



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

2007
Godina XI
53



UVODNIK

D. Hrkaš

AKTUELNOSTI

D. Hrkaš

UZ SVJETSKI DAN VODA 22. MART/OŽUJAK 2007.

A. Ibrahimpašić

REGIONALNI PROJEKAT "PILOT PLAN UPRAVLJANJA ZA RIJEKU SAVU"

KORIŠTENJE VODA

M. Vlahinić

ULOGA ZELENE VODE U PROIZVODNJI HRANE I ODRŽIVOSTI EKOSISTEMA

S. Jusić

PRIPREMA VODE ZA PIĆE U SKLOPU JAVNOG VODOSNABDIJEVANJA JAPANA

H. Ališehović

NEKA SAZNANJA O STANJU VODOSNABDIJEVANJA U NORVEŠKOJ

ZAŠTITA VODA

S. Džino

BAKAR I CINK U VODOTOCIMA RIJEKE SPREČE I NJENIH PRITOKA

G. Mirković

STRUČNA OBUKA U INŠTITUTU ERICo - VELENJE

M. Goluža

PRILOG RAZMATRANJU MALIH VODA RIJEKE NERETVE I HUTOVA BLATA

ZAŠTITA OD VODA

B. Čavar

KOEFICIJENT BUJIČAVOSTI I NJEGOV UTJECAJ NA BRZINU KRETANJA VODE

IZ ISTORIJE VODOPRIVREDE

A. Sarić, M. Gaković

NJIH NE TREBA ZABORAVITI
AKADEMIK PROF. JOSIP BAĆ

Autor kolor fotografija na koricama i srednjim stranama časopisa je Edhem-Edo Joldaš



"VODA I MI"

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

<http://www.voda.ba>

Izdavač:

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

Telefon: ++387 33 20 98 27

Fax: ++387 33 20 99 93

E-mail: dilista@voda.ba

Glavna urednica:

Dilista Hrkaš, dipl. žurn.

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

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

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

Idejno rješenje korica: DTP STUDIO Studentska štamparija Sarajevo

Priprema za štampu i filmovanje: Zoran Buletić

Štampa: S.Z.R. "Birograf" Sarajevo

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

POŠTOVANI ČITAOCI,

Iako varljivo i nestabilno, proljeće je tu svuda oko nas, u nježnom beharu, vjetru razvigorcu, toplom suncu i iznenadnoj kiši, radosnom pjevanju ptica i glasnom žuboru proljetnih voda. Nisu to ovog proljeća ni neke velike vode, obzirom da nije niti snijega puno bilo protekle zime, ali svejedno bosansko-hercegovačke rijeke, rječice i potoci teku svojim koritima bez prestanka noseći od izvora ka ušćima svoja imena, svoje ribe i, nažalost, nerijetko i naš nemar i nebrigu.

Zašto ovo kažem?

Iz jednostavnog razloga što sa proljećem krećemo u akcije čišćenja i pospremanja naših kuća, dvorišta, njiva... Samo obale naših lijepih rijeka ostaju "okićene" i "ukrašene" metalnim, plastičnim, drvenim i kakvim sve ne smećem, koje smo "pospremili" na njih, sa vjerovatnom namjerom da će to neka velika voda nekamo odnijeti.

A o eventualnom čišćenju i uređenju tih obala nema niti govora! Tek tu i tamo, sporadično, pročitaćemo u dnevnim novinama ili vidimo i čujemo u kratkim informacijama elektronskih medija da su se u nekoj (najčešće) školi sjetili da naprave proljetno pospremanje obala rijeke u čijoj blizini žive.

U međuvremenu su nam usta puna priča o važnosti zaštite okoliša, naročito kada se obilježavaju da-

tumi u svezi s tim, kao napr. 22. mart – Svjetski dan voda, 22. april – Svjetski dan planete Zemlje ili 6. juni – Svjetski dan zaštite okoliša, a u novije vrijeme i 29. juni – Dan Dunava, koji obilježavaju zemlje iz riječnog bazena Dunava gdje spada i Bosna i Hercegovina.

Zato su ovi proljetni dani i prilika da svi mi kojima to omogućavaju životne i radne okolnosti, što više i češće apelujemo na svijest svih naših građana, posebno mlađe populacije, da pospremanje nije niti može i smije biti bacanje svega nam nepotrebnog u rijeke i na njihove obale.

Jer, njihova čistoća i ljepota su već toliko ugrožene pomenutim "nakitom", da više nikakvo zeleno raslinje to ne može prikriti. I mi živimo s tim, gledamo u to svakodnevno zajedno sa mnogobrojnim strancima – našim privremenim sugrađanima koji se čudom čude šta radimo sa svojim, danas u svijetu tako rijetkim, prirodnim bogatstvom – VODOM.

Zato dragi i poštovani čitaoci, kada god budete u prilici da djelujete preventivno, pokušajte objasniti, zamoliti ili upozoriti da to što radimo našim rijekama, ustvari radimo sami sebi. Budimo sigurni da ćemo sve što uništimo nizvodno, dobiti nazad uzvodno. Sve je, znači, do nas.

Samo treba htjeti!




Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članka.

UZ SVJETSKI DAN VODA 22. MART/OŽUJAK 2007.

Napomena:

Negdje pred sami 22. mart od uvaženog i dragog prijatelja i saradnika iz Hrvatskih voda, inženjera - vodara Ljudevita Luje Tropana putem e maila sam dobila tekst poruke g. Matsuure koji sa velikim zadovoljstvom prezentiram čitateljstvu ovog časopisa. Ujedno zahvaljujem i dragom prijatelju Luji na trudu da ova poruka stigne i do, kako on to voli reći, vodara u Bosni i Hercegovini.

PORUKA GOSP. KOÏCHIRA MATSUURE, GLAVNOG RAVNATELJA UNESCO-A, POVODOM SVJETSKOG DANA VODA 22. OŽUJKA 2007.

Nestašica vode može dovesti u pitanje razvojne napore, ugroziti okoliš, te dovesti do napetosti, sukoba, pa čak i rata. Međutim, prošlost nas uči i da su nestašice vode motivirale ljudsku inovativnost, potičući društva na osmišljavanje načina za uklanjanje ili ublažavanje nestašice vode. Razmislimo povodom ovogodišnjeg Svjetskog dana voda o tome na koji se način društva širom svijeta „nose s nestašicom vode“ i na koji se način njihovi naponi mogu podržati i održati. Od osobitog su interesa pitanja za sve jednakog pristupa slatkoj vodi i društveni učinak politike o raspodjeli vode. Uz rastuću konkurenciju i nestašicu vode kao prijetnju ne samo miru već i suzbijanju siromaštva, nužno je osigurati učinkovitiju i pravedniju raspodjelu ovog životnog resursa.



Una je zaista jedina

Snimio: M. Lončarević

Nestašica vode nije samo rezultat fizičkog manjka vodnih resursa, već je još više pogoršavaju problemi u gospodarenju vodama. Porast broja stanovnika, gospodarski razvoj, onečišćenje i klimatske promjene vrše pritisak na vodne resurse. Jednako tako, ljudske aktivnosti poput krčenja šuma, izgradnje brana, sprječavanja erozije, navodnjavanja, te zahvaćanja i prenošenja vode djeluju na hidrološke procese i raspoložive nam vodne resurse, čime se samo ističe važnost odgovornog upravljanja vodama.

Premda nestašica vode nije ograničena na pustinske i polupustinske predjele, klimatski uvjeti i neodrživa praksa čine upravo te predjele izrazito osjetljivima na nestašicu vode. Tehnološka su dostignuća omogućila porast životnog standarda i na mjestima gdje su prirodni resursi daleko od bogatih. Tehnologija desalinizacije, kojom se oceani mogu pretvoriti u slatkovodne resurse, je postala dostupnija, no i to ima svoju cijenu i ekološke posljedice.

Suvremenim i tradicionalnim načinima dobivanja vode povećava se količina vode raspoložive za korištenje. Korištenjem neobnovljivih podzemnih voda može se ublažiti rastuća nestašica vode na područjima siromašnima vodom, čime se unapređuje socijalna dobrobit i olakšava gospodarski razvoj. Međutim, te je prednosti potrebno pažljivo procijeniti u odnosu na troškove. Veću dostupnost danas potrebno je dovesti u ravnotežu s održivošću za buduće naraštaje. Potrebno je očuvati dostupne količine, smanjiti potražnju i pojačati svijest o ograničenoj prirodi vodnih resursa. Potrebne su mudre strategije prilagodbe kako bi se zajamčila sredstva za život na marginalnim područjima koja su pogođena učincima klimatskih pro-

mjena. Zemljama u razvoju, u kojima su problemi nestašice vode često najveći, potrebno je staviti na raspolaganje znanja, kapacitete i učinkovite tehnologije.

UNESCO, Organizacija Ujedinjenih naroda za prosvjetu, znanost i kulturu, snažno vjeruje da se, premda je točna znanstvena procjena naših resursa temeljni preduvjet za osmišljavanje i provedbu razumne politike, sposobnost nošenja s nestašicom vode ne može poboljšati jedino pomoću znanosti i tehnologije. Štoviše, nužan je multidisciplinarni pristup koji uzima u obzir društvenu i kulturalnu dimenziju upravljanja slatkovodnim resursima. Obrazovanje igra bitnu ulogu u postizanju promjena u ponašanju kojima se mogu očuvati vodni resursi. I kultura ima važnu ulogu u određivanju vrste vodnogospodarskih mjera i tehničkih rješenja koja će biti prihvatljiva pojedinim zajednicama. Komunikacija je bitna za informiranje široke javnosti o važnosti očuvanja vodnih resursa. UNESCO sa svojim područjem djelovanja u znanosti, obrazovanju, kulturi i komunikaciji ima jedinstveno dobar položaj s kojega može voditi takav holistički i multidisciplinarni pristup.

Pitanje o tome kako se nositi s nestašicom vode je složeno pitanje koje zahtijeva široko zasnovanu suradnju na svim razinama društva. Ujedinjeni narodi, kroz svoje koordinacijsko tijelo UN-Water, već rade na izradi sustavnog pristupa tom izazovu. Na Svjetski dan voda pozivam sve druge partnere i zainteresirane strane da nam se pridruže u stvaranju temeljitog globalnog odgovora. Neka nam održiva i pravedna raspodjela vode svima bude prioritet.

(S engleskog prevela Tatjana Jauk, prof.)



Vodenice na rijeci Plivi

Snimio: M. Lončarević

REGIONALNI PROJEKAT “PILOT PLAN UPRAVLJANJA ZA RIJEKU SAVU”

- SLIV RIJEKE VRBAS -

Od oktobra 2005. godine je u toku implementacija regionalnog projekta “Pilot plan upravljanja za rijeku Savu”. Specifičnost ovog projekta u odnosu na druge projekte koji se finansiraju iz sredstava Evropske komisije jeste da su institucije sektora upravljanja vodama u potpunosti uključene u implementaciju projekta u svim državama korisnicima projekta.

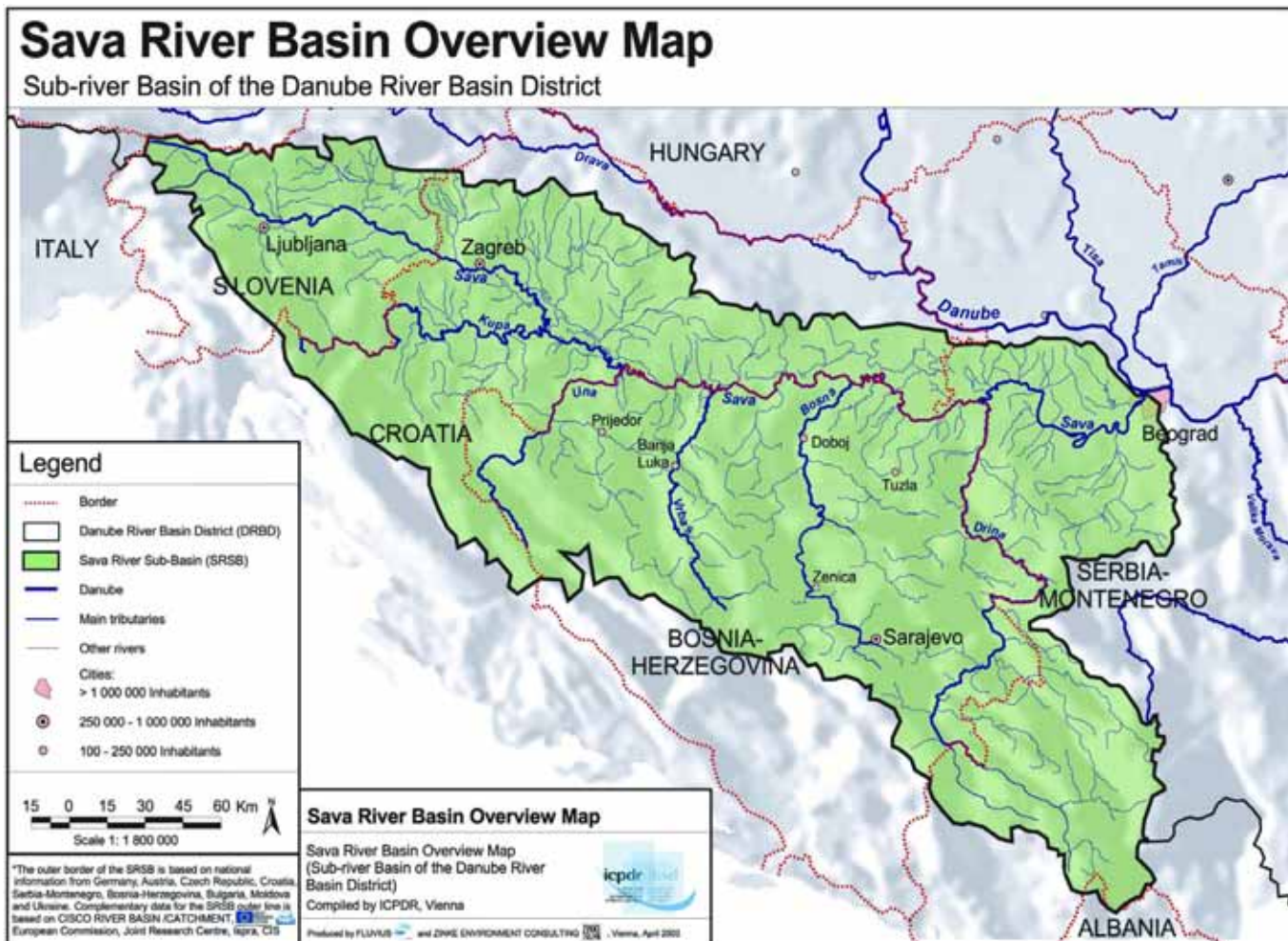
Osnovni podaci o projektu su:

Investitor:	Evropska komisija finansira projekat u okviru EC CARDS 2003. Regionalni program
Klijent:	European Commission- Europe Aid, Brussels
Korisnici projekta su:	Republika Hrvatska (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva) Bosna i Hercegovina (Ministarstvo transporta i komunikacija Bosne i Hercegovine) Srbija i Crna Gora (Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva)
Konsultant:	SAFEGE Consulting Engineers UNESCO-IHE Građevinski fakultet, Beograd
Period implementacije:	Oktobar 2004. - septembar 2007.
Web adresa projekta:	www.savariver.net

Geografsko područje koje projekat pokriva:

EC CARDS (Community Assistance for Reconstruction, Development and Stabilization) regionalni projekat geografski pokriva dijelove sliva rijeke Save u Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini i Srbiji i Crnoj Gori (u vrijeme potpisivanja ugovora Srbija i Crna Gora su bile u državnoj zajednici).

Država	km ² u slivu rijeke Save	Procenat sliva rijeke Save	Procenat ukupne nacionalne teritorije
Slovenija	10,724	11.0 %	53 %
Hrvatska	25,540	26.3 %	45 %
Bosna i Hercegovina	38,719	39.8 %	76 %
Srbija i Crna Gora	22,200	22.8 %	33 %
Ukupno sliv rijeke Save	97,183	100.0 %	



Sliv rijeke Save

Za praktičnu implementaciju ODV-a (Okvirna direktiva o vodama), svaka država je odabrala pilot sliv na svojoj teritoriji. U Hrvatskoj je to sliv Kupe, u Bosni i Hercegovini sliv Vrbasa, a u Srbiji sliv Kolubare.

Slovenija nije korisnik ovog programa, ali su slične aktivnosti provedene u okviru ISPA (Instrument for Structural Policies for Pre-Accession) projekta i to na slivu rijeke Krke.

Ciljevi projekta

□ Generalni cilj

- Unapređenje saradnje između zemalja u slivu rijeke Save u domenu upravljanja vodama koristeći pristup integralnog upravljanja vodama u skladu sa EU Okvirnom direktivom o vodama (EU ODV)

□ Specifični ciljevi projekta

- Obuka osoblja u institucijama nadležnim za upravljanje vodama kako bi mogli sprovesti implementaciju ODV i pripremu izrade Plana upravljanja slivom rijeke Save
- Primjena ključnih principa ODV -a u 3 pilot riječna sliva (Vrbas, Kupa i Kolubara) u cilju identifikacije

usklađene metodologije koja bi se mogla primijeniti na druge podslivove u slivu rijeke Dunav, a posebno u slivu rijeke Save

- Podrška radu Komisije za rijeku Savu kao nadležnom tijelu za prekograničnu koordinaciju aktivnosti u upravljanju vodama u slivu rijeke Save
- Koordinacija aktivnosti projekata u vezi sa ODV -om koji su trenutno u toku na području sliva rijeke Save (UNDP - GEF DRP, CARDS nacionalni projekti u BiH i Hrvatskoj, EAR projekti u Srbiji i Crnoj Gori, ISPA u Sloveniji itd.)
- Podizanje svijesti i saznanja u vezi sa principima ODV -a u zemljama korisnicama projekta, kako šire javnosti tako i lokalnih korisnika voda

U okviru implementacije projekta organizovane su regionalne i nacionalne radionice. Regionalne radionice se organizuju u cilju obuke osoblja lokalnih institucija i za svaku radionicu se pripremaju prezentacije konsultanata koje se odnose na pojedine djelove izvještaja sa primjerima implementacije ODV-a u raznim državama u Evropi. Istovremeno timovi iz Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Srbije prezentuju

obrađena poglavlja izvještaja u okviru svojih pilot projekata, što je obaveza lokalnih institucija. U Bosni i Hercegovini nosioci aktivnosti na ovom projektu su uposlenici JP za "Vodno područje slivova rijeke Save", Sarajevo i Republičke direkcije za vode, Bijeljina.

Do sada je održano pet regionalnih radionica: u Laktašima (april 2005. god), Trogiru (oktobar 2005. god), Valjevu (april 2006. god), Sarajevu (oktobar 2006. god) i Zagrebu (februar 2007 god), kao i čitav niz regionalnih radionica posvećenih specifičnim poglavlja izvještaja o karakterizaciji (pritisci, ekonomija, podzemne vode, procjena rizika, biomonitoring itd).

