranje su uzeti sljedeći parametri zajednice: broj taksona po lokalitetu, tačnije po uzorku, Shannon-Weaverov indeks (Shannon i Weaver, 1949), SI indeks saprobnosti (Zelinka i Marvan, 1961), ASPT- Average Score per Taxon (Armitage i sar., 1983), BMWP- Biological Monitoring Working Party (Armitage i sar., 1983; Chester, 1980; Wright i sar., 2000), Simpsonov indeks (Simpson, 1949), Margalefov indeks (Margalef, 1984), ukupan broj rodova i familija, ukupan broj taksona u okviru izabраниh grupa (Oligochaeta, Mollusca, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), EPT indeks, abundanca izabраниh grupa (Oligochaeta, Mollusca, Ephemeroptera) kao i odnosi funkcionalnih grupa u ishrani (FFG) (Cummins, 1973; Cummins i Klug, 1979; Dance i Hynes 1980; Delong i Brusven 1998; Dudgeon i Bretschko, 1996; Allan, 1995; Moog 1995; Schmedtje i Colling, 1996; AQEM, 2002).

Korištenje različitih indeksa poput saprobnih, biotičkih i trofičkih, može dati potpunije informacije o tipu zagađenja vodotoka.

Zajednice vodenih organizama, za potrebe definisanja referentnih uslova, analizirane su u odnosu na izabrane tipološke deskriptore: nadmorsku visinu, geološku podlogu, površinu sliva i tip dna.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

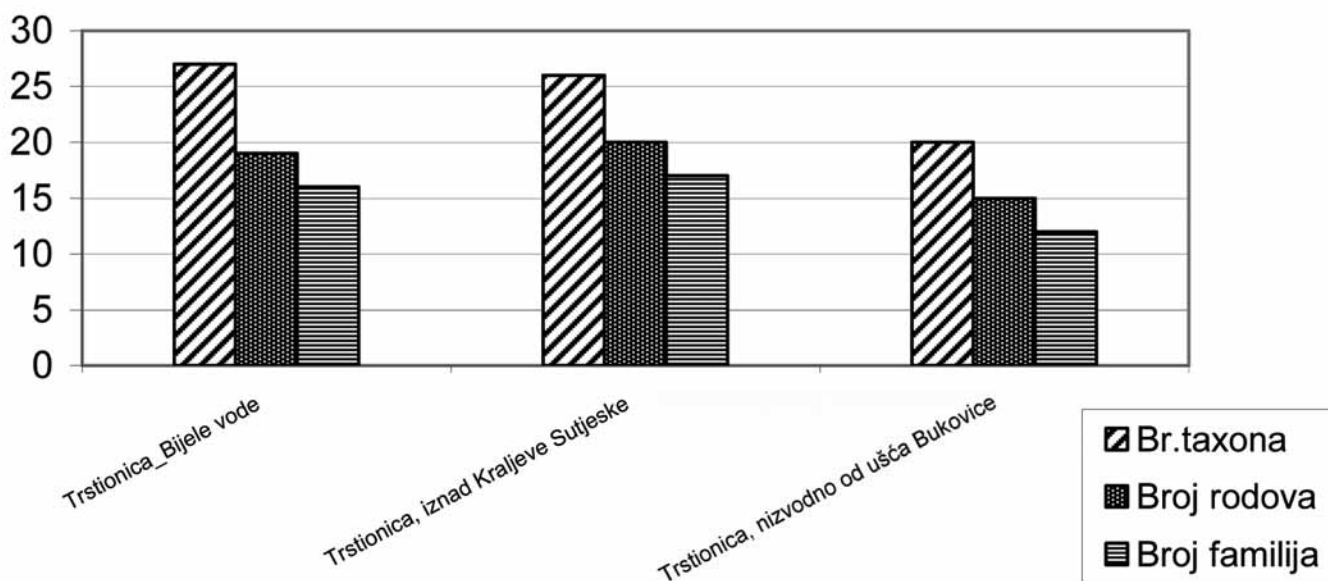
Prema rezultatima analize zajednice makrozoobentosa, vodeni insekti Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera i Coleoptera, najznačajnije su

grupe prema raznovrsnosti i relativnoj brojnosti na sva tri istraživana lokaliteta rijeke Trstionice.

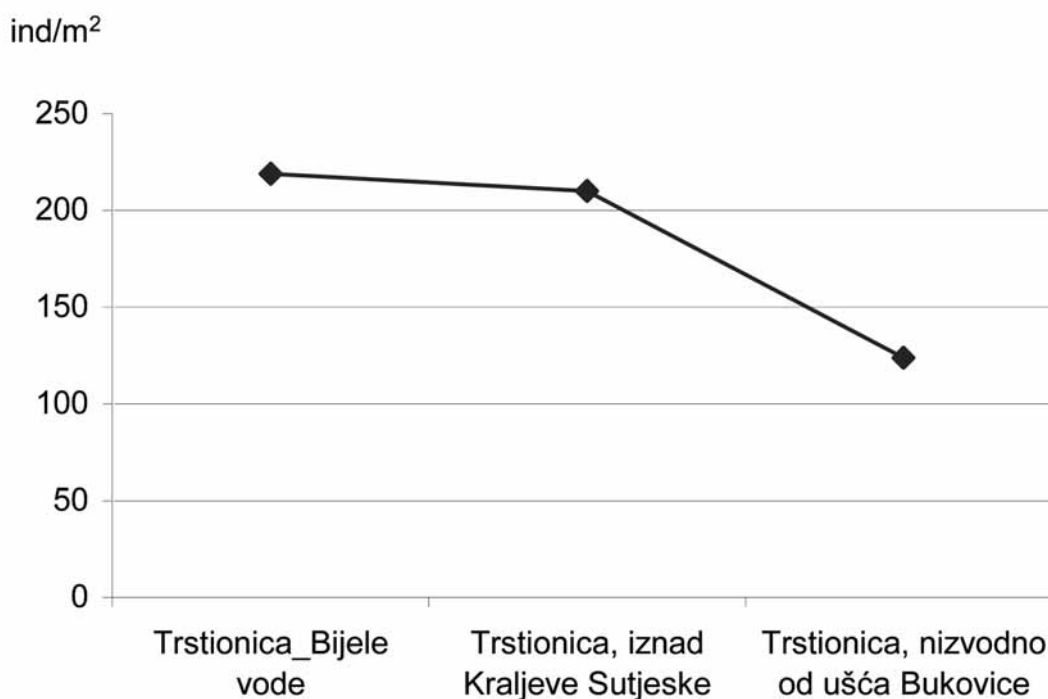
Vodeni cvjetovi (Ephemeroptera) čine 53 % ukupnog broja zabilježenih taksona na ispitivanim lokalitetima.

Na sva tri istraživana lokaliteta, u dvije serije mjerenja ukupno je konstatovano 50 taksona.

Najmanji broj taksona (20), familija (12) i rodova (15) zabilježen je lokalitetu Trstionica-nizvodno od ušća Bukovice, dok je najveći broj taksona (27) i najveći broj (219) individua/m² zabilježen na lokalitetu Trstionica-Bijele vode (grafik 1. i 2.).



Grafik 1. Ukupan broj taksona, rodova i familija makrobeskičmenjaka na istraživanim lokalitetima



Grafik 2. Abundanca (broj individua po m²) makrobeskičmenjaka na istraživanim lokalitetima

Na nivou familija i rodova, u pogledu raznovrsnosti, najznačajnija je familija Baetidae, odnosno rod *Baetis* koji se može smatrati najznačajnijim rodom faune tekućih voda Bosne i Hercegovine (Tanasijević, 1970, 1977).

Analiza faune vodenih makrobescičmenjaka vršena je postupno, u odnosu na odabrane tipološke deskriptore i uz korištenje većeg broja bioloških deskriptora.

Korišteni parametri tipologije obuhvataju: nadmorsku visinu, veličinu sliva, geološku podlogu i tip dna, jer sastav zajednice vodene biote direktno ovisi od prethodno navedenih abiotičkih parametara (Lorenčević, 2004)



Slika 1. Lokalitet Trstionica, Bijele vode



Slika 2. Lokalitet Trstionica, iznad Kraljeve Sutjeske



Slika 3. Lokalitet Trstionica, nizvodno od ušća Bukovice

Fotografije: Anisa Čičić-Močić

Distribucija faune pokazala je pravilnost u odnosu na nadmorsku visinu.

U odnosu na vertikalnu distribuciju faune, ispitivana zajednica, načelno, pokazuje standardnu distribuciju, kakvu konstatuju mnogi autori koji se bave ovom problematikom, pri čemu se bilježi dominacija insekata reda Ephemeroptera u srednjem toku rijeke, na nadmorskim visinama između 200 i 500 m.n.v. Sa porastom nadmorske visine raste broj vrsta i procentualno učešće insekata reda Plecoptera (predstavnici rodova *Leuctra*, *Perla*, *Dinocras*) kao i pojedinih predstavnika reda Trichoptera (predstavnici rodova *Rhyacophyla*, *Sericosotoma*, *Hydropsychae*). Također, s porastom nadmorske visine postepeno se mijenja i struktura zajednice Ephemeroptera, pri čemu se naročito ističe porast broja vrsta pripadnika familije Baetidae (*Baetis alpinus*), kao i procentualno učešće vrsta familije Heptageniidae (*Epeorus alpicola*, *Epeorus sylvicola*, *Rhithrogena semicolorata*) u ukupnom broju konstatovanih individua po uzorku/lokalitetu. Diferenciranje uzoraka u odnosu na nadmorsku visinu ukazuje da je ovaj abiotički faktor jedan od presudnih tipoloških determinanti jer predstavlja podatak više korelisanih faktora, prije svega brzine vode, tipa dna substrata i temperature.

Iako je diferenciranje faune u odnosu na veličinu sliva manje jasno, prije svega zbog drugih faktora koji utiču na karakter zajednice, kao i zbog činjenice da su granice predložene u ODV-u definisane arbitralno, analizom istraživanih lokaliteta rijeke Trstionice nije mogla biti dokazana pravilnost distribucije u odnosu na klase veličine sliva. Za ovu procjenu neophodno je dugotrajnije ispitivanje.

Analiza vodene biote u odnosu na dominantni tip geološke podloge, na ovim profilima, pokazuje porast broja taksona na silikatnoj podlozi (lokalitet Trstionica, Bijele vode). Međutim, ova se konstatacija mora uzeti s rezervom, s obzirom da najvjerojatni-

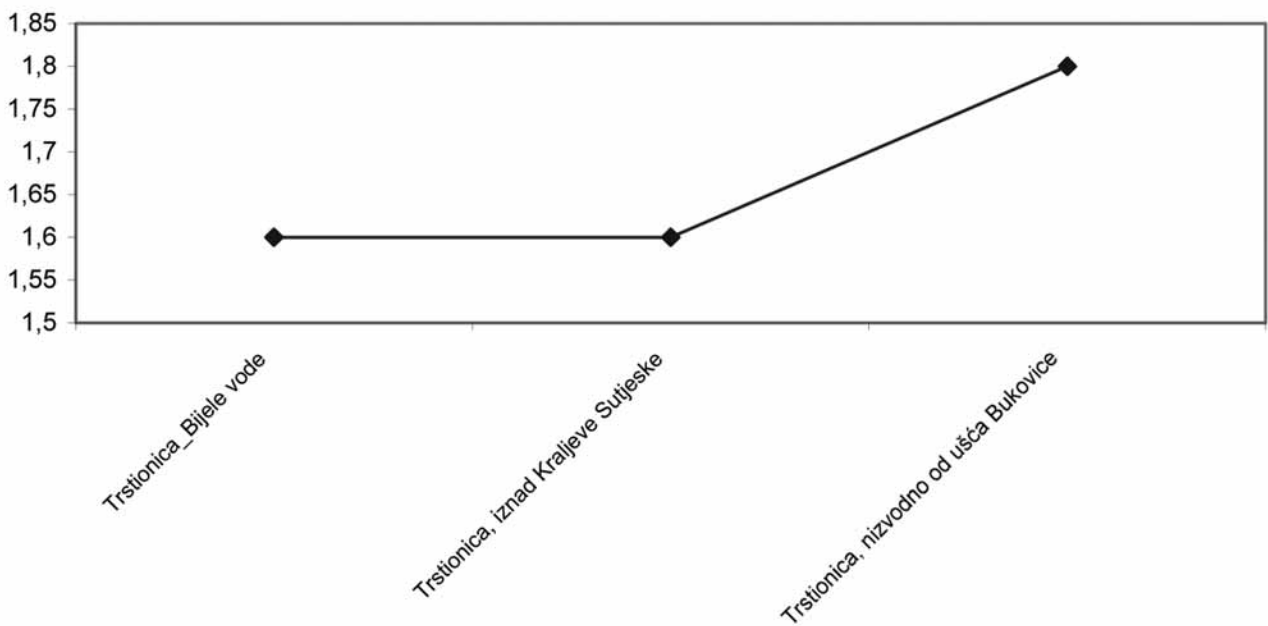
je drugi pomenuti parametri utiču više na porast broja taksona negoli sama geološka podloga. Budućim istraživanjima neophodno je utvrditi povezanost distribucije vodene biote i parametra geološkog tipa podloge na ovim tipovima.

Na istraživanim lokalitetima dominirali su oligo (13 %) i betamezosaprobni (18 %) predstavnici makrozoobentosa. Trofička struktura zajednice zoobentosa mijenjala se po lokalitetima. Generalno, u uzorcima najviše je bilo strugača/kidača (38 %) i sakupljača (26 %).

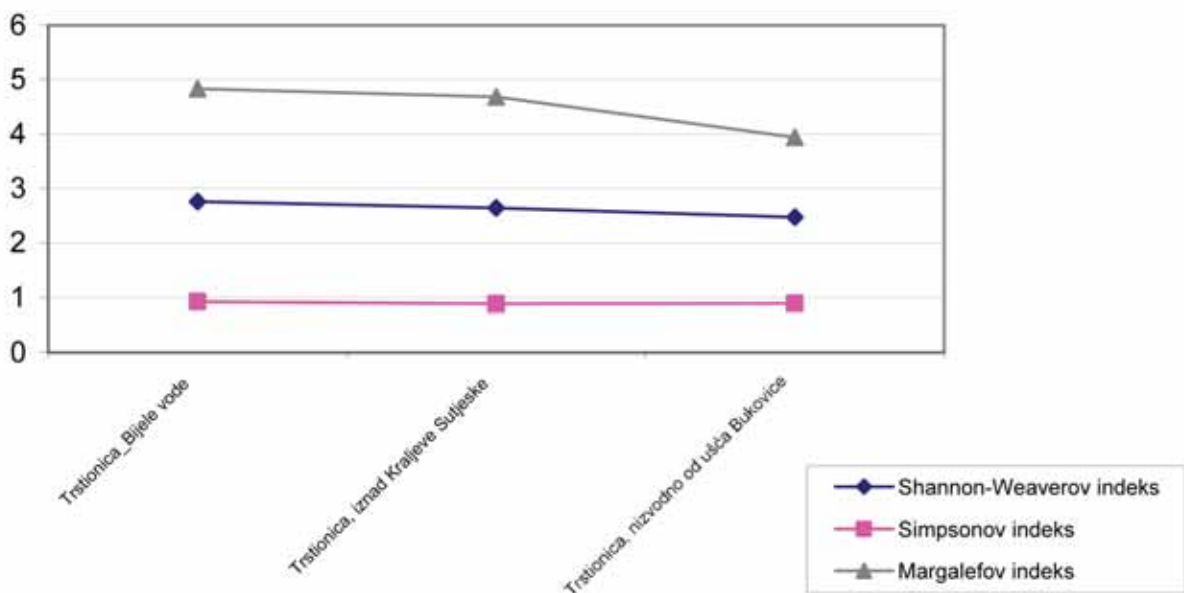
Vrijednosti Saprobnog indeksa kretale su se od 1,6 na lokalitetima iznad Kraljeve Sutjeske i Bijele vode do 1,8 na lokalitetu Trstionica-nizvodno od Bukovice (grafik 3).

Vrijednosti analiziranih diverzitetnih indeksa (Shanon-Weaver, Simsonov i Margalefov) i BMWP i ASPT skora neznatno variraju u zavisnosti od istraživanog lokaliteta (grafik 4 i grafik 5). Generalno se može zaključiti da vrijednosti ovih indeksa lagano opadaju sa smanjenjem nadmorske visine.

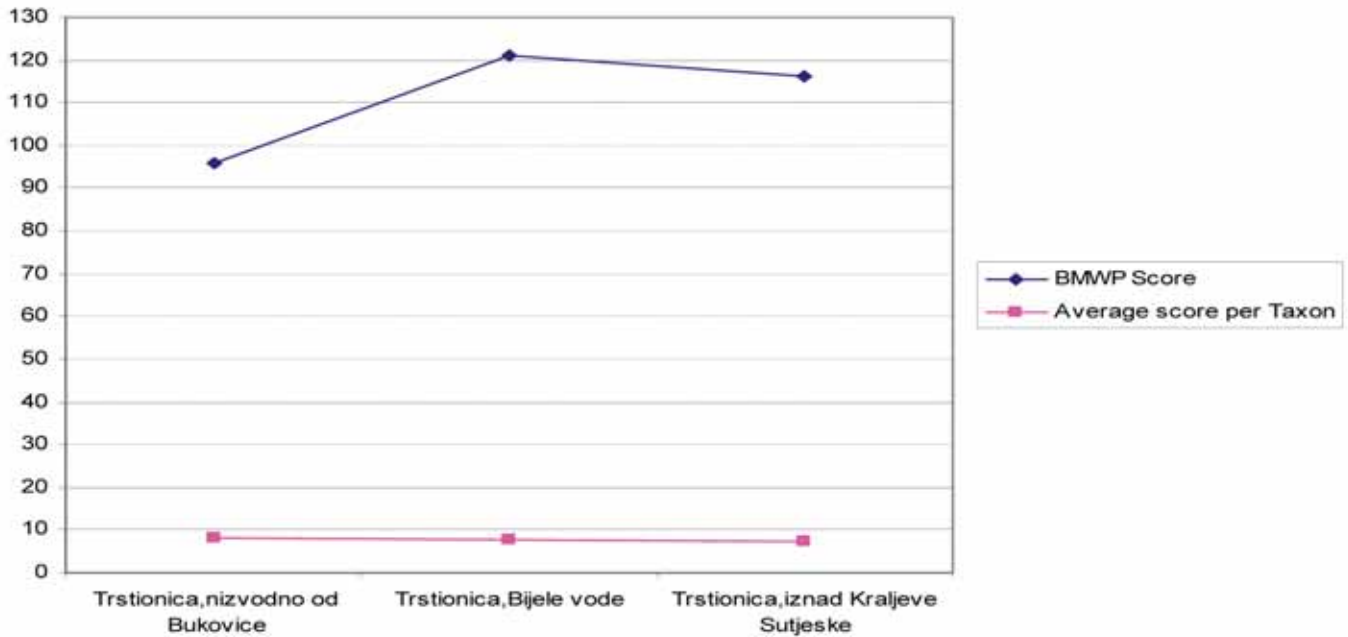
Saprobni indeks



Grafik 3. Vrijednosti saprobnog indeksa na bazi makrobeskičmenjaka na istraživanim lokalitetima



Grafik 4. Vrijednosti diverzitetnih indeksa na bazi makrobeskičmenjaka (Shanon-Weaver, Simsonov i Margalefov) na istraživanim lokalitetima



Grafik 5. Vrijednosti BMWP i ASPT scor na bazi makrobeskičmenjaka na analiziranim lokalitetima

Analizirajući zajednicu makrozoobentosa na ispitivanim tipovima/lokalitetima u zavisnosti od tipa staništa/mikrohabitata, došlo se do zaključka da je najveći broj taksona, rodova i familija, te najveća abundanca na makrolitalu i mezolitalu.

Spisak nađenih taksona makrobeskičmenjaka u periodu juli-septembar 2009. u rijeci Trstionici dat je na kraju teksta.

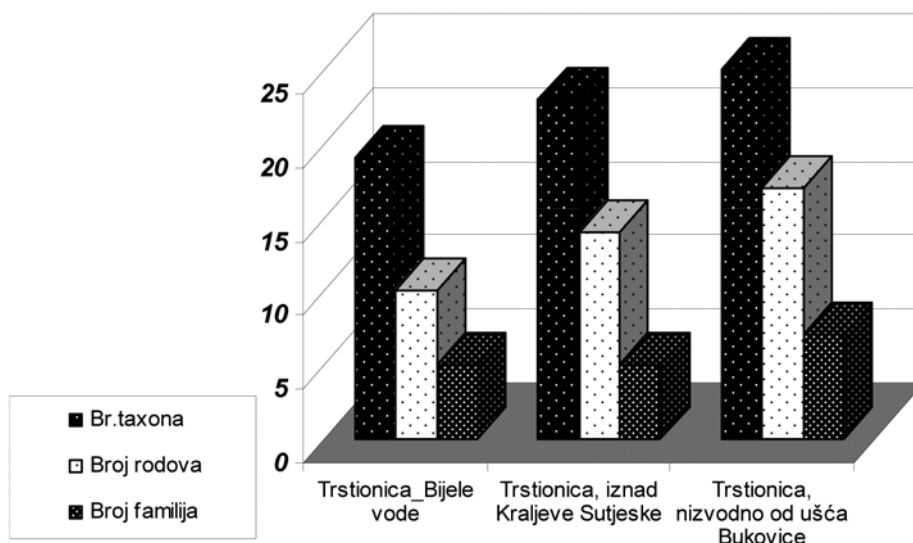
Analizom preliminarnih rezultata fitobentosa na istraživanim lokalitetima uočena je dominantna zastupljenost silikatnih algi (Bacillariophyceae) u odnosu na ostale skupine. Pored dijatomeja prisutne su zelene

(Chlorophyta), modrozelenne (Cyanobacteria), crvene (Rhodophyta) i žutozelene alge (Xanthophyta).

Budući da na svim lokalitetima glavnu grupu organizama fitobentosa čine dijatomeje (Bacillariophyta) u ovoj fazi istraživanja samo su one korištene za procjenu stanja vodotoka.

Na sva tri istraživana lokaliteta ukupno je konstatovano 36 taksona svrstanih u 19 rodova i osam familija.

Najmanji broj taksona (19), rodova (10) i familija (5) zabilježen je lokalitetu Trstionica-Bijele vode, dok je najveći broj taksona (25) i rodova (17) i familija (7) zabilježen na lokalitetu Trstionica-nizvodno od ušća Bukovice (grafik 6.).



Grafik 6. Ukupan broj taksona i rodova i familija fitobentosa na istraživanim lokalitetima

U pogledu raznovrsnosti, najznačajnije/najzastupljenije familije su *Monoraphidae* (51%) i *Araphidae* (46,9%), dok su ostale familije *Naviculacees*, *Nitzschiacees*, *Surirellacees*, *Ephitemiacee* zastupljene u veoma malom procentu (2,1%).

Rodovi sa najvećim brojem vrsta su *Cymbella* C. Agardh (8) i *Diatoma* Bory (5), a najveću abundancu pokazala je vrsta *Achnanthes linearis* (W. Smith) Grunow in Cleve & Grunow sa zabilježenih 390 jedinki na profilu Trstionica-iznad naselja Kraljeva Sutjeska i sa 300 jedinki na profilu Trstionica-Bijeke vode. Po brojnosti slijede vrste *Cocconeis pediculus* Ehrenberg i *Diatoma ehrenbergii* Kützing. Ove su vrste poznate kao kozmopolitske, široko rasprostranjene u kopnenim vodama i tolerantne na srednje zagađenje (Van Dam i sar., 1994).

Vrste prisutne na sva tri profila su: *Achnanthes linearis* (W. Smith) Grunow in Cleve & Grunow, *Cocconeis pediculus* Ehrenberg, *Cymbella prostrata* (Berkeley) Cleve, *Cymbella minuta* Hilse ex Rabenhorst, *Diatoma ehrenbergii* Kützing, *Diatoma moniliformis* Kützing, *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brebisson, *Navicula gracilis* Ehrenberg, *Rhicosphaenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Berthalot, *Ulnaria ulna* (Nitzsch.) Compere.

Zajednice bentosnih dijatomeja u rijekama su pod uticajem okolišnih deskriptora koji nisu pogodeni ljudskim aktivnostima (geologija riječnog bazena,

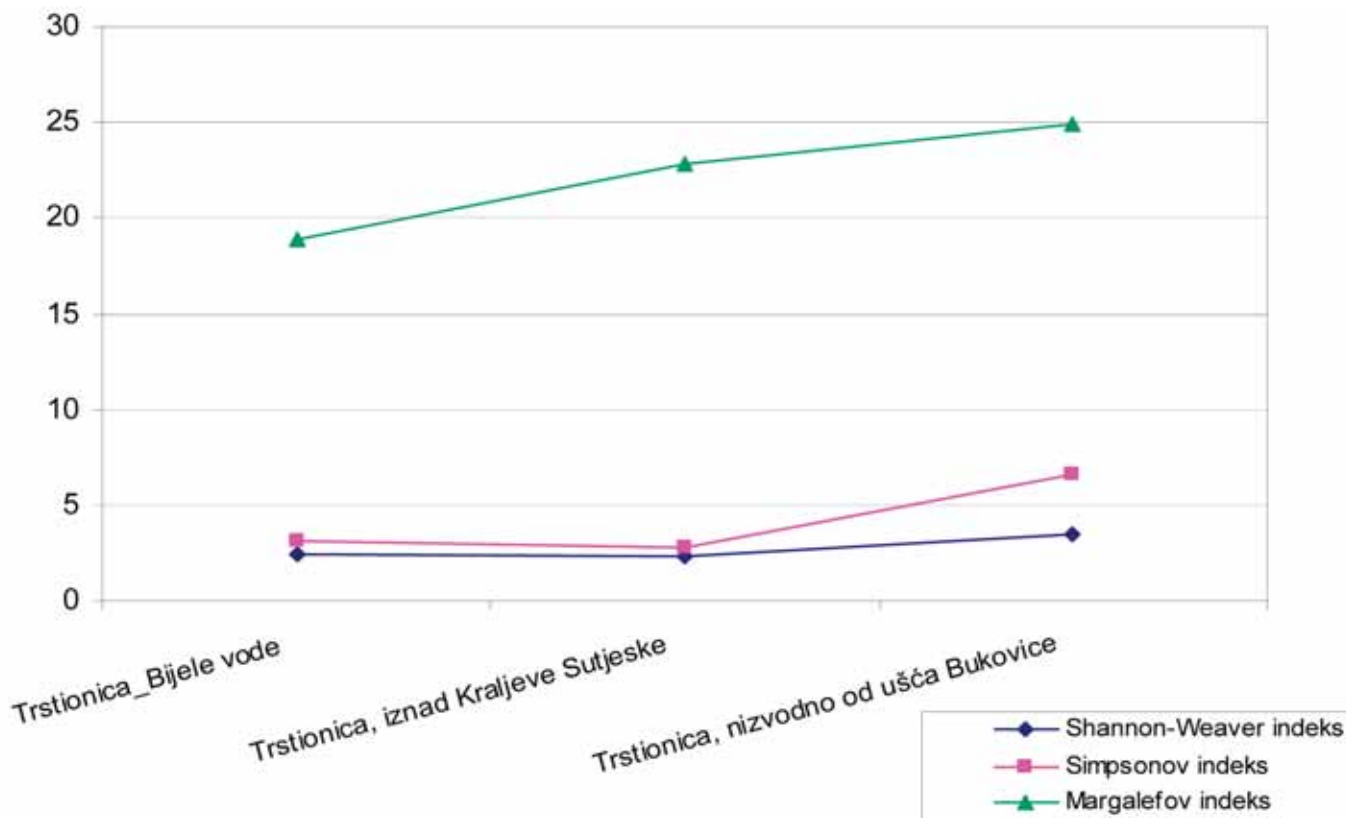
nadmorska visina, udaljenost od izvora), kao i onih izloženih dejstvu ljudskih aktivnosti (organski teret zagađenja i koncentracija nutrijenata u vodi).

Najveći stepen ujednačenosti zajednice/Evennes (0,75) zabilježen je na profilu nizvodno od ušća Bukovice, što prati obrazac abundance vrsta na nižim nadmorskim visinama, gdje se generalno bilježi veće bogatstvo vrsta, mali broj dominantnih taksona i veliki broj taksona zastupljenih manje-više ujednačeno ili samo sa jednom jedinkom u uzorku (Van Dam, 1982.).

Prema korištenim diverzitetnim indeksima, najveći diverzitet zabilježen je na profilu Trstionica-nizvodno od ušća Bukovice (tip 4.5). Prema Simpson i Shanon-Weaver-ovom indeksu najmanji diverzitet zabilježen je na tipu 4.7 (Trstionica, iznad naselja Kraljeva Sutjeska). Generalno gledajući, vrijednost diverzitetnih indeksa opada sa rastom nadmorske visine (grafik 7.).

Trofički indeksi opisuju distribuciju dijatomeja u odnosu na rastvoreni ili ukupni fosfor, s tim da treba biti pažljiv jer su oba oblika fosfora usko povezani, kao i to da su koncentracije fosfora i nitrogena u uzajamnoj vezi (Rott i sar., 1997). Ove indekse treba tretirati kao opšte indikatore trofičkog statusa.

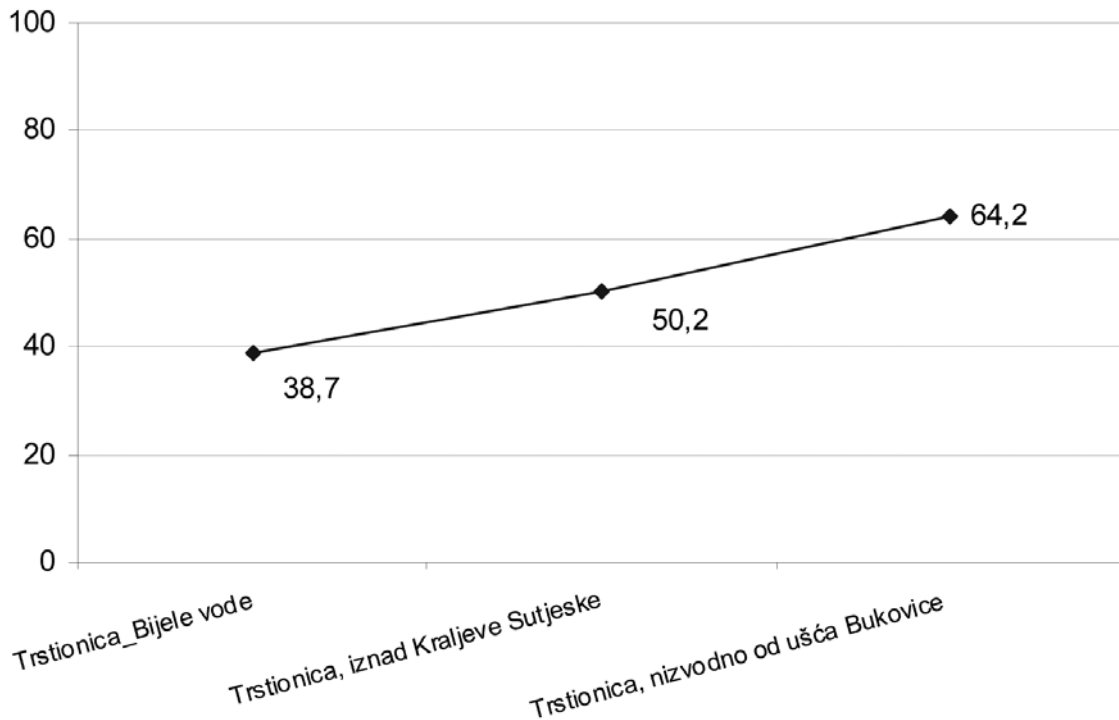
Vrijednost trofičkog dijatomnog indeksa (TDI) na istraživanom vodotoku, opada sa porastom nadmorske visine i pokazuje sličnu tendenciju promjene sa



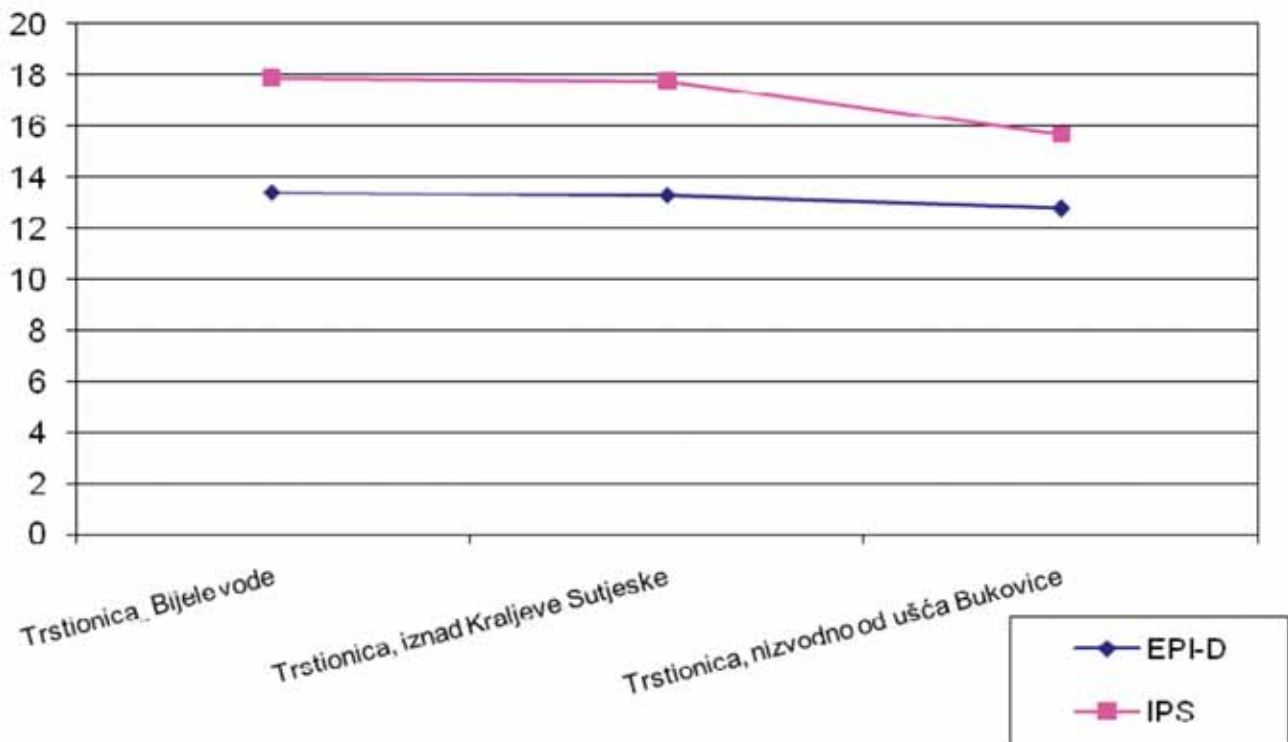
Grafik 7. Vrijednosti diverzitetnih indeksa na bazi fitobentosa (Shanon-Weaver, Simsonov i Margalefov) na istraživanim lokalitetima

indeksima saprobnosti. Tako, profil Bijele vode odlikuje se oligo/mezotrofnim statusom, a Trstionica-nizvodno od ušća Bukovice eutrofnim statusom, dok je profil nizvodno od Kraljeve Sutjeske mezotrofan (grafik 8.).

Prema korištenom indeksu eutrofikacije (EPI-D) sva tri lokaliteta imaju dobar status, dok prema indeksu organskog zagađenja (IPS) lokaliteti Trstionica-Bijele vode i Trstionica-iznad naselja Kraljeva Sutjeska imaju visok, a lokalitet Trstionica-nizvodno od ušća Bukovice dobar status (grafik 9.).



Grafik 8. Vrijednosti trofičkog indeks TDI na bazi fitobentosa na istraživanim lokalitetima



Grafik 9. Vrijednosti dijetomnih indeksa (EPI-D, IPS) na bazi fitobentosa na istraživanim lokalitetima

Saprobni indeksi se baziraju na raznolikosti taksona i njihovoj relativnoj abundanci. Prema korištenim saprobnim indeksima SI i SID (grafik 10.) najniže vrijednosti zabilježene su na profilu Bijele vode, a najveća na profilu nizvodno od ušća Bukovice. Saprobní indeks raste sa padom nadmorske visine, što se može dovesti u vezu sa opadanjem količine rastvorenog kiseonika, povećanjem koncentracije nutrijenata, te izraženim procesima raspadanja organske materije.

U sastavu fitobentosa, na istraživanim lokalitetima dominirali su betamezosaprobní (39%) i oligo/betamezosaprobní (27%) indikatori.

Analizirana zajednica bentosnih dijatomeja u odnosu na korištene tipološke deskriptore (nadmorska visina, geološka podloga, površina sliva i tip dna), najveću korelaciju pokazuje u odnosu na nadmorsku visinu i tip supstrata. U ovom istraživanju nije utvrđen uticaj klase veličine sliva na distribuciju zajednica bentosnih dijatomeja.

4. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni rezultati istraživanja referentnih uslova na slivu rijeke Save u FBiH na tri tipa rijeke Trstionice. Za donošenje konačne ocjene i definisanje referentnih uslova, neophodno je provesti još, minimalno, jednogodišnje uzorkovanje svih relevantnih parametara na odabranim lokalitetima. Istraživanja je neophodno provesti u periodu srednjih vo-

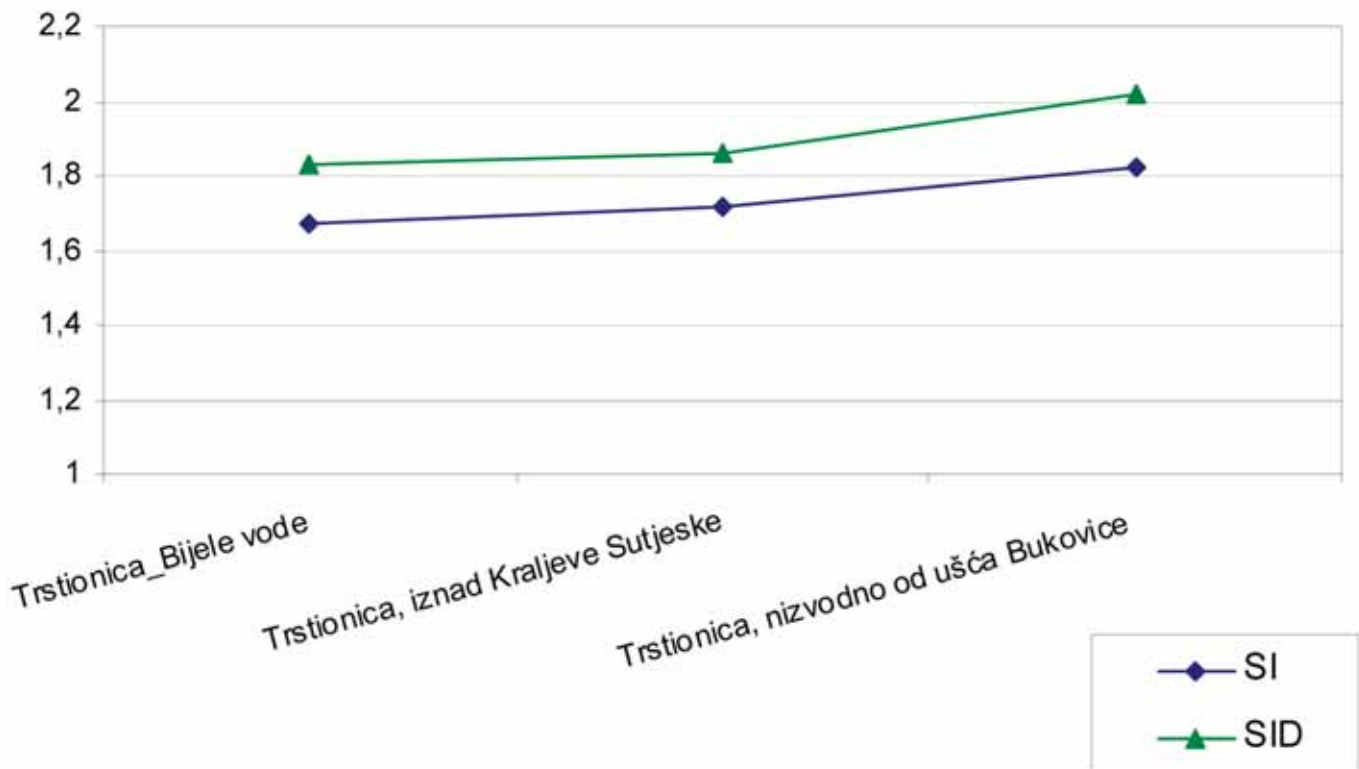
da (proljeće-rano ljeto) kako bi se prikupili podaci i iz takvih hidroloških situacija i iz sezone koja je jako bitna za žive organizme, posebno za makrobescičme-njake.

Razmatranje flore i faune u odnosu na abiotske tipološke deskriptore ukazala je da izbor parametara i definisanje klasa za svaki parametar ima svoj „biološki smisao“.

Također, bogatstvu vrsta flore i faune dna rijeke Trstionice doprinose i povoljne fizičko-hemijske karakteristike vode (kiseonički režim i koncentracija nutrijenata) kao i relativno neporomećena staništa.

LITERATURA

- Allan, D.J. (1995). Stream Ecology – Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 388 pp.
- AQEM (2002). Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Contract No: *EVK1-CT1999-00027*.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites.- *Water Res.* 17, 333-347.
- Chester, R. K. (1980). Biological Monitoring Working Party. The 1978 national testing exercise. Technical Memorandum 19.



Grafik 10. Vrijednosti saprobnih indeksa (SID, SI) na bazi fitobentosa na istraživanim lokalitetima



- Coste, M., H. Ayphassorho (1991) - Etude de la qualité des eaux du bassin Artois Picardie ? l'aide des communautés de Diatomées benthiques. Application des indices diatomiques au réseau. Rapport Convention d'étude n° 90 X 3300 du 19 Juin 1990. Cemagref Bordeaux - Agence de l'Eau Artois Picardie., : 227 p.
- Cummins, K. W. (1973). Trophic relation of aquatic insects. Annual Revue of Entomology, North America. Freshwater Biology, 21 : 191–205.
- Cummins, K.W., Klug, J.M. (1979). Feeding ecology of stream invertebrates. Annual Review of Ecology and Systematic 10, 147–172.
- Dance, K.W., Hynes, H.B.N. (1980). Some effects of agricultural land use on stream insect communities. Environmental Pollution, Series A, 22, 317–326.
- Dell'Uomo, A., Pensieri, A., Corradetti, D. (1999). Epilithic diatoms from the Esino river (central Italy) and their use for the evaluation of the biological quality of the water. Cryptogamie Algologie. 20(3):253-269.
- DeLong, M. D., Brusven, M.A. (1998). Macroinvertebrate Community Structure Along the Longitudinal Gradient of an Agriculturally Impacted Stream. Environmental Management 22, 3. 445–457.
- Dudgeon, D., Bretschko, G. (1996). Allochthonous inputs and land–water interactions in seasonal streams: tropical Asia and temperate Europe. *Perspectives in Tropical Limnology* (Schiemer, F., Boland, K.T. eds), 161–179. SPB Academic Publishing bv, Amsterdam.
- EN 13946: 2004. Water quality. Guidance standard for the routine sampling and pre-treatment of benthic diatoms from rivers.
- EN 14407: 2004. Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters
- EU Water Framework Directive - Directive of European Parliament and of the Council 2000/60/EC.
- Kelly, M. G., Whitton, B. A. (1995). The Trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology* 7: 433-444.
- Lorenc, A., Feld, C.K., Hering, D. (2004). Typology of streams in Germany based on benthic invertebrates: Ecoregions, zonation, geology and substrate. *Limnologica* 34, 379-389.
- Margalef, R. (1984). The Science and Praxis of Complexity. Ecosystems: Diversity and Connectivity as measurable components of their complication. In Aida, et al. (Ed.). United Nations University, Tokyo, 228–244.
- Moog, O. (Ed.) (1995). Fauna Aquatica Austriaca – a comprehensive species inventory of Austrian aquatic organisms with ecological data. First edition, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Pantle, R., Buck, H. (1995). Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas. u Wasserfach* 96, 604 pp.
- Pielou, E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131–144.
- Rott, E., Hofmann, Pall, K., Pfister P., Pipp, E. (1997). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobien-Indikation. Publ. Wasserwirtschaftskataster, BMFLF: 1–73.
- Rott, E., Van Dam, H., Pfister, P., Pipp, E., Pall, K., Binder N., Ortler, K. (1999). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation, geochemische Reaktion, toxikologische und taxonomische Anmerkungen. Publ. Wasserwirtschaftskataster, BMFLF: 1–248.
- Schmedtje, U., Colling, M. (1996). Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/96.
- Shannon, C. E., Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press, Urbana, 104–107.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163, 688.
- Tanasijević, M. (1970). Fauna Ephemeroptera na području planina Maglić, Volujak i Zelengora. *Glasnik Zemaljskog muzeja BiH u Sarajevu*, 9: 179–184.
- Tanasijević, M. (1977). Dinamika populacija vrsta roda *Baëthis* Leach (Ephemeroptera) u rijeci Stavnji. *Godišnjak Biološkog instituta u Sarajevu*, 30 : 169–173.
- Van Dam, H. (1982). On the use of measures of structure and diversity in applied diatom ecology. *Nova Hedwigia*, 73, 97-115.
- Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28 (1): 117-133.
- Wright, J.F., Sutcliffe, D.W, Furse, M.T. (2000). Assessing the Biological Quality of Fresh Waters – RIVPACS and other Techniques. The Freshwater Biological Association, Ambleside, pp. 400, ISBN 0 900386 62 2.
- Zelinka, M., Marvan, P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Gewässer. *Arch. für Hydrobiol.* 57: 389–407.