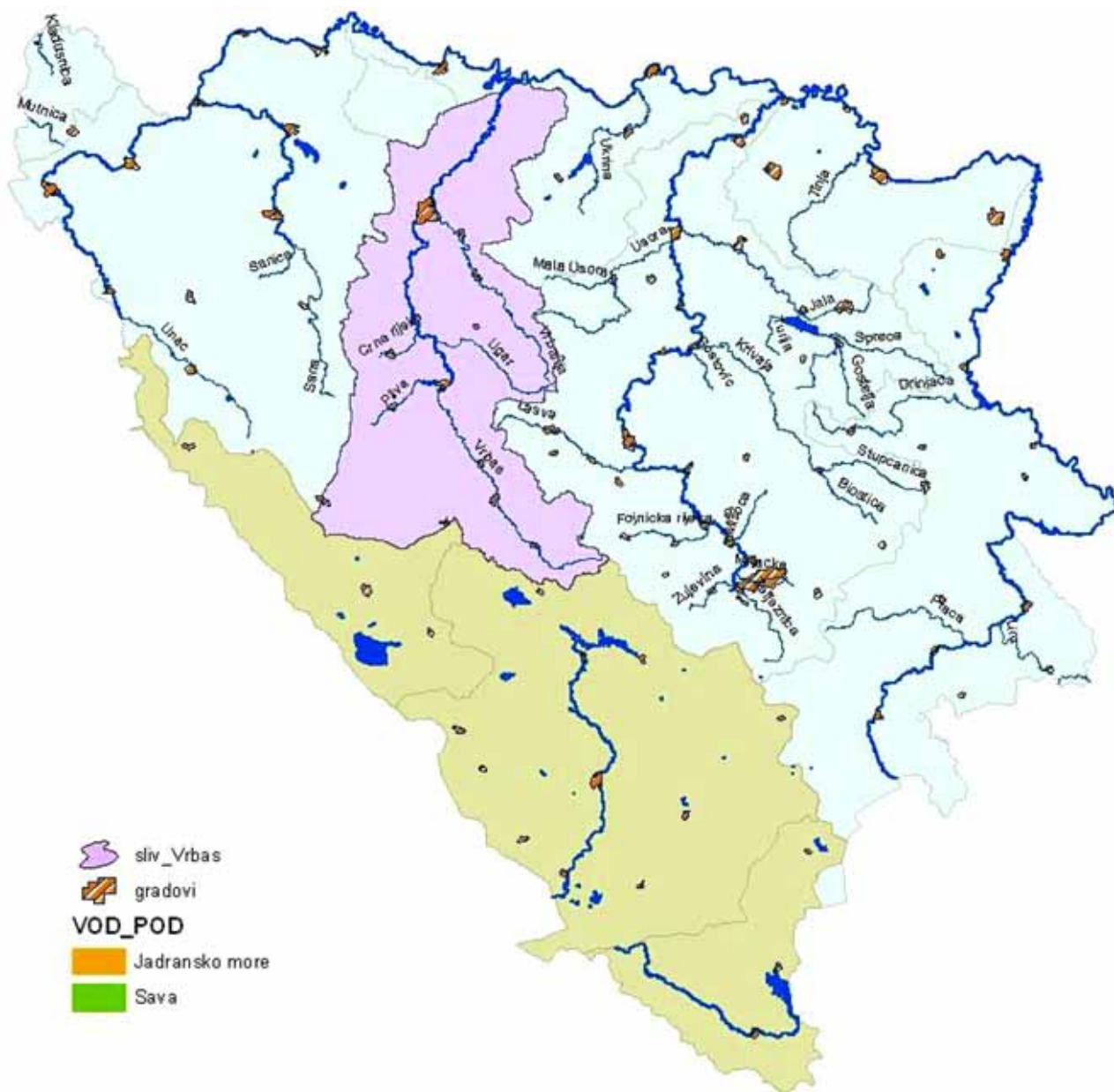
U Bosni i Hercegovini je takođe održana Nacionalna radionica (juni 2005. god) u Jajcu. Cilj organizovanja nacionalnih radionica je upoznavanje šire javnosti sa projektom i podizanje svijesti u vezi sa principima ODV.

Prema planu implementacije do završetka projekta će se održati još dvije regionalne radionice, u Beogradu (april 2007 god) i završna radionica u junu 2007. god. je u Bosni i Hercegovini.

Na web stranici projekta, konsultant je obezbjeđio prevod svih relevantnih dokumenata za potrebe rada timova, počevši od Okvirne direktive o vodama, vodiča za pojedina poglavlja izvještaja i radnih dokumenata ICPDR-a. Na web stranici projekta su takođe nacrti izvještaja koje su timovi tri države do sada pripremili, kao i niz prezentacija sa radionica.

Implementacija "Sava pilot projekta" u Bosni i Hercegovini

U Bosni i Hercegovini se u okviru Sava pilot projekta radi "Izvještaj o karakterizaciji sliva rijeke Vrbasa".



Položaj sliva Vrbasa

U Federaciji Bosne i Hercegovine i Republici Srpskoj su imenovani članovi timova zaduženi za izradu ovog izvještaja. Koordinacija između timova i članova zaduženih za pojedina poglavlja Izvještaja je bio posebno izazovan zadatak obzirom da članovi timova rade u osam gradova Bosne i Hercegovine (Sarajevo, Bijeljina, Banja Luka, Jajce, Doboj, Zenica, Prijedor i Zvornik).

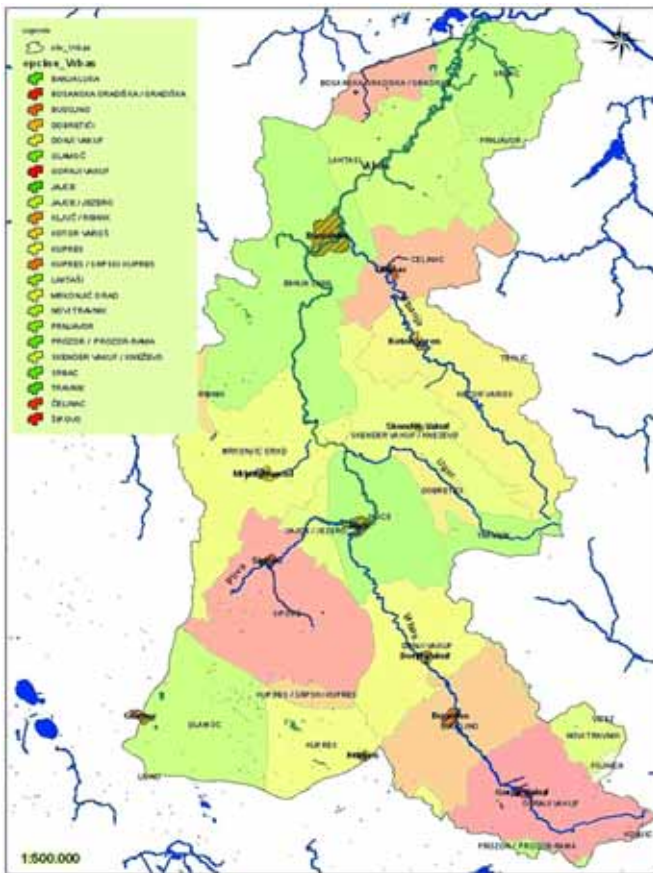
Nakon prevazilaženja početnih teškoća, timovi su uspjeli da usaglase rad, te je ispoštovana dinamika izrade Izvještaja

rijeka, Vrbanja, Turjanica, Povelić, Osorna, Svrakova i Janj (pritoka Plive).

Sadržaj izvještaja o karakterizaciji

Sadržaj Izvještaja o karakterizaciji je predložen od strane konsultanta i sva tri tima nastoje da prate zadata poglavlja u potpunosti, pa i tim Bosne i Hercegovine. Ovdje su date samo osnovne tačke sadržaja da bi se stekao uvid u obim predmetnog Izvještaja.

Osnovni podaci o slivu Vrbasa



Opštine u slivu Vrbasa

Vrbas je desna pritoka rijeke Save, sa površinom sliva 6.386,00 km². Vodotok se formira na južnoj padini planine Vranica na oko 1530 m.n.m., dužine je 235 km, a uljeva se u rijeku Savu kod mjesta Srbac na koti od 90 m.n.m. Sliv je izduženog oblika dužine oko 150 km i prosječne širine 70 km.

U administrativnom pogledu sliv Vrbasa pokriva potpuno ili djelomično dvadeset i osam opština (na području šest opština nema naselja u slivu Vrbasa) sa 757 naselja, od kojih je 22 naselja sa preko 2000 stanovnika. Prosječna gustina naseljenosti na slivu je 91 stan/km².

Pritoke rijeke Vrbasa sa površinom sliva većom od 100 km² su: Bistrica, Veseočica, Pliva, Ugar, Crna



Velike proljetne vode Vrbasa u D. Vakufu

Snimio: M. Lončarević

SADRŽAJ

1.	Uvod	6.	Ekonomске analize
2.	Opšte karakteristike sliva	6.1.	Uvod
2.1.	Prirodni uslovi	6.2.	Metodologija
2.2.	Socio- ekonomske karakteristike	6.3.	Ekonomске analize korištenja voda
2.3.	Administrativna i institucionalna postavka	7.	Scenario i analiza rizika
3.	Karakterizacija površinskih voda	7.1.	Uvod
3.1.	Uvod	7.2.	Scenario i analiza osjetljivosti
3.2.	Rijeke	7.3.	Procjena rizika
3.3.	Jezera	8.	Inventar zaštićenih područja
3.4.	Preliminarno određivanje vještačkih vodnih tijela i jako modifikovanih vodnih tijela	8.1.	Pristup pripremanju inventara
4.	Karakterizacija podzemnih voda	8.2.	Inventar zaštićenih područja
4.1.	Uvod	8.3.	Nedostatak podataka i neizvjesnosti
4.2.	Metodologija razgraničenja	9.	Monitoring sistem
4.3.	Lokacije, granice i karakteristike podzemnih vodnih tijela	9.1.	Opis postojećeg monitoring sistema
5.	Analiza pritisaka i uticaja	9.2.	Planovi razvoja monitoring sistema površinskih voda
5.1.	Uvod	9.3.	Preliminarne preporuke za jačanje nadzornog monitoringa
5.2.	Identifikacija značajnih pritisaka	10.	Učešće javnost u donošenju planova upravljanja riječnim slivom
5.3.	Analiza značajnih pritisaka	10.1.	Uvod
5.4.	Procjena uticaja	10.2.	Strategija za učešće javnosti
5.5.	Nedostatak podataka i neizvjesnosti	11.	Zaključci

U okviru Izvještaja o karakterizaciji obrađene su površinske vode, podzemne vode i jako modifikovana vodna tijela

Karakterizacije površinskih voda obuhvata:

- sve rijeke sa površinom sliva većom od 100 km²
- sva jezera sa površinom većom od 100 km²

Karakterizacija podzemnih voda obuhvata sva podzemna vodna tijela čija je izdašnost veća od 100 l/s, a površina vodnog tijela veća od 10 km².

U toku rada na pojedinim poglavljima iz navedenog sadržaja dominantan problem je bio raspoloživost podataka na nivou sliva Vrbasa. Podaci su prikupljeni na svim administrativnim nivoima upravljanja, od entitetskog nivoa (nadležna ministarstva) do lokalnog nivoa (opštine i komunalna preduzeća), te je ovaj proces zahtjevao dosta vremena i napora. Podaci koji nisu prikupljeni u toku rada na Izvještaju su identifikovani kao "nedostatak podataka i neizvjesnosti" i sastavni su dio svakog poglavlja.

Biomonitoring

Poseban segment u okviru Sava pilot projekta kome je posvećena izuzetna pažnja je biomonitoring. Cilj ovog segmenta je definisanje zajedničkog pristupa hidrobiološkim istraživanjima na području sliva rijeke Save. Timovi iz Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Srbije su izvršile zajedničko uzorkovanje na sva tri pilot riječna bazena (Kupa, Vrbas i Kolubara). U toku rada na biomonitoringu timovi su usaglasili slijedeće:

- biloški indikatori kvaliteta (fitobentos, zoobentos)
- metodologija uzorkovanja, transporta, konzervacije i obrade uzoraka
- nivoi determinacije
- klase zastupljenosti
- saprobni indeks po Pantle-Buck-u
- lista fizičko hemijskih parametara
- terenski protokoli



Izveštaj o biomonitoringu će predstavljati zaseban dio Izveštaja o karakterizaciji.

Izveštaj o karakterizaciji sliva Vrbasa je još uvijek u fazi izrade. Stepenn završenosti se procjenjuje na oko 75 %, a planirani rok završetka je juni 2007. godine.

Nakon završetka kompletnog posla na ovom projektu i izrade završnog izvještaja, rezultati će biti prezentirani i u okviru časopisa "Voda i mi".



Vrbas nizvodno od Gornjeg Vakufa

Snimio: M. Lončarević

ULOGA ZELENE VODE U PROIZVODNJI HRANE I ODRŽIVOSTI EKOSISTEMA

Kiša, a ne otjecaj je osnovni resurs svježe vode, pa će se u budućnosti ljudi možda pitati tko je vlasnik kiše?

Uvod

Pojam „zelene“ i „plave“ vode je u naučnu literaturu uvela švedska ekohidrologinja Malin Falkenkamp iz Instituta za vodu (SIWI) iz Stockholma. Za uvođenje tog pojma u znanstvene analize kao i za njen pionirski rad na procjeni vodnih resursa i inovativnim pristupima na održivoj upotrebi vodnih resursa postala je prva dobitnica internacionalne nagrade EGS (European Geophysical Society) Henry Darcy Medal -1999. g., koja se nakon toga dodjeljuje uglednim svjetskim naučnicima iz hidrološke sfere svake godine u Dijonu u Francuskoj.

Iako se taj pojam već godinama koristi ipak je ostao zatvoren u užim krugovima naučnih specijalista. Koristi se posebno na nivou razmatranja globalnih problema upravljanja vodom i tlo i problema vodne krize koja prijete svijetu.

Kako je poznavanje tog fenomena izuzetno važno ne samo za razmatranje globalnih vodnih problema nego i za razmatranje vodnih problema na cijelom lancu od najnižeg lokalnog do globalnog nivoa tj. od farmera do njive, farme, sliva, regije, nacije, internacionalnog pa do globalnog nivoa, smatramo potrebnim upoznati našu širu stručnu i naučnu javnost o značenju tog pojma radi boljeg upravljanja vodom, te saznanja o distinkciji između zelene i plave vode.

Voda je vjerojatno prirodni resurs kojeg svi dobro poznajemo, ili mislimo da ga poznajemo. Svatko od nas se sreća sa vodom u njenim brojnim oblicima: kišom, tučom, snijegom, ledom, parom, vlagom, maglom, injem i rosom. Međutim, pored našeg svako-

dnevnog korištenja vode, voda je vjerojatno prirodni resurs kojeg običan svijet najmanje razumije. Ne razumije ga dovoljno ni inženjerski obrazovan svijet. Nije bez razloga Einstein upozorio: „*Ima više savršenstva u običnoj kapljici vode nego u svim mašinama koje su ljudi izmislili.*“

Kako se voda pretvara u paru i oblake, šta se događa sa vodom kad dospije na zemlju? Koliko površinski otječe, a koliko se infiltrira u zemljište? Šta se događa sa vodom u zemljištu, kako se djelovanjem energije vraća u atmosferu i djelovanjem gravitacije cijedi u podzemlje? Zašto nekad i negdje imamo previše, a nekad i negdje premalo vode? I možda najvažnije imamo li dovoljno svježe vode za sve biljke, životinje i ljude na Zemlji? Ta i mnoga druga pitanja su veoma važna, ali mi ćemo se zadržati na razmatranju najavljenih problema „zelene i plave vode“.



Snimio: M. Lončarević

1. Šta je to zelena voda?

Zelena voda je dio u tlo infiltrirane kiše koju tlo zadržava u sebi svojim sorpcijskim, molekularnim i kapilarnim silama, pa zatim evapotranspiracijskim procesima, utjecajem solarne energije, postepeno vraća u atmosferu hraneći tako vodom oranične kulture, travnjake i šume.

Ritam pražnjenja tla zelenom vodom evapotranspiracijskim procesima ovisi od atmosferskih uslova, razvojnog stadija biljaka i od sukcesivnog ritma obnove vodne rezerve tla (zelene vode) putem kiše.

Naziv zelena voda je adekvatno izabran jer bez te zemljišne vode (vlage) izostalo bi zelenilo oranica, travnjaka i šuma, a cijeli ekosistem bi doživio kolaps. Zelena voda ima najveću važnost za proizvodnju hrane i za održivost i stabilnost cijelog ekosistema. Ona je najzaslužnija za najveći dio svjetske proizvodnje hrane i biomase. U nekim zemljama čak cjelokupna proizvodnja hrane i održivosti ekosistema ovisi o zelenoj vodi, što je gotovo slučaj i sa Bosnom i Hercegovinom. **Zato Falkenmark (2005) ističe“da se treba odlijepiti od tunelske vizije stereotipa upravljanja samo „plavom vodom“ i okrenuti se boljem upravljanju „zelenom vodom“ jer je zelena voda glavni faktor održivosti proizvodnje hrane i ekološke stabilnosti.“**

Međutim, u dosadašnjim našim hidrološkim i statističkim analizama nema te vode, kao da ona ne postoji u hidrološkom bilansu. Kad se rade analize obnovljivih vodnih resursa per capita kao indikatora vodnog stresa one se baziraju samo na plavoj vodi, a zanemaruju zelenu (Savenije, 1998). A da se tu radi o vrlo važnim dimenzijama zelene vode u godišnjem vodnom bilansu vidjet će se iz kasnije komentiranih analiza.

Zelena voda nema ni menedžera, domaćina koji bi brinuo o održivosti i racionalnijem upravljanju zelenom vodom za razliku od menedžera i državnih struktura koji brinu o plavoj vodi, pa da odmah definiramo i pojam plave vode.

2. Šta je to plava voda?

Plava voda je dio kiše (padavina) koju tlo ne može zadržati iznad svog retencijskog kapaciteta, pa ona otječe dijelom površinski, dijelom podzemno hraneći tako vodotoke (potoke i rijeke), jezera, izvorišta i podzemne akvifere.

Sva naša dosadašnja nastojanja na upravljanju vodnim resursima bila su usmjerena na plavu vodu, da-

kle na dio padavina koji nazivamo otjecaj. Na plavim vodama građevinari podižu spektakularne objekte (kanale, brane, kaskade, vodopade, vodoskoke), a njihov interes za zelenu vodu se javlja jedino kad treba irigacijskim projektima pretvoriti plavu vodu u zelenu, a dre-nažom zelenu u plavu vodu. Na plavim vodama je zasnovana posebna naučna oblast koju nazivamo hidrologija, a u državnoj i javnoj administraciji posebna upravna vodoprivredna struktura. Tek u novije vrijeme se rađaju filijalne kćerke hidrologije, kao: hidrogeologija, agrohidrologija, ekohidrologija, hidrometeorologija, pedohidrologija, potamologija, limnologija i dr.

3. Kako doći do bilansa zelene vode

Da bi znalački mogli upravljati zelenom vodom, treba u prvom redu znati kako doći do podataka ili do bilansa zelene vode u nekom području.

Do bilansa zelene vode najjednostavnije se može doći oduzimanjem plave vode od ukupnog prihoda padavina. Padavine i otjecaji (plava voda) se već decenijama registriraju na brojnim reprezentativnim lokacijama u BiH, dok se mjerenje zelene vode ne registrira.