KORIŠTENI INTERNET IZVORI:

www.aqem.de

SPISAK NAĐENIH VRSTA SILIKATNIH ALGI FITOBENTOSA U RIJECI TRSTIONICI

Klasa: BACILLARIOPHYCEAE

Familija: Monoraphidees Rod: Cocconeis Vrsta: <i>Cocconeis pediculus</i> <i>C. placentula</i>	Rod: Frustulia Vrsta: <i>Frustulia vulgaris</i>	Rod: Meridion Vrsta: <i>Meridion circulare</i>
Rod: Rossithidium Vrsta: <i>Rossithidium linearis</i>	Rod: Gomphonema Vrsta: <i>Gomphonema olivaceum</i> <i>G. parvulum</i>	Familija: Nitzschiacees Rod: Denticula Vrsta: <i>Denticula tenuis</i>
Familija: Naviculacees Rod: Amphipleura Vrsta: <i>Amphipleura pellucida</i>	Rod: Navicula Vrsta: <i>Navicula cryptocephala</i> <i>N. gracilis</i>	Rod: Nitzschia Vrsta: <i>Nitzschia dissipata</i> <i>N. linearis</i> <i>N. palea</i>
Rod: Amphora Vrsta: <i>Amphora ovalis</i>	Rod: Rhoicosphaenia Vrsta: <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	Familija: Surirellacees Rod: Surirella Vrsta: <i>Surirella angusta</i> <i>S. ovata</i>
Rod: Cymbella Vrsta: <i>Cymbella helvetica</i> <i>C. affinis</i> <i>C. aspera</i> <i>C. cistula</i> <i>C. tumida</i> <i>C. sp.</i>	Familija: Araphidees Rod: Diatoma Vrsta: <i>Diatoma ehrenbergii</i> <i>D. moniliformis</i> <i>D. mesodon</i> <i>D. vulgaris</i> <i>D. sp.</i>	Familija: Centrophycidees Rod: Cyclotella Vrsta: <i>Cyclotella meneghiniana</i>
Rod: Encyonema Vrsta: <i>Encyonema prostratum</i> <i>E. ventricosum</i>	Rod: Fragilaria Vrsta: <i>Fragilaria ulna</i>	Rod: Melosira Vrsta: <i>Melosira varians</i>
		Rod: Pleurosira Vrsta: <i>Pleurosira laevis</i>



SPISAK NAĐENIH VRSTA MAKROBESKIČMENJAKA ZOOBENTOSA U RIJECI TRSTIONICI

Klasa: GASTROPODA

Familija: Planorbidae
Rod: Ancyllus
Vrsta: *Ancyllus fluviatilis*

Podklasa: Hirudinea
Familija: Erpobdellidae
Rod: Erpobdella
Vrsta: *Erpobdella sp.*

Red: EPHEMEROPTERA

Familija: Baetidae
Rod: Baetis
Vrsta: *Baetis alpinus*
B. fuscatus
B. lutheri
B. melanonyx
B. rhodani
B. sp.

Familija: Caenidae
Rod: Caenis
Vrsta: *Caenis sp.*

Familija: Ephemerellidae
Rod: Ephemerella
Vrsta: *Ephemerella (Serratella) ignita*
E. mucronata
E. notata

Rod: Torleya
Vrsta: *Torleya major*

Familija: Ephemeridae
Rod: Ephemera
Vrsta: *Ephemera danica*
E. vulgata
E. sp.

Familija: Heptageniidae
Rod: Ecdyonurus
Vrsta: *Ecdyonurus helveticus*
E. torrentis
E. venosus
E. sp.

Rod: Epeorus
Vrsta: *Epeorus alpicola*
E. sylvicola
E. sp.

Rod: Heptagenia
Vrsta: *Heptagenia sulphurea*
H. sp.

Rod: Rhithrogena
Vrsta: *Rhithrogena semicolorata*
Rh. sp.

Familija: Leptophlebiidae
Rod: Paraleptophlebia
Vrsta: *Paraleptophlebia submarginata*

Red: PLECOPTERA

Familija: Leuctridae
Rod: Leuctra
Vrsta: *Leuctra sp.*

Familija: Perlidae
Rod: Dinocras
Vrsta: *Dinocras cephalotes*

Familija: Perlidae
Rod: Perla
Vrsta: *Perla bipunctata*
P. marginata
P. sp.

Red: TRICHOPTERA

Familija: Brachycentridae
Rod: Brachycentrus
Vrsta: *Brachycentrus montanus*

Familija: Goeridae
Rod: Lithax
Vrsta: *Lithax niger*

Familija: Hydropsychidae
Rod: Hydropsyche
Vrsta: *Hydropsyche angustipennis*
H. sp.

Familija: Limnephilidae
Rod: Limnephilus
Vrsta: *Limnephilus sp.*

Familija: Rhyacophilidae
Rod: Rhyacophylla
Vrsta: *Rhyacophylla fasciata*
Rh. nubila
Rh. sp.

Familija: Sericostomatidae
Rod: Sericostoma
Vrsta: *Sericostoma sp.*

Red: COLEOPTERA

Familija: Dryopidae
Rod: Dryops
Vrsta: *Dryops sp.*

Familija: Elmidae
Rod: Elmis

Vrsta: *Elmis sp.*

Red: DIPTERA

Familija: Athericidae
Rod: Atherix
Vrsta: *Atherix ibis*
A.sp.

Familija: Chironomidae
Rod: Chironomus
Vrsta: *Chironomus sp.*

Familija: Simuliidae
Rod: Similium
Vrsta: *Simulium sp.*

Familija: Tabanidae
Rod: Tabanus
Vrsta: *Tabanus sp.*

Familija: Limoniidae
Rod: Limonia
Vrsta: *Limonia sp.*



ANALIZA KVALITETA VODE SLIVA REKE UNE NA OSNOVU MAKROINVERTEBRATA DNA

REZIME

U okviru biološke analize sliva reke Une na osnovu makroinvertebrata dna sprovedene su dve serije uzorkovanja (jun i septembar). U prvoj seriji uzorkovanja – jun, pronađeno je 39 taksona sa 36 rodova iz 4 tipa makroinvertebrata. U drugoj seriji – septembar, pronađen je 41 takson sa 37 rodova iz 4 tipa makroinvertebrata. Na osnovu indeksa saprobnosti ovi vodotoci su svrstani u II klasu, a na osnovu Trent-biotičkog indeksa u I kategoriju, uglavnom.

KLJUČNE REČI: Makrozoobentos, saprobnost, dominantnost, kvalitet vode

UVOD

Bentosni makroinvertebrati (ili beskičmenjaci dna) predstavljaju životinje koje naseljavaju sediment, odnosno žive na ili u drugim supstratima dna slatkovodnih, estuarskih i morskih ekosistema. Ovi organizmi tokom čitavog ili dela svog životnog ciklusa grade kućice, cevčice ili mreže, na ili u kojima žive; slobodno lutaju preko kamenja, organske materije u raspadu i drugih substrata; ili se zakopavaju u substrat. Ovakve zajednice reaguju na promene

uslova staništa i kvaliteta vode promenama u sastavu zajednice (abundanca i sastav beskičmenjaka). Međutim mnoga staništa, naročita ona pod raznim uticajima, karakterišu se dominacijom samo nekoliko vrsta. Odgovori zajednice makroinvertebrata na



Una, profil kod Kostajnice

Foto: G.Lekić

pomene uslova sredine su jako korisni u proceni uticaja komunalnih, industrijskih, naftnih i poljoprivrednih otpada, kao i uticaja ostalih upotreba zemljišta na površinske vodotoke [37].

MATERIJAL I METODE RADA

Uzorkovanje makroinvertebrata dna na ispitivanim profilima je vršeno ručnom mrežom, prema BAS ISO 7828:1985[5]. Transport, fiksiranje i rukovanje uzorcima obavljeno prema BAS ISO 5667-2,3,6. [6,7,8]. Sortiranje i obrada uzorka obavljeno prema Standard Methods, 21st Edition, 2005. 10500 A, C i D [37]. Procena kvaliteta vode na osnovu makroinvertebrata dna izvršena je prema indeksu saprobnosti S (Puntle-Buck, 1955) [35,42] i Trent-biotičkom indeksu (Woodwiss, 1978) [40,41,42]. Lista indikatorskih taksona je po Wegl, 1983.[42]. Indeksi diveziteta nisu rađeni za istraživanja u 2009. godini. Determinacija prisutnih taksona urađena je prema dostupnim ključevima [1,2,3,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32,33,34,38,39,43,44].

Ocena kvaliteta voda vršena je na osnovu propisa iz Uredbe o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodo-

toka [36]. Procena dubine vodotoka vršena je na mestu uzorkovanja kao prosečna dubina datog transekta sa koga je vršeno prikupljanje uzorka. Podela supstrata, kao i procena zasenčenosti duž mernog profila, vršena je na osnovu AQEM terenskog protokola za uzorkovanje mikrobioloških i bioloških parametara kvaliteta u tekućim vodama [4]. Makrofite, kao biološki indikator kvaliteta vodotoka, nisu rađene. Registrovano je samo njihovo prisustvo ili odsustvo na datom profilu. Njihova zastupljenost, ukoliko su bile prisutne izvršena je na osnovu subjektivne procene uzorkivača na terenu. Što se tiče utvrđivanja brzine vodotoka na svim profilima su simultano rađena i hidrometrijska merenja, pa je na osnovu njih izvršena data procena.

REZULTATI RADA

U okviru sliva reke Une istraživanja su vršena na sledećim vodotocima i profilima: Moštanica, Gomjenica, Vojskova i Strigova [31]. Prisutan je vrlo raznoliki živi svet beskičmenjaka dna, dat u listi taksona (Tabela 1).

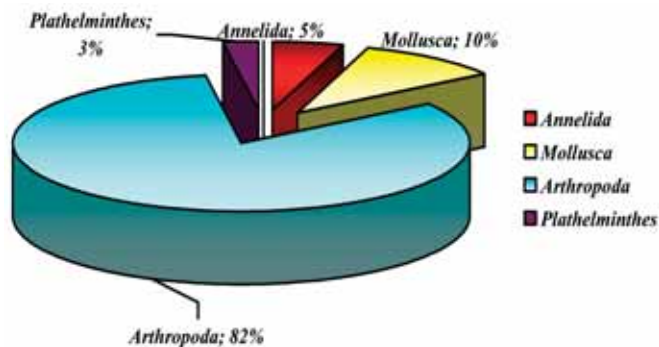
Tabela 1. Lista taksona različitih grupa makroinvertebrata, čije je prisustvo registrovano na ispitivanim profilima na pritokama reke Une, istraživanja u 2009. god.

<i>Plathelminthes</i>	<i>Trichoptera</i>
<i>Turbellaria</i>	<i>Brachycentrus subnubilus</i>
<i>Dugesia gonocephala</i>	<i>Goera pilosa</i>
<i>Annelida</i>	<i>Hydropsyche sp.</i>
<i>Oligochaeta</i>	<i>Hydropsyche pellucida</i>
<i>Eiseniella tetraedra</i>	<i>Limnephilus sp.</i>
<i>Hirudinea</i>	<i>Phylopotamus montanus</i>
<i>Glossiphonia sp.</i>	<i>Polycentropus sp.</i>
<i>Mollusca</i>	<i>Rhyacophila fasciata</i>
<i>Gastropoda</i>	<i>Sericostoma personatum</i>
<i>Ancylus fluviatilis</i>	<i>Odonata</i>
<i>Bithynia tentaculata</i>	<i>Calopteryx splendens</i>
<i>Lymnaea sp.</i>	<i>Gomphus vulgatissimus</i>
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	<i>Coleoptera</i>
<i>Arthropoda</i>	<i>Brychius elevatus</i>
<i>Crustacea</i>	<i>Elmis aenea</i>
<i>Astacus astacus</i>	<i>Elmis maugei</i>
<i>Gammarus fossarum</i>	<i>Gyrinus sp.</i>
<i>Insecta</i>	<i>Hydraena riparia</i>
<i>Plecoptera</i>	<i>Limnius sp.</i>
<i>Leuctra nigra</i>	<i>Stenelmis canaliculata</i>
<i>Perla sp.</i>	<i>Hemiptera</i>

	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Aphelocheirus aestivalis</i>
<i>Baetis sp.</i>		<i>Nepa cinerea</i>
<i>Baetis muticus</i>		Diptera
<i>Ecdyonurus sp.</i>		<i>Atherix ibis</i>
<i>Ephemera vulgata</i>		<i>Chironomus sp.</i>
<i>Ephemerella ignita</i>		<i>Chironomus ssp.</i>
<i>Heptagenia sulphurea</i>		<i>Tabanus sp.</i>
<i>Paraleptophlebia sp.</i>		<i>Tanypus sp.</i>
<i>Siphonurus sp.</i>		<i>Tipula sp.</i>
		<i>Simulium sp.</i>

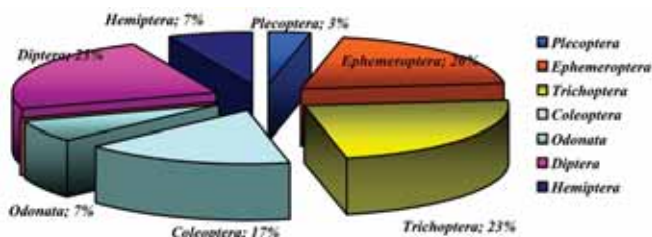
U prvoj seriji uzorkovanja - jun, konstatovano je 39 taksona sa 36 rodova iz 4 tipa makroinvertebrata (Grafik 1). To su sledeći tipovi: *Plathelminthes* (1 takson sa 1 rodom), *Annelida* (2 taksona sa 2 roda), *Mollusca* (4 taksona sa 4 roda) i *Arthropoda* (32 taksona sa 29 rodova).

Grafik 1. Kvalitativni sastav makroinvertebrata u slivu reke Une iz prvog ciklusa ispitivanja izražen u procentima na osnovu zastupljenosti – jun 2009. god. [30].



Najdominantniji je tip *Arthropoda*, što je sasvim očekivano jer klasa *Insecta* sa svojom velikom raznovrsnošću, pripada ovoj grupi. U okviru ove klase konstatovano je 30 taksona iz 27 rodova koji su raspoređeni u 7 različitih redova: *Plecoptera* (1 takson sa 1 rodom), *Ephemeroptera* (6 taksona sa 5 rodova), *Odonata* (2 taksona sa 2 roda), *Diptera* (7 taksona sa 6 rodova), *Coleoptera* (5 taksona sa 5 rodova), *Hemiptera* (2 taksona sa 2 roda) i *Trichoptera* (7 taksona sa 6 rodova) (Grafik 2).

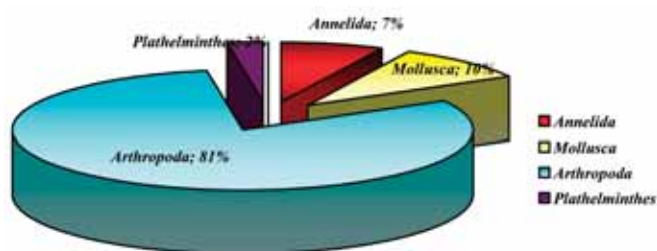
Grafik 2. Kvalitativni sastav klase *Insecta* na ispitivanim profilima u okviru sliva rijeke Une izražen u procentima na osnovu zastupljenosti -jun 2009. god. [30].



Po broju vrsta dominiraju jedinke iz reda *Trichoptera* i *Diptera*, a subdominantno se javljaju jedinke koje pripadaju redu *Ephemeroptera*.

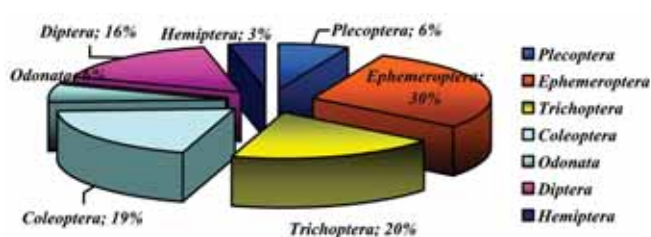
U drugoj seriji uzorkovanja-septembar, konstatovano je 41 taksona sa 37 rodova iz 4 tipa makroinvertebrata (Grafik 3). To su sledeći tipovi: *Plathelminthes* (1 takson sa 1 rodom), *Annelida* (3 taksona sa 3 roda), *Mollusca* (4 taksona sa 4 roda) i *Arthropoda* (33 taksona sa 29 rodova).

Grafik 3. Kvalitativni sastav makroinvertebrata u slivu reke Une iz drugog ciklusa ispitivanja izražen u procentima na osnovu zastupljenosti-septembar 2009. god. [30].



Najdominantniji je tip *Arthropoda*, što je sasvim očekivano jer klasa *Insecta* sa svojom velikom raznovrsnošću, pripada ovoj grupi. U okviru ove klase konstatovano je 31 taksona iz 27 rodova koji su raspoređeni u 7 različitih redova: *Plecoptera* (2 taksona sa 2 roda), *Ephemeroptera* (9 taksona sa 7 rodova), *Odonata* (2 taksona sa 2 roda), *Diptera* (5 taksona sa 4 roda), *Coleoptera* (6 taksona sa 6 rodova), *Hemiptera* (1 takson sa 1 rodom) i *Trichoptera* (6 taksona sa 6 rodova) (Grafik 4).

Grafik 4. Kvalitativni sastav klase *Insecta* na ispitivanim profilima u okviru sliva rijeke Une izražen u procentima na osnovu zastupljenosti - septembar 2009. god. [30].



Po broju vrsta dominiraju jedinke iz reda *Ephemeroptera*, a subdominantno se javljaju jedinke koje pripadaju redu *Trichoptera*.

MOŠTANICA - Navedeni profil se nalazi 500 m uzvodno od manastira Moštanica (Slika 1).



Slika 1. Google Earth
(Rijeka Moštanica – Manastir Moštanica)

Kvalitet vode reke Moštanice, na ovom profilu, na osnovu indeksa saprobnosti u mesecu junu iznosio je $S=1.90$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinveretbrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 10 grupa spada u I - II klasu boniteta i ima oligo – ? mezosaprobne osobine. Dominiraju *Ephemeroptera*, a subdominantno se javljaju *Diptera*. Prisutan je i *Astacus astacus* – rak (Slika 3), koji se hrani životinjama koje može da ulovi (ribe, žabe, puževi, larve insekata...). Uzorkovanje je celom širinom obalom reke. Dubina je bila oko 0.20m. Na skali od 1 – 5 brzina je bila 3, a bistrina 4. Obale su obrasle travom i žbunjem, strme su blago i neuređene. Dno je procentualno predstavljeno: psamal 5%, mikrolital 25%, mezolital 45%, makrolital 15%, megalital 10%. Nema makrofita na njemu, a zasenčenost je bila velika (preko 50%).



Slika 2. Dominantna vrsta u septembru:
Ecdyonurus venosus-Ephemeroptera

Kvalitet vode reke Moštanice, na ovom profilu, na osnovu indeksa saprobnosti u mesecu septembru iznosio je $S=1.75$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinveretbrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 17 grupa spada u I klasu boniteta i ima kseno-oligosaprobne osobine tj. kvalitetnu vodu. Dominiraju jedinke iz reda *Ephemeroptera* (Slika 2), a subdominantno se javljaju *Diptera*.



Slika 3. Prisutna vrsta u junu: *Astacus* sp. - Crustacea

GOMJENICA –Navedeni profil se nalazi uzvodno od Prijedora, neposredno kod ušća u Unu (Slika 4).



Slika 4. Google Earth (Rijeka Gomjenica – Saničani)

Kvalitet vode reke Gomjenice na osnovu indeksa saprobnosti u mesecu junu iznosio je $S = 1.81$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta vodotoka. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinveretbrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 12 grupa spada u I klasu boniteta i ima oligosaprobne osobine tj. visoko kvalitetnu vodu. *Ephemeroptera* su dominantne, a subdominantno se javljaju *Coleoptera* i

Gammaridae. Prisutne su i *Odonata* (Slika 6). Uzorkovanje je celom širinom obalom reke. Dubina je bila oko 1m. Na skali od 1 – 5 brzina je bila 2, a bistrina 2. Obale su obrasle travom i žbunjem, strme su blago i neuređene. Dno je procentualno predstavljeno: psamal 15%, akal 10%, mezolital 70%, makrolital 5%. Ima malo makrofita na njemu, a zasenčenosti nije bilo.

Kvalitet vode reks Gomjenice na osnovu indeksa saprobnosti u mesecu septembru iznosio je $S = 1.94$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta vodotoka. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinvertebrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 20 grupa spada u I klasu boniteta i ima kseno-oligosaprobne osobine tj. kvalitetnu vodu kao i prethodni. Dominiraju jedinke iz reda *Ephemeroptera* (Slika 5).



Slika 5. Dominantna vrsta u septembru:
Baetis muticus- *Ephemeroptera*



Slika 6. Prisutna vrsta u junu:
Calopteryx splendens - *Odonata*

VOJSKOVA – Navedeni profil se nalazi uzvodno u odnosu na Novi Grad u naselju Rudice (Slika 7).