Na primjer, ako ukupan srednji godišnji prihod padavina u Popovom polju iznosi 1957 mm, a ukupni otjecaj ili plava voda 1324mm (koeficijent 0,68) onda zelena voda iznosi 633 mm (koeficijent 0,32). Ili ako na nivou BiH srednji godišnji prihod padavina iznosi 1120 mm, a srednji godišnji otjecaj ili plava voda 547 mm (0,49), onda zelena voda iznosi 573 mm (koeficijent 0,51). Takvim uproštenim bilansom saznajemo koliko je od ukupno prihodovanih padavina otpalo na zelenu vodu, ali ne znamo je li ta zelena voda bila dovoljna za podmirenje potreba humanog (antropogenog) i prirodnog ekosistema, da li je ekosistem bio u nekim godinama ili nekim periodima godine ugrožen vodnim deficitom ili sušom, odnosno nedostatkom zelene vode.

Da bi na to pitanje mogli odgovoriti potreban je detaljniji pristup kakav se već decenijama primjenjuje u radu Instituta za pedologiju, agrohemiju i melioracije Poljoprivrednog fakulteta u Sarajevu. Za ilustraciju takvog pristupa je prikazan bilans za loko nivo (Popovo polje) i bilans za nivo BiH.

3.1. Vodni bilans za lokalni nivo – Popovo polje – površina 4500 ha

Ovaj loko bilans je baziran na podacima meteorološke Ravno vremenske serije od 40 godina (1950-1989) i pokazuje sljedeće prosječno stanje:

- Srednje godišnje padavine (P)	1957 mm ili 88,1 mln m ³
- Srednja god. potencijalna evapotranspiracija (PET)	788 mm ili 35,5 mln m ³
- Srednja god.stvarna ET (SET - zelena voda)	633 mm ili 28,5 mln m ³
- Srednji god. manjkovi vode (M)	155 mm ili 7,0 mln m ³
- Srednji god.viškovi vode (V - plava voda)	1324 mm ili 59,6 mln m ³
- Srednji godišnji odnosi SET/PET	0,80
- Srednji godišnji odnosi V/P	0,67

3.2. Vodni bilansi za državni nivo BiH – površina 5,1 mln ha

Bilans je baziran na podacima 68 meteostanica različitog trajanja vremenske serije (serija A) u 7 sedam velikih slivova (Una, Vrbas, Bosna, Drina, Neretva i Trebišnjica, Cetina i Krka, neposredni sliv Save) pokazuje sljedeće prosječno stanje:

- Srednje godišnje padavine(P)	1120 mm ili 57,3 mld m ³
- Srednja god. potencijalna evapotranspiracija (PET)	660 mm ili 33,7 mld m ³
- Srednja god.stvarna ET (SET - zelena voda)	573 mm ili 29,3 mld m ³
- Srednji god. manjkovi vode (M)	87 mm ili 4,4 mld m ³
- Srednji god.viškovi vode (V - plava voda)	547 mm ili 28,0 mld m ³
- Srednji god.odnosi SET/PET	0,87
- Srednji godišnji odnosi V/P	0,49

Šta pokazuju rezultati ovih analiza u odnosu na novu terminologiju zelene i plave vode?

Prije nego uđemo u komentare ovih rezultata treba se prisjetiti metoda rada tj. načina na koji se je došlo do ovih podataka.

Za svaku od navedenih meteostanica rađeni su mjesečni i godišnji vodni bilansi u milimetarskim dimenzijama na bazi tri ulazna parametra i to: a) mjesečnih padavina, b) mjesečne računate potencijalne evapotranspiracije(ili potencijalne potrebe u zelenoj vodi) i c) pretpostavljene vodne rezerve tla od 100 mm.

Na osnovi tri ulazna parametra za svaki mjesec i svaku godinu se računom dobiju sljedeći izlazni parametri : a) stvarna evapotranspiracija (SET ili zelena voda), b) manjkovi vode (M-vodni deficit), c) viškovi vode (V - otjecaj ili plava voda), d) odnosi viškova i padavina (V/P ili koeficijent otjecaja) i e) odnosi stvarne i potencijalne evapotranspiracije (SET/PET ili koeficijent suše).

Ovdje smo upotrijebili nove pojmove stvarne (SET) i potencijalne (PET) evapotranspiracije, pa ih treba ukratko objasniti.

SET ili stvarna evapotranspiracija je ustvari količina zelene vode koju je biljka u stanju angažirati iz tla i isporučiti do evaporantne površine lista u jedinici vremena uključujući tu i direktnu evaporaciju s tla. Ona je limitirana raspoloživom količinom zelene vode u tlu, te dubinom i razvijenošću korjenškog sistema biljke. To je ono što biljka može stvarno uzeti iz tla i ponuditi atmosferi, pa to često nazivamo ponuda.

PET ili potencijalna evapotranspiracija, što nazivamo i potražnjom, je ona količina vode koja bi se mogla ispariti u jedinici vremena djelovanjem raspoložive energije u atmosferi pod uslovom da je osigurana odgovarajuća ponuda. To bi mogli nazvati i potencijalna potreba u zelenoj vodi. Potražnja je diktirana raspoloživom energijom u atmosferi, pa kažemo da atmosfera ambijenta nameće potražnju. Ne može se ispariti više vode nego što ima raspoložive energije



je u atmosferi. Zato i proračun PET većina autora bazira na raspoloživoj energiji u atmosferi ambijenta.

Prema tome će momentana potreba biljaka za zelenom vodom biti podmirena ovisno o tome da li je ponuda (SET) dostigla potražnju (PET).

Ako je ponuda manja od potražnje, slučaj kad biljka nije u stanju da isporuči onoliko vode koliko atmosfera traži tada dolazi do poremećaja u fiziološkim funkcijama biljke, što se negativno odražava na sam prinos. To je Robelin (1958) lijepo prikazao na dijagramu Fig.1.

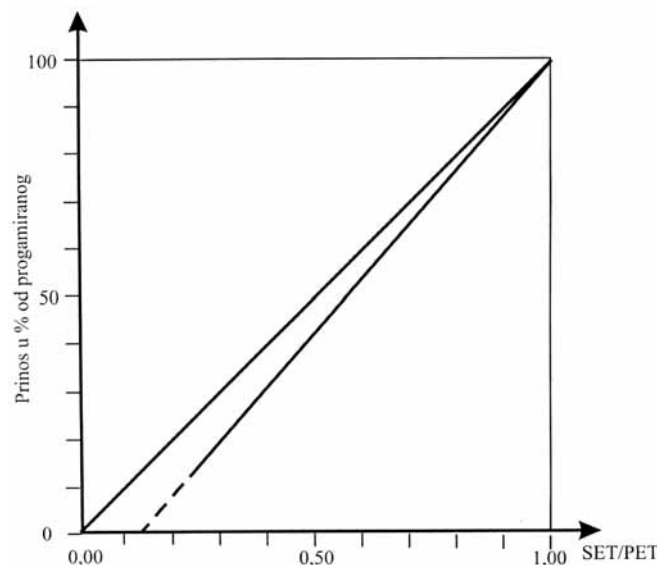


Fig.1. Utjecaj odnosa SET/PET na programirani prinos kultura po Robelin-u

Ako je ponuda dostigla potražnju (koeficijent SET/PET= 1, tada je biljka osigurala uslove za normalan rast i razvoj, pa je moguće ostvarenje maksimalno programiranog prinosa (100%), makar tog momenta biljka raspolagala sasvim skromnim količinama zelene vode u tlu.

Bilansi se rade sukcesivno, mjesec za mjesecom i godina za godinom tako da se mogu dobiti ne

samo stvarni podaci za svaku godinu, nego i srednji za višegodišnji period, zatim frekvencija i trend za određeni vremenski period.

Ovdje su u razmatranju srednji godišnji podaci.

U godinama kad je po bilansu stvarna evapotranspiracija jednaka potencijalnoj tada su uvjeti za normalno funkcioniranje ekosistema bili idealni. Nije bilo deficita vode, pa ni zastoja u proizvodnji organske tvari kod biljaka. Potrebe biljaka za zelenom vodom su bile podmirene. Međutim, takvih godina je malo. U nizu od 40 godina takve su bile samo 4 godine u Popovu polju, tek svaka deseta. Obično se u ljetnim mjesecima, zavisno od lokacije, javlja deficit zelene vode, koji izaziva zastoj u proizvodnji organske tvari kod biljaka. Jačinu ili intenzitet tog utjecaja pokazuje koeficijent odnosa stvarne i potencijalne evapotranspiracije (SET/PET). To pokazuje i suma deficita ili manjkova zelene vode, koja se izražava u milimetrima.

Evo kakvo je srednje godišnje stanje deficita zelene vode, odnosa SET/PET i smanjenja prinosa u poljoprivrednih kultura na lokalnom (Popovo polje) i nacionalnom (BiH) nivou:

	Popovo polje	BiH
Srednja godišnja suma deficita zelene vode mm	155	87
Srednji godišnji koeficijent odnosa SET/PET	0,80	0,87
Srednje god. smanjenje prinosa u % od programiranog	23	16

Ako potencijalna evapotranspiracija pretstavlja ukupne potrebe u zelenoj vodi za stabilnost ekosistema onda su u Popovu polju one podmirene kišama sa 80,3% (633/788), a na nivou BiH sa 86,8% (573/660). Prosječni deficit zelene vode je na nivou Popova polja veći (155 mm ili 1550 m³/ha) nego na nivou BiH (87 mm ili 870 m³/ha) iako su srednje godišnje padavine u Popovu polju znatno veće nego srednje godišnje u BiH. Usljed toga su prosječna smanjenja programiranog prinosa usljed deficita zelene vode Popovu polju veća (23%) nego na nivou BiH (16%). Taj deficit bi trebalo podmiriti navodnjavanjem pretvaranjem plave vode u zelenu.

e u poljoprivredi primjenom predloženih mjera bolje konzervacije zelene vode i izborom odgovarajućih kultura (t. 4.1.do 4.6.) potrebe za dodatnim količinama mogle znatno reducirati ako ne i eliminirati.

Sretna je okolnost da na obadva nivoa postoje resursi plave vode, koje je moguće navodnjavanjem pretvoriti u zelenu vodu i tako podmiriti potrebe u proizvodnji hrane. Paradoksalno je da u Popovu polju pored obilja padavina ipak postoje znatno veće potrebe u vodi za navodnjavanje nego na nivou BiH,

što je posljedica nepovoljnog rasporeda padavina i diskordancije između rasporeda padavina i PET tokom godine. Ako bi se primjenile irigacijske mjere u tom slučaju bi plava voda bila smanjena u Popovu polju za 155 mm ili za 7 mln m³ ili 11,7% ukupnih zaliha plave vode, a na nivou BiH za 87 mm ili za 4,4 mld m³ ili za 15,9%

Ova analiza pokazuje da je bilansno stanje u BiH relativno povoljno, jer bi bilo moguće podmiriti ukupne potrebe za zelenom vodom i uspostaviti bilansnu ravnotežu na cijelom prostoru ekosistema BiH.

Međutim, ovo su teorijska razmatranja najnepovoljnije situacije podmirenja deficita zelene vode navodnjavanjem vode cijelog prostora ekosistema što praktično neće nikada doći u obzir. Šume i prirodni travnjaci se praktično ne navodnjavaju, a i oranice samo one koje su u intenzivnoj kulturi. Danas je to oko 500 ha u Popovu polju, a oko 10.000 ha u u cijeloj BiH. Prema tome, od ukupnih resursa plave vode za irigacije se danas koristi u Popovu polju 1,7%, a na nivou BiH 0,07%, što znači da postoje velike mogućnosti za povećanje irigacija iz resursa plave vode. U dalekoj perspektivi bi se eventualno moglo navodnjavati oko 300.000 ha, a to je svega oko 6,7% teritorije BiH odnosno 2,14 % ukupnih srednje godišnjih resursa plave vode.

Međutim, na globalnom planu odnosi zelene i plave vode nisu tako optimistični kao što je to slučaj u BiH. Na globalne vodne probleme u budućnosti već godinama ukazuju Falkenmark i Rockstroem u svojim brojnim radovima.



Rijeka Neretva u Mostaru

Snimio: M. Lončarević

3.3. Vodni bilansi za globalni nivo

Obzirom da za ovaj nivo nemamo vlastitih istraživanja poslužit ćemo se rezultatima do kojih su došli Falkenmark i Rockstroem (2005) iako se u pristupu razlikujemo. Naš pristup je baziran na vodno-zemljišnom bilansu, a njihov na potrebama stanovništva u vodi (baza: 2700kcal/stanovnik/dnevno ili 4300 litara vode dnevno po stanovniku,).

Prema njihovim istraživanjima, danas se za proizvodnju hrane za čovječanstvo troši blizu tri puta više zelene nego plave vode. Najveći dio hrane dolazi sa kišom hranjenog farminga (oko 83%), dakle sa zelene vode. Svjetska irigacijska poljoprivreda osigurava oko 17% potrebne hrane za čovječanstvo iako irigacije troše oko 70% ukupnih resursa plave vode, dok industrija troši 20%, a domaćinstva i komunalije 10%.

Od posebnog je interesa podatak da je oko 50 do 100 puta više vode potrebno za proizvodnju hrane za jednu osobu nego što je to potrebno za potrošnju vode u domaćinstvu. To proističe iz činjenice da je za proizvodnju 1 kg suhe tvari biljne mase biljka mora potrošiti 500 do 1000 i više litara vode ovisno od vrste biljke.

Današnja proizvodnja hrane
u svijetu ukupno troši vode 6.800 km³/god.

Od toga:

- zelene kišom hranjene vode 5.000 km³/god.
- plave vode putem irigacija 1.800 km³/god.

Proizvodnja hrane u 2050.g.
će dodatno trebati vode 5.600 km³/god.

To će biti teško ostvarivo uz ogromne napore kao što pokazuje struktura tih potencijalnih ostvarenja:

Od toga:

- plave vode putem irigacija 800 km³/god.
- preusmjeravanjem evaporacijskih gubitaka u transpiraciju ("crop-per-drop" efficiency 1.500 km³/god
- otvaranjem novih resursa zelene vode putem horizontalne agrarne ekspanzije umjesto prirodnih ekosistema (šuma, travnjaka) 3.300 km³/god

Evidentno je da je već danas proizvodnja hrane bazirana pretežno na zelenoj vodi, jer zelena voda podmiruje dvije trećine svjetskih potreba vode u proizvodnji hrane. Plava voda putem irigacija podmiruje samo jednu trećinu tih potreba iako irigacije već danas troše oko 70% svjetskih resursa plave vode.

Za prehranu 9 milijardi stanovnika u 2050. godini Planeti će biti potrebno dodatnih 5600 km³/god.

Optimistične irigacijske projekcije pokazuju da se 2050.g. ne bi moglo osigurati više od 800 km³/god. plave vode ekspanzijom i unapređenjem efikasnosti irigacija tako da će gro budućih dodatnih potreba svježe vode za proizvodnju hrane (4800 km³/god) morati dolaziti od racionalnijeg upravljanja zelenom vodom što će utjecati na nizvodnu upotrebljivost vode i na ekološku stabilnost i održivost. To pokazuje da se povećanjem irigacija neće moći riješiti izazov svjetskih potreba u vodi za proizvodnju hrane. Zelena voda je signifikantan vodni resurs, koji je na globalnom nivou zapreminski veći nego plava voda.

Kad je govor o svjetskim potrebama vode za proizvodnju hrane, koju će tražiti rastuća populacija, obično se misli na potrebe u plavoj vodi za navodnjavanje, koja se koristi iz vodotoka i akvifera. Ali ti su resursi vrlo ograničeni i već danas jako iskorišćeni. Maksimalno je moguće još osigurati oko 800 km³/god.

Poenta njihovog upozorenja je da se svijet mora koncentrirati na zelenu vodu, jer dodatnih 5.600 km³/god. se ne može osigurati plavom vodom. Zato oni predviđaju da bi se za proizvodnju hrane moglo osigurati 1500 km³/god mjerama boljeg upravljanja zelenom vodom, naročito sprečavanjem evaporacije i drugim mjerama, a 3300 km³/god. horizontalnom agrarnom ekspanzijom na teret prirodnih ekosistema (šuma i travnjaka). Tome će se, međutim, oštro suprotstaviti ekolozi, jer se time narušava prirodna ekološka ravnoteža.

Evidentno je, da se o ovim problemima mora već sada razgovarati.

Najveća svjetska potrošnja svježe vode je potrebna za proizvodnju hrane, za održavanje i rast biomase u terestričkim ekosistemima, za održavanje ključnih ekoloških funkcija kao što je biodiverzitet, sekvestracija ugljika i antidezertifikacija.

Zato je potrebno razvijati svijest distinkcije između plave vode u rijekama i akviferima i zelene vode u tlu. Znanstveni, menadžmentski i politički krugovi treba da prihvate fundamentalnu činjenicu da na globalnom nivou nema dovoljno preostale plave vode za zadovoljenje konkurentnih potreba u proizvodnji hrane, za industriju, za opskrbu stanovništva i za stabilizaciju okoliša.

Predlaže se inkorporiranje zelene vode u IWRM (Integrated Water Resources Management) s tim da se tu uključi i „land use“ pa bi definitivni akronim bio ILWRM ili Integrated Land and Water Resources Management.

4. Kako bolje upravljati zelenom vodom?

Kao što plava voda ima svog menadžera u državnim organima vlasti koji je utjelovljen u vodoprivrednim organima na svim nivoima vlasti, od općinskih, kantonalnih, entitetskih do državnih organa. Oni se



Neretva - Mostar

Snimio: M. Lončarević

brinu o racionalnom upravljanju plavom vodom, o osiguranju kvaliteta vode i daju saglasnost za upotrebu plave vode, trebalo tako hijerarhijski uspostaviti menadžment za zelenu vodu. Neznanje o važnosti zelene vode i neracionalno upravljanje zelenom vodom može dovesti do kolapsa antropogenog i prirodnog ekosistema. Taj menadžment treba da odigra u prvom redu edukacijsku funkciju: da upozna ljude, od farmera-stakeholdera do najviših političara o tome šta je to zelena voda, šta ona znači za opstanak ekosistema, koliko se vode tim putem troši svake godine, te kako se može osigurati održivost zelene vode. Budućnost čovječanstva će zavisi od toga kako će čovjek upravljati zelenom vodom. Zelena voda je praktično nevidljiva, virtualna, ali je biljke prepoznaju, dok je plava voda u rijekama, jezerima i akviferima svakom laiku vidljiva.

Međutim, postojeći resursi plave vode na Planeti su 70% već iskorišteni za navodnjavanje tako da daljnje korištenje plave vode za navodnjavanje je u pitanju. Kad su padavine (P) manje od potencijalne evapotranspiracije (PET) tj kad je $P < PET$ tada je glavni zadatak upravljanja vodom usmjeriti potrošnju maksimalno na transpiraciju, a minimalno na evaporaciju, otjecaj i perkolaciju, ali će se to nepovoljno odraziti na nizvodne dijelove sliva. Zato je potrebno integriranje uzvodnih i nizvodnih dijelova sliva ((upstream/downstream integration)

Evo samo nekih sugestija za poboljšanje upravljanja i održivosti zelene vode:

4.1. Povećanje infiltracijske sposobnosti tla uz smanjenje otjecaja

Prilikom padanja kiše dio oborina se infiltrira u tlo, a dio površinski otječe (runoff). Cilj bolje konzervacije vode je smanjiti površinski otjecaj, a povećati infiltraciju. To se postiže intervencijom u površinskom sloju tla i u profilu tla. Intervencija u površinskom sloju se sastoji u razbijanju pokorice tla (sealing), a intervencija u profilu tla dubljim oranjem, izborom adekvatnog plodoreda i naseljavanjem glista. Kontrola otjecaja se također postiže modifikacijom površinske forme zemljišta (terase, bankete, konturne brazde, stripcropping), zatim vodnim žetvama (water harvesting), pa se na taj način uzvodno (upstream) sakupljene vode mogu koristiti za navodnjavanje nizvodnih (downstream) zona. Tim mjerama se uspješno rješava i problem erozije tla vodom.

4.2. Povećanje retencijske sposobnosti tla

To se postiže dubljim oranjem, rastresanjem tla, podrivanjem i krtičenjem, te zaoravanjem zeleniša, organskog residuuma i stajnjaka. U konzervacijskoj praksi se primjenjuju konturne brazde i konturno oranje. Povećanje vodnog uskladištenja kod zbijenih zemljišta se postiže razbijanjem nepropusnih slojeva (hardpan) i dodavanjem organskih aditiva za povećanje vodne retencije. Kod pjeskovitih i šljunkovitih zemljišta retencijska sposobnost se povećava unošenjem glinovite komponente.

4.3. Smanjenje evaporacije

Dok je transpiracija produktivni proces stvaranja organske materije fotosintezom, evaporacija je štetan proces gubitka zalihe zelene vode iz tla. Evaporacija se može smatrati korisnom samo utoliko koliko ona povećava vlažnost okolnog ambijenta i time doprinosi boljem uspostavljanju ravnoteže između stvarne i potencijalne evapotranspiracije, ali i to može biti u krajnjoj instanci veći doprinos debalansu nego balansu ekonomije vodom.

Zato su najsigurnije mjere za smanjenje evaporacije malčiranje ili pokrivanje golog tla organskim malčom ili residuumom. Time se doprinosi ne samo sprečavanju evaporacije, nego i boljoj infiltraciji vode, boljoj konzervaciji vlage i boljoj zaštiti tla o erozije. Efikasna borba protiv evaporacije je i maksimalno širenje zelenog pokrivača, tako da tlo ne ostaje golo. Zimske kulture (cool season crops) vrlo efikasno koriste pluviomodel. U novije vrijeme se koriste i anti-evaporanti (surfactants).

4.4. Zasnivanje vjetrozaštitnih pojaseva

U dosadašnjoj praksi čovjek je deficit zelene vode u biljnoj poljoprivrednoj proizvodnji rješavao isključivo putem navodnjavanja plavom vodom pretvarajući je u zelenu. Novija saznanja (francuska škola) ukazuju da se ravnoteža u ishrani biljaka vodom može postići i drugim mjerama. To su mjere koje utječu na smanjenje potencijalne evapotranspiracije. Kad znamo da je krajnji cilj upravljanja vodom uspostava ravnoteže ili balans između stvarne i potencijalne evapotranspiracije (Robelin: $SET/PET=1$), a ta se ravnoteža može uspostaviti na dva načina: povećanjem SET (navodnjavanje) ili smanjenjem PET (vjetrozaštita).

Vjetrozaštitni pojasevi utječu na smanjenje PET na dva različita načina:

- a) direktnim smanjenjem brzine vjetra i
- b) mobilizacijom vlage iz dubljih slojeva tla.

Smanjivanjem brzine vjetra smanjuje se i potencijalna evapotranspiracija, jer veća brzina vjetra izaziva veću PET odnosno veće isparavanje.

Mobilizaciju vode iz dubljih slojeva tla vjetrozaštitni pojasevi mogu da ostvare zahvaljujući svom dubokom korjenskom sistemu, koji je znatno dublji nego kod većine poljoprivrednih kultura. Na taj način mogu transpiracijom isporučiti okolnom ambijentu znatne količine vlage, koja bi ostala neiskorištena u dubljim slojevima tla. Time se smanjuje potencijalna evapotranspiracija (PET). Smanjivanjem PET ustvari se racionalnije troši i povećava zaliha zelene vode tla kod zaštićenih biljaka. Eksperimentalna istraživanja u Francuskoj su pokazala da je sa vjetrozaštitom ostvareno povećanje prinosa pšenice od 15,2% (sa 6,83 tone/ha na 7,87 tona/ha).

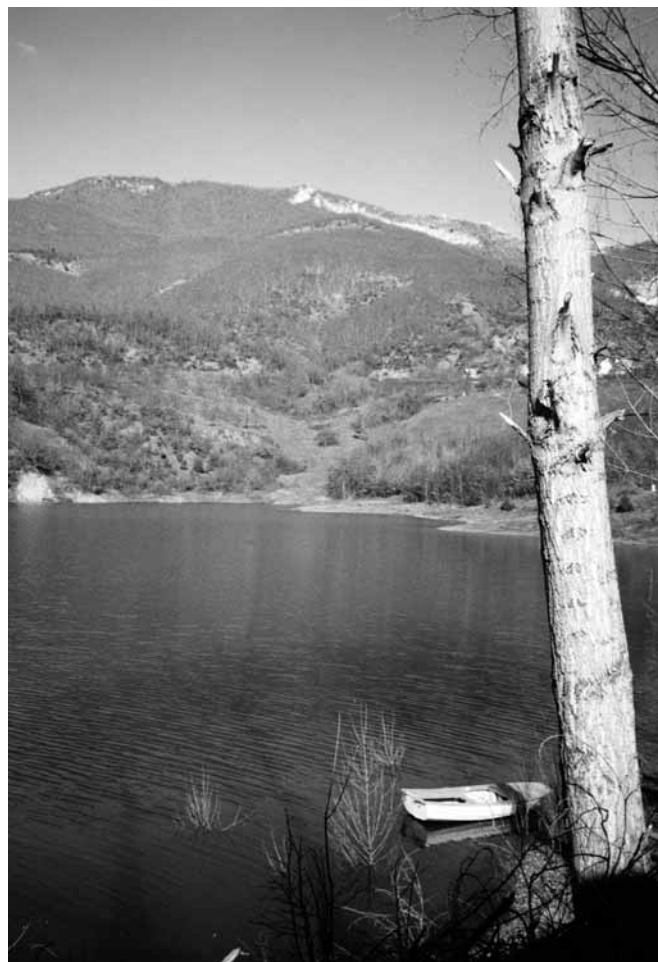
Vjetrozaštitni pojasevi se mogu ostvariti i sa jednogodišnjim kulturama korištenjem biljaka visokog habitusa (suncokret, kukuruz, konoplja) kao vjetrobrane u kombinaciji sa biljkama niskog habitusa (šćerna repa, krumpir i dr).

4.5 Horizontalna ekspanzija poljoprivrednog zemljišta (nove oranice)

Jedan od načina poboljšanja opskrbe poljoprivrede zelenom vodom u humidnim i umjerenim klimatima je povećanje oraničnih površina na teret šuma i travnjaka. Na taj način se stvaraju nove oranične površine, ali i novi skladišni prostori za zelenu vodu u poljoprivredi, koji bi se hranili kišama. Takav trend se već realizira u nekim južno-američkim državama. Međutim, to je sa gledišta održanja prirodne ravnoteže ekosistema neprihvatljivo, pa ekolozi to energično sprečavaju.

4.6. Premošćavanje kraćih sušnih intervala mikroirigacijama

U humidnim i umjerenim regijama, gdje je moguće ostvarivanje vodnih žetvi u kišnim intervalima, ovim vodama je moguće premostiti kraće intervale deficita zelene vode putem lokalnih mikroirigacija.



Pogled na akumulaciju Rama

Snimio: M. Lončarević

5. Zaključak

Voda i tlo su glavni izazovi 21 vijeka, osnovna baza za život ljudi i za proizvodnju hrane na Zemlji, glavni faktor ekološke stabilnosti i održivosti biodiverziteta. Svaka promjena u načinu i strukturi korištenja tla se reflektira na stanje i promjene u vodnom bilansu. Zato je potreban integrativni zemljišno-vodno-resursni menadžment (ILRWM).

Tlo je izuzetno važan i moćan skladišni prostor za zelenu vodu, najveća prirodna vodna akumulacija, koja se kišama puni i evapotranspiracijom prazni.

U dosadašnjem upravljanju vodom, zelena voda u hidrološkom mediju tla je bila zanemarena, da ne kažem ignorirana, pa je sva društvena i državna pozornost usmjerena na „plavu vodu“.

Padavine su glavni vodni resurs, pa će od racionalnog upravljanja padavinama

ovisiti budućnost opskrbe vodom rastuće populacije, humanog i prirodnog ekosistema.

Zelena voda je od vitalne važnosti za opstanak humanog i prirodnog ekosistema, posebno za proizvodnju hrane. Zelena voda u prosjeku osigurava oko 80,3% od ukupnih potreba ekosistema u vodi na loko nivou Popova polja, 86,8% na nivou BiH. Deficit zelene vode od 19,7% (Popovo polje) i 13,2% (BiH) je moguće namiriti boljim upravljanjem zelenom vodom i korištenjem plave vode putem navodnjavanja, ali se za navodnjavanje plava voda danas koristi u

vrlo niskom procentu na lokalnom (1,7%) i BiH (0,07%) nivou, dok je na globalnom nivou njeno korištenje znatno više (70%), ali su te mogućnosti blizu maksimalno mogućeg iskorištenja.

Plava voda je tekuća voda vodotoka i akvifera, koja je do sada bila u fokusu društvene i državne pozornosti, dok se o zelenoj vodi, vitalnoj i bitnoj za proizvodnju hrane nije vodilo računa.

Dalje korištenje plave vode za navodnjavanje u poljoprivredi je moguće pokriti postojećim prirodnim resursima plave vode na lokalnom i na nivou BiH, ali na globalnom nivou je to pod velikim upitnikom. Zato se može zaključiti da se BiH nalazi u privilegiranoj geografskoj situaciji obzirom na bogatstvo padavina, zelene i plave vode, dok je održiva vodna budućnost na globalnom nivou veoma problematična. Sada se već mora razmišljati o načinu opskrbe zelenom vodom za proizvodnju hrane, jer plave vode neće biti dovoljno da bi se navodnjavanjem rješavali problemi prehrane čovječanstva.

Budući konflikti interesa na globalnom nivou, prema Falkenmark-Rockstroem-u (2003), bit će u sferi land use/water use, water quantity/water quality, upstream/downstream wateravailability i ljudski ekosistemi.

Sigurna opskrba hranom i vodom stalno rastućoj svjetskoj populaciji ne smije doći u pitanje pa filozofija održivog razvoja, unatoč kontroverzama i konfliktima mora postati svjetska paradigma i globalna ideologija.

Reference

- Bonacci, O. (2003): Ekohidrologija vodnih resursa i otvorenih vodotoka, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Solitu, IGH d.d. Zagreb, str 492
- Falkenkamp, M (1997): Meeting water requirements of an expanding world population, The Royal Society, London, CAB International, Oxon, New York p. 69-77
- Falkenmark, M.,Rockstroem, J. (2005): Rain: The Neglected Resource, Embracing Green Water Management Solutions, Sweden Water House Policy Brief Nr 2., SIWI, Stockholm
- PF – Institut za PAM: Vodni bilans tla BiH u cilju prevencije erozije, poplava i suša, studija, faza I 2003, faza II 2004, faza III 2005, Sarajevo
- Robelin, M., Collier, D. (1958): Evapotranspiration et Rendement Cultureux, C.R. Acad. Sci. 247
- Savenije, H.H.G. (1998): The Role of Green Water in Food Production in Sub-Saharan Africa, FAO, Rome.
- Vlahinić, M. (1999): Agrohidrološki parametri kao jedan od indikatora (ne)održivosti poljoprivrede, ANUBiH, Posebna izdanja CIX, OPMN knjiga 16, pp.45-60, Sarajevo
- Vlahinić, M. (2004): Poljoprivredno-melioracijska i agrohidrološka monografija Popova polja, ANUBiH, Sarajevo p.1-294
- Vlahinić, M.,Čustović,H.,Alagić, E. (2004): *Effects of the Global Climatic Change on the Soil Water Balance in the Area of Karstic Field of Popovo polje.*



Detalj iz hercegovačkog karsta

Snimio: M. Lončarević

PRIPREMA VODE ZA PIĆE U SKLOPU JAVNOG VODOSNABDIJEVANJA JAPANA

UVOD

U ovom radu korištena su najviše iskustva, odnosno materijal stručnog usavršavanja iz oblasti pripreme vode za piće "Engineering on Water Supply Systems II". Ova specijalizacija održana je u Japanu od 10. maja do 30. jula 2005. godine, pod organizacijom Japanske agencije za međunarodnu saradnju (JICA Japan International Cooperation Agency). Specijalizacija je uključila niz predavanja, prezentacija, praktičnih vježbi i projektovanja, obilazaka objekata vodovodnih sistema, te izradu završnog rada / prezentacije od strane učesnika.

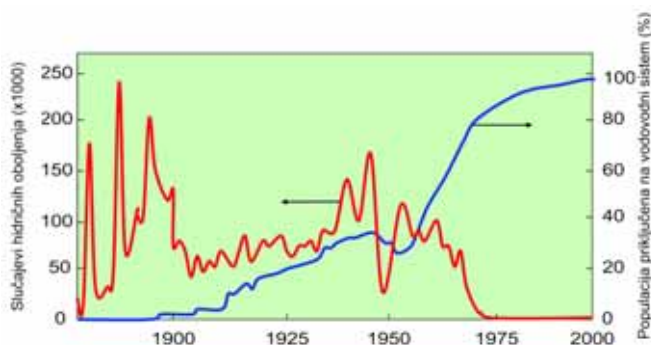
Stanje prakse vodosnabdijevanja u Japanu, odnosno načina pripreme vode za piće, daje ustvari sliku iskustava i dostignuća u ovoj oblasti u razvijenim zemljama. Ova iskustva mogu dati uvid i smjernice za dobru praksu djelovanja i u našoj zemlji, naravno u skladu sa našim mogućnostima. Kao i u svemu, i u javnom vodosnabdijevanju Japana, sve je uglavnom "kao apoteka" i "na dugme".

2. VODNI RESURSI JAPANA

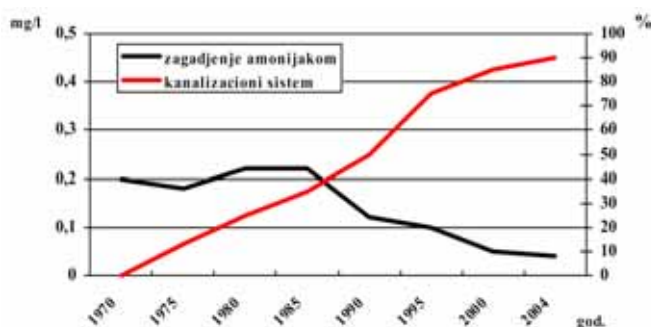
2.1. Zaštita vode od zagađenja

Veliki privredni razvoj Japana, visoka gustina naseljenosti, a najviše epidemije i smrtnosti (1996. godine zagađenje vode za piće *Cryptosporidium* protozoon, sa 8 812 oboljelih; u Haradi, 1986. godine, "Minamata disease" - trovanje vodom zagađenom živom, sa nekoliko hiljada oboljelih...) [3, 6] primorali su ovu zemlju na rigorozne / ozbiljne mjere na zaštiti okoliša, a prvenstveno vodnih resursa. U rijekama koje su prošlih decenija više ličile na kolektore otpa-

dnih voda, sada se mogu vidjeti ribe i ostali biljni i životinjski svijet. Sprečavanje štetnog uticaja vode učinjene su, pored ostalog, ostvarene su i visokom pokrivenošću stanovništva Japana komunalnom infrastrukturom. Slika 1. pokazuje efekat pokrivenosti vodovodnom infrastrukturom na pojave raznih hidričnih oboljenja [3].



Slika 1: Pokrivenost vodovodnim sistemom i slučajevi hidričnih oboljenja - Japan [3]



Slika 2. Smanjenje zagađenja kao posljedica izgradnje kanalizacionih sistema [6]



Slika 3: Automatizovana kontrola pripreme vode za piće - Japan

Slika 2. daje uticaj visoke obuhvaćenosti stanovništva kanalizacionim sistemima na manje koncentracije amonijaka u vodotocima Japana.

Efikasne kontramjere zagađenju vodnih resursa za vodosnabdijevanje Japana jesu i svakodnevne, obuhvatne i savremene mjere monitoringa. Te mjere uključuju, pored ostalog, kamere uz vodozahvate, monitoring stanice, odnosno savremeno opremljene laboratorije za kontinuiranu kontrolu kvaliteta vode, te automatizovan rad pri upravljanju prerade vode, odnosno vodosnabdijevanja – Slika 3. Naravno, doneseni propisi i zakoni o zaštiti i obezbjeđenju kvaliteta vode, od vodozahvata do krajnjeg korisnika, rigorozno se provode, odnosno cjelovito poštuju i u praksi.

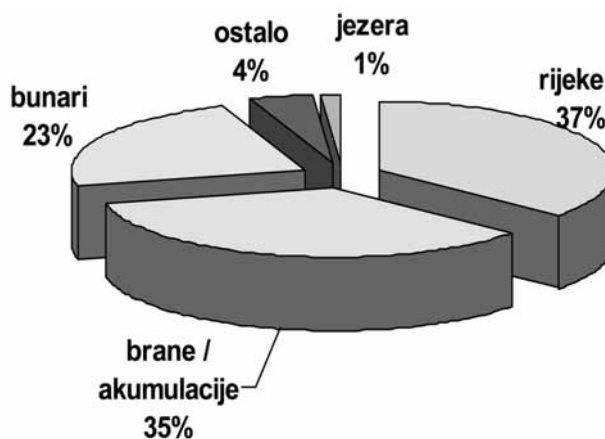
2.2. Zahtjevi u pogledu kvaliteta vode za piće

U Japanu je trenutno važeći zakon, odnosno standard o kvalitetu vode za piće, donesen 2004. godine [3, 6]. Težnja za sigurnijim i kvalitetnijim vodosnabdijevanjem, problemi sa sve većim izvorima zagađenja, te nove naučno-eksperimentalne spoznaje o štetnim uticajima pojedinih tvari, imaju za posljedicu sve strožije standarde, odnosno proširenje liste parametara kvaliteta vode. Tako, na primjer, pomenuti najnoviji standardi iz 2004. definišu 94 parametra kvaliteta, a prethodni standardi iz 1992. definisali su 85 parametara. Otklanjanje skoro svake sumnje u pojavu za-

gađenja postiže se definisanjem i provođenjem kontrole kvaliteta vode, u skladu sa pomenutim standardima.

2.3. Izvorišta za vodosnabdijevanje u Japanu

Slika 4. daje prikaz procentualnog učešća različitih vodnih resursa u svrhu izvora za javno vodosnabdijevanje Japana. Najviše se kao izvori za potrebe vodosnabdijevanja koriste površinski vodotoci, odnosno višenamjenske velike riječne akumulacije. Slika 5. daje zajedničku fotografiju učesnika specijalizacije, prilikom posjete jednoj od mnogobrojnih brana u Japanu.