Kvalitet vode reke Vojskove na osnovu indeksa saprobnosti u mesecu junu iznosio je $S = 1.84$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta vodotoka. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinvertebrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 19 gru-



Slika 7. Google Earth (Rijeka Vojskova – Rudice)

pa spada u I klasu boniteta i ima kseno-oligosaprobne osobine tj. kvalitetnu vodu. Dominantna grupa beskičmenjaka su *Gammaridae*, a subdominantno se javljaju *Ephemeroptera* i *Coleoptera*. Javljaju se i *Hemiptera* (Slika 9). Uzorkovanje je celom širinom obalom reke. Dubina je bila oko 0.20m. Na skali od 1 – 5 brzina je bila 3, a bistrina 5. Obale su obrasle travom i žbunjem (leva i gustim drvećem), strme su blago i neuređene. Dno je procentualno predstavljeno: psamal 30%, mikrolital 20%, mezolital 50%. Ima dosta makrofita na njemu, a zasenčenost je bila delimična (do 50%).

Kvalitet vode reke Vojskove na osnovu indeksa saprobnosti u mesecu septembru iznosio je $S=1.87$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta vodotoka. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinvertebrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 18 grupa spada u I klasu boniteta i ima kseno-oligosaprobne osobine tj. kvalitetnu vodu kao i prethodna dva. Dominiraju jedinke iz klase *Crustacea* -*Gammarus fossarum* (Slika 8), a subdominantno se javljaju *Gastropoda*.



Slika 8. Dominantna vrsta u septembru:
Gammarus fossarum-*Crustacea*



Slika 9. Prisutna vrsta u junu: *Nepa sp.* - Hemiptera

STRIGOVA – Navedeni profil se nalazi na putnom pravcu Novi Grad – Kostajnica, neposredno pred ušće u Unu (Slika 10).



Slika 10. Google Earth (Rijeka Strigova – Kostajnica)

Kvalitet vode reke Strigove na osnovu indeksa saprobnosti, na ovom profile, u mesecu junu iznosio je $S = 1.97$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta vodotoka, takođe. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinveretbrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 18 grupa spada u I klasu boniteta i ima ksenosaprobne osobine. *Gammaridae* su dominantne, a subdominantno se javljaju *Coleoptera* i *Ephemeroptera*. Ima dosta *Gastropoda* i javljaju se i *Hemiptera* (Slika 12). Uzorkovanje je celom širinom obalom reke. Dubina je bila oko 0.50m. Na skali od 1 – 5 brzina je bila 3, a bistrina 5. Obale su obrasle travom, žbunjem i gustim drvećem, strme su i neuređene. Dno je procentualno predstavljeno: psamal 5%, mikrolital 50%, mezolital 40%, makrolital 5%. Nema makrofita na njemu, a zasenčenost je bila delimična (do 50%).

Kvalitet vode reke Strigove na osnovu indeksa saprobnosti, na ovom profile, u mesecu septembru iznosio je $S = 1.91$ i svstavao je ovaj vodotok u II klasu kvaliteta vodotoka, takođe. Na osnovu broja pronađenih grupa makroinveretbrata tj. Trent-biotičkog indeksa, ovaj vodotok sa 19 grupa spada u I klasu boniteta i ima ksenosaprobne osobine. Dominiraju jedinke iz reda *Ephemeroptera*-*Baetis sp.* (Slika 11), a subdominantno se javljaju *Crustacea*-*Gammarus fossarum*.



Slika 11. Dominantna vrsta u septembru: *Baetis sp.*-*Ephemeroptera*



Slika 12. Prisutna vrsta u junu: *Aphelocheirus aestivalis* – Hemiptera

ZAKLJUČAK

U prvoj seriji vodotoci iz ovog sliva na osnovu izračunatih indeksa saprobnosti, spadaju u II klasu boniteta i ujednačenog su kvaliteta [42,31]. Veće raznovrsnosti i razlike predstavljene su brojem različitih grupa makroinvertebrata (na osnovu Trent-biotičkog indeksa) [40,41]. Na osnovu njih ovi vodotoci imaju I klasu i odlikuju se veoma kvalitetnom vodom, osim reke Moštanice čija je voda na granici I i II klase.

U drugoj seriji vodotoci iz ovog sliva na osnovu izračunatih indeksa saprobnosti, spadaju u II klasu boniteta i ujednačenog su kvaliteta. U odnosu na jun nije konstatovana nikakva promena u stanju boniteta. Veće raznovrsnosti i razlike predstavljene su brojem različitih grupa makroinvertebrata (na osnovu Trent-biotičkog indeksa) [40,41]. Na osnovu njih ovi vodotoci imaju I klasu i odlikuju se veoma kvalitetnom vodom [31].

Poređenjem sa rezultatima I serije jedino poboljšanje i promena viđena je na Moštanici, koja je sa I – II klase došla do I [31].

LITRERATURA

1. Adults of the British Aquatic Hemiptera Heteroptera, Savage, A.A. Freshwater Bio Assoc, 1989.,
2. Analysis of Ecological Communities, MCCune, Grace,
3. Atlas of the land and Freshwater molluscs of Britain and Ireland, Michael Kerney,
4. AQEM European stream assessment program,
5. BAS ISO 7828:1985, Water quality-Methods of biological sampling-Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates,
6. BAS ISO 5667- 2, Water quality-Sampling-Guidance on sampling techniques,
7. BAS ISO 5667- 3, Water quality-Sampling-Guidance on the preservation and handling of water samples,
8. BAS ISO 5667- 3, Water quality-Sampling- Guidance on sampling of rivers and streams,
9. Biology of Streams Rivers, Giller, 0-19-854977-6, OUP.,
10. British fresh and brackish water gastropods,
11. Descriptions of some of the Glochidia of the Unionidae (Mollusca – Bivalvia), Michael Hoggarth,
12. Ecology of Freshwater Molluscs, Dillon, Robert T. Cambridge UP, 2000.,
13. Edington, J.M., Hildrew, A.G. (1995): Caseless caddis larvae of the British Isles. A key with ecological notes. Freshwater Biological Association Scientific Publication No.53.143pp.,
14. EPA, Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers, Benthic Macroinvertebrate and Fish,
15. Ephemeroptera na Makedonija, Sistematika i faunistika, Petar Ikonov,
16. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, D. Rosenberg, V. Resh,
17. How to Know the Freshwater Crustacea, Fitypatries, Joseph P. Wm C Brown, 1982.,
18. Hubbard, M.D. (1990): Mayflies of the World. A catalog of the Family and Genus, Group Taxa, Flora and Fauna Handbook 8.,
19. Hydrobiologicky determiničny atlas, Konzumenty I, Emilia Elexova,
20. Hydrobiologicky determiničny atlas, Konzumenty II, Sona Hrabínova a Peter Bitušik,
21. Hydrobiologicky determiničny atlas, Konzumenty III, Peter Balaži a Eva Trijakova,
22. Hydrobiologicky determiničny atlas, Konzumenty IV, Marta Illyova, Peter Balaži,
23. Key to Adult Males of the British Chironomidae (Diptera), Pinder, C.V. Freshwater Bio Assoc, 1978.,
24. Key to Adults and Nymphs of the British Stoneflies (Plecoptera), Hynes, H.B.N. Freshwater Bio Assoc, 1977.,
25. Key to Adults of the British Trichoptera, Macan, T.T. Freshwater Bio Assoc, 1973.,
26. Key to British Fresh and Blackish Water Gastropods, Macan, T.T. Freshwater Bio Assoc, 1977.,
27. Key to Nymphs of the British Species of Ephemeroptera with Notes on Their Ecology, Macan, T.T. Freshwater Bio Assoc, 1979.,
28. Key to the Case-bearing Caddis Larvae of Britain and Ireland, Wallace, I.D. Freshwater Bio Assoc, 2003.,
29. Molluscs – A field guide in colour,
30. Monitoring ecological change, Ian F. Spellerberg,
31. Monitoring kvaliteta površinskih voda u Republici Srpskoj, Izveštaj za 2009., Institut za vode D.O.O. , Bijeljina, Agencija za vode oblasnog riječnog sliva Save, Bijeljina, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede RS,
32. Nans Malicky (1983): Atlas of European Trichoptera, Boston-London,
33. Nilsson, A. (1996): Aquatic Insects of North Europe- A Taxonomic Handbook, Volume 1, Apollo Books, Stenstrup, 274 pp.,
34. Pennak, R.: Freshwater invertebrates of USA, second edition, A Wailey-Interscience Publication, New York, 1978,
35. Pujin, V. , Grginčević, M. , Hidrobiologija , Priručnik za studente i poslediplomce, Ekološki pokret grada Novog Sada, 1998.,
36. Službeni glasnik Republike Srpske, br.42/01, str. 857.,
37. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.
38. Surface water quality monitoring, Jens Bogestrand,
39. Williams, D.D. Feltmate, B.W. (1992): Aquatic Insects, CAB International Wallingford, UK
40. Woodwiss, F. S. (1964) The biological system of stream classification used by the Trent River Board,
41. Woodwiss, F. S. (1978) Comparative study of biological-ecological water quality assessment methods,
42. Wegl (1983) Lista indikatorskih taksona,
43. Zbornik z hydrobiologickeho kurzu 2003, Modra-Harmonia,
44. Zbornik z hydrobiologickeho kurzu 2004, Bratislava.

BIOESEJ METODE ZA UTVRĐIVANJE TOKSIČNOSTI VODA I VREDNOVANJA REZULTATA

Istorijat i primjena bioloških eseja (bioesej metoda)

T

toksičnost voda u prirodi, tekućih, površinskih i podzemnih, ispituje se pomoću bioesej postupaka na organizmima koji žive u vodi.

Anderson B.G. je 1944 godine određivao prave toksičnosti različitih otrovnih supstanci u industrijskim otpadnim vodama pomoću bioesej metode na organizmima *Daphnia magna*.

Bioesej je test u kojem se koriste vodeni organizmi za detekciju ili mjerenje prisutnih toksičnih efekata od jedne ili više otrovnih supstanci, koji se nalaze u otpadnim vodama.

U drugoj polovini dvadesetog vijeka bioesej je postao osnovni metod za detekciju, istraživanje i evaluaciju toksičnosti industrijskih otpadnih voda. Hemijska ispitivanja voda i otpadnih voda ne pružaju dovoljno informacija o toksičnim efektima otpadnih voda na biološke vrste koje žive u vodi sa aspekta zaštite voda i životne okoline. Zbog toga, se toksičnost otpadnih voda i otrovnih otpadaka u vodama za lokalne biološke vrste može utvrditi direktno i pouzdano pomoću bioeseja pod odgovarajućim eksperimentalnim uslovima.

Bezbijedne koncentracije (BK):

Bezbijedne koncentracije su maksimalne koncentracije nekog otrova koji ne izaziva štetne efekte nakon dogotrajnog izlaganja jedne ili više generacija određene biološke vrste toj toksičnoj materiji. Međutim, kod biotesta u kojem se koristio samo dio životnog vijeka test organizama potrebno je u bioeseju koristiti veliki broj jedinki. U praksi se koriste različite posredne metode za utvrđivanje maksimalno dopuštenih koncentracija (MDK) i bezbjednosnih koncentracija (BK) za toksične materije uključujući korištenje faktora aplikacije (AF).

Maksimalno dopuštene koncentracije (MDK):

Maksimalno dopuštene koncentracije su koncentracije toksičnih materija u vodi, vazduhu, životnim namirnicama ili predmetima opšte upotrebe koje ne mogu izazvati štetne toksične efekte na pojedine biološke vrste. Njihova koncentracija u vodama, atmosferi i zemljištu ne smije biti veća od maksimalno dopuštene po važećim propisima.

Maksimalno dopuštene koncentracije utvrđuju se pomoću dugotrajnih izlaganja u dijelu životnog vijeka ili u cijelom životnom ciklusu test organizama

kod kojih se ne smiju pokazati štetni toksični efekti. Bezbjedni nivoi izlaganja su odabrani tradicionalnim postupkom, koji se zasniva na rasuđivanju, da se utvrdi 1/10 do 1/5000 dio od najveće doze koja ne izaziva primjetne toksične efekte (4,5). Ovi nivoi se utvrđuju ozbiljnim i dugotrajnim istraživanjima štetnih efekata. Bezbjedni nivoi ekspozicije toksičnim materijama su maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) po ISO ili nacionalnim standardima. Pouzdane, sigurne koncentracije ili doze su relativni izrazi koji označavaju definisani stepen izlaganja ili definisanu u organizam unesenu dozu (npr. 2,7 mg/kg tjelesne težine). Za veliki broj otrovnih jedinjenja istraženi su toksikološki i fiziološki efekti na pojedinim životinjskim vrstama, ali veći broj toksičnih jedinjenja je nepotpuno ili nije nikako toksikološki obrađivan.

Teško se na osnovu eksperimenata na životinjama može pouzdano predskazati kakav bi toksični efekat bio kod ljudi. Ljudi mogu biti manje ili više osjetljivi, odnosno, mogu imati manju ili veću sposobnost neutralizacije toksičnog djelovanja. S druge strane ljudi su više heterogena populacija u odnosu na specijalno uzgajane laboratorijske životinje. Uprkos navedenih nedostataka, uz zadovoljenje potpune nepristrasnosti i sa navedenim ograničenjima, sakupljeni podaci studije na životinjama mogu se ekstrapolirati za prognozu približnih očekivanih toksičnih efekata kod čovjeka. Osnovni pokazatelj toksičnosti se manifestuje kao posljedica prisustva toksičnog agensa u određenim koncentracijama na mjestu ćelijskih receptora. Razlike u reakcijama nakon izlaganja proističu iz razlika u načinu kako se hemijsko jedinjenje apsorbiralo u organizam, kako se raspodijelilo, biotransformisalo i izlučilo iz organizma.

Faktor aplikacije

Faktor aplikacije se dobija kada se prava vrijednost MDK podjeli sa početnim LC50.

$$AF = \frac{MDK}{poč.LC_{50}}$$

Faktor aplikacije se koristi samo za određivanje MDK na nekim vrstama riba jer rezultati kod beskičmenjaka znatno odstupaju. Mjerenjem vrijednosti faktora aplikacije, za jednu toksičnu materiju, kod više vrsta riba faktor aplikacije varira od 2 do 5. Veličina ovih varijacija je potvrđena i nastaje eksperimentalnim greškama. Kod korištenja AF sa početnim LC50 za procjenu MDK za ribe polazi se od pretpostavke da AF za određeni otrov ima konstantnu vrijednost, što može ali ne mora biti uvijek istinito.

Međutim, Faktor aplikacije se može koristiti uz pomoć početnog LC50 za procjenu BK kada se zagađene vode razrjeđuju čistom vodom, da bi se ocjenila BK otpadnih voda ispuštenih u vodotoke, stajace i podzemne vode:

$$BK = AF \times poč.LC_{50}$$

Bezbjednosne koncentracije ili dopuštena zagađenost otpadnih voda se utvrđuje nakon miješanja sa vodotokom, stajaćom ili podzemnom vodom. Tačnost ovih procjena zavisi od pouzdanosti mjerenja početne LC50 i toksičnih efekata drugih otpadaka prisutnih u vodama.

Za sve toksične materije koje se ispuštaju u vode potrebno je odrediti početni LC50 razrjeđivanjem otpadne vode korištenjem odabranih osjetljivih živih bića obično *Daphnia magna* ili *Vibrio fischeri*. Kada je AF = 0,01, izračunata BK za toksične otpadne vode van zone miješanja je:

$$BK = 0,01 \times poč.LC_{50}$$

Industrijske otpadne vode sa početnim toksičnim efektima ne smiju se ispuštati direktno bez prečišćavanja ili razblaživanja na zemljište i površinske vode dok se ne osiguraju bezbjedne koncentracije.

Otpadne vode sa toksičnim efektima, ako se direktno ispuštaju u okolinu, bez velikih bazena za razrjeđenje i uređaja za prečišćavanje su visok permanentan rizik za lokalne vode i zemljište.

Utvrđivanje toksičnih doza

Toksikološka istraživanja se obavljaju sa ciljem da se utvrde bezbjedni nivoi izlaganja živih bića otrovnim materijama. Informacije dobijene istraživanjem se koriste da se utvrde i definišu srednje efektivne toksične koncentracije EC50 ili srednje efektivne doze ED50 neke materije.

Srednja efektivna koncentracija EC50

Srednja efektivna koncentracija se koristi kada se izučavaju neki drugi toksični efekti osim letaliteta. Ova koncentracija je koncentracija koja izaziva specifične toksične efekte ili odgovore kao na primjer gubitak ravnoteže, promjenu tjelesne težine, imobilizaciju jedinki, razvoj deformiteta ili neki drugi poremećaj kod 50% organizama u eksperimentu. Ovi efekti, kao i oni kod srednjih letalnih doza, mogu obuhvatiti bilo koji procenat toksičnih odgovora 10%, 70% itd., pa ih označavamo kao LD10, LD70. U postupku utvrđivanja EC50 bioesej metodom, potrebno je eksperimentalno odrediti najmanje po jednu efektivnu koncentraciju manju od EC50 i jednu veću od srednje efektivne koncentracije EC50, da bi se probit analizom odredila srednja efektivna koncentracija EC50.

Kod ispitivanja toksičnih efekata na biološkim jedinkama u rezultatima je neophodno navesti i vrijeme ekspozicije na primjer:

24-časovni $EC_{50} = 0,69$ mg/l vode za eksperimente izvedene u vodi.

Vrijednost EC_{50} se može odrediti na dva načina.

1. Algebarski postupak koristi statističku probit analizu u kojoj se doze stimulusa pretvaraju u logaritme, a toksični efekti u probit jedinice. Srednje efektivne koncentracije EC_{50} u mg na litar vode se dobiju algebarskom probit analizom, tj. logaritmiranjem doza stimulusa i pretvaranjem efekata toksičnog djelovanja u probit jedinice. Antilogaritmiranjem rezultata probit analize dobije se vrijednost EC_{50} .
2. Postupkom grafičke interpolacije pomoću Gausove logaritam skale, na apsisi se nanose logaritmi doze otrova, a na ordinati efekti toksičnog djelovanja u probit jedinicama. Interpolacijom probit vrijednosti u % toksičnog efekta sa ordinate na apsisi gdje se očita logaritam koncentracije stimulusa. Antilogaritam doze stimulusa, očitana sa dijagrama, predstavlja srednju efektivnu koncentraciju (EC_{50}).

U tabeli 1. su date srednje efektivne koncentracije EC_{50} za neke hemikalije u mg/l vode.

Srednja letalna doza LD50 i srednja letalna koncentracija LC50

Letalne doze i letalne koncentracije se koriste da se izraze i definišu rezultati bioloških istraživanja kod kojih je letalitet mjerilo toksičnosti nekog hemijskog jedinjenja. Uobičajeno je da se LD_{50} utvrđuje na laboratorijskim životinjama jednokratnim unošenjem određenih doza otrova putem intravenoznih, subku-

tanih, intramuskularnih injekcija ili oralnim unošenjem u digestivni trakt, a letalitet se posmatra u toku 24, 48 ili 96 sati. Letalne doze su obično predmet izučavanja farmakologije i opšte toksikologije.

U ekološkoj toksikologiji izučava se zagađenost radne atmosfere, komunalne atmosfere, zagađenost voda, tla, hrane, predmeta opšte upotrebe i drugih ekoloških medija u kojima se živi organizmi izlažu štetnom djelovanju toksičnih koncentracija na nivou LC_{50} ili toksičnih doza na nivou LD_{50} . Letalne koncentracije se označavaju brojevima LC_{50} , LC_{10} , LC_{80} itd. Ovi brojevi izražavaju procenete uginulih životinja u eksperimentu u kojem su biološke vrste izložene letalnim koncentracijama otrova. Efekti toksičnosti u vazduhu za kopnena živa bića i u vodi za vodeni živi svijet zavise od dva činioca:

- od koncentracije kojoj su organizmi izloženi
- od dužine vremena trajanja izlaganja toj koncentraciji.

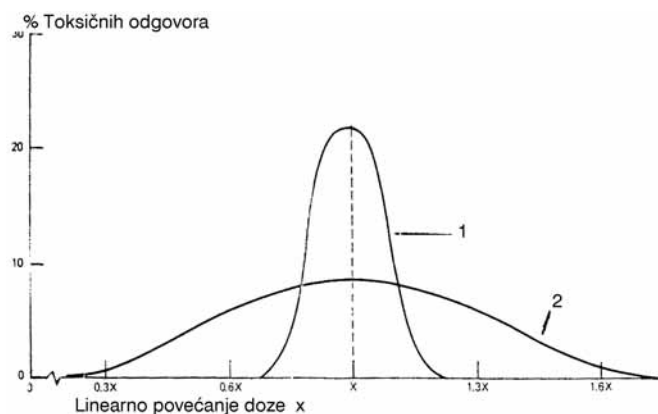
96 časovna LC_{50} je koncentracija toksične materije kod koje uginu oko 50% populacije testiranih životinja u toku eksperimenta od 96 sati. Rezultate bioeksperimenta na nivou letalnih koncentracija uobičajeno je prikazivati kao srednje letalne koncentracije, odnosno, kao 24 h - LC_{50} , 48 h - LC_{50} ili 96 h - LC_{50} .

Odnos aplicirane doze stimulusa (otrova) i % toksičnih odgovora:

U postupku ekstrapolacije toksičnih efekata osnovno pitanje je odnosa doze i fiziološko toksičnih odgovora na dozu unesenu u organizam.

Tabela 1.: Vrijednosti srednjih efektivnih koncentracija (EC_{50}) za neke supstance pomoću vibrio fischeri ISO/CD 11348

Hemikalija	EC_{50}	Hemikalija	EC_{50}	Hemikalija	EC_{50}	Hemikalija	EC_{50}	Hemikalija	EC_{50}
ZnSO ₄	6.00	HgCl ₂	0.30	Aceton	22500	Fenol	18.0	2,4-dihloro-fenoksi-sirćetna kis	210
Etanol	23000	NaF	12000	CuSO ₄	0.85	Hloroform	1450	Izopropil-alkohol	19000
Nikotin	600	Teofilin	1900	Etilenglikol	185000	Metanol	42000	Propanol	125
3.5-dihlor-fenol	5.80	NaF	12000	NaCl	39000	SDS	4.25	Acetaminofen	1800



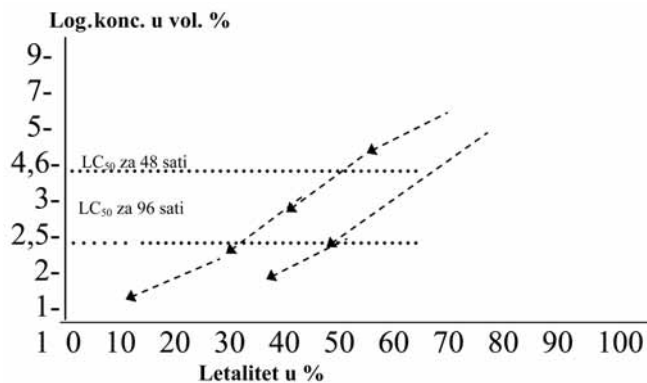
Dijagram 1.: Krivulje toksičnih odgovora na aplicirane doze dvije hemikalije

Dijagram pokazuje procenat individualnih odgovora na aplicirane doze dvije hemikalije.

Kod hemikalije 1. opseg linearnog povećanja doza koje proizvode primjetne toksične efekte je značajno manji nego kod hemikalije 2. Vrijednost srednje X-doze (u mg/kg tjelesne težine) kod obje hemikalije će izazvati 50 % toksičnih odgovora testirane populacije. Površina ispod dvije krive lijevo od tačke X predstavlja polovinu ukupne površine ispod krive. Prema tome, doza X kod 50 % testirane populacije izaziva toksične efekte pa se ova koncentracija ili doza naziva srednja efektivna koncentracija (EC_{50}), odnosno, srednja efektivna doza (ED_{50}).

Budući da hemikalija 2 proizvodi toksične efekte u širem rasponu koncentracija, odnosno doza, za nju se traži veći stepen sigurnosti kod utvrđivanja MDK, u vodi, atmosferi, u hrani i dr. Jasno je da EC_{50} ili ED_{50} različitih toksičnih materija pruža nepotpune pokazatelje relativne toksičnosti. Iz navedenih razloga EC_{50} i ED_{50} se ne mogu koristiti kao pouzdan pokazatelj relativnog rizika u zagađenju okoline. Druga važna činjenica za izbor stepena sigurnosti kod utvrđivanja MDK u poređenju sa koncentracijom ili dozom su mogući fini neregistrovani toksični efekti. Ako se podaci u dijagramu prikažu kao kumulativni procenti individualnih odgovora testirane populacije, dobiće se sigmoidna kriva polazeći od 0 do 100 %. Ukoliko se podaci toksične koncentracije ili doze pretvore u logaritme, sigmoidna kriva se pretvara u regresionu pravu iz koje se u dijagramu mogu pouzdano odrediti srednje toksične koncentracije ili doze.

Grafički prikaz eksperimentalnih rezultata za "y" zavisno od vrijednosti "x" može predstavljati zakrivljenu liniju. Logaritmiranjem brojeva koji pripadaju jednoj varijabli ili brojeva od obje varijable može se postići da se ovim transformisanim parovima brojeva kod grafičkog prikazivanja dobiju tačke koje se mogu približno odrediti pravcem (regresiona prava).



Dijagram 2.: Određivanje LC_{50} pomoću pravolinijske interpolacije

Preciznost određivanja toksičnosti kod bioeseja je ograničena sa mnogo faktora, uključujući normalne biološke varijabilnosti između pojedinih vrsta. Kod toksikoloških istraživanja sa slučajno odabranim biološkim vrstama ne može se očekivati da istraživanje pruži tačne informacije o toksičnosti za druge biološke vrste.

Bioesej toksičnosti na jednoj biološkoj vrsti pruža tačne procjene za tu biološku vrstu slične starosti, veličine i fizioloških uslova bioeseja. Prognoze toksičnosti na ljudima, za pojedine otrove, prave se na osnovu toksikoloških podataka dobijenih u eksperimentima na laboratorijskim životinjama.

Najveći broj ovih istraživanja je obavljen sa lijekovima. Provjera prognoza se izvodi testiranjem stepena korelacije između štetnih efekata izazvanih na eksperimentalnim životinjama prema onim izazvanim istim supstancama kod ljudi. U mnogobrojnim objavljenim radovima izražava se ozbiljna zabrinutost jer su otkriveni lažni pozitivni i lažni negativni rezultati kod životinja u odnosu na čovjeka.

U studiji o šest neimenovanih lijekova Litchfield je utvrdio značajne korelacije između znakova toksičnosti kod ljudi, pacova i pasa. Međutim, 23 od 234 simptoma pojavili su se samo kod ljudi. Psi i pacovi nisu davali odgovore na neke simptome karakteristične za ljude, kao što su glavobolja i dr. Klasičan primjer lijekova koji izazivaju pozitivne lažne efekte kod životinja su penicilin koji u terapijskim dozama za čovjeka kod zamoraca izaziva smrt ili fluoroksen koji se kod ljudi koristi u različitim dozama u istim tim dozama kod pasa, mačaka i pacova izaziva smrt.

Rall je pokazao da postoji odlična pozitivna korelacija između podataka o toksičnosti za 18 antikancerogenih supstanci kod miševa i ljudi kada se doze apliciraju u mg na kvadratni cm površine tijela. Kada su ispitivanja vršena u dozama u mg/kg tjelesne težine dobile su se dobre korelacije.

Osnovni zahtjevi za izvođenje bioeseja

Osnovni zahtjevi za sprovođenje bioesej programa su:

- a) Dovoljna količina nezagađene vode zadovoljavajućeg kvaliteta.
- b) Odgovarajući protočni vodeni sistem napravljen od materijala koji ne zagađuju vodu
- c) Odgovarajuća moderna i efikasna oprema za testiranje, odnosno, izvođenje bioeseja.
- d) Adekvatni izvori živih bića (test organizama) za izvođenje bioeseja.

Osnovne informacije za planiranje i konstrukciju dodatnog bioesej sistema objavljene su u literaturi. Kompletne hemijske analize voda moraju se uraditi za sve vode koje se koriste za razrjeđenje bioeseja, da bi se utvrdilo prisustvo potencijalnih otrova posebno onih koji se ispituju biotestom.

Priprema organizama za bioesej

Kod pripreme i selekcije organizama za bioesej potrebno je razmotriti sljedeće:

- a) Njihovu osjetljivost prema materijalima i faktorima okoline u uslovima eksperimenta.
- b) Njihovu geografsku distribuciju, bogatstvo vegetacije i prisustvo u toku godine.
- c) Njihov rekreacioni, ekonomski i ekološki značaj za lokalnu i nacionalnu privredu.
- d) Prihvatljiv metod za uzgajanje kultura u laboratorijskim uslovima i poznavanje njihovih ekoloških zahtjeva (Danas se industrijski proizvode čiste dehidrirane kulture za izvođenje bioeseja).
- e) Njihovi opšti fizički uslovi uzgajanja i čuvanja bez parazita i bolesti.
- f) Njihova pogodnost za izvođenje bioesej testa.

Budući da je prostor u laboratorijskim uslovima ograničen potrebno je razmotriti veličinu organizama i njihov životni vijek. Manji organizmi čija dužina nije veća od 5-8 cm i organizmi koji imaju kratak životni ciklus su poželjniji za istraživanja u bioesej studijama, premda neke studije zahtjevaju više organizme sa dužim životnim vijekom. Po pravilu se za bioesej koriste organizmi približno iste veličine i iste životne dobi.

Priprema test materijala

a) Voda za razrjeđivanje:

Ukoliko je u otpadnoj zagađenoj vodi prisutna značajna količina otrova, da bi se utvrdio stepen toksičnosti te vode, potrebno je napraviti seriju bioesej testova sa vodom za razrjeđivanje (1:0; 1:1; 1:2; 1:4; 1:6; 1:12; 1:24; 1:32; 1:64 itd).

Temperatura, rastvoreni kiseonik, tvrdoća, salinitet zamućenje i druge kvalitativne karakteristike vode za razrjeđenje bioesej testa zavisiće od sakuplje-

nih uzoraka vode kod kojih kvalitativne karakteristike variraju u toku dana ili sezone sakupljanja. Ovo su suštinski značajni parametri kada se žele utvrditi toksični efekti otpadnih materija koje se ispuštaju u otpadne vode. Ukoliko ispitivane vode sadrže otpatke iz drugih izvora to je posebno značajno za vode koje se koriste za razrjeđivanje sakupljenih uzoraka. U tom slučaju toksičnost otpadne vode u vezi sa drugim zagađenjima koji se već nalaze u vodama u koje se ispuštaju otpadne vode, može biti neizvjesna ukoliko se utvrđuju dopuštene količine toksičnih materija u otpadnoj vodi.

Ovo je naročito značajno ako se zna da otpadne vode sadrže metalne soli, cijanidne komplekse, amonijačna jedinjenja i druge hemikalije poznate toksičnosti koje značajno utiču na pH, tvrdoću i druge karakteristike vode. Za svaki bioesej test propisani su optimalni uslovi za izvođenje testa u pogledu pH vrijednosti, saliniteta, temperature i drugih parametara koji mogu značajno uticati na rezultate bioeseja.

Priprema toksičnih rastvora

Međutim, kod tečnosti koje se ne mješaju sa vodom ili čvrstih materija nerastvornih u vodi nastaju teškoće. Kod otpadnih voda su prisutni različiti otpaci uključujući nerastvorne, sklone razgradnji, hidrolizi, fotolizi, isparljivosti, koji se adsorbuju na čvrstim površinama, sa velikom BPK i bakterijskim aktivnostima. Sve ove materije utiču na tačnost rezultata.

Produkti nastali hidrolizom, fotolizom, hemijskom i bakterijskom aktivnosti stvaraju proizvode koji imaju veću ili manju toksičnost od originalnog otpadnog materijala, ukoliko nastanu značajne promjene pH vrijednosti. Toksični rastvori se pripremaju da se dodaju u određenim koncentracijama u uzorke svježe vode koji se zatim razblažuju vodom za razrjeđivanje tako da se dobiju različite test koncentracije ispitivane toksične materije. Priprema toksičnih rastvora sa otrovima koji se dobro rastvaraju u vodi se izvodi bez teškoća. Ukoliko postoji isparavanje, adsorpcija i adsorpcija toksičnim rastvorima potrebna je dodatna posebna obrada test materijala. Sakupljeni uzorci otpadnih industrijskih i drugih voda, u različitim vremenskim intervalima, nemaju ujednačen stalni sastav. Nije preporučljivo miješati ove uzorke, jer je bolje utvrditi maksimalnu nego prosječnu toksičnost otpadne vode. Ukoliko su u otpadnoj vodi prisutne krajnje opasne toksične koncentracije za žive organizme u vodi u bilo kom vremenskom intervalu, tada prosječne koncentracije u jednom danu, mjesecu ili godini nemaju značaja za ocjenu kvaliteta otpadnih voda sa toksikološkog stanovišta. Zbog navedenih razloga potrebno je planski kontrolisati neprečišćene i prečišćene otpadne vode u pogledu toksičnosti bioeseja.

Uzorci za bioesej analizu sakupljaju se u hermetički zatvorenim posudama i čuvaju na niskim tempe-

raturama. Ukoliko otpadne vode sadrže organske materije, koje razgrađuju bakterije, potrebno je uzorke držati na temperaturi između 0 i 4 °C. Utvrđivanje dopuštenog vremena stajanja prije bioesej postupka se praktično izvodi za svaku seriju ispitivanja. U principu sakupljeni uzorci otpadnih voda ne smiju stajati duže nego što je neophodno za pripremu i izvođenje bioesej postupka. Budući da su vode kompleksne smjese čvrstih, tečnih i gasovitih komponenti, kada se priprema test uzorak, potrebno je prije upotrebe uzorak otpadne vode dobro promućkati. Uzorak se koristi kao stalni test uzorak otpadne vode ili se pripreme odgovarajuća razrjeđenja sa filtriranom morskom ili slatkom svježom vodom do željenih koncentracija.

Tabela 2.: Razrjeđenja za razne test koncentracije

Željene test koncentracije		Volumen za razrjeđenja do 1 litra, za dati stalni rastvor				
%	mg/l	100 g/l	10 g/l	1 g/l	0,1 g/l	0,01 g/l
1.00	10,000	100.0				
0.56	5,600	56.0				
0.32	3,200	32.0				
0.18	1,800	18.0				
0.10	1,000	10.0	100.0			
0.056	560	5.6	56.0			
0.032	320	3.2	32.0			
0.018	180	1.8	18.0			
0.010	100	1.0	10.0			
0.0056	56		5.6	56.0		
0.0032	32		3.2	32.0		
0.0018	18		1.8	18.0		
0.0010	10		1.0	10.0		
0.00056	5.60			5.6	56.0	
0.00032	3.20			3.2	32.0	
0.00018	1.80			1.8	18.0	
0.00010	1.00			1.0	10.0	
0.000056	0.56				5.6	56.0
0.000032	0.32				3.2	32.0
0.000018	0.18				1.8	18.0
0.000010	0.10				1.0	10.0

Analiza kvaliteta vode

Prije izvođenja bioeseja neophodno je odrediti kvalitet vode. Kod vode koja se koristi za razrjeđenje određuje se tvrdoća, alkalitet, pH vrijednost, konduktivitet, suspendovane materije i hemijska potrošnja kiseonika. Analize kvaliteta se izvode prije početka bioesej testa i svakih 30 dana. Ukoliko kvalitet vode varira potrebno je analize kvaliteta raditi vrlo često. Koncentracije nejonizovanog amonijaka izračunavaju se iz priložene tabele nakon mjerenja temperature i pH vrijednosti. Kada se koristi morska voda za razrjeđenje mjeri se salinitet, pH vrijednost, suspendovane materije i hemijska potrošnja kiseonika prije bioesej testa i svakih 30 dana.

U studiji kvaliteta vode mjeri se i koncentracija toksičnih materija i to: u svakom uzorku prije početka testa i u toku testa

Međunarodna organizacija za standarde (ISO) standardizirala je metode, a Evropska Unija publikovala direktive za izvođenje bioesej testova i to:

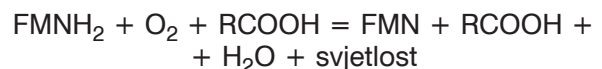
1. Metod: ISO/CD 11348 Bioesej metoda za određivanje EC50 pomoću bioluminiscentnog sistema Bio Tox sa test bakterijama *Vibrio Fischeri* NRRL-B-11177, u otpadnim, tekućim, stajaćim, podzemnim vodama, slanim i slankastim vodama, procjeđenim vodama deponija i drugim rastvorima.
2. Metod: ISO 6341 / 96 „Water quality – Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Acute toxicity test“.
3. Metod: ISO 5667-2: 1991, Water quality – Sampling – Part 2. Guidance on sampling techniques.
4. Method: ISO 5725-2. Accuracy (trueness and precision) on measurement methods and results – Part 2. Basic method for the determination of a standard measurement method.
5. Method: ISO 5813. 1983. Water quality – Determination of dissolved oxygen – Iodometric method. Method: ISO 5814. 1990: Water quality – Determination of dissolved oxygen – Electrochemical method.
6. Metod: The method can be found in Dir.EU, 92/69/EEC (O.J. L.383 A), C.2. ACUTE TOXICITY FOR DAPHNIA.
7. Metod: C.I. ACUTE TOXICITY FOR FISH u direktivi EU 92/69/EEC (O.J.L.383 A).
8. Metod-European Communitys legislation publikovao je metod C.I. ACUTE TOXICITY FOR FISH u direktivi EU 92/69/EEC (O.J.L.383 A).

Postupak izvođenja bioesej testa za određivanje EC₅₀ pomoću bakterija *Vibrio Fischeri* NRRL-B-11177, prema ISO/CD 11348.

Standard ISO / CD 11348 sastoji se od tri dijela:

1. Metod svježe pripremljenih bakterija.
2. Metod sa tečnim – sušenim bakterijama.
3. Metod sa smrznutim – anhidriranim bakterijama

Izvor bioluminiscentne reakcije su test bakterije *Vibrio Fischeri* NRRL-B-11177, ISO/CD 11348. Test se zasniva na inhibiciji bioluminiscentne reakcije od strane toksičnih materija prisutnih u vodi. Bioluminiscentna reakcija teče po formuli:



Bioesej se izvodi na “Bio Tox sistemu TM” koji se sastoji od:

- Siriusluminometra type 1257
- Bio Tox laboratorija
- Bio Tox software TM

- ❑ Kivete za luminometar
- ❑ Bio Tox termostata
- ❑ Dehidrirane zamrznute test bakterije Vibrio Fischeri NRRL-B-11177
- ❑ Originalne reagensije za izvođenje bioesej Vibrio Fischeri testa.

Izvođenje testa:

1. *Priprema uzorka:*
 - a) Izmjeriti i podesiti pH (pH = 7)
 - b) Podesiti salinitet (2% tež. NaCl)
2. *Priprema serije razblaženih rastvora uzorka otpadne vode druge vode (razblaženje se vrši sa 2% tež. NaCl):* (ISO standard kontrolni uzorak, 1:2, 1:3, 1:4, 1:6, 1:8, 1:12, 1:16, 1:24, 1:32, 1 : 64)
3. *Rekonstruisati suvo smrznute Vibrio fischeri i ostaviti u termostatu 30 minuta na 15 C⁰ da se ćelije stabilizuju.*
4. *Pipetirati 0,5 ml Vibrio fischeri suspenzije u epruvete.*
5. *Izmjeriti početni intezitet luminiscencije, lo rastvora u epruvetama.*
6. *Dodati 0,5 ml uzorka*
7. *Inkubirati na 15 °C (kontaktno vrijeme je 15 i 30 minuta)*
8. *Mjeriti aktivnost luminiscencije nakon kontaktnog vremena od 15 i 30 minuta, u istim intervalima između svakog uzorka.*
9. *Izračunati rezultate. Procenat inhibicije bioluminiscencije se izračunava po formuli:*

$$\% Inh = 100 - (IXt / (Fkt \times IXo)) \times 100 \quad Fkt = ICo / Ict$$

gdje su:

- Fkt = Faktor korekcije za kontaktno vrijeme t,
- ICo = Intenzitet luminiscencije kontrolnog uzorka u vremenu "o",
- Ict = Intenzitet luminiscencije kontrolnog uzorka u vremenu t,
- % Inh = % inhibicije prouzrokovan toksinima u uzorku,
- IXo = Intenzitet luminiscencije uzorka u vremenu o,
- IXt = Intenzitet luminiscencije uzorka u vremenu t.

Aparati Siriusluminometar type 1257, Bio Tox thermostat i Bio Tox software TM su povezani na kompjuter koji je programiran da odredi EC50 u mg/l vode.

Određivanje EC₅₀ za neku otrovnu materiju pomoću bakterija Vibrio Fischeri NRRL-B-11177, prema ISO/CD 11348 ne zahtjeva dugotrajne pripreme za izvođenje bioesej testa jer se koriste smrznute Vibrio fischeri i specijalno pakovani reagensi.

Postupak izvođenja bioesej testa za određivanje EC₅₀ pomoću Daphnia magna ISO 6341

U principu bioesej testovi se izvode na taj način što se životinje drže u vodi kojoj su dodate poznate koncentracije stimulusa (toksične materije) u mg/l vode. Efekti toksičnosti EC₅₀ ili LC₅₀ utvrđuju se u fiksnim vremenskim intervalima od 24 sata.

Pema ISO standardu 6341 od 1996 g. U aneksu A prikazan je primjer određivanja 24 h – EC₅₀ Pomoću tekućih ili radnih rastvora supstanci u koncentraciji od 1000 mg/l.

U toksikološkim probama tj. bioesej testovima kod utvrđivanja efekata toksičnosti koristi se stimulus, (materija koja toksično djeluje) i subjekt, (živi organizam) na koji se aplicira stimulus.

U biološkim probama, odnosno, bioesej testovima kod nižih koncentracija postoji tolerancija živih organizama na određeni stimulus, opažamo da povećanjem koncentracije (doze) stimulusa raste procenat subjekata koji reaguju na stimulus. Na pragu „nultog reagovanja“ porast stope reagovanja na porast doze stimulusa je neznatan. Isto tako, je neznatan porast reagovanja kod veoma velikih doza (blizu 100 % efekta reagovanja). Međutim, kod intermedijalnih doza, oko EC₅₀ ili ED₅₀, porast stope reagovanja će biti veliki na minimalnu promjenu doze. Zbog toga će krivulja reagovanja na stimulus imati karakterističan oblik: Kod malih doza blag porast, kod intermedijalnih doza jak porast (brzi strmi oblik krivulje), a kod velikih doza ponovo neznatan porast. Krivulja ovakvog tipa zove se „sigmoidna krivulja“ rasporeda stopa tolerancije. Zbog toga se određivanje EC₅₀ ili ED₅₀ izvodi pomoću „probit analize“ kod koje se umjesto doza stimulusa uzima njihov logaritam, a umjesto procenata letaliteta odgovarajuća probit jedinica. Na taj način se umjesto sigmoidne krive dobija „regresiona prava“.

Zadatak određivanja srednje efektivne koncentracije EC₅₀ grafičkim putem, saglasno ISO 6341, iz grafika funkcije kretanje stope imobilizacije daphnia magna u zavisnosti od doze stimulusa, rješava se putem transformacije sigmoidne linije grafika u pravu liniju tj. u funkciju pravolinijske regresije stopa imobilizacije daphnia magna u zavisnosti od doze stimulusa.

1. Postupak transformacije odvija se u dvije faze:

1.1. Transformacija aktualnih doza stimulusa u logaritme doza.

1.2. Transformacija stopa imobilizacije daphnia magna u jedinice „probita“.

Nakon transformacije, u dijagramu na apsisu (logaritam skalu) se nanose podaci logaritmi doze stimulusa, a na ordinatu jedinice „probita“. Novi grafik sa transformiranim logaritamaskim vrijednostima doze stimulusa na apsisi i stopama imobilizacije tj,

„probita“ na ordinati, tim postupkom, se pretvara u sistem tačaka koje aproksimativno leže na pravoj liniji. Ako između tih tačaka povučemo od oka pravu liniju i uvjerimo se da ta linija neznatno odstupa od aktuelnih tačaka „probita“ može se gore opisanim grafičkim postupkom odrediti logaritam srednje efektivne doze. Na taj način, grafičkom interpolacijom iz regresione prave dobije se logaritam doze stimulusa za EC_{50} . Antilogaritmiranjem izračunava se srednja efektivna doza EC_{50} .