Slika 4: Izvori javnog vodosnabdijevanja Japana [5]



Slika 5: Posjeta brani u Saporu (2005.g)

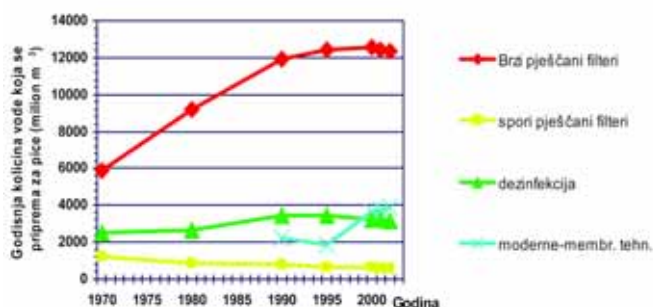
3. PRAKSA PRIPREME VODE ZA PIĆE

3.1. Metode prerade vode - odabir i zastupljenost

Osnovi ciljevi koji se postavljaju pri odabiru metode prerade vode u Japanu, kao razvijenoj zemlji, svakako su efikasnost, pouzdanost, obrada otpadnih voda, odnosno mulja i iskorištenost prostora (zahtjevi za zemljištem) [1]. Pri odabiru metoda, eksperimentalna istraživanja su uobičajen način provjere efikasnosti različitih načina prerade vode (Slika 6).

Slika 7. daje uvid u zastupljenost različitih metoda prerade vode u Japanu u posljednje 4 decenije. Može se vidjeti da su konvencionalne metode, odno-

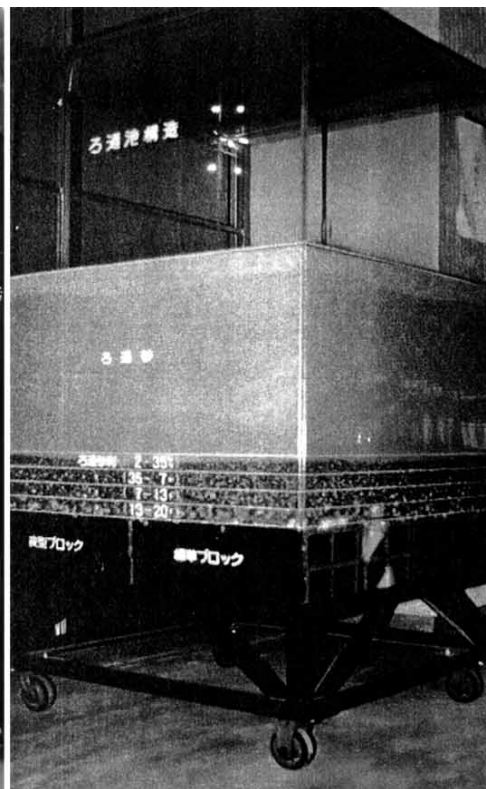
sno brzi filteri definitivno najzastupljeniji način prerade vode. Spori filteri su zastupljeni u najmanjoj mjeri i njihova primjena ima tendenciju daljnjeg smanjenja. Metoda prerade samo dezinfekcijom jeste najbolja, ali njena primjena predodređena je odličnim kvalitetom sirove vode. Unaprijeđene / moderne tehnologije, uključujući i membranske, u posljednjih desetak godina, također, bilježe nagli rast u praksi javnog vodosnabdijevanja u Japanu (Slika 7).



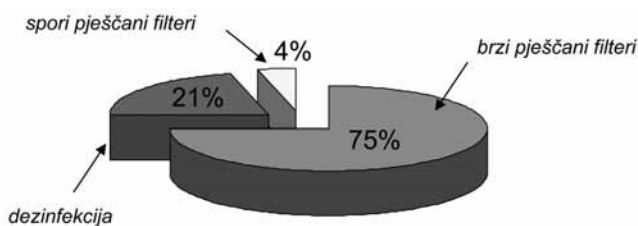
Slika 7: Zastupljenost različitih metoda pripreme vode za piće – Japan [4]

3.2. Konvencionalne metode

Procentualna zastupljenost različitih konvencionalnih metoda u pripremi vode za piće u Japanu, odnosno brzog, sporog filtriranja i dezinfekcije, prikazana je na Slici 8. U preradi voda, to jest u praksi javnog vodosnabdijevanja, najveću primjenu imaju brzi pješčani gravitacioni filteri.



Slika 6: Pilot stanice / laboratorijski modeli u Japanu



Slika 8. Zastupljenost konvencionalnih metoda prearade vode- Japan [5]

Ono što karakteriše konvencionalnu preradu jeste uobičajeno korištenje koagulanta polialuminijum hlorida (PAC). PAC je hemikalija koja djeluje i kao koagulant i kao flokulant, a reguliše i pH vrijednost [1, 2]. Dosta je skupa hemikalija i ima veliku primjenu u Japanu. Omogućava da se izbjegnu problemi redukcije alkalnosti.

Također, ono što se moglo uočiti pri posjeti mnogim stanicama konvencionalne prerade / gravitacionih brzih pješčanih filtera, jeste i uobičajena primjena površinskog pranja filterske ispune (u kombinaciji sa povratnim pranjem vodom), čime se umnogome povećava efikasnost filtriranja.

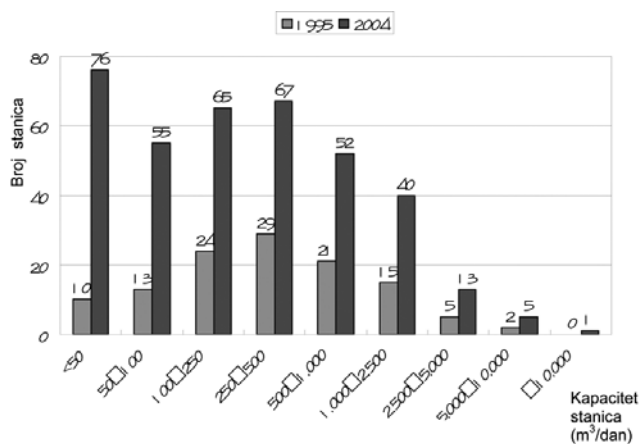
Što se tiče tipa taložnika najveću primjenu imaju cjevasti taložnici (Slika 9). Ovaj tip taložnika ima veliku efikasnost, a osim toga zauzima manji prostor, čime se utiče na niže investicione i eksploatacione troškove. Inače problem raspoloživosti prostora je izražen u Japanu.

3.3. Unaprijeđene / moderne tehnologije

Konvencionalne metode prerade vode se stalno unapređuju, odnosno optimiziraju [1]. Povećanje

efekata brzih pješčanih filtera vrši se njihovim optimiziranjem, odnosno kombinovanjem ili zamjenom sa nekim novijim koncepcijama / metodama prerade vode ("ADVANCED TECHNOLOGY"). Vrlo često, na stanicama za pripremu vode za piće u Japanu, uobičajena je primjena ozonizacije i filtera sa aktivnim ugljem, u kombinaciji sa konvencionalnim brzim pješčanim filterima (Slika 10).

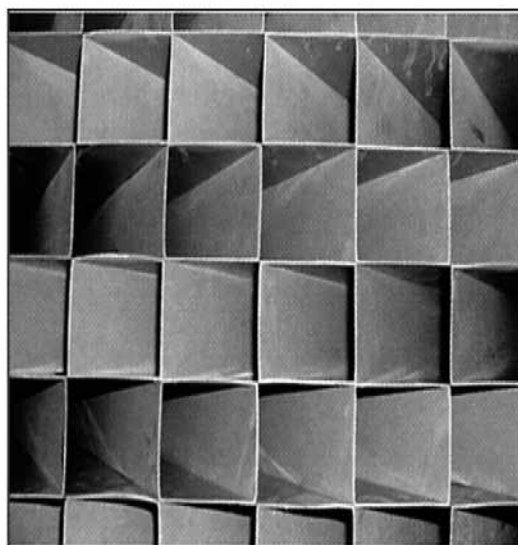
Primjena membranskih tehnologija u praksi javnog vopsnabdijevanja Japana također raste (Slika 7). Međutim, činjenica je da se ove membranske tehnologije generalno u većoj mjeri primjenjuju na stanice manjeg kapaciteta (Slika 11). Pozitivne odlike membranskih tehnologija (visok kvalitet filtrirane vode, ušteda prostora, jednostavnost operacija i lako održavanje) utiču na sve veće primjene ove tehnologije, u

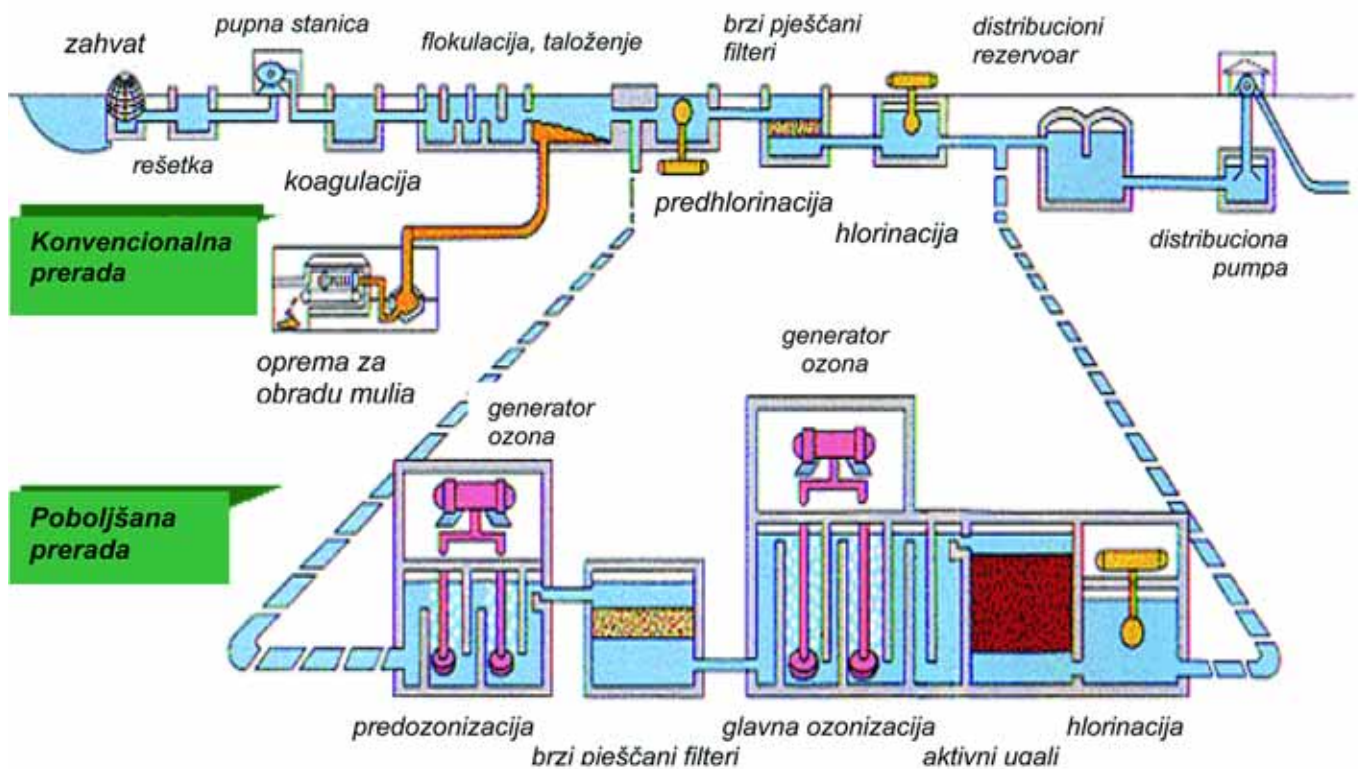


Slika 11. Broj membranskih stanica u funkciji kapaciteta na primjeru Japana [5]



Slika 9. Uzorak cjevastog taložnika na jednoj stanici u Japanu





Slika 10: Unaprijeđeni sistem pripreme vode za piće – Osaka, Japan [3]

pripremi vode za piće. Negativne odlike (velika potrošnja energije, vremenska ograničenost korištenja membranskih modula, upotreba određenih hemikalija pri pranju, neuklanjanje čestica manjih od veličine pora) još uvijek ograničavaju primjenu membrana na stanice većih kapaciteta. Novi ciljevi, u naučno eksperimentalnim istraživanjima u oblasti filtriranja, sve više se usmjeravaju ka prevazilaženju negativnih svojstava ovih metoda, kako bi njihova primjena u budućnosti bila veća u praksi javnog vodosnabdijevanja.

3.4. Prerada otpadnih voda i mulja sa stanica

Bilo koja metoda prerade vode da se koristi, obrada mulja, odnosno obrada otpadnih voda stanica za pripremu vode za piće, sastavni (obavezni) je dio tih stanica. U Japanu, kao i u svim razvijenim zemljama, obradi mulja daje se veći značaj i pažnja. Mulj sa dna taložnog bazena se pumpa i odvodi na daljnu obradu, odnosno sušenje, ili presovanje (nakon zgušnjivača mulja), pomoću filter presa, centrifuga, vakuum filtera i sl (Slika 12).

3.5. Problematika pripreme vode za piće u Japanu

Generalno problemi u današnjoj praksi pripreme vode za piće u Japanu, kojima se posvećuje veća pažnja, s ciljem njihovog rješavanja, navedeni su u nastavku [5]:



Slika 12. Filter prese za obradu mulja sa stanice za pripremu vode za piće u Japanu

- ❑ Nus produkti dezinfekcije,
- ❑ Patogeni mikroorganizmi (bakterije i protozoe),
- ❑ Mikrozagagađivači (hlorirane organske komponente, hemikalije u poljoprivredi, itd),
- ❑ Eutrofikacija (rast algi i proizvodnja toksičnih komponenti),
- ❑ Poboljšanje kvaliteta prerađene vode (sigurnost),
- ❑ Smanjenje operativnih troškova prerade vode (hemikalije, način prerade...),
- ❑ Automatizacija prerade vode (smanjenje troškova).

ZAKLJUČAK

U praksi vodosnabdijevanja Japana, odnosno vodovodnih preduzeća, sve je podređeno što sigurnijem i kvalitetnijem snabdijevanju stanovništva vodom za piće. Obezbjedenje i povećanje efikasnosti pripreme vode za piće vrši se eksperimentalnim istraživanjima na pilot stanicama. Ne usvaja se po svaku cijenu novo i savremeno. Naravno tu se stalno nešto usavršava, odnosno dopunjuje – “advanced technology”... Primjenjuju se poboljšane koncepcije filtriranja, bilo poboljšanjem postojećih / konvencionalnih metoda filtriranja ili uvođenjem novijih koncepcija (na primjer membranskih tehnologija). Pri rješavanju problematike prerade vode, najvažniji kriteriji su efikasnost, pouzdanost, obrada otpadnih voda, odnosno mulja i iskorištenost prostora.

Japan je zemlja kojoj je najveći potencijal čovjek. U ovoj razvijenoj zemlji, velika su izdvajanja za sticanje znanja i iskustava. Brojni su i programi pomoći nerazvijenim i zemljama u razvoju, pored ostalog i na planu njihove edukacije. Vrlo često direktno učestvuje u sufinansiranju, a i realizaciji, pored ostalog, i projekata vodosnabdijevanja. Tu je locirano i dosta međunarodnih institucija za razvoj i istraživanja. Iako je Japan u dosta stvari daleko ispred nas, korisno je bilo upoznati se informativno o ispravnom funkcionisanju konvencionalnih tehnologija, odnosno o „napretku struke“. Postoje ipak stvari, odnosno iskustva, koja bi se mogla prilagoditi i primijeniti i u našim uslovima.

ZAHVALA

Ovom prilikom zahvaljujem se Ambasadi Japana - JICA uredu; Ministarstvu vanjskih poslova; Federalnom ministarstvu poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva (naročito cjenjenim Hazimi Hadžović, dipl.

inž. građ. i Nadi Galić, dipl.inž.građ) i profesorici Haši Bajraktarević-Dobran, na pomoći u realizaciji ove specijalizacije. Stečena iskustva su maksimalno korištena u istraživanju i proučavanju problematike / prakse filtriranja u našoj vodovodnoj praksi (izrada magistarskog rada „Metode brzog filtriranja i njihova primjena“), a koriste se i pri odvijanju nastave (oblast “Komunalna i procesna hidrotehnika”; Hidrotehnički odsjek Građevinskog fakulteta u Sarajevu).

LITERATURA

- [1] Jusić (S.). – “Metode brzog filtriranja I njihova primjena”. Magistarski rad (mentor: H.Baj-Dobran), Građevinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2006, str.124.
- [2] Kramer (F. N.). - *Nalkov priručnik za vodu* (prevod). Jug. inženj. akademija, Savez inž. i tehn. Srbije i Građevinska knjiga, Beograd, 2005, str. 1057.
- [3] Kunikane (S.). - “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 2005.
- [4] Kusakawa (M.). - “Water Supply in Japan - Outline of Water Supply and Administration”. *Japan International Cooperation Agency (JICA), (trening kurs: “Engineering on Water Supply Systems II”)*, Japan, 8. maj - 30. juli 2005.
- [5] Okabe (S.). - “Water Quality Control Engineering”. *Japan International Cooperation Agency (JICA), (trening kurs: “Engineering on Water Supply Systems II”)*, Japan, 8. maj - 30. juli 2005.
- [6] Sasayama (H.). - “Water Quality Control of Japan, Yokahama Waterworks”. *Japan International Cooperation Agency (JICA), (trening kurs: “Engineering on Water Supply Systems II”)*, Japan, 8. maj - 30. juli 2005.



Domaća pumpna stanica u rekonstrukciji

Snimio: M. Lončarević

NEKA SAZNANJA O STANJU VODOSNABDIJEVANJA U NORVEŠKOJ

Generalno

V rlo često se, u stručnim krugovima iz oblasti upravljanja vodama, u dijelu koji se odnosi na korištenje voda za pokrivanje potreba za pitkom vodom stanovništva i privrede, pozivamo na informacije koje su manje ili više aktuelne, pouzdane i primjenljive za naše uvjete. Jedini pouzdan pokazatelj stanja snabdijevanja vodom na određenom prostoru jeste etabliran sistem mjerenja, prikupljanja i dostavljanja potrebnih podataka, te obrada i publikovanje istih u cilju ukazivanja na pravce daljeg razvoja kao i obim i veličinu sredstva za poboljšanje stanja i postizanje pozitivnih trendova. Kroz ovaj članak će se dati pregled osnovnih podataka koji se odnose na problematiku vodosnabdijevanja u Norveškoj, a koji se prikupljaju i obrađuju mimo centralnog državnog statističkog biroa i služi za donošenje strateških odluka.

Iako po prirodnim i socijalno ekonomskim karakteristikama Bosna i Hercegovina i Norveška nisu usporedive države, ipak će neki podaci poslužiti da procijenimo stanje u ovoj oblasti kod nas u pogledu dostignutih standarda i pristupa rješavanju problema.

Uvod

Uspostavljanjem sistema prikupljanja i obrade podataka u jednu centralnu bazu za sve vodovode putem kojih se snabdijeva 50 osoba ili 20 domaćinstava, u kontinuitetu se od 1998. godine u Institutu za narodno zdravlje Norveške, stvorila se respektabilna baza podataka koja može poslužiti za prikaz stanja u ovoj oblasti kao i procjenu trendova, utvrđivanaj mjera za poboljšanje, te efekata primjenjenih mjera u funkciji postizanja strateških ciljeva u ovoj oblasti.