Kod bioesej metoda za organizme koji žive u vodi utvrđuje se srednja efektivna koncentracija EC_{50} ili srednja letalna koncentracija LC_{50} , a izražavaju se u mg stimulusa na litar vode u vremenima trajanja bioeseja nakon 24 sata.

a) Priprema eksperimenta:

U bioesej testu se koriste isključivo mladi jednodnevni organizmi *Daphnia magna*. ISO 6341 standard i direktiva EU sadrže posebna poglavlja za pripremu test organizama. Svaki bioesej se sastoji od većeg broja test koncentracija i kontrolnih ili dodatnih kontrolnih uzoraka ukoliko se koriste rastvarači ili emulzeri.

Broj organizama koji se izlažu svakoj test koncentraciji zavisi od više faktora: od veličine organizama, očekivanog normalnog mortaliteta test organizama, raširenosti kanibalizama, kvaliteta vode za razrjeđenje, otrova i test organizama, željene preciznosti ocjene toksičnosti materijala što se testiraju.

S druge strane, i preciznost zavisi od više faktora: od varijabilnosti odgovora test organizama na toksični stimulans, broja test organizama izloženih po jedinim test koncentracijama, predhodnih baždarenja opreme, reagencija i test organizama, otrova kojima su test organizmi izloženi, načina kako su utvrđene srednje efektivne koncentracije da se dobije EC_{50} i kako se koncentracije toksičnog rastvora gomilaju oko EC_{50} .

Mnogi faktori utiču na preciznost rezultata bioesej testa. Međutim ako se bioesej test izvodi uvijek pod istim uslovima, sa povećanim brojem test organizama, povećava se i preciznost rezultata. Kada se traži odgovor na preciznost određivanja EC_{50} vrijednosti, evaluacijom rezultata preliminarnog testa i pomoću tih rezultata se odredi broj test organizama potrebnih za svaku test koncentraciju. Na logaritam - probit dijagram nanese se standardna kriva toksičnih efekata.

Srednje efektivne koncentracije EC_{50} se koriste sa faktorom aplikacije AF za određivanje bezbjednosnih koncentracija BK u otpadnim vodama.

Budući da sadržaj toksičnih materija u otpadnim vodama varira u zavisnosti od faza tehnološkog procesa, kvarova na uređajima za prečišćavanje i drugih faktora, potrebno je EC_{50} utvrđivati periodično.

b) Označavanje test koncentracija:

Koncentracije test rastvora industrijskih otpadnih voda (vodeni rastvori, suspenzije, emulzije kompleksi i nepoznati sastojci) se prikazuju kao procenat volumena. Na primjer: 10% razrijeđene otpadne vode, sastoji se od 1 volumena otpadne vode i 9 volumena vode za razrjeđenje. Koncentracije otpadnih materija (čvrsto, tečno i gasovito) izražavaju se u mg/litar.

c) Opterećenje:

Kod statičnog bioeseja težina organizama u test posudi ne smije biti veća od 1 gr/2 litra na dan, a najbolje je podesiti 1 gr/3 litra na dan. U testovima sa malim organizmima (dafnije i dr.) može se povećati volumen test rastvora po gramu test organizama tako da je to povećanje značajno i do 1 gr/10 litara. Kada se koriste veći test organizmi, u paralelnim probama, broj test organizama je ograničen činjenicom da se u toku testa ne smije značajno smanjiti rastvoreni kiseonik niti toksične koncentracije u test rastvoru, niti porasti koncentracije metaboličkih produkata (CO_2 i dr.) i porastom organizmi ne smiju povećati agresivnost. Koncentracije nejonizovanog amonijaka ne smiju biti veće od 20 mikrograma na litar.

U tabeli 3. su prikazani % nejonizovanog amonijaka u destilisanj vodi kod različitih pH vrijednosti.

Obrada rezultata

U svim slučajevima EC_{50} se utvrđuje za fiksno vrijeme izlaganja 24,48 ili 96 sati. U izvještaju se pored vrijednosti EC_{50} prikazuju granice povjerenja i nagib probit krive (ili nagib funkcije po Litchfield-Wilcoxon-u). Ovo su glavni podaci za istraživače iz kojih mogu rekonstruisati probit pravu. Isto tako, za utvrđivanje toksičnosti je upotrebljiva slika koja prikazuje krivu toksičnosti ili podatke o EC_{50} za različita vremena izlaganja ili izvještaj o toksičnim efektima za svaku pojedinu koncentraciju na kraju 24 časovnog perioda. Pored ovih vrijednosti potrebno je svaki put utvrditi stanje toksičnih efekata u kontrolnoj grupi. Osim navedenih eksperimentalnih rezultata neophodni su i podaci o vrsti i broju organizama u eksperimentu, njihovoj težini, kondiciji, aklimatizaciji na uslove eksperimenta, o liječenju prije testa, zapažanju u toku eksperimenta, o fizičko-hemijskim osobinama i koncentraciji toksične materije, o temperaturi na kojoj se eksperiment izvodi.

Analiza rezultata stepenovanih kvantitativnih bioloških proba

U kvantitativnim ili stepenovanim bioprobama svaki organizam u eksperimentu će pružiti odgovor na stimulus koji se mjeri u procentima na neprekidnoj skali na pr. svaki organizam u probi može poka-

Tabela 3.

Temperatura Co	Procenat ne jonizovanog amonijum jona kod date pH vrijednosti									
	pH	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
5	0,01	0,04	0,11	0,40	1,1	3,6	10	27	54	
10	0,02	0,06	0,18	0,57	1,8	5,4	15	36	64	
15	0,03	0,08	0,26	0,83	2,6	7,7	21	45	72	
20	0,04	0,12	0,37	1,2	3,7	11	28	55	80	
25	0,05	0,17	35	63	84	14				

zati mjerljivo procentualno povećanje tjelesne težine. Obično u toku eksperimenta za svaku koncentraciju zahtjeva se niz od nekoliko mjerenja na grupama test organizama. Takvi podaci se analiziraju standardnim postupkom. Jednostavno jednosmjerno testiranje analize varijance može se koristiti da se testira značajnost razlika kontrolne i eksperimentalne grupe. Ovaj postupak je u stvari Student-Newmen-Keuls test, Duncan multipl-range test i Dunnet test.

Druge metode za analizu rezultata

U postupku analize rezultata dobijenih u toku eksperimentalnih istraživanja moguće je na osnovu grafikona sa aritmetičkom skalom utvrđivati procenat toksičnih efekata. Međutim, probit skala je mnogo bolja jer koristi regresionu pravu umjesto sigmoidne krive. Kod procjene srednje efektivnog vremena (ET_{50}) potrebno je više informacija o toksičnim efektima za svaku koncentraciju. Ovo se može postići nanošenjem procenata toksičnih efekata na probit skalu (ordinate), a vrijeme na logaritam skalu (apsisu). Svakako ET_{50} se na ovaj način može procijeniti probit analizom.

Način prikazivanja rezultata bioeseja

Određivanje 24 h – EC_{50} :

Rezultati biotestova dobijeni pomoću grafičke interpolacije na Gausovoj logaritam skali sa odgovarajućim probit vrijednostima prikazuju se kao:

$$24 \text{ h} - EC_{50} = 0,54 \% \text{ ili } 5,4 \text{ ml/l} .$$

Bioeseji u kojima se testira srednja efektivna koncentracija toksičnosti hemijskih supstanci u vodama prikazuju se kao:

$$24 \text{ h} - EC_{50} = \frac{0,54 \times 1000}{10} = 5,4 \text{ mg/l}.$$

U svim slučajevima EC_{50} se utvrđuje za fiksno vrijeme izlaganja od 24 h. U izvještaju se pored vrijednosti za EC_{50} prikazuju granice povjerenja i nagib probit krive (ili nagib funkcije po Litchfield-Wilcoxon-u). Ovo su glavni podaci za istraživače iz kojih mogu rekonstruisati probit pravu. Isto tako, za utvrđivanje toksičnosti je upotrebljiva slika koja prikazuje krivu toksičnosti ili podatke o LC_{50} i EC_{50} za različita vremena izlaganja ili izvještaj o mortalitetu za svaku pojedinu koncentraciju na kraju 24 časovnog perioda. Pored ovih vrijednosti potrebno je svaki put utvrditi stanje mortaliteta ili toksičnih efekata u kontrolnoj grupi. Osim navedenih eksperimentalnih rezultata neophodni su i podaci o vrsti i broju organizama u eksperimentu, njihovoj težini, kondiciji, aklimatizaciji na uslove eksperimenta, o liječenju prije testa, zapažanju u toku eksperimenta, o fizičko-hemijskim osobinama i koncentraciji toksične materije, o temperaturi na kojoj se eksperiment izvodi.

U Berlinu je od 12 – 15. oktobra 2009.g. održano savjetovanje o primjeni i poboljšanju statističkih metoda i vrednovanju rezultata kod primjene bioloških esej.

Postupak algebarskih izračunavanja srednjih letalnih doza (LD_{50})

Nakon izvršenih ispitivanja toksičnih efekata i utvrđivanja stopa mortaliteta utvrđuju se korigovane stope mortaliteta prema Abbottoj korekciji prema formuli:

$$\text{Stope korigovanog mortaliteta} = \frac{(M - m) \times 100}{100 - m}$$

M = Ukupna stopa mortaliteta u %
 m = Stopa prirodnog mortaliteta u kontrolnoj grupi izražena u %.

U kontrolnim grupama nije bio ni jedan slučaj uginuća miševa.

Transformacija doza stimulusa u logaritme

Logaritmi doza stimulusa se očitavaju iz tablica dekadnih logaritama. Poznato je da logaritmi brojeva manji od jedinice imaju negativan predznak. Kako bi se izbjegle komplikacije u računanju sa logaritmima negativnih karakteristika doze stimulusa manje od jedan treba množiti sa 10 ili 100 ili 1000 itd., da se dobiju brojevi veći od 1,0. Ovo množenje predstavlja pomoćnu operaciju. Na kraju izračunavanja srednje letalne doze dobijeni rezultat treba podijeliti sa brojem kojim su pomnožene doze stimulusa.

Pretvaranje stopa mortaliteta u jedinice probita

Probit se označava simbolom Y, a jedinica probita je definisana formulom:

$$Y = \frac{x - X}{\sigma} + 5$$

Prvi član u formuli $x - X$ predstavlja standardno mjerilo kojim se mjeri odstojanje varijable x od srednje aritmetičke vrijednosti X. Pošto srednja aritmetička vrijednost mortaliteta kod izračunavanja srednje letalne doze iznosi 50 %, to je probit koji odgovara stopi mortaliteta 50 % jednak 5. Ovo je zbog toga što se prvi član u formuli pretvara u nulu kada je $x = X$, pa je probit $Y = 5$.

Tabela 4.

% Stopa mortaliteta pretvoren u jedinice probita										
%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,65
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,07	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
%	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,78	8,09

Posebno su naglašeni kritični uslovi za izvođenje bioesej testova i vrednovanje rezultata bioesej testova sa toksikološkog aspekta zaštite voda u prirodi.

Otpadne vode sa toksičnim efektima bez uređaja za prečišćavanje posjeduju visok permanentan stepen rizika za okolinu (lokalne vode i zemljište).

Dakle, algerbarskom metodom pomoću probit analize prikazan je način izračunavanja srednje letalne doze (LD₅₀) za natrijumdietilditiokarbamat (NaDDC) na albino miševima. LD₅₀ za NaDDC na albino miševima = 447 mg/kg i. p. O ovome je autor širu elaboraciju uradio u svom magistarskom radu koji je naveden u literaturi uz ovaj tekst, u kome su pokazani sinergirajući toksični efekti penicilamina i ditiokarbamata i zaštitno djelovanje slobodnih sulfhidrilnih grupa u molekuli glutaciona kod trovanja miševa sa ugljendisulfidom.

Literatura

1. Anderson, B. G., The toxicity thresholds of various substances found in industrial wastes as determined by the use of *Daphnia magna*, *Sewage Works J.*, 16, 1156, 1944.
2. C. M. Trazwell, Bioesej to determination allowable waste concentration s in the aquatic environment, I. Measurement of pollution effects on living organisms, *Proc. Royal Soc. London*, B. 177 – 279, 1971.
3. S. Kuljak, Industrijska toksikologija i zaštita okoline, Bečej 2004. 108 – 134.
4. C. M. Tarzwell, Bioesej to determination allowable waste concentrations in the aquatic environment, I. Measurement of pollution effect on living organisms, *Proc. Royal Soc. London*. B. 177-279., 1971.

Tabela 5.: Algebarski postupak utvrđivanja letalnih doza NaDDC na albino miševima pomoću probit analize.

NaDDC mg/kg	Broj miševa		Mortalitet %	Log.konc. NaDDC	Aktuelni probit	Očekivani probit
	Ukupno	Uginulih				
380	10	0	0,0	2,5798	0,00	0,00
420	10	3	30	2,6232	4,48	4,10
450	10	5	50	2,6532	5,00	5,30
480	10	8	80	2,6812	5,84	6,50
520	10	10	100	2,7160	8,10	7,90

Tabela 6.

Očekivani Probit (Y)	Mortalitet miševa (P%)	Minimalni radni probit (Yo)	Rang 100 (K)	radni probit (Y) = Yo + K x P
0,0	0	0	--	--
4,1	30	3,41	0,038	3,41 + (0,083 * 30) = 4,45
5,3	50	3,68	0,026	3,68 + (0,026 * 50) = 4,98
6,5	80	-0,705	0,077	-0,705 + (0,077 * 80) = 5,455
7,9	100	-159,79	1,680	-159,79 + (1,680 * 100) = 8,21

Tabela 7

Očekivani Probit (Y)	Broj miševa. (n)	Koefic Težine	Težina grupa (W)
0,0	10	--	0,1 = 0,000
4,1	10	0,471	0,471 * 10 = 4,710
5,3	10	0,616	0,616 * 10 = 6,160
6,5	10	0,269	0,260 * 10 = 2,690
7,9	10	0,019	0,019 * 10 = 0,190

Tabela 8.

Log.doze Stimulusa (X)	Radni probit Y	Težina (ponder) (W)	W * X	W * X ²	W*Y	W*X*Y
2,5798	0,00	--	--	--	--	--
2,6232	4,55	4,710	12,3553	32,4104	21,4305	56,2165
2,6532	4,98	6,160	16,3437	43,3631	30,6768	81,3917
2,6812	5,455	2,690	7,2124	19,3379	14,6739	39,3437
2,7160	8,21	0,190	0,5160	1,4015	1,5599	4,2367
U K U P N O		13,750	36,4274	96,5129	68,3411	181,1886

- J. A. Zapp, J. Toxicol. Environ Health, 2 (1977) 1425.
- C. S. Well, Toxicol. appl. Pharmacol., 21 (1972) 454.
- S. Baker, J. Tripod and J. Jacob, Proc. Eur. Soc. Drug Toxicol., 11 (1970) 9
- S. Baker, Proc. Eur. Soc. Drug Toxicol., 12 (1971) 81.
- T. Litchfield, JAMA, 177(1961) 34
- W. M. Wardell, J. Anesthesiol, 38 (1973) 309
- D. P. Rall, Environ Res., 2 (1969) 360
- J. Finney, Probit analysis 3 rd. ed. Cambridge Univ. Press, London and New York 1971
- J. T. Litchfield and L. Wilcoxon, A simpl method of evaluating doze-efect experiments, Pharmacol. Exp. therap., 96 (1969) 99
- S. Kuljak, Antidotes by the poisoning with Carbon-disulphide, International Congress on Pharmacology, Basel July 1969, pp. 469.
- S. Kuljak, Sinergirajući efekti toksičnog djelovanja penicilamina i ditiokarbamata i zaštitno djelovanje sulfhidrilnih grupa kod trovanja miševa sa CS₂. Magistarski rad, Med. Fak. Univerzitet Sarajevo 1970.
- J. Finney, Probit analysis 3 rd. ed. Cambridge Univ. Press, London and New York 1971.

$$b = \frac{\sum(W) * \sum(WXY) - \sum(WX) * \sum(WY)}{\sum(W) * \sum(WX)^2 - \sum(WX)^2}$$

$$b = \frac{13,750 * 181,1886 - 36,4274 * 68,3411}{13,750 * 96,5129 - (36,4274)^2} = \frac{2491,3433 - 2489,4886}{1327,0524 - 1326,9555} = \frac{1,8547}{0,0969} = 19,14$$

$$a = \frac{\sum(WY)}{\sum(W)} - b \frac{\sum(WX)}{\sum(W)} = \frac{68,3411}{13,750} - 19,14 \frac{36,4274}{13,750}$$

$$a = 4,97 - 19,14 * 2,65 = 4,97 - 50,72 = -45,75$$

$$Y^* = -45,75 + 19,14 X$$

Y* = Empiriski probit

$$X = \frac{50,75}{19,14} = 2,65 \quad \log_e 2,65 = 447 \quad \underline{LD_{50} = 447 \text{ mg/kg.}}$$

Granice povjerenja za LD50

$$\frac{Y^* = -45,75 + 19,14 X}{4,0} \qquad Y^* (LD_{16}) = 4,01$$

$$4,01 = -45,75 + 19,14 X \qquad X = \frac{49,76}{19,14} = 2,60$$

$$\underline{\text{Log. } 2,60 = 399 \quad LD_{16} = 399 \text{ mg/kg}}$$

$$Y^*(LD_{84}) = 5,99 \quad 5,99 = -45,75 + 19,14 X \quad X = \frac{51,74}{19,14} = 2,70$$

$$\underline{\text{Log. } 2,70 = 502 \quad LD_{84} = 502 \text{ mg/kg}}$$

$$S = 0,5 \frac{LD_{84} - LD_{50}}{LD_{50} - LD_{16}} + 0,5 \frac{2,70 - 2,65}{2,65 - 2,60} = 0,5 \frac{502 - 399}{399 - 502} + 0,5 \frac{2,70 - 2,65}{2,65 - 2,60}$$

$$\underline{S = 0,5 * 1,02 + 0,5 * 1,02 = 1,02 \qquad \text{Log.S} = 0,1050}$$

$$\text{Log.F} = K \frac{\text{Log.}(S)}{N} \qquad \log_e F (P=0,05) = 2,77 \frac{0,1050}{50} = 2,77 \frac{0,1050}{7,0711} = 2,77 * 0,0148 = 0,0410 \qquad \text{delog. F} (P=0,05) = 1,10$$

$$\underline{\text{Log. F} (P=0,01) = 3,641 * 0,0148 = 0,0339 \qquad \text{delog. F} (P=0,01) = 1,12}$$

Granice povjerenja za P = 0,05 (faktor F = 1,10)

$$\text{Donja granica} = \frac{447}{1,10} = 406,36 \qquad \underline{\text{Granice povjerenja na nivou P} = 0,05 \text{ kreću se od } 406 - 492.}$$

$$\underline{\text{Gornja granica} = 447 * 1,10 = 491,70}$$

Granice povjerenja za P = 0,01 (faktor F = 1,12)

$$\text{Donja granica} = \frac{447}{1,12} = 399,11 \qquad \underline{\text{Granica povjerenja na nivou P} = 0,01 \text{ kreću se od } 399 - 501.}$$

$$\underline{\text{Gornja granica} = 447 * 1,12 = 500,64}$$

PRIMENA I RAZVOJ MENADŽMENTA (LJUDSKIH RESURSA) U VODNOJ DELATNOSTI

UVOD

Human Resource (ljudski resursi; u daljem tekstu HR) su osnovni nosioci određenih znanja i veština koji pokreću vodne sisteme. Funkcionalnim vodnim sistemom zadovoljavaju se zahtevi različitih interesa korisnika koje realizuju angažovani ljudski resursi. Ljudski resursi u vodnoj delatnosti predstavljaju kapital koji ima ulogu da primeni najbolje modele i metode u rešavanju problema stanja i statusa voda u aktivnom odnosu sa korisnicima. Resursi ne treba da imaju troškovni izraz, koji nastaje u formalnim aktivnostima kad ih je objektivno i potrebno smanjiti, redukovati ili sprečiti, već treba da su generator novih izvora znanja i veština za optimalno funkcionisanje vodne delatnosti.

KARAKTERISTIKE VODNE DELATNOSTI – OSNOV ZA RAZVOJ LJUDSKIH RESURSA

Vodna delatnost predstavlja organizovanu ljudsku aktivnost na planskom iskorišćavanju vodnih resursa, njihove zaštite i zaštite od štetnog dejstva vode. Voda predstavlja centralni i opšti predmet

uspostavljanja, izgrađivanja i usklađivanja složenih odnosa na realizaciji njenog korišćenja, zaštiti od zagađivanja i obezbeđenju zaštite od razornog i stihijskog dejstva. Iz tih kompleksa odnosa nastala je potreba za nastajanjem, stvaranjem i razvojem HR. Za zaposlene osnovno je poznavanje da se razvoj vodne delatnosti odvija u okviru tri samostalna, a povezana podsistema koji se odnose na raspolaganje i korišćenje voda, vodne usluge i ostale aktivnosti. Prvi se odnosi na birokratsko upravljanje u nadležnosti državnih organa koji uspostavljaju strateške ciljeve, stvaraju uslove za ostvarivanje prihoda i izvora sredstava, donose zakonsku regulativu, izgrađuju institucionalnu strukturu i razvijaju novi javni menadžment. Vodne usluge su specifične usluge vodnim objektima, za zaštitu od voda, zaštitu voda i korišćenje (upotrebu) voda. Ostale aktivnosti su neutralne aktivnosti za promene stanja i statusa voda u organizovanim udruženjima javnosti i korisnika.

Za uspostavljanje HR za upravljanje vodama se danas posebno ističe poznavanje celine upravljanja. Ono predstavlja proces donošenja odluka za kombinaciju raspoloživih i korišćenih resursa sa ciljem da se ostvari određeni kvalitet i količina vode u prostoru i vremenu, koje se ostvaruju u fazama planiranja,

vođenja i organizovanja, kontroli, analizi i informisanju. Procesima oko vode određeni su elementi i međusobni odnosi u vodnom sistemu. Elementi se odnose na različite kvalitete i kvantitete voda, vodne objekte i sisteme, izgradnju i rukovanje objektima do uticaja korisnika ili obveznika u najšire organizovanoj javnosti. Svaki element ima različite karakteristike koji određuju granice uticaja. Određivanje polazi od karakteristika i vrsta dobara, funkcionisanja dobara sa raznim tehničkim, fizičkim, hemijskim, pravnim i ekonomskim veličinama i vrednostima. Ovim parametrima se preciziraju segmenti upravljanja vodama koji se odnose na (1) vodne usluge (2) raspolaganje i korišćenje voda i (3) ostale aktivnosti

Vodne usluge – uključuju sve usluge (javne ili privatne) izvlačenja, akumuliranja, skladištenja, prečišćavanja i distribucije površinske ili podzemne vode, zajedno sa prikupljanjem otpadnih voda i postrojenjima za prečišćavanje. Svakako ovde su i usluge koje čine osmatranje, opažanje, identifikovanje, sprovođenje i sprečavanje poplavnih i bujičnih talasa i suvišnih voda. Vodnu uslugu možemo definisati i kao seriju zadataka, procesa i radova od strane vlasnika (upravljača) vodnog objekta, za iskazane potrebe za vodom stanovništva, industrije, poljoprivrede i druge privredne i neprivredne subjekte (uprave, udruženja).