Podaci su prikupljeni na bazi ankete koja je od svog uspostavljanja po sadržaju standardizirana i samo neznatno proširena tokom perioda u kome se provodi, pa samim tim i usporediva po godinama. Anketa obuhvata oko 1.700 vodovoda putem kojih se ostvaruje snabdijevanje vodom oko 89% od ukupnog broja stanovnika Norveške (ukupni broj stanovnika u Norveškoj je oko 4.500.000, a oko 4.000.000 korisnika vodovodnih sistema je obuhvaćeno ovom anketom). Od ukupnog broja vodovoda je 63% općinskih (1.043), 1% međuopćinskih (17) i 36% privatnih (604) pri čemu valja naglasiti da su u najvećem broju slučajeva privatni vodovodi organiziran kao grupni vodovod kojima upravlja neka ineresna skupna korisnika. U odnosu na broj stanovnika koji se putem ovako grupisanih vodovoda snabdijevaju, podjela je slijedeća: općinski vodovodi pokrivaju 72% stanovništva, međuopćinski 22% i 6% otpada na privatne vodovode.

Što se tiče veličina vodovoda izraženih kao broj stanovnika koji se snabdijeva vodom, 75% od svih registriranih vodovoda ima obuhvat manji od 1.000 korisnika. Oko 150 vodovoda vodom snabdijeva 5.000 ili više stanovnika i samim tim se prema njima postavlja zahtjev za izvještavanjem prema EU u skladu sa ugovorima EEZ čiji je potpisnik i Norveška. Putem ovih (preko 5.000 stanovništva) vodovoda se snabdijeva 70% od ukupnog stanovništva ili 79% od stanovništva koje se snabdijeva putem vodovoda.

Za 45 vodovoda se može reći da im je obuhvat 20.000 ili više osoba, odnosno oko 54% od ukupnog broja stanovnika u državi, odnosno 60% od stanovnika obuhvaćenih vodovodnim sistemima.

Vodovodna mreža

Podaci o vodovodnoj mreži koji su se počeli prikupljati još od 1994. godine i koji su se vremenom dopunjavali kako po broju obuhvaćenih vodovoda koji su slali svoje izvještaje, tako i po razvoju načina evidentiranja i kartiranja vodovodne mreže unutar vodovoda. Danas najveći dio vodovoda u Norveškoj koristi programsku podršku GEMINI VA koja je kompatibilna sa programima koji se koriste za proračune kao i za evidentiranje pogonskih stanja (kvarova, mjerenja, potrošača i sl.), ali i sa podacima vezanim za jedinstvenu GIS bazu.

Ukupna dužina vodovodne mreže u cijeloj Norveškoj, bez priključaka iznosi oko 46.000 km pri čemu je danas najzastupljeniji cijevni materijal PVC sa učešćem od 36%, dok je učešće PE 17%, a na čelik i liveno željezo otpada 34% i to prvenstveno zahvaljujući činjenici da je ovo nekada bio najrasprostranjeniji cijevni materijal u upotrebi. U narednoj tabeli su dati podaci o zastupljenosti cijevnog materijala u vodovodnim mrežama po pojedinim vodovodima za 2002. godinu, pri čemu valja naglasiti da su promjene u vremenu u pogledu podataka ove vrste neznatne.

Vidljivo je da je 2002. najrasprostranjeniji cijevni materijal PVC, ali je u odnosu na 1994. godinu, kada je izvršeno prvo prikupljanje i sistematiziranje podataka, najveće povećanje registrirano kod PE (polietilena) od 3% u odnosu na PVC od 1%. Čelik i LŽ (pod ovim se podrazumijeva i ductil i sivi liv) koji su svojevremeno bili najzastupljeniji materijali u vodovodnim sistemima i danas su značajno prisutni naročito u zoni cijevnih vodova većih dimenzija, dok se u distribucionoj mreži i za nove vodove sve više koriste različiti tipovi plastičnih- vještačkih materijala. U odnosu na 1994. godinu učešće azbest cementnih cijevi se smanjio za 3%, ali se u cilju zamjene ovog cijevnog

materijala drugim, nisu provodile velike kampanje. Očigledno je da je u pojedinim vodovodima zastupljeno više vrsta cijevnog materijala, tako da u **Tabeli 1.** nije dat zbir obuhvaćenih vodovoda.

Interesantni podaci koji ukazuju na stanje vodovodne mreže jesu i podaci o starosti koji mogu za one koji upravljaju vodovodnim sistemima, uz podatke o cijevnom materijalu, stanju pritiska, kvaliteta vode, sastava tla, stabilnosti terena, vanjskim opterećenjima, kvalitetu izvedbe kao i pogonskim stanjima (broj kvarova i trajanje sanacije, analiza rizika, važni potrošači i sl.), ukazati na prioritete u sanaciji i zamjeni vodovodne mreže.

Uočljivo je da je oko 60% od ukupne vodovodne mreže izgrađeno u periodu nakon 1970. godine, što znači da nije starije od maksimalno 37 godina. Značajno učešće u vodovodnoj mreži u veličini od oko 32% jesu dionice koje su građene u periodu do 1970 kada je i kvalitet cijevnog materijala i način ugradnje bio lošiji i upravo su ovi dijelovi linijskih objekata vodovodnih sistema danas najviše obuhvaćeni aktivnostima vezanim za zamjenu i rehabilitaciju. Današnji pojedini proizvođači cijevi, naročito cijevi od plastičnih materijala, navode u svojim kataloškim podacima da je životni vijek ovih cijevi do 100 godina što u simuliranim laboratorijskim uslovima dokazuju, dok dokazi i iskustva iz realnog vremena još ne postoje.

Kao jednu od bitnih pogonskih jedinica u sistemu snabdijevanja vodom možemo navesti i rezervoare koji imaju između ostalih i funkciju izravnanja potrošnje, održavanja pritiska, protivpožarna i druga rezerva i sl. Prema ovoj provedenoj anketi je registrirano ukupno oko 2.000 rezervoara, ali podaci o njihovoj zapremini nisu publikovani, pa je procjenu stepena izravnanja potrošnje nemoguće provesti, ali na osnovu ličnog iskustva autora se može reći da su rje-

Cijevni materijal	Azbest-cement	LŽC/čelik	PVC	PE	GRP	Ostali	Nepoznat	UKUPNO
Kilometara	3.200	15.600	16.400	7.900	100	1.000	1.600	45.800
Procentualno učešće	7	34	36	17	<1	2	3	100
Broj vodovoda	386	611	1.354	1.157	31	147	288	

Tabela 1.: Vodovodna mreža – cijevni materijal – učešće u ukupnoj dužini

Period izgradnje	Prije 1910	1910-1940	1941-1970	1971-1999	2000-	Nepoznat	UKUPNO
Kilometara	600	1.900	12.000	24.900	1.300	5.100	45.800
Procentualno učešće	1	4	26	54	3	11	100
Broj vodovoda	56	148	901	1.354	490	344	

Tabela 2.: Vodovodna mreža – starost – učešće u ukupnoj dužini

šenja često zasnovana na konceptu rezervoara koji imaju zapreminu između 12-18 satne ukupne srednje dnevne potrošnje, bez obzira na veličinu konzumnog područja koju pokrivaju. Interesantno je napomenuti da još uvijek egzistira oko 100 otvorenih rezervoara putem kojih se vodom snabdijeva oko 74.000 stanovnika i koji predstavljaju, generalno govoreći, slaba mjesta sistema, jer uvijek postoji latentna opasnost od dospijevanja zagađenja i nemogućnost obezbjeđivanja svih mjera zaštite od zagađenja.

Izvorišta vode

Od svih vodovoda koji su obuhvaćeni registrom, 65% njih koristi površinsku vodu (40% od toga jezera, a 25% otpada na vodotoke), dok je 35% vodovoda koncipirano na zahvatanju podzemnih voda. Zahvatanjem površinskih voda pokrivaju se potrebe za vodom oko 90% stanovništva, dok je 10% stanovnika priključeno na vodovode koji koriste podzemne vode. To ukazuje na činjenicu da je na podzemne vode, kao vodni resurs koji se koristi za vodosnabdijevanje, upućen veći broj manjih vodovoda, a da se putem relativno manjeg broja većih vodovoda, površinskim vodom snabdijeva najveći broj stanovnika. U zadnje vrijeme se kao resurs za obezbjeđenje pitke vode u sjevernoj Norveškoj pojavljuje i morska voda i putem četiri mala vodovoda se snabdijeva ukupno oko 300 stanovnika, što je na simboličkoj razini u odnosu na ukupne vrijednosti.

U Bosni i Hercegovini je situacija bitno drugačija i prema podacima koji se odnose na Federalni dio BiH u slivu rijeke Save, dominantno su kao resurs koji se koristi za vodosnabdijevanje, zatupljene podzemne vode sa oko 80% od stanovnika priključenih na javne vodovode, dok su zahvati površinskih voda zastupljeni sa 14%, a iz jezera (prirodnih i vještačkih) se vodom snabdijeva oko 6% stanovništva. Ovo su podaci ilustrativni pokazatelji i sigurno će se u daljem razvoju vodosnabdijevanja ovi odnosi promijeniti.

Količine zahvaćene vode

Procjenjuje se da količina zahvaćene vode u Norveškoj na godišnjoj bazi za vodovode koji imaju obavezu da podnesu izvještaj o stanju vodosnabdijevanja iznosi 808 miliona m³ od čega na površinske vode otpada 735 miliona m³, a na podzemne oko 73 miliona m³. Ovo su podaci o bruto količinama zahvaćene vode, dakle one koju treba obezbijediti na mjestu zahvatanja.

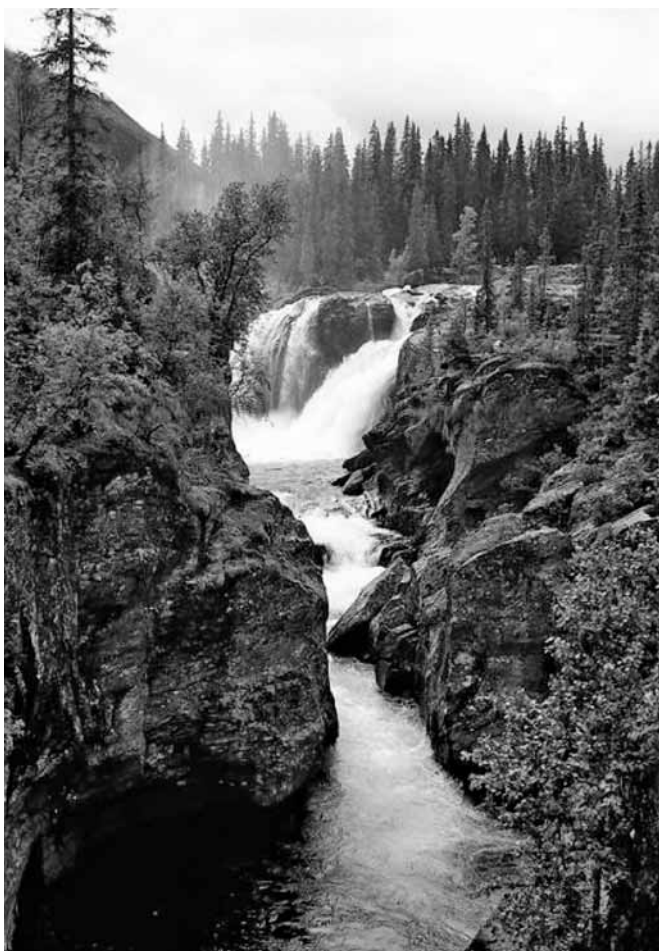
Potrošnja vode

Kroz period prikupljanja i obrade ove vrste podataka su se uspostavili relativno stabilni pokazatelji potrošnje vode, kako oni koji se izražavaju kroz specifičnu potrošnju, tako i oni koji se odnose na strukturu potrošene vode u zavisnosti od korisnika. Oko 60% vodovoda ima bruto specifičnu potrošnju između 400 i 600 l/st.dn, pri čemu je neto potrošnja domaćinstava 38%, na prehrambenu industriju otpada 11%, te na druge privredne grane 8%, ostale potrošače 9%, a na gubici u sistemu iznose 34%. Prosječna bruto specifična potrošnja u koju su uključeni i gubici iznosi 550 l/st.dn. i na taj su način dobiveni orijentacioni pokazatelji koji u preliminarnim analizama mogu poslužiti kao okvir za procjenu potreba za vodom nekog naseljenog područja. U **Tabeli 3.** su dati klasificirani podaci u zavisnosti od specifičnih potrošnji u rasponu od ispod 200 l/st.dn. do preko 1.000 l/st.dn. bruto specifične potrošnje.

Pošto se u vodovodnim sistemima u Bosni i Hercegovini najčešće nama kvalitetnih mjerenja količina isporučene i tzv. fakturisane ili potrošene vode ili su pak rezultati tih mjerenja ostavljeni za internu upotrebu upravi vodovoda koja gazduje sistemom, teško je dati komentar i okvirnu usporedbu sa situacijom kod nas. Činjenica je da su i u Norveškoj kao i kod nas gubici vode u sistemu jako veliki i jedan od razloga za takvo stanje jeste relativno bogatstvo vodnih resursa, te s druge strane veliki troškovi rekunstrukcije sistema.

Specifična potrošnja (l/st.dn.)	Broj vodovoda	Učešće vodovoda u %	Broj korisnika	Učešće korisnika u %
<200	8	3	4.047	0,2
200-399	138	48	460.288	19,0
400-599	88	31	1.427.539	58,8
600-799	29	10	455.885	18,8
800-999	10	3	57.125	2,4
≥1.000	15	5	22.998	0,9
UKUPNO	288	100	2.427.882	100

Tabela 3.: Specifična potrošnja vode naspram učešća vodovoda i broja korisnika



Tretman pitkih voda

Najrasprostranjenija kao metoda dezinfekcije, a često je to i jedini tretmana pitkih voda jeste upotreba UV zračenja koja se koristi u 670 postrojenja za tretman pitkih voda putem kojih se vodom snabdijeva preko 700.000 osoba. Nakon toga dolazi dezinfekcija klorom koja se primjenjuje na oko 240 postrojenja, ali u pogledu broja stanovnika koji se putem tih vodovoda snabdijevaju je ubjedljivo najzastupljenija sa 2,7 miliona osoba. Membranska filtracija je relativno slabo primjenjena i ova se tehnološka metoda koristi na oko 80 postrojenja i pokriva 110.000 osoba.

235 vodovoda putem kojih se snabdijeva oko 63.000 osoba, a koji koriste površinske vode kao vodni resurs, nema nikakvu opremu za dezinfekciju vode. Ovi vodovodi u najvećoj mjeri pokrivaju mala konzumna područja od 30 do 3.800 stanovnika, ali faktički predstavljaju latentni problem na kome će se u narednom periodu raditi.

Kvalitet vode

Da bi se dobila cjelovita slika stanja snabdijevanja vodom putem registriranih vodovodnih sistema, osim podataka vezanih za količine zahvaćene vode, jako važno je imati i pregled pokazatelja kvaliteta vode u vodovodnim sistemima, kako bi se moglo intervenirati u pogledu poduzimanja mjera i korekcije uspostavljenih rutina u dijelu koji se odnosi na uprav-



ljanje vodovodnim sistemom, a koji direktno utiče i na sektor zdravstvene zaštite.

U narednoj, tabeli (**Tabela 4.**) su dati pregledni podaci koji se odnose na rezultate analiza kvaliteta vode za parametre: boja, mutnoća, pH vrijednost, koliformne bakterije i E.coli za vodovode koji sami vrše obrade voda. Da bi se dobio jedinstven izvještaj u periodu kada su se mijenjale metode analiza, rezultati analiza bazirani na termotolerantnim koliformnim bakterijama su dati zajedno sa E.coli. Pregledom su obuhvaćeni rezultati analiza kvaliteta vode iz međuopćinskih vodovoda koji isporučuju vodu za druge vodovode, ali nisu uzimani rezultati analiza lokalnih vodovodnih kompanija koje vrše distribuciju vode. Takođe su osim pobrojanih parametara kvaliteta, kao pokazatelji navedeni broj vodovoda, broj stalno naseljenih korisnika, kao i broj analiza provedenih u 2001. godini. Osnova pregleda su podaci koje su poslali vodovodi bez obzira na metodu analiza koja je bila primjenjena za pojedine probe.

Zadovoljavajući rezultati analize podrazumijevaju sve one izvještaje o probama vode koji ne prelaze granične vrijednosti date u pravilniku o pitkim vodama. Mikrobiološki rezultati su u najvećem dijelu

zadovoljavajući. Boja i pH vrijednost su rezultati koji su u 2001. godini davali u signale šta i kako treba u budućnosti pažljivije pratiti. Oko 830.000 osoba priključenih na vodovodne sisteme imali su najmanje jednom imali prekoračenu graničnu vrijednosti za boju, a za oko 887.000 osoba to važi kada govorimo o parametru pH vrijednost.



Broj vodovoda, osoba i zadovoljavajućih rezultata u 2001		Boja	Mutnoća	pH	Koliformne bakterije	E.coli (termostabilne koliformne bakterije)
Vodovodi	Broj vodovoda sa nepoznatim rezultatima	293	222	129	107	107
	Broj vodovoda sa podacima	889	960	1053	1075	1075
	Broj vodovoda sa 100% zadovoljavajućim rezultatima analiza	665	910	625	838	880
	Učešće vodovoda sa 100% zadovoljavajućim rezultatima analiza	75%	95%	59%	78%	82%
Osobe	Broj osoba priključenih na vodovode (u mil)	3,42	3,5	3,54	3,46	3,47
	Broj osoba sa 100% zadovoljavajućim rezultatima analiza (u mil)	1,97	3,37	1,81	2,28	3,3
	Učešće osoba sa 100% zadovoljavajućim rezultatima analiza	58%	96%	51%	95%	95%
Rezultati analiza	Broj zadovoljavajućih rezultata analiza	8.264	12.652	11.561	16.054	17.417
	Broj proba	12.604	13.730	19.808	21.443	21.923
	Učešće zadovoljavajućih rezultata analiza	66%	92%	58%	75%	79%

Tabela 4.: Pregled nekih odabranih parametara kvaliteta u 2001.

BAKAR I CINK U VODOTOCIMA RIJEKE SPREČE I NJENIH PRITOKA

U junu i novembru 2006. godine vršeno je uzorkovanje na vodotocima rijeke Spreče i njenih pritoka na šest ciljano odabranih lokaliteta: Spreča prije ulaza u Modrac, Spreča na izlazu iz akumulacije Modrac, Jala na ušću u Spreču, potok Lukavčić, Spreča ispod mosta Puračić i Spreča na ušću u Bosnu. Uzorke vode za fizičko-hemijsku, biološku i mikrobiološku analizu prikupljao je Kantonalni zavod za javno zdravstvo u Sarajevu i laboratorija JP za "Vodno područje slivova rijeke Save" u Butilama. Cilj ovoga rada je tumačenje rezultata analize bakra i cinka u navedenim vodotocima, dobivenih u laboratoriji u Butilama, kao i poređenje rezultata junske i novembarske serije.