Raspolaganje i korišćenje voda čine vodne usluge i sve aktivnosti koje imaju značajan uticaj na stanje i status voda, a prema analizi pritisaka i uticaja. Ekonomska analiza se vrši za sva korišćenja voda, koja su razvrstana po industriji, domaćinstvima i poljoprivredi i drugim delatnostima, a prema nadoknadi troškova vodnih usluga. Raspolaganje i korišćenje voda pripada podsistemu javnog sektora koji se zasniva na birokratskoj koordinaciji koje u direktivama EU nisu deciderano navele vrste i oblike stanja i statusa voda ni fazno i funkcionalno određivanje šta se pod tim podrazumeva, odnosno nije razvijen vodno-režimski sistem. Razrada sistema vodnog režima nije vršena pa je vremenom postajao samo izraz obaveza, a ne instrument integralnog upravljanja vodama. Integralan sistem upravljanja je uspostavljanje pravila planiranja, organizovanja, vođenja i kontrole različitih stanja i statusa voda u objektima i sistemima. Stanja ili kvantitativni nivoi u korišćenju voda mogu biti od onih za minimalan ekološki proticaj (biološki minimum), rezervnu vodu, vodu za javno korišćenje, vodu za privredno (privatno) korišćenje i maksimalna voda. U zaštiti od voda kvantitativne veličine su prvo, za redovno stanje bez uticaja i pritisaka na objekte, drugo je stanje redovne odbrane, treće vanredne odbrane, četvrto je vanrednog stanja i peto poplave. Kod zaštite voda statusi su određeni u pet grupa od lošeg do visokog. Ova stanja i statusi su različiti u vremenu i prostoru, gde je moguć ogroman broj kombinacija. Postavlja



Detalj sa Unca

Snimio: M. Lončarević

se pitanje kako između svih kombinacija izabrati onu koja će za rezultat imati, za korisnika, najjeftiniju uslugu, a za delatnost najviši stepen efikasnosti upravljanja vodom.

Za upotrebu režima ili integralnih pravila potrebno je imati u vidu odnose stanja i statuse raspoloživih i korišćenih voda, a posebno:

- ❑ Odnosi voda mogu biti fleksibilni pod uticajem mnogih faktora različitih inteziteta ili fiksni koji je određen u tačno definisanim granicama ili nivoima. Fiksnu veličinu određuju državni organ zaduženi za upravljanje vodama vezujući se za npr. samo za količinu padavina u određenom vremenu.
- ❑ Odnosi voda se mogu podeliti na realne i ravnotežne, precenjene i potcenjene, funkcionalne i formalne, podsticajne ili ograničavajuće za korišćenje. Odnosi voda mogu biti različiti i to : po oblastima i sistemima promena kvantiteta i kvaliteta raspoloživih i korišćenih voda; prema prostorima i zonama promena stanja i statusa voda; koji nisu ili jesu dozvoljeni kao višestruki u primeni za iste objekte i sisteme; ne mogu se snižavati ili rasti suprotno određenim odnosima u normativnim aktima ili stečenim i verifikovanim pravilima struke; prema zahtevima i vrstama kontrole; određeni su iz komparativnih odnosa voda na drugim vodnim područjima; prema zajednički uspostavljenim elementima na vodotocima presečenih državnim

granicama; obuhvatanja u informacijama o postavljenim i ostvarenim odnosima.

- ❑ Fiksni odnos (vodni režim) je pouzdana osnova za čuvanje voda; sprečavanje kratkoročnih šteta na imovini stanovništva i objektima vodne delatnosti; sužava prostor za neodgovornost, povećava obaveze i zadatke; omogućava merljivost količina i kvaliteta voda i sveobuhvatna je osnova za određivanje kapaciteta i cena. Nedostaci su u nemogućnosti uspostavljanja stalne ravnoteže; potrebni su izuzetno veliki kapaciteti objekata i sistema; česta je precenjenost kapaciteta objekata i sistema.
- ❑ Fleksibilnost odnosa kvantitativnih i kvalitativnih stanja i statusa voda je u primeni integralnih pravila u uslovima višenamenskog korišćenja; dinamiziranja upravljanja objektima i sistemima kada nisu potrebni veliki raspoloživi kapaciteti i gde je potrebno u kratkom vremenu uskladiti prilive i odlive vode, gde se realno određuju kapaciteti, učestala su merenja, analize i odlučivanja o merama, preciznije i odgovornije je vođenje procesa, hijerarhijski i timski su određene organizacione celine, preventivna i naknadna kontrola je moguća, a informisanje javnosti je pouzdano

Opređelujući se za uspostavljanje vodnog integralnog pravila u upravljanju vodama mogu se stvoriti osnove za ofanzivnost delatnosti koja ima pravu misiju u izvesnoj strategiji razvoja.

Aktivnosti bez značajnog uticaja na status voda su one koje nisu ni vodne usluge ni korišćenje voda. Razlika aktivnosti nije sistemska pošto je zasnovana na analizi slučajeva koji nemaju uticaj na stanje voda, ali preterana aktivnost može imati značajan uticaj na ekologiju reke i status voda. U ovim aktivnostima angažovane su neprofitne i nevladine organizacije zasnovane na dobrovoljnom osnovu u podsystemu javnog sektora (udruženja, komore, i sl.).

Za HR u vodnoj delatnosti poseban značaj ima poznavanje i razvijanje znanja za primenu ekonomije upravljanja vodama i ekonomike delatnosti. Upravljanje vodama u ekonomskom smislu je skup ekonomskih politika, instrumenata i mera pomoću kojih se omogućava sprečavanje štetnog dejstva voda, zaštita voda, pronalaženje izvora vode, prihvatanje upotrebljenih i drugih voda sa ciljem da se dobije što jeftinija i kvalitetnija voda u korišćenju. Ekonomske politike, instrumenti i mere predstavljaju deo ukupne ekonomije države za ostvarivanje stabilnosti kvantitativnog stanja i kvalitativnog statusa voda. Sa aspekta vrsta ekonomskih aktivnosti koje zaposleni koriste dele se na:

- ❑ ekonomske aktivnosti u upravljanju vodama (makroekonomija – upravljanje rečnim slivovima, strategija korišćenja voda, vodnih usluga i

ekonomija uticaja iz okruženja, državni bruto budžet vodne delatnosti i dr.);

- ❑ ekonomske aktivnosti u raspolaganju i korišćenju voda (javna ekonomija- korišćenje čistog javnog dobra i javnog dobra, porezi i naknade, ekonomski valorizovan vodni bilans, prirodna i veštačka vodna tela, nedovoljna i suvišna voda, opšte zajedničko i posebno korišćenje voda i dr.);
- ❑ ekonomske aktivnosti u vodnim uslugama (vodno režimska ekonomija i ekonomika-ciljevi i zadaci vodne delatnosti u privrednom i neprivrednom sistemu, osnova je i delatnosti upravljanja vodama, uticaji javnih i privatnih usluga na korisnost i dobit, monopolski i tržišni položaj, specifične cene i dr.);
- ❑ ekonomske aktivnosti vodnih i drugih poslovnih (privatnih) sredstava (ekonomika preduzeća-tržište, cena, prihodi i rashodi od pogona, održavanja, obnavljanja (amortizovanih sredstava), rekonstrukcije i izgradnje objekata i sistema i dr.);
- ❑ ekonomske aktivnosti u upravljanju rizicima (osiguranje-sprečavanje rizika, snošenje rizika, premija, osiguranje voda i vodnih objekata i dr.)
- ❑ međunarodnim odnosima (međudržavni odnosi-ekonomske aktivnosti slivovima koji su granicom presečeni, koordinacija u raspolaganju vodama za korišćenje i zaštitu voda i zaštitu od voda i dr.)

HR U VODNOJ DELATNOSTI

Karakter i vrednost vodnih organizacija može se ocenjivati različitim pristupima organizovanja zaposlenih. Ocena organizacije se određuje prema uticajnim elementima koji su obuhvaćeni: predmetom i sadržajem rada i poslovanja; strukturom organizacije; nivoom, vrstom i sadržajem obrazovnih profila; odnosa zaposlenih prema upravljanju i načinu funkcionisanja sistema i stepenu odstupanja planiranih od stvarnih procesa i vladajućih odnosa. U vodnoj delatnosti najznačajniji su ljudski resursi koji autoritet u organizaciji ostvaruju putem višefunkcionalne stručnosti uz selekciju predloga iz različitih scenarija poslovanja. Ovo se odnosi na poštovanje i primenu znanja i stručnosti zaposlenih; načine postizanja konsenzusa o važnim pitanjima vodne delatnosti za prevazilaženje sukoba u raspolaganju i korišćenju voda, obezbeđivanju javnosti, planiranju, organizovanju, vođenju, kontroli, informisanju, odgovornosti i dr. Snaga, originalnost i odgovornost organizacije se procenjuje prema načinu izbora zaposlenih, fluktuaciji, dinamici obnavljanja zaposlenih, i promociji kompetentnih vrednosti uz prihvatanje učinaka zaposlenih. Organizacije se u okruženju vrednuju iznošenjem shvatanja zaposlenih o položaju i ulozi vodne delatnosti. Tada ispoljavaju sposobnost da kontrolišu lične emotivne protivrečnosti kao što su pravda i nepravda, objektivnost i pristrasnost,

trpeljivost i netrpeljivost, moć i nemoć, prava i obaveze i dr.

Kod zaposlenih je prisutna opstrukcija i destrukcija koja se ispoljava u nerazumevanju zadataka i izbegavanju primene dokazanih i efikasnih metoda. Oni su i posebni formalni odnosi koji presecaju ili zaustavljaju ostvarivanje funkcija i procesa rada, izbegavaju odgovornosti za postupke kada neostvaruju učinke rušeći stvorene kvalitete organizacije.

Nivo ostvarivanja učinka zaposlenih u vodnoj delatnosti je različit i zavisi od sadržaja i načina rada i posebno poznavanja funkcija koje utiču na raspolaganje i korišćenje voda i pružanje vodnih usluga. U raspolaganju i korišćenju voda faktori koji utiču na funkcije vodne delatnosti vezani su za:

- društveno-ekonomsku politiku i politiku upravljanja vodama;
- procese i procedure u strateškom upravljanju promenama kvaliteta i količina, stanja i statusa voda, u vodnim oblastima, na slivu i području;
- podršku inicijativama za kreiranje novih ideja u zaštiti od štetnog dejstva voda, korišćenju (upotrebi) voda, zaštiti voda, očuvanju i zaštiti životne sredine;
- međufunkcionalnu i međudisciplinarnu integraciju;
- podizanje nivoa svesti o posledicama promena voda koje nastaju pod pritiscima i uticajima ljudskih aktivnosti na rečnom slivu i podslivu;



- poznavanje strukture svih elemenata vodnog sistema i posebno javne infrastrukture,
- kvalitet, efikasnost i kontrolu izvršenja vodnih usluga uz prihvatanje predloga iz okruženja.

Zaposleni u određenom predmetu rada i primeni posebnih načina rada u optimalnom ostvarivanju vodnih ciljeva pretpostavljaju:

- (1) visok nivo obučeniosti svih struka u jedinstvenom hijerarhijski određenom sistemu upravljanja i rukovođenja;
- (2) samostalnost radnih timova formiranih prema projektima ili operativnim zadacima;
- (3) obučeniost i mobilnost ekipa za rešavanje hitnih problema upravljanja vodama i vodnim sistemima;
- (4) visok stepen korišćenja, angažovanja i treninga zaposlenih;
- (5) praktičnu primenu predloga i inicijativa;
- (6) određivanje visine zarada prema rezultatima i valorizovanim učincima;
- (7) ostvarenje raznovrsnosti za veći obim elementa, pojava i događaja oko vode u razmeni informacija;
- (8) sveobuhvatno određivanje sposobnosti zaposlenih za odobravanje, raspoređivanje i dodeljivanje poslova.

Rastući HR zasnovani su na potrebama novih znanja koji su pokretači najznačajnijih karakteristika razvoja sistema vrednosti vodne delatnosti. Znanje i veštine predstavljaju osnovne komponente uspešne vodne delatnosti, za stalno razvijanje kvaliteta koji doprinosi povećanju produktivnosti rada, razvoju i očuvanju imovine. Pri tome se ostvaruju kvalitetne veze sa sistemima iz okruženja, a misiju sprovode adaptiranjem vodne delatnosti procesima iz društveno-ekonomskih i korisničkih sistema. Razvoj HR u početnoj fazi formiranja sistema, nastaje određivanjem vodnih pojmova i sadržaja tehničkih, pravnih i ekonomskih kategorija. U izboru zanimanja HR je prisutan u određivanju spremnosti zaposlenih za prihvatanje poslova i stvaranje strukturnih vrednosti. Strukturne vrednosti nastaju iz zahteva upravljanja u raspolaganju i korišćenju voda, vodnim uslugama i ostalim aktivnostima koje se moraju ispoljiti i ispuniti.

U svim aktivnostima zaposlenih vodna delatnost pruža mogućnost učenja i jačanja veština i umešnosti za lični razvoj i razvoj delatnosti, sa ciljem da se u dužem periodu pripreme za buduće izazove koje karijera i delatnost donose. Razvoj karijere je proces povezivanja potreba, znanja i veštini za sadašnju i buduću vodnu delatnost, a razvoj delatnosti je uspostavljanje novih vodnoredžimskih uslova (vodnih regulacionih odnosa-pravila) za ostvarivanje ciljne efikasnosti i efektivnosti. HR razvoj u vod-

noj delatnosti omogućuje direktan uticaj na razvijanje novih načina upravljanja vodama i postupaka stanovništva i privrede u racionalnom korišćenju voda. Razvoj ljudskih resursa sadrži procese planiranja, izbora zaposlenih, testiranja i selekcije, orijentacije i obuke zaposlenih.

Planiranje ljudskih resursa

Planiranje ljudskih resursa u razvoju vodne delatnosti predstavlja postupak u kome je unapred određena vrednost koju zaposleni treba da poseduju u izvršavanju poslova. U postupku se određuju buduće vrednosti ljudskih resursa na osnovu interno i eksterno predviđenih promena vodne delatnosti pod uticajem organizacionih, javnih, strateških i operativnih vremenski i prostorno određenih ciljeva. Ljudski resursi se optimalno lociraju planiranjem zaposlenih za efikasno i efektivno izvršenje postavljenih zadataka. Planiranje ljudskih resursa se posmatra iz analize postojećeg stanja i karakteristika zaposlenih na osnovu popisa zaposlenih sa sadržajem u podacima o: imenu zaposlenog, obrazovanju, obučenosti, radnoj karijeri, iskustvu, specijalizaciji. Drugo se odnosi na određivanje strukture i sadržaja poslova koji za lanac vrednosti ljudskih resursa nastaju iz funkcionalnih veza oblasti, grana, funkcija i faza upravljanja u vodnoj delatnosti. Sadržaj i uslovi poslova određuju elemente zadataka koji nastaju snimanjem ili anketiranjem zaposlenih sa preciziranjem karakteristika, koje treba da poseduju.

Postojeće stanje zaposlenih u vodnoj delatnosti je različitih karakteristika i to:

- (1) zbog tehnološkog nivoa postojećih sistema potrebna je primena savremenih tehnologija i tehnika za upravljanje sistemima. Evidentni su problemi u težnji da se zadrži stanje i izbegnu dodatni napori za učenje,
- (2) ne postoji sistematičnost u određivanju i uspostavljanju prioriteta za podizanje HR,
- (3) nizak nivo zainteresovanosti zaposlenih za poboljšanje ličnih veština i znanja u funkciji vodne delatnosti,
- (4) usavršavanje je parcijalno za pojedine stručne poslove, a za koje zainteresovanost, pre svega, ispoljavaju mlađi, bez iskustva i uticaja na odlučivanje,
- (5) ispoljava se želja za zadržavanje klasičnih metoda i načina rada iako postoji svest o potrebi primene novih metoda,
- (6) ne poznaju se procesi tranzicije i integracije koji stvaraju probleme za određivanje mesta, uloge i značaja vodne delatnosti u društvu i privredi,
- (7) nisu određeni pravci razvoja zaposlenih za implementaciju direktiva EU o vodama,
- (8) postoji konfliktnost u upravljanju koja je nastala iz autonomnih centara moći funkcija, struka i zanimanja.

Ljudski resursi određuju se strateškim ciljem čija vrednost zavisi od tražnje za vodom i vodnim uslugama. U vodnoj delatnosti ljudski resursi se moraju fokusirati na specijalizaciju znanja i veština i za interakcijske veze sa okruženjem. Iz analize postojećeg stanja i budućih vrednosti vodne delatnosti plansko usmeravanje HR je u prihvatanju i određivanju specijalizovanih, interdisciplinarnih i multidisciplinarnih disciplina za različite sisteme, potrebe i zahteve.

Načini izbora zaposlenih

Načini izbora zaposlenih u vodnoj delatnosti su različiti, a polaze od univerzalnih do specijalizovanih znanja i sposobnosti koja su potrebna za realizaciju ciljeva. Za vodnu delatnost i razvoj značajno je izvršiti kontrolu ponude zaposlenih koja znači da se na osnovu popisa interne i eksterne kvalifikovanosti određuju potencijalni kandidati za zapošljavanje. Izbor kandidata obuhvata sposobnosti za ostvarenje planova, primenom metoda za izbor uz mišljenje menadžmenta.

Izbor kandidata za zapošljavanje u vodnoj delatnosti može da se vrši na jedan od sledećih načina: (1.) oglašavanjem u novinama, (2.) posredstvom agencija za zapošljavanje koje u kontaktu sa menadžmentom definišu profil kandidata, (3.) angažovanjem izvršnih konsultanata u izboru kandidata (pozn-



Još jednom Unac

Snimio: M. Lončarević

ti kao poslovni skauti), (4.) izbora kandidata na fakultetima i školama, (5.) preporukom zaposlenih za direktnu ponudu kandidata i (6.) putem interneta.

Testiranje i selekcija kandidata

Testiranje i selekcija kandidata se sprovodi nakon dobijenih prijava za zapošljavanje sa ciljem da se izabere najbolja osoba za obavljanje radnog mesta što podrazumeva sužavanje broja kandidata upotrebom raznih metoda izbora kandidata. Način selekcije kandidata za zapošljavanje vrši se putem: unapred pripremljenih formulara, testa za ocenu intelektualne, fizičke i mehaničke sposobnosti i simulacijom obavljanja posla na uzorcima. Selekcija kandidata se vrši testiranjem fizičkih sposobnosti spretnosti, snage, brzine i tačnosti, a posebno na osnovu ocena iz razgovora i intervjua. Selekcija kandidata može biti uspešna i neuspešna sa materijalnim i zakonskim posledicama. Materijalne se ogledaju u štetama i koristima za učinke, a zakonska u sklonosti krivičnoj odgovornosti kandidata ili diskriminatorskom odnosu prema drugim grupama zaposlenih i sl.

Cilj testiranja i selekcije kandidata je da zadovolji validnost (izborom se određuje nivo sposobnosti), opravdanost (način izbora i primena osnovnih kriterijuma) i pouzdanost (postojanost i doslednost u merenju istih ili sličnih karakteristika više kandidata).

Orijentacija i obuka zaposlenih

Orijentacija zaposlenih obukom u vodnoj delatnosti vrši se obukom na svim nivoima hijerarhijske organizacije. Polazi se od državnih organa koji formulišu strategiju gazdovanja vodama, raspolaganja i korišćenje voda za vodne usluge do preduzeća koja operativno sprovode strategiju. Svaki subjekat vodne delatnosti ima poseban pravac u procesima, aktivnostima, veštinama i radnoj angažovanosti i t o u:

- gazdovanju vodama se obuhvataju elementi, procesi i ciljevi iz vodoprivredne osnove, strategijskog upravljanja, javne i privredne infrastrukture, društveno-ekonomskog i političkog sistema, fiskalnog, bankarskog i poslovnog sektora, iz bilansiranja voda, primene tehnologija voda u svetu i dr. Posebno se u oblastima upravljanja vodama, strukturno vrši prilagođavanje tehnološkim, ekonomskim i pravnim oblastima za definisanje osnova, instrumenata i mera;
- raspolaganju i korišćenju vodama, odnosno na količine i kvalitet, stanja i statuse voda, uticaje i pritiske na rečnom slivu uz zahtev za poznavanje svojinskih prava i ekonomije javnog sektora. Raspolaganje vodama je i određivanje nadležnosti i odgovornosti organa i organizacija za ostvarivanje ciljeva životne sredine, visinu budžetskih sredstava, visinu naknada i cena, granica vodnih po-

dručja, primenu hidrologije, meteorologije i posebno odnosa sa javnošću;

- upravljanju vodnim uslugama, su elementi, procesi i rezultati fokusirani na vodno režimsku regulaciju. Orijentacija zaposlenih je na rešavanju problema za ostvarivanje veće produktivnosti i ekonomičnosti, prema posebnim programima (scenarijima) vodnih situacija. Vodne usluge zahtevaju poznavanje tehnologije voda, poslovnog i javnog prava, ekonomije voda i ekonomike preduzeća, upravljanja sistemima, a na slivu poznavanje vodnih tela i vrsta uticaja i pritisaka za dovođenje vodnih tela u ciljno stanje. Posebno je potrebno na vodnim područjima razvijati monitoring, odnos sa javnošću, procese planiranja, organizovanja, vođenja i kontrole;
- poslovnim uslugama, koje su sadržane u vodnim uslugama poznavanje se zahteva za mašinske, elektro, građevinske, biološke, hemijske, poljoprivredne i druge karakteristike objekata, uređaje, postrojenja, radove i mere, posebno za ostvarivanje standardnog kvaliteta;
- osiguranju voda i objekata, odnosno upravljanju rizikom potrebno je poznavanje karakteristika zoniiranih područja za sprečavanje šteta u rečnom slivu i raspored korišćenja. Osiguranjem se određuju elementi i granice rizika sa predlogom mera za obezbeđenje sigurnosti i stabilnosti objekata i sprečavanju nastanka štetnih događaja, zagađenja i nedostatka voda; i
- međudržavnoj saradnji, orijentisanost zaposlenih je fokusirana na događaje i uticaje koji izazivaju promene voda, u zaštiti od voda, korišćenju voda i zaštiti voda u prekograničnim slivovima i vodotocima.