Pojavni oblici i migracija teških metala u vodenim sistemima

Metali se u vodotocima uglavnom javljaju kao mikroelementi, u koncentracijama manjim od 1 mg/L, izuzev ako se radi o industrijskim otpadnim vodama ili ako je sastav podloge vodotoka bogat mineralima određenog teškog metala. Mikroelementi mogu ući u sastav voda razlaganjem i izluživanjem tla i stijena, ali mogu se tamo naći i kao posljedica ljudske djelatnosti, te često na taj način dospije više teških metala u vodu nego prirodnim putem. Mnogi od mikroelemenata se nalaze rastvoreni u vodi u malim koncentracijama uslijed adsorpcije na čvrste čestice, npr. na okside, hidrokside (naročito aluminija, željeza, mangana), te silikate i čvrste organske čestice, dok neki lahko stvaraju topive komplekse, pa se u rastvoru nalaze u većim koncentracijama.



Ima li šanse za bolju budućnost Spreče

Snimio: M. Lončarević

Dospijevanje metala u vode uzrokuju mnogobrojne promjene koje mogu biti fizičke, hemijske i biološke prirode. Životna sredina utiče na pojavni oblik metala i stepen njihove toksičnosti. Teški metali mogu dovesti do različitih promjena u životnoj sredini, a priroda i stepen izmjena zavisi od nivoa sadržaja i pojavnih oblika metala u vodi i sedimentu. Pojavni oblici, raspodjele i migracija metala u prirodnim vodama zavisi od slijedećih faktora ili nerijetko, njihove kombinacije:

- a) sadržaja suspendovanih materija;
- b) sadržaja koloidnih čestica;
- c) prisustva prirodnih i sintetičkih liganada;
- d) oksido-redukcijskih uslova sredine i sl.

Akumulacija metala u sedimentima vodenih sistema zavisi od sadržaja suspendovanih tvari. Metali se adsorbuju na suspendovane tvari a potom talože na sediment. Fizičko-hemijski uslovi vodene mase opredjeljuju oblike migracije metala tj. da li će se oni nalaziti u suspendovanom, koloidnom, rastvorenom jonskom obliku ili u vidu kompleksnih spojeva. Oblik u kojem se metal javlja igra glavnu ulogu u određivanju stepena toksičnosti nekog teškog metala.

S obzirom da prirodni i antropogeni faktori utiču na formiranje sedimenta i vodenih masa vodeni sistemi se odlikuju velikom raznovrsnošću i velikom specifičnošću pojavnih oblika, raspodjele i migracije teških metala.

Bakar u prirodnim vodama

Prosječna koncentracija bakra u Zemljinoj kori iznosi 68 mg/L: zemljištu 9 do 33 mg/L, u vodotocima 4 do 12 µg/L, a u podzemnim vodama <0,1 mg/L. U prirodi se javlja u elementarnom stanju i mineralima, od kojih su najvažniji sulfidi (halkopirit, kovelin, bornit), oksidi i karbonati. Bakar se koristi za izradu električnih žica, za pokrivanje građevina, u različitim pigmentima, hemijskoj industriji itd. Soli bakra koriste se u sistemima za vodosnabdijevanje za kontrolu biološkog rasta u rezervoarima i cijevima za distribuciju, i kao katalizator za oksidaciju mangana. Bakar gradi veliki broj kompleksa u prirodnim vodama sa anorganskim i organskim ligandima. Najrasprostranjeniji pojavni oblici bakra u vodama su Cu^{2+} , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, i CuHCO_3^+ . Korodiranjem legura koje sadrže bakar, od kojih mogu biti izgrađene cijevi u sistemu vodosnabdijevanja, oslobađaju se značajne količine bakra u vodu za piće. Smatra se da je bakar esencijalan mikroelement za biljke i životinje, dok su neki njegovi spojevi toksični ako se inhaliraju ili progutaju.

Količina rastvorenih formi bakra u vodama zavisi od pH vrijednosti. Bakar je vrlo nepostojan i iz rastvora se može istaložiti već pri pH vrijednosti od 5,3. Povišen i visok sadržaj bakra u vodama sreće se u blizini bakronosnih ležišta, a udaljavanjem od rudnog tije-

la zahvaljujući uzajamnom dejstvu voda i stijena dolazi do brzog smanjivanja kiselosti i taloženja bakra iz rastvora. Kada dođu u kontakt sa kisikom i drugim oksidacionim sredstvima sulfidi bakra se oksiduju i obrazuju u vodi dobro rastvorne sulfate. Bakar u rastvor može preći i iz karbonatnih jedinjenja i to prilikom dejstava hidrogenkarbonatnih voda na njih, koje sadrže dosta CO_2 . Bakar je postojaniji u vodama koje su bogate organskim materijama, a njegova koncentracija u rastvoru se brzo snižava izdvajanjem organskih materija. Bakar se iz rastvora taloži obično u vidu karbonata i hidroksida. Stepenn migracije bakra povećava se snižavanjem njegove koncentracije, tako da se bakar u prirodnim vodama u kojima je njegova koncentracija obično niska kreće prilično slobodno.

Sa huminskim tvarima slatkih voda vezano je više od 90 % u vodi prisutnog bakra a u morskoj vodi svega 10 %, što je uslovljeno njegovom zamjenom prisutnim kalcijem i magnezijem. Količina bakra vezana sa čvrstim česticama u riječnim vodama može da iznosi 12-97 % ukupnog bakra. Zanimljiv je podatak da oko 6,3 miliona tona bakra nose rijeke u okean, od čega je:

- a) 1,0 % tog bakra u rastvornom obliku;
- b) 85 % je sa čvrstim kristalnim česticama;
- c) 6,0 % je vezano za hidroksilne grupe;
- d) 4,5 % je vezano sa organskom materijom;
- e) 3,5 % je adsorbovano suspendovanim česticama.

Intenzivna sorpcija bakra uslovljava njegov visok sadržaj u sedimentima. Intenzitet sorpcije bakra ovisi od prisustva glinovite frakcije, liganada, huminskih kiselina, oksida željeza i mangana, pH vrijednosti i prisustva drugih katjona. Koncentracije rastvorenih oblika bakra u nezagađenim slatkim vodama kreću se od 0,5-1 µg/l, a u blizini gradskih oblasti 2 µg/l. Značajne su količine bakra u atmosferskim padavinama. Povećan sadržaj bakra u sedimentima od oko 1000 mg/kg suhe tvari vezan je sa uticajem otpadnih voda rudnika. Nezagađeni morski i slatkovodni sedimenti obično ne sadrže više od 20 mg/kg bakra.

Cink u prirodnim vodama

Prosječna koncentracija cinka u Zemljinoj kori iznosi 76 mg/L, u zemljištu 25 do 68 mg/L, u vodotocima do 20 µg/L, a u podzemnim vodama <0,1 mg/L. Rastvorljivost cinka u prirodnim vodama je kontrolisana njegovom adsorpcijom na sedimentu, karbonatnom ravnotežom i prisustvom organskih liganada tj. formiranjem organskih kompleksa. Cink je sastavni dio velikog broja legura (npr. bronze), a nalazi se i u sastavu uložaka baterija, fungicida i pigmenata. Esencijalan je element za rast biljaka i životinja, ali u povišenim koncentracijama je toksičan za neke vrste vodenih organizama. Ako se cink u vodi za piće nalazi u koncentraciji većoj od 5 mg/L voda postaje

goraka, a alkalne vode opalesciraju. Cink može dospjeti u vode domaćinstva korodiranjem galvaniziranog željeza, kada mogu biti prisutni i kadmij i olovo, zbog toga što su prisutni kao nečistoće u cinku koji se koristi za galvanizaciju.

Endogeni mineral cinka-sfalerit rastvara se u vodi bolje od sulfida drugih metala. Sfalerit se relativno brzo razlaže u zoni oksidacije formirajući dobro rastvorljive sulfate i karbonate. Obzirom da su sva jedinjenja cinka (osim njegovog fluorida) relativno dobro rastvorljiva u vodi, ovaj metal je u vodotocima rasprostranjeniji od bakra, te su i vrijednosti dozvoljenih koncentracija ovog teškog metala u vodi veće od onih za bakar.

Cink hidrolizira pri pH vrijednosti između 7 i 7,5 uz obrazovanje relativno stabilnog $Zn(OH)_2$ pri pH vrijednosti većoj od 8. Huminske kiseline vezuju cink posebno u blizini ušća rijeka u more.

U riječnim sedimentima 30% cinka je u nerastvornim oblicima, a preostalih 70% je vezano uz karbonat i oksid željeza, oksid mangana i organsku tvar.

Prosječni nivoi ukupnog sadržaja cinka u slatkovodnim sedimentima su:

- a) nezagađene oblasti 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$;
- b) zagađene oblasti 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ suhe tvari.

Veće količine cinka prenose se i padaju sa atmosferskim padavinama, te su registrovane slijedeće koncentracije cinka:

- a) u kišnici iznad Francuske 8-330 $\mu\text{g}/\text{l}$;
- b) u snijegu Norveške 10-205 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Tabela 1: Rezultati analize bakra i cinka u junskoj seriji

Mjerno mjesto	Datum uzorkovanja	pH	Temp. vode, °C	Temp. zraka, °C	Zasićenost kisikom, %	Proticaj, m^3/s	Cu, mg/L	Zn, mg/L
Spreča, prije ušća u Modrac	5.6.2006.	7,84	11,4	14	88,4	46,50	0,0492	<0,0398
Spreča izlaz iz Modraca	5.6.2006.	7,75	14,9	13,7	62	16,20	0,0501	<0,0398
Jala, ušće u Spreču	5.6.2006.	8,55	12,3	13,5	84,3	4,26	0,0558	<0,0398
Potok Lukavčić	5.6.2006.	8,19	22,2	13,5	74	0,759	0,0501	<0,0398
Spreča ispod mosta Puračić	5.6.2006.	8,30	14,5	14,3	77	21,40	0,0606	<0,0398
Spreča, ušće u Bosnu	5.6.2006.	8,17	13,9	17,2	69,3	26,60	0,0663	<0,0398

Rezultati analize bakra i cinka u vodotocima Spreče i njenih pritoka

Uzorci vode za analizu sakupljeni su u plastične boce, kako bi se onemogućilo onečišćenje uzorka otpuštanjem tragova metala iz boce ili gubitak metala adsorpcijom na njene zidove. Fiksiranje uzoraka, tj. dodatak čiste nitratne kiseline do pH vrijednosti ispod 2 vršeno je na terenu, te je moglo doći do prelaska većine suspendovanih oblika metala u rastvor i razaranja većine kompleksno vezanih metala. Može se pretpostaviti da određivana koncentracija metala približno odgovara njegovoj ukupnoj koncentraciji, s obzirom da se za određivanje ukupnih metala uzorci prethodno podvrgavaju digestiji, tj. obradi na visokoj temperaturi ili mikrotalasima uz dodatak smjese kiseline. Određivanje koncentracije metala vršeno je na atomskom apsorpcionom spektrofotometru (Shimadzu AAS 6300) metodom plamene tehnike, uz korištenje zraka kao oksidansa i acetilena kao goriva, u laboratoriji JP za "Vodno područje slivova rijeke Save" u Butilama.

Slijedeće tabele sadrže rezultate analize bakra i cinka na šest ispitivanih lokaliteta. U tabelama su dati i osnovni fizičko-hemijski parametri analize koji utiču na pojavne oblike, a samim tim i koncentraciju metala u rastvoru.

Tabela 2: Maksimalno dozvoljene koncentracije bakra i cinka

Redni broj	Teški metal	MDK (mg/L) I i II klasa vode	MDK (mg/L) III i IV klasa vode
1.	Bakar	0,1	0,1
2.	Cink	0,2	1,0

Tabela 3: Rezultati analize bakra i cinka u novembarskoj seriji

Mjerno mjesto	Datum uzorkovanja	pH	Temp. vode, °C	Temp. zraka, °C	Zasićenost kisikom, %	Proticaj, m ³ /s	Cu, ppm	Zn, ppm
Spreča prije ušća u Modrac	2.11.2006.	8,47	7,8	8,1	77,7	2,15	<0,0199	<0,0398
Spreča, izlaz iz Modraca	2.11.2006.	8,33	13	7	48,7	6,83	<0,0199	<0,0398
Jala, ušće u Spreču	2.11.2006.	11,77	10,6	7	71,4	1,25	<0,0199	0,0400
Potok Lukavčić	2.11.2006.	9,28	11,2	5,5	54,2	0,196	<0,0199	<0,0398
Spreča ispod mosta Puračić	2.11.2006.	9,05	12,6	5,1	40,21	6,67	<0,0199	<0,0398
Spreča, ušće u Bosnu	2.11.2006.	8,40	9,5	4,2	41,3	9,55	<0,0199	<0,0398

DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČAK

Na svim ispitivanim lokalitetima pronađene su veoma niske koncentracije ispitivanih teških metala. Na velikom broju lokaliteta koncentracije bakra i cinka bile su ispod granice određivanja metode, tj. MDL (method detection level) vrijednosti, tako da svi navedeni lokaliteti u obje serije ispitivanja spadaju u prvu klasu vode u odnosu na bakar i cink. Dobiveni rezultati su poređeni sa vrijednostima datim u Odluci o maksimalno dopuštenim koncentracijama radionuklida i opasnih materija u međurepubličkim vodotocima, međudržavnim vodama i vodama obalnog mora Jugoslavije, objavljenoj u „Službenom listu SFRJ“, broj 8/78. Vrijednosti dopuštenih koncentracija bakra i cinka za I/II i III/IV klasu vode date su u tabeli 2.

Rezultati ispitivanja u junskoj i novembarskoj seriji su sasvim očekivani, s obzirom da Tuzlanski kanton nema značajnija nalazišta metalnih sirovina.

Kada se porede koncentracije bakra unutar jedne serije dolazi se do zaključka da ne postoje velike razlike između pojedinih lokaliteta na rijeci Spreči i njenim pritokama, što je sasvim razumljivo obzirom da antropogeni faktor nema velikog uticaja na navedeni parametar. Bakar u vode Spreče uglavnom dopijeva prirodnim putem, tj. zavisi od sastava zemljišta, koje se ne razlikuje mnogo na pojedinim lokalitetima, tako da razlike u dobivenim koncentracijama bakra nisu velike.

Koncentracije bakra u junskoj seriji veće su od onih u novembarskoj seriji, što se može objasniti ra-

zlikama u izmjerenim pH vrijednostima i vrijednostima proticaja. Naime, prethodno je objašnjeno da se porastom pH vrijednosti smanjuje koncentracija rastvorenog metala. S druge strane, uticaj povećanog proticaja rijeke na povećanje koncentracije bakra objašnjava se činjenicom da ispiranjem tla dolazi do oslobađanja bakra, tj. njegovog rastvaranja u vodotocima. U novembarskoj seriji pH vrijednosti su bile više, a proticaj manji, što sve zajedno objašnjava dobivene niže vrijednosti za koncentracije bakra.

Koncentracije cinka su na skoro svim ispitivanim lokalitetima, u obje serije ispod granice određivanja metode.

Bez obzira na to što su rezultati ispitivanja u ove dvije serije pokazali da nema razloga za zabrinutost po pitanju sadržaja bakra i cinka, redovni monitoring je neophodan, kako bi se stalno prikupljali podaci o kvalitetu rijeke Spreče i njenih pritoka u odnosu na teške metale. Treba imati na umu činjenicu da su ovdje prezentirani rezultati analize samo dvije serije uzoraka i da se stvarna slika o kvalitetu ispitivanih lokaliteta u odnosu na bakar i cink može steći jedino na osnovu većeg broja rezultata.

Važno je napomenuti da je prvi korak u analizi teških metala određivanje njihove ukupne koncentracije, te bi se u slučaju pronalazjenja izuzetno visokih koncentracija teških metala (naročito onih koji su veoma toksični) u incidentnim zagađenjima prešlo na određivanje koncentracije njihovih pojava oblika. Visoka koncentracija teških metala može, a ne mora

biti alarmantna, jer nisu svi oblici metala jednako toksični. Pronalazak visokih koncentracija teških metala vezanih sa organskim ligandima bio bi alarmantan, jer metali u takvim pojavnim oblicima lakše dospijevaju do živih organizmima i izazivaju katastrofalne posljedice. Ispitivanje sadržaja organske tvari umnogome pomaže donošenju zaključaka o pojavnim oblicima teških metala i daje naznake analitičaru o vrstama dodatnih analiza koje treba sprovesti.

Organske tvari u prirodnim vodama mogu biti one koje su u sastavu organizama koji se nalaze u vodama i one koje su po svojoj prirodi produkt metabolizma organizama ili su produkt raspadanja poslije njihovog uginuća. Voda sadrži organske tvari koje nastaju u samoj vodenoj sredini ili ulaze u vodu iz tla-tresetišta, humusa i sl. Uz to organske tvari mogu biti i zagađenja iz tehnološkog ili komunalnog otpada. Dio organske tvari koji se ispire iz tla čine humusne tvari koje su prilično otporne na uticaj hemijskih faktora razgradnje. Zbog komplikovanog hemijskog sastava organskih tvari u vodi, teško ih je odrediti, pa se određuju indirektno-određivanjem organskog ugljika (TOC-total organic carbon). Stoga, TOC predstavlja važan parametar, koji zajedno sa ostalim fizičko-hemijskim parametrima upotpunjuje sliku stvarnog stanja rijeka po pitanju prisustva teških metala u toksičnim oblicima.

LITERATURA:

1. dr. N.S. Dimitrijević, Hidrohemija, Beograd 1988.
2. dr. M. Levačić, Osnove geohemije vode, Varaždin 1997.
3. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21st edition 2005.



Rijeka Spreča

Snimio: M. Lončarević



Rukavac na rijeci Spreči

Snimio: M. Lončarević

STRUČNA OBUKA U INŠTITUTU ERICo - VELENJE

U Javnom preduzeću za “Vodno područje slivova rijeke Save” u Sarajevu već drugu godinu postoji i radi laboratorij za vode. Osnovni poslovi laboratorija su kontrola vodnih resursa. U laboratoriju je zaposleno 5 mladih inženjera hemije, koji su svoja prva radna iskustva počeli sticati na novim, vrlo sofisticiranim analitičkim instrumentima. Kao što je to već uobičajeno, osnovna obuka koju provode stručni ljudi iz firmi koje su isporučile opremu nije bila dovoljna za potpuno ovladavanje tim instrumentima. Iz tog razloga se razmišljalo o stručnoj saradnji sa nekim istovrsnim etabliranim laboratorijem u bližem okruženju, pošto u Bosni i Hercegovini, na žalost, još uvijek nema referentnog laboratorija koji bi mogao zadovoljiti takve vrlo zahtjevne potrebe. Izbor je pao na **Inštitut za ekološke raziskave ERICo Velenje**, odnosno njihov **Laboratorij**. Prilikom prvih kontakata saznali smo za mogućnost da se naša stručna posjeta financira putem Evropske komisije, tačnije kroz saradnju SENARC-a (Slovenian European Natural Research Centre) i EC JRC-DG Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) - Belgium. Na našu sreću, to se i realiziralo na obostrano zadovoljstvo.

Stručna “hands-on training session” se obavila u periodu 05. – 09.03.2007. godine. Na samom početku direktor Inštituta, mr. Marko Mavec, nas je upoznao sa istorijskim razlozima nastanka instituta u Velenju. Naime, krajem devetnaestog stoljeća je otvoren rudnik kamenog uglja u Velenju, koji je opsluživao ugljenom prvenstveno lokalna domaćinstva, a

1956. godine je otvoren I. i II. blok termoelektrane Šoštanj, zatim do 1977. godine slijede još tri bloka, a sada već postoji i VI. TE Šoštanj trenutno zadovoljava oko trećinu potreba Republike Slovenije za električnom energijom. Ovakav nagli rast sagorijevanja kamenog uglja u relativno maloj Šaleškoj dolini prouzrokovao je velike ekološke probleme, kako po pitanju zagađenja zraka, zbog ispuštanja velikih količina sumpordioksida i azotnih oksida, tako i zemljišta i voda zbog deponiranja izuzetno velikih količina šljake. Zbog iskopavanja velikih količina uglja u relativno debelim podzemnim slojevima dolazi do značajnih slijeganja tla, pa su iz tog razloga nastala tri umjetna jezera: Škalsko (površine 17 ha, dubine 19 m), Velenjsko (137 ha, 55m) i Družmirsko (56 ha, 73 m), koja su služila i za odlaganja šljake iz TE Šoštanj. Nara-



Odlagalište šljake na području Jezera



Družinsko jezero je opet II. vrste vode

vno, ovo je uzrokovalo totalnu devastaciju tih jezera (pH vode 12) i male rijeke Pake, koja protiče sa nekoliko još manjih pritoka, kroz Šalešku dolinu. Sve ovo je uzrokovalo 1987. godine veliku ekološku akciju u Velenju, kao jedinom većem mjestu (cca 30.000 stanovnika) u Šaleškoj dolini (ukupno cca 40.000 stanovnika), sa ciljem ekološke sanacije kompletne doline. U tom cilju je 1991. godine počela izgradnja centralnog uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda (danas je to kompletan sistem sa biološkim tretmanom), pročišćavanje ispusnih plinova i optimizacija procesa sagorijevanja uglja u TE. U sklopu čitavog sistema akcija 1992. godine je ustanovljen Inštitut za ekološke raziskave ERICo Velenje, čiji je osnovni zadatak bio kontrola kvaliteta svih segmenata (zrak, voda, tlo) životne sredine. U periodu slijedećih desetak godina kvalitet življenja u Šaleškoj dolini je u potpunosti revitaliziran. Velenjsko i Škalsko jezero su postali turističko-rekreacioni centar, a Družmirsko jezero (koje se i sada koristi za hlađenje TE) i rijeka Paka su opet II. vrste kvaliteta. U svemu tome je i značajan doprinos Inštituta za ekološke raziskave ERICo Velenje, koje se konstantno razvijalo te je tako sada u posjedu standarda: DIN EN ISO 9001: 2000, te EN ISO/IEC 17025:2005. Sve ovo ukazuje na ozbiljnost i odgovornost pristupa ispitivanja svih segmenata okoliša.

Inštitut ERICo Velenje danas je organiziran u pet odjeljenja i zapošljava:

1. odjeljenje za zajedničke poslove (3),
2. odjeljenje za istraživačke djelatnosti (9),
3. odjeljenje za tehnološke usluge i savjetovanja (13),
4. odjeljenje za obrazovanje i stalni razvoj (5),
5. laboratorij (23).

Inštitut je registriran za: ispitivanja i eksperimentalni razvoj na području okoliša, društvenih nauka,

projektiranje, inženjering i tehničko savjetovanje, tehnička ispitivanja i istraživanja, i druga usavršavanja.

Inštitut ima ovlaštenja Ministarstva okoliša i prostora za:

- izradu obavještenja o uticaju na okoliš,
- izvođenje emisijskog monitoringa otpadnih voda,
- izvođenje emisijskog monitoringa zemljišta,
- izradu kategorizacije i klasifikacije otpada.

Interesantno je napomenuti da su mogućnosti ispitivanja i reagiranja u području okoliša izuzetno široka, pa tako npr. Odjeljenje za istraživačke djelatnosti organizira ispitivanja PAH-ova, pesticida, teških metala, bioindikatora u mesu, ribama i biljkama. Odjeljenje za tehnološke usluge i savjetovanja radi na sanaciji zemljišta, čistoj tehnologiji upotrebe uglja, tehnologiji uvođenja CO₂ u ugljene slojeve, itd. Odjeljenje za obrazovanje i razvoj radi na obrazovanju svih starosnih kategorija stanovništva (posebno školskih uzrasta) u cilju informiranja o značaju očuvanja zdrave životne sredine kroz konkretan primjer "ekološke katastrofe" i revitalizacije svoje Šaleške doline. Kroz tu obuku prolaze deseci hiljada ljudi.

Posebnu pažnju smo, naravno, posvetili laboratoriju. Kako je već rečeno, Inštitut se usmjeravao i vrlo brzo razvijao u cilju ispitivanja kvaliteta svih segmenata životne sredine, prvenstveno i najviše kroz praktične mogućnosti laboratorija. Pošto je bilo potrebno ispitivati vode, tlo, zrak, biljna i životinjska tkiva to je znači bilo potrebno razviti specifične metode za takva ispitivanja, odnosno nabaviti instrumentaciju koja to omogućava. Iz navedenih razloga laboratorija je opremljena sa svom savremenom instrumentacijskom opremom, visoke osjetljivosti. Tako, na primjer, jedan su od rijetkih vlasnika ICP-MS (inductively coupled plasma-mass spectrometry) koji koriste prvenstveno za simultanu analizu svih teških metala u raznim medijima. Osim toga, dovoljno je reći da su u relativno kratkom vremenu akreditirali 64 analitičke metode. Godišnje analiziraju hiljade različitih uzoraka otpadnih voda, tla, zraka, biljnih i životinjskih tkiva, uglja, pepela, sadre, filtera, kamenca i odpadaka.

Naša želja je bila da se prvenstveno upoznamo sa praktičnim iskustvima u radu na analitičkim instrumentima i tehnikama koje mi u našoj laboratoriji koristimo. Pri tome smo se svaki dan dogovarali o radu na određenim instrumentima i to u dvije grupe, prema našim specijalizacijama. U toku pet efektivnih radnih dana uspjeli smo u velikoj mjeri, iznad naših polaznih očekivanja, proći praktičan rad glavnine instrumentacijskih tehnika koje su nam bile interesantne. Izuzetnom profesionalnom i kolegijalnom ljubavnošću svih zaposlenika laboratorije, posebno mr. Julije Vrbovšek, vođe laboratorije, dobili smo puno



Praktična obuka na gasnom kromatografu

informacija i stručnog materijala koji će nam biti od velike pomoći u našem daljem analitičkom radu.

Kroz razgovor o ispitivanju voda u Republici Sloveniji saznali smo da vodne resurse u Sloveniji skoro isključivo ispituje laboratorija ARSO (Agencija Republike Slovenije za okoliš), dok sve laboratorije koje se bave bilo kakvim ispitivanjima u okolišu moraju biti akreditirane po DIN EN ISO 9001, te EN ISO/IEC 17025. Ovo govori o potrebnom nivou organiziranosti i odgovornosti u ovoj oblasti ispitivanja.

Zadnji dan naše posjete ERICo-u, u poslijepodnevnom satima, ljubaznošću domaćina, imali smo rijetko zanimljivu priliku da posjetimo Muzej rudar-

stva Slovenije, Staru jamu u čijem krugu se nalazi i sam Institut ERICo. Naime, prostorije laboratorije su u obnovljenom objektu u kome su nekada živjeli i radili rukovodioci rudnika. Opremljeni zaštitnom opremom rudara spustili smo se specijalnim rudarskim liftom 180 metara pod zemlju, na nivo aktivnog kopa, kome naravno nismo imali pristup. Zato smo obišli dobar dio od 9000 m² podzemnih muzejskih prostora, 16 multimedijjskih scena sa svjetlosnim i zvučnim efektima, "ispalili" jednu rudarsku minu, pojeli rudarsku užinu, te se vozili 700 metara dugom podzemnom rudarskom željeznicom. U najkraćem, nezaboravan događaj.

Tokom našeg boravka u Velenju imali smo prilike razgledati i lijepi gradić Velenje i njegov Stari grad, utvrdu koja i sada "čuva" Velenje i veliku obližnju skijašku skakaonicu, simbole urbanog i sportskog duha Slovenaca. Na glavnom trgu Velenja još uvijek je na vidnom mjestu 7 metara visok Titov spomenik, koji podsjeća na donedavno ime mjesta. To učvršćuje u uvjerenju da Slovenci vole i poštuju tradiciju, kako svog rudnika, koji je odredio vjekovnu sudbinu Velenja i čitave Šaleške doline, tako i čovjeka, koji je kroz poticaj razvoja industrije dao nesumljiv pečat novije istorije Velenja. Samo oni koji poštuju tradiciju znaju vrijednovati sadašnjost i ići otvorenih očiju u budućnost.

Na kraju, veliko hvala ljubaznim domaćinima za stručni i ukupni utisak o ERICo-u i Velenju!



Praktičan rad na pripremi uzoraka



Stari grad "čuva" Velenje



Šaleška dolina

PRILOG RAZMATRANJU MALIH VODA RIJEKE NERETVE I HUTOVA BLATA

SAŽETAK

Uradu se ukazuje na problem malih voda u donjem toku Neretve i Hutova blata. U Deranskom jezeru je ugrožen biološki minimum jer je mali priliv svježih voda koje su dolazile podzemnim putovima iz rijeke Trebišnjice. U donjem toku rijeke Neretve, na lijevoj i desnoj obali crpi se velika količina vode iz podzemlja za navodnjavanje. U bunarima se pojavila morska sol, a prijeti da dođe do Čapljine jer se korito rijeke Neretve "po projektu" dubi 4,00 m ispod razine mora. Predlaže se izgradnja ekološke pregrade da se vodno ogledalo izdigne na potrebnu razinu i tako spasi močvara Deransko blato, zaustavi prodor soli i riješi problem malih voda.

1. Kratka analiza postojećeg stanja na slivovima Neretve i Trebišnjice

1.1. Geološka građa terena

Geološka građa i petrografski sustav terena Jadranskog sliva koji se nalazi u području Dinarida razvijao se tokom perioda paleozoika i kenozoika i spada u oblast razvijenog krša. Izgrađen je uglavnom od vodopropusnih stijena, karstifikovanih krečnjaka i manje vodopropusne stijenske mase dolomita. Glavnina voda cirkulira kroz vapnence koji pružaju najmanji otpor tečenju i koji predstavljaju glavne korektore u kršu (pukotinska poroznost). Hidrološka uloga dolomita zavisi od niza faktora (kemijski sastav, erodiranost, tektonska oštećenost). Dolomiti predstavljaju hidrogeološke izolatore i barijere, a u sluča-

ju tektonske oštećenosti imaju ulogu vodosprovodnika. Pojava stalnih i povremenih vrela u kršu ima veliki značaj za razjašnjenje hidrogeoloških i hidroloških karakteristika krških terena. Velika krška vrela su obično vezana za najniži erozioni bazis iako ih ima na višim horizontima. Bojanje ponora viših područja potvrdila su neke pretpostavljene veze sa izvorima nižih horizonata kako u slivu Cetine tako i Neretve s Trebišnjicom. U vapnencima slojevi su jasno diferencirani, morfološki oblici su oštri, a kosine ogoljene i strme, dok u dolomitskim sredinama reljef je zaočajan, slojevitost se teže uočava, a pokosi su blažeg nagiba. Škrape, vrtače i suhe doline manje utječu na hidrografsko-hidrološki režim odnosno otjecanje od jama, ponora i krških polja. Ove krške pojačavaju rezultat su geoloških karakteristika terena i njima je uvjetovano stvaranje potpuno razvijenog krša s vrlo škrtom vegetacijom i malo obradivih površina osim na krškim poljima i riječnim dolinama.

1.2. Rijeka Neretva

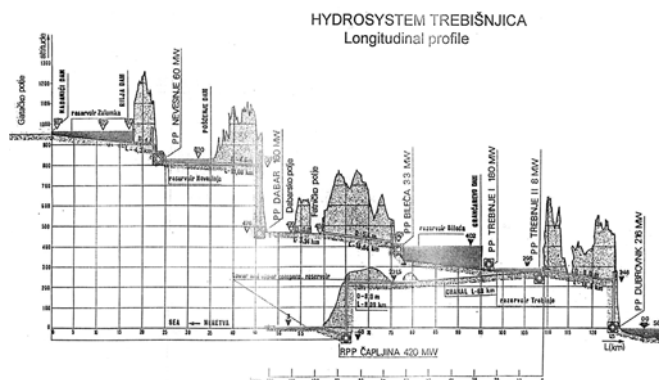
Rijeka Neretva drenira najveći dio sliva Jadranskog mora. Njezina dužina iznosi oko 250 km, a površina sliva zajedno s Trebišnjicom iznosi oko 12750 km². Podijeljena je na gornji, srednji i donji tok. U gornjem toku teče kanjonom i prima pritoke s desne strane Jasenicu, Rakitnicu, Trešanicu, Kraljušnicu, Neretvicu i Ramu, a s lijeve Šišticu i Bišticu. U srednjem toku prima desne pritoke Doljanku i Drežanku, a s lijeve Prenjsku rijeku. U donjem toku nizvodno od Mostara Neretva formira dolinu. S desne stra-

ne prima pritoke Radobolju, Lišticu s Ugrovačom i Mostarskim blatom, te Jasenicu i Trebižat, a s lijeve strane Bunu s Bunicom, Bregavu i Krupu koja istječe iz Hutova blata. U slivu rijeke Neretve izgrađeno je dosta energetskih objekata ali energetski potencijal još nije dovoljno iskorišten. Na rijeci Neretvi izgrađene su hidroelektrane s akumulacijama Jablanica, Grabovica, Salakovac i Mostar.

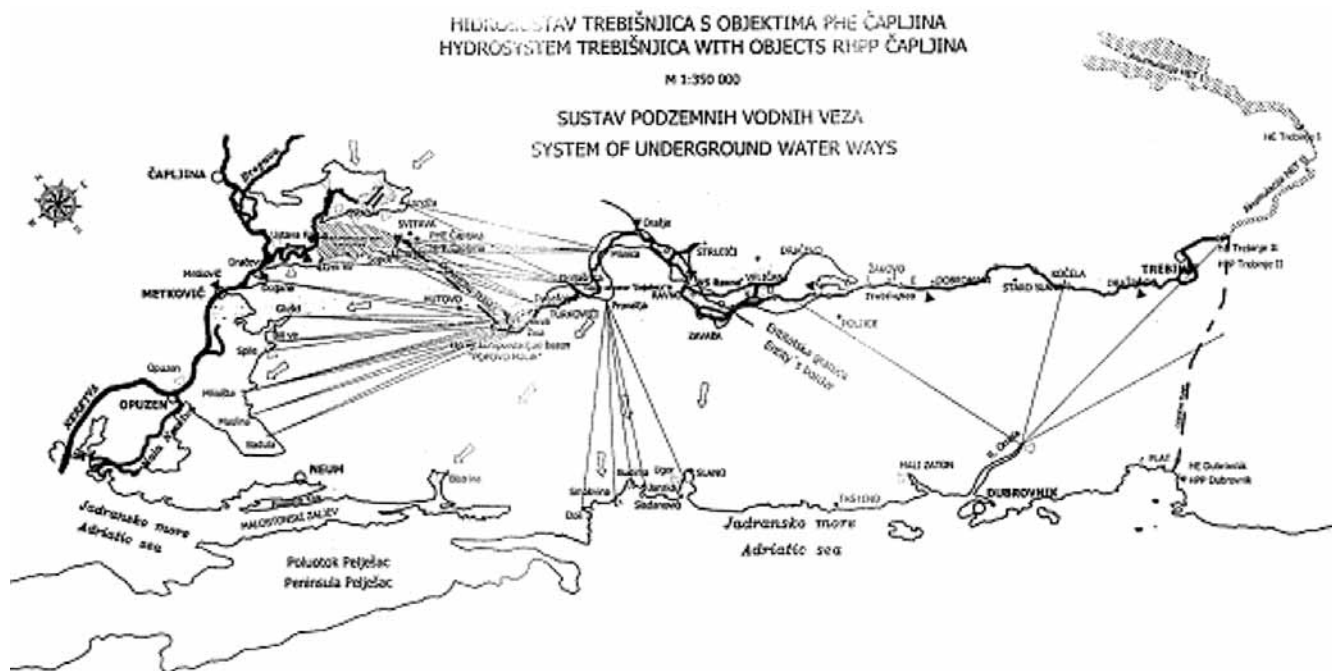
1.3. Rijeka Trebišnjica i prevođenje voda sa gornjih horizonata

Rijeka Trebišnjica izvire ispod Bileće i teče nizvodno od Trebinja u pravcu pružanja Dinarskog masiva kroz Popovo polje. Na čitavom toku ponire u podzemlje. Kad ponori nisu u mogućnosti gutati sve vode stvara se velika retenzija koje danas više nema nakon izgradnje PHE Čapljina. Vode Trebišnjice sada se nakon korištenja na HE Trebinje jedan i dva odvođe tunelom kapaciteta 90 m³/s na HE Plat na razini mora, a manji dio voda, cca 8 m³/s otiče kanalom kroz Popovo polje dužine oko 40 km i max. kapaciteta 50 m³/s na PHE Čapljina. Izgradnjom ovih objekata i prevođenjem voda prema HE Plat-Dubrovnik potpuno je izmijenjen režim voda kako površinskih, tako i podzemnih. Znatne promjene u režimu voda doživjela su krška vrela u Deranskom i Svitavskom blatu, te Metkovića, Bilog Vira, Bađule, Bistrine, Omble i dalje u slivu Trebišnjice. Ovo doživljavamo kao prvu fazu prevođenja voda sa gornjih horizonata od Gacka do Bileće, Trebinja i Popova polja. Druga faza prevođenja ovih voda bit će od Fatnice do Bileće. Ova druga faza je djelomično dovršena, tako što je prokopan hidrotehnički tunel ispod brda Miruša i

vode dovedene sa Fatničkog polja u Bilećku akumulaciju. Treća faza prevođenja voda sa gornjih horizonata je od Gacka i Nevesinja do Fatničkog polja. Ova treća faza još nije započeta osim projektne dokumentacije i nekih istražnih radova. Druga faza prevođenja voda imat će znatnog uticaja na vrelo Bregave i Hutova Blata, a treća na vrelo Bune, još više na vrelo Bunice i na sva nizvodna područja, posebno na krška vrela i podzemne vode. U daljem pisanju bit će još govora o prvoj i drugoj fazi prevođenja voda, jer mislimo da ovo prevođenje ima uticaja na male vode rijeke Bregave i Hutova blata. Iz slike br. 2 vide se podzemne vodne veze istočne Hercegovine i pored ostalih podzemna vodna veza iz Popova polja do Londže u Deranskom blatu. Na rijeci Trebišnjici izgrađene su hidroelektrane Trebinje jedan i dva, te PHE Čapljina u Hutovu blatu i HE Plat kod Dubrovnika na razini Jadranskog Mora. Sve ove hidroelektrane, hidrotehnički tuneli i kanali, te vodne akumulacije vidljivi su na uzdužnom profilu na slici br. 1.



Slika