Usmeravanje zaposlenih posebno je aktuelno danas kada se zahteva obuka i usavršavanje zaposlenih, jer se vodna delatnost nalazi pred tranzicionim problemima i pripremom za integracione procese, sa tehnološkom zaostalošću i nepoznavanju menadžerskog upravljanja. Obuka i stručno usavršavanje zaposlenih, obuhvata: (a) analizu potreba za obukom, koja polazi od postojećeg stanja i zahtevanog znanja i veština za ostvarivanje dobrog stanja i statusa voda u slivu, podslivu, području, prostoru, vremenu i odnosima upravljanja vodama za ostvarivanje ekonomske efikasnosti uz primenu normativne regulative, (b) analizu zadataka za procese koji zahtevaju posebne veštine i znanja, (c) određivanje cilja gde je osposobljenost zaposlenih za rešavanje problema voda i funkcionisanja sistema potrebna za izazove koji se nalaze pred vodnom delatnošću.

Za obuku zaposlenih u vodnoj delatnosti koriste se razne tehnike. One su sadržane u uputstvima, praktičnoj obuci, primeni interneta, korišćenju kompjutera i audio vizuelnih tehnika, učenje u timu i po-

sebno obuci putem seminara i obrazovnih ustanova.

Usavršavanje zaposlenih u vodnoj delatnosti moguće je postići uspostavljanjem centara za razvoj HR. Cilj rada centara je da se putem klasičnih i savremenih načina obuke, podučavanja i posebnih načina učenja steknu praktična i specijalna znanja simuliranjem situacija, pojava i događaja u slivu i na području. Usavršavanje je iznalaženje modela i metoda da funkcionisanje vodnih sistema koji treba da budu usklađeni sa pravno ekonomskim osnovama društva i principima efikasnog i produktivnog poslovanja subjekata vodne delatnosti.

Primena rezultata iz orijentacionog usavršavanja zaposlenih zavisi od razvoja organizacija, odnosno promena sadašnjih stavova, vrednosti i uverenja zaposlenih u pravcu poboljšanja individualnih i kolektivnih učinka.

VREDNOST RAZVOJA LJUDSKIH RESURSA U VODNOJ DELATNOSTI

HR razvoj uslovljen je različitim pristupom određivanju cilja delovanja koji se mogu podeliti na tri grupe: (a) prvu grupu čine aktivnosti usmerene na postizanju unapred utvrđenih ciljeva, (b) druga grupa se odnosi na postupke i načine rešavanje problema u samom procesu izvršavanja poslova i zadataka i (c) treća grupa obuhvata različite kombinacije odnosa zaposlenih i drugih proizvodnih faktora u procesima.

Razvoj HR je ključni faktor poslovne efikasnosti vodnog subjekta koji se sastoji u novim znanjima i veštinama koje obezbeđuju racionalnost i premoć vodne delatnosti nad rizicima. To znači da stalne promene u kvalitetu i kvantitetu voda, izvan standardnih veličina, postaju određeni načinom rešavanja problema koji zavise od angažovanog ljudskog faktora. Angažovani resursi su u upotrebi znanja, kreativnosti, veština i inovativnosti, a posebno intelektualne i preduzetničke snage. Znanje je neopipljivo dobro, nematerijalni proizvod koji je sistem informacija o naučnim i stručnim ostvarenjima individualne vrednosti primenljive u vodnoj delatnosti. Kreativnost ljudskog resursa u vodnoj delatnosti je nadarenost za originalno i brzo proizvođenje novih ideja u izboru izvora i sadržaja informacija koje pojedinci uz uporan i obiman rad usmeravaju u rešavanje problema vode i objekata. Pri tome se otvaraju mogućnosti za stvaranje novih rešenja u zaštiti od voda, zaštiti voda i korišćenju voda. Veština je naučena i stečena sposobnost zaposlenog ili talenat da se izvrše vodni zadaci ili aktivnosti sa ciljem da se obezbedi sigurnost, dovoljnost kvalitetne vode sa minimalnim utroškom vremena i sredstava. Veštine mogu biti opšte, posebne i specifične u zavisnosti od obima uticaja i promenljivosti faktora upravljanja vodama i uslugama (upravljanje vremenom, timski rad, korisnost posla). Inovativnost je sposobnost zaposlenog za otkrivanje

i pronalaženje novih metoda i modela u procesima vode pod uticajima iz okruženja. Intelpekt je umna sposobnost ili kapacitet zaposlenog, koji se sastoji u identifikaciji i diferencijaciji, odnosno otkrivanju razlika u pojavama i elementima vodne delatnosti. Preduzetnost je uočavanje mogućnosti primene novih metoda, postupaka i usluga u vodnoj delatnosti sa ciljem da jača efikasnost u rešavanju problema rizika.

Između razvoja ljudskih resursa i razvoja kadrova vrši se izjednačavanje iako postoje značajne razlike. Kadrovski razvoj se odnosi na administrativni i savetodavni način obavljanja poslova koji nije elementar odlučivanja. Razvojem metoda, kao što su izbor kandidata za zapošljavanje, orijentisanje, obrazovanje i usavršavanje, kadrovska funkcija se pomerila sa uloge izbora za izvršenje poslova na područja uključivanja ljudskih resursa u odlučivanje. Ljudski resursi su i adaptivni resurs u izvršavanju zadataka i poslova organizacije, jer učestvuju u formulisanju i implementaciji strategije.

Razvoj HR je posebna naučna disciplina i deo poslovne filozofije, odnosno posebne upravljačke i poslovne funkcije koju karakteriše multidisciplinarnost. Multidisciplinarnost pomaže u izboru strateških planova kroz identifikaciju i analizu eksternih opasnosti i pretnji i unutrašnje snage i slabosti vodnih subjekata.

Ljudski resursi u vodnoj delatnosti imaju operativnu ulogu koja se odnosi na neposredno korišćene resursa u transformaciji informacija oko voda i usluga prema posebnim procedurama i uputstvima. Strateška ulogu je ona koja daje snagu upravljanju vodama za ostvarenje dugoročnih ciljeva.

Razvojem HR zaposleni ostvaruju:

- (1) društveni cilj kroz ravnotežu raspoloživih i korišćenih voda, odnosno kvaliteta i kvantiteta voda na širem prostoru u dužem vremenskom periodu. Cilj je zadovoljavanje životnih potreba stanovništva, ostvarivanje javnih interesa i jačanje materijalne osnove društva uz minimiziranje negativnih uticaja na životnu sredinu i okruženje,
- (2) vodni (funkcionalni) cilj koji se ogleda u uspostavljanju i održavanju skladne i sigurne strukture (objekata i zaposlenih) u oblastima zaštite voda, zaštite od voda i korišćenju voda, a posebno u održivom razvoju i integralnom upravljanju vodama;
- (3) preduzetnički cilj koji se sastoji u težnji za većom poslovnom efikasnošću, kao instrumentom ostvarivanja društvenog i funkcionalnog cilja.
- (4) lični cilj se sastoji u ostvarivanju individualnih interesa zaposlenog, zasnovan na ispunjenju materijalnih potreba za postignutu produktivnost i poslovnu efikasnost. Razvoj ljudskih resursa nastaje iz veće odgovornosti pojedinca, koja

doprinosi rešavanju problema prema zahtevnim zadacima i želji za napredovanje u karijeri. Lični cilj u razvoju resursa okrenut je stvaranju kompetentnih sposobnosti i jačanju snage timova za ciljeve usaglašene sa vodoprivrednim i društvenim ciljevima.

Za HR razvoj u vodnoj delatnosti neophodno je uvođenje savremenog koncepta menadžmenta ljudskih resursa. Ovo je nerazvijen koncept što pokazuje nivo i obim poznavanja i zainteresovanosti za implementaciju direktiva EU o vodama, primenu različitih svojinskih odnosa, načina rešavanja ekonomskih problema, diferenciranje interesa i načina za ostvarivanje interesa korisnika, efikasnost u odlučivanju, primeni i promeni tehnologija itd. Zadatak menadžmenta ljudskih resursa u vodnoj delatnosti je razvoj javne i korporativne kulture u skladu sa potrebama i zahtevima korišćenja voda i vodnih usluga. On se sastoji u izboru metoda rada i motivisanju zaposlenih za razvoj i stvaralaštvo, poboljšanju međuljudskih odnosa (profesionalno angažovanje u zajedničkim funkcijama), stvaranju pozitivnih stavova prema tranzicionim i integracionim procesima i prihvatanju proaktivnog angažovanja države.

Pretpostavke za ispunjenje zadataka menadžmenta ljudskih resursa u vodnoj delatnosti je precizno određivanje procesa i faza upravljanja vodama (planiranje, organizovanje, vođenje, kontrola, analiza i informisanje o raspolaganju i korišćenju voda na rečnom slivu i vodnih usluga na vodnom području) i preraspodela nadležnosti u odlučivanju o resursima. Poseban odnos je na utvrđivanju strategije i politike i formiranje multidisciplinarnih i interdisciplinarnih timova. Pretpostavke nije moguće ostvariti bez poznavanja osnovnih karakteristika menadžmenta ljudskih resursa koji se odnose na:

- (1) težnju menadžmenta za obezbeđivanje i uključivanje kvalitetnih ljudskih resursa,
- (2) prioriteta menadžmenta nisu uspostavljanje odnosa između zaposlenih već njihovo nadgledanje i kontrola u izvršenju planiranih aktivnosti, zadataka i ciljeva,
- (3) ulogu u preventivnom delovanju,
- (4) da se rešavanje problema prema zaposlenim vrši indirektno, a direktno sa članovima menadžmenta tima,
- (5) fokusiranje u oceni učinaka zaposlenih od menadžera, a ne na činjenju menadžera zaposlenim,
- (6) razvoj kulture vodnog subjekta.

RAZVOJ HR ZA KONKURENTNOST VODNE DELATNOSTI

Konkurentnost vodne delatnosti je sposobnost

takmičenja i rivaliteta u postizanju većih efekata od drugih delatnosti u javnom sektoru. Sa druge strane to je sposobnost da se sa vodnom uslugom učestvuje u ostvarivanju rasta životnog standarda stanovništva i boljih privrednih rezultata

Vodna konkurentnost je sposobnost da se u delatnosti obezbede stanja i statusi voda za privredni i društveni rast koji uključuju i sposobnost privlačenja i zadržavanje kapitala i kvalitetnih HR na osnovama zajednički donetih odluka. Konkurentnost nastaje od izgradnje do funkcionisanja vodnih objekata za koje ideje i projekte predlažu zaposleni. Vodni objekti su kapitalni objekti za koje je donošenje odluka o izgradnji složeno i zahteva odgovore na osnovna pitanja kao što su:

Šta će se graditi i koristiti? Ovo pitanje u društvu nameće razdvajanje državnih i privatnih dobara odnosno ukoliko se odluči za izgradnju vodnog objekta to će uticati na smanjenje privatne potrošnje;

Kako će se graditi i koristiti? Ovo podrazumeva donošenje odluke da li će se izgradnja obavljati u privatnom ili javnom sektoru i da li će se koristiti više rada ili kapitala;

Za koga će se graditi je pitanje raspodele odnosno korisnosti koje jedna grupa može da ima, a druga ne, iako postoji zainteresovanost za gradnju nekog drugog javnog objekta;

Kako se donose odluke o izgradnji i uslovima korišćenja? U javnom sektoru ovo odlučivanje je zajedničko i kolektivno te time i složeno.

HR za donošenje odluka treba da održava kohezivnost tehnološko-tehničkih, ekonomskih i pravnih osobina i njihovo integrisanje u stabilan, otvoren sistem, što se postiže na osnovama:

- kooperacije, odnosno saradnje s jedne strane sa zainteresovanom javnošću i korisnicima vode i vodnih usluga i s druge strane sa najboljim ponuđačima iz hidrograđevinske, biološko-hemijske, mašinske i elektro struke i usko specijalizovanih instituta i naučnih subjekata;
- finansijske i tehnološke integracije koja podrazumeva usklađivanje finansijske i tehnološke strukture sa finansijskom i tehnološkom strategijom koja će se verifikovati u uspešnom ostvarenju strategije;
- modernizacije odnosno radikalnim prekidom sa konvencionalnim načinom i tehnikom rada traganjem za novim formama;
- informatizacije i automatizacije koja podrazumeva preduzimanje koncepta i metoda iz raznih disciplina sa ciljem da se razvija i usavrši tehnika i sredstva koja omogućavaju lakše i preciznije informisanje i korišćenja u tehnološke svrhe sa ciljem izvođenja procesa pomoću programskih komandi;
- diverzifikacije koja podrazumeva izbor alokacije

subjekata vodnih sistema i metoda odlučivanja za alokaciju izvora (fizičkih, finansijskih i zaposlenih); ovde je bitno odrediti stepen samostalnosti pojedinih subjekata u donošenju strategijskih i operativnih odluka;

- ❑ normativizacije i standardizacije koje znače uspostavljanje normi i standarda u korišćenju voda i vodnim uslugama usklađenih sa istim ili sličnim vrstama u okruženju;
- ❑ kvaliteta odnosno svojstava vode i vodnih usluga, koji zadovoljavaju primarnost i sekundarnost;
- ❑ rizika i šteta, odnosno određivanje vrsta mogućih, neizvesnih i nezavisnih događaja koji dovode do fizičkih oštećenja ili finansijskih povreda interesa;
- ❑ učinaka i koristi odnosno vrsta, kvantiteta i kvaliteta rezultata korišćenja voda i vodnih usluga i njihovog učešće u krajnjem proizvodu ili uslugama korisnika.

Navedenim osnovama za razvoj konkurentnosti odnosno efikasnosti vodne delatnosti odlučujuća je potreba primene razvijenog HR.

U vodnom sektoru kao i u drugim sektorima pri-vrede, tržište je snažna motivacija za efikasnost i ekonomičnost, ali i ograničenje jer su izvori vode prostorno i vremenski tačno fiksirani i neravnomerno raspoređeni. Najbolji garant vodnih usluga je tržišna isporuka ali ne i garant da će se potražnja za vodom i vodnim uslugama koristiti u pravom smeru. Potrebno je da tržište bude vođeno dugoročnim usmeravanjem i osigurano državnim politikom.

ZAKLJUČAK

Date osnove i menadžment HR su elementi funkcija koji su osnova za izgradnju različitih sistema u vodnoj delatnosti čije uspostavljanje i razvoj doprinose rastu efikasnosti, efektivnosti i ekonomičnosti odnosno konkurentnosti u javnom sektoru. Prime-njujući razvijeni sistem HR, vodna delatnost zauzeće mesto na vrhu lestvice društvenih i privrednih vrednosti u javnom sektoru.

Treba imati u vidu da će planiranje HR biti osnovni pravac za uspostavljanje kompetitivnih aktera u rešavanju problema vodne delatnosti.

Menadžment HR se oslanja na smernice i zadatke čije stanje određuje vodna infrastruktura, vode, intitucije i preduzeća, sa jedne strane i zahtevi korisnika i stanovnika sa druge strane. Nema ostvarivanja menadžerskih procesa sa HR bez određivanja faza i funkcija sadržanih u strategijama i direktivama EU o vodama. Menadžment utiče na ostvarivanje „dobrog“ stanja i statusa voda; obezbeđivanje održivog razvoja i integralnog upravljanja vodama na rečnom slivu i optimalnih sredstava za razvoj i funkcionisanje vodne infrastrukture; programiranje, praćenje i analizu pritisaka i uticaja na identifikovana vodna tela podzemnih i površinskih voda; uvođenje

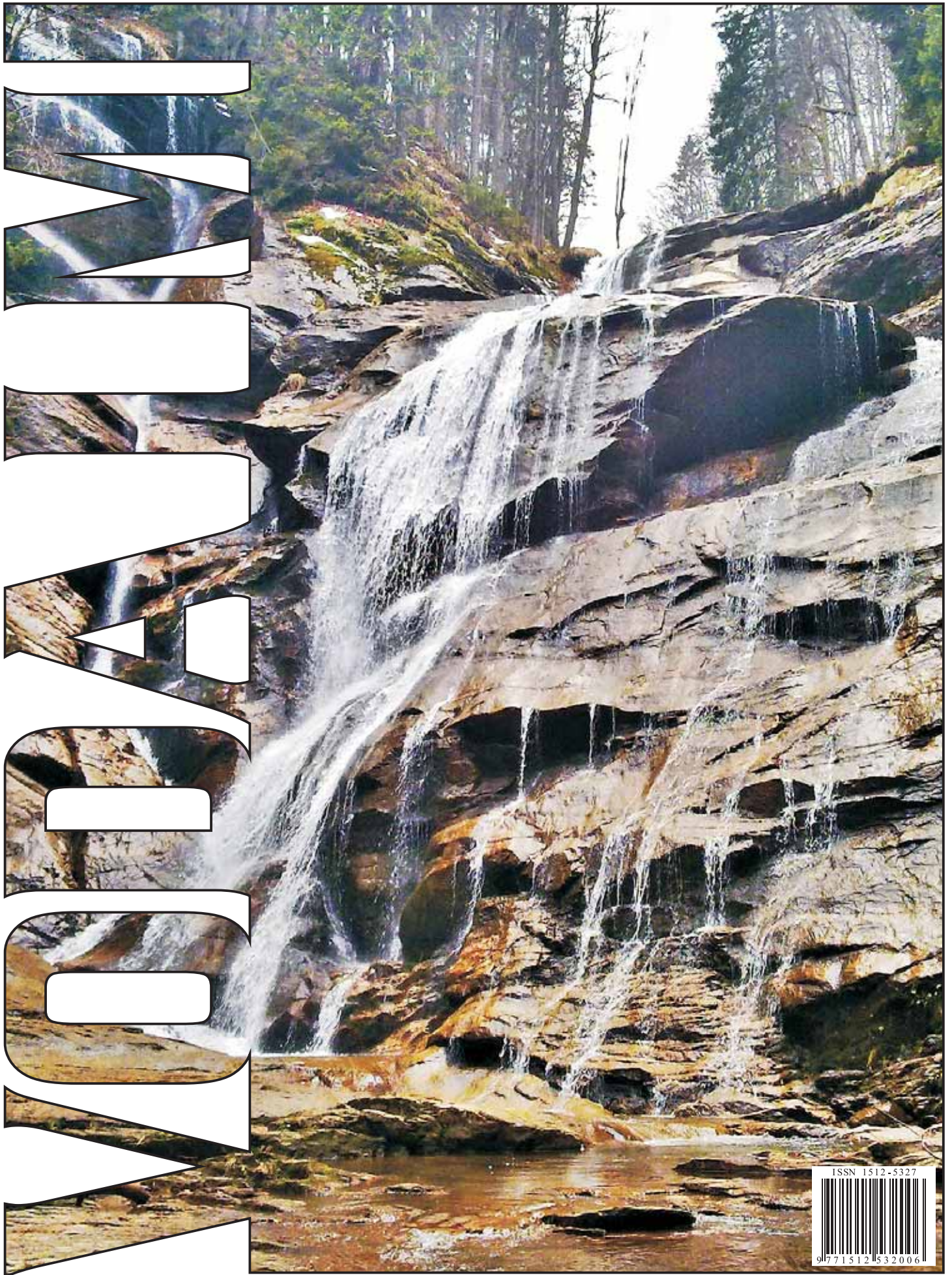
monitoringa u klasifikaciji površinskih voda, zaštićenih područja i podzemnih voda; stvaranje uslova za učešće javnosti uz uvođenje sistemskih analiza. Zatim se to odnosi na analitičko i plansko utvrđivanje GAP-a stanja i statusa voda, odnosno kvaliteta i kvantiteta vodnih usluga; razvijanje normativnih i regulatornih okvira sadržanih u pravilima, procedurama, uputstvima i sl. Posebno će se to odraziti na razvijanje organizacione strukture za efikasno raspolaganje i korišćenje voda i vodne usluge.

Menadžment HR je potrebno što pre implementirati u vodnu delatnost jer će se tako napustiti davno uspostavljeni (tradicionalni) koncepti koji se ne mogu integrisati sa uzavrelim tehnološkim, privrednim, političkim i društvenim promenama, kao ni sa evropskim standardima u toj oblasti.

LITERATURA

1. Adžić Sofija, (2006), „Privredni sistem i ekonomska politika“, Subotica, Ekonomski fakultet, Subotica.
2. Bajčetić Marko, (2008), „Ekonomija vodoprivrede u partnerstvu privatnog i javnog sektora“, Prometej, Novi Sad.
3. Bandin Tomislav, (2000), „Produktivistička teorija ekonomskog uspeha“, Savremena administracija, Beograd.
4. Dessler Gary, (2007), „Osnovi menadžmenta ljudskih resursa“, Data status, Beograd.
5. Dinar Ariel, (2000), „The Political Economy of Water Pricing Reforms“, Oxford University Press, USA.
6. Đorđević Branislav, (1990), „Vodoprivredni sistemi“, Naučna knjiga, Beograd.
7. Zelenović M. Dragutin, (1995), „Tehnologija organizacije industrijskih sistema-preduzeća“, Naučna knjiga, Beograd.
8. Zakić Zorka, (2001), „Agrarna ekonomija“, CID Ekonomske fakulteta, Beograd.
9. Ljujić Biljana, Aleksić Ankica, (2008), Direktiva EU u oblasti politike voda, časopis Vodoprivreda, Beograd.
10. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede – Republička Direkcija za vode (2005), „Okvirne Direktive EU o vodama“, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd.
11. Penezić D. Nenad, (2005) „Ekonomika preduzeća“ FTN, Novi Sad.
12. Pešić V. Radmilo, (2002), „Ekonomija prirodnih resursa i životne sredine“, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
13. Potkonjak Svetlana, (1991), „Ekonomika vodoprivrede“, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
14. Priručnik: European Communities, (2004), Common Implementation Strategy - Guidances available at WFD - CIRCA.
15. Wren A. Daniel, Dan JR Voich, (2001), „Menadžment“, Privredni pregled, Beograd.





WATERFALLS

ISSN 1512-5327
9 771512 532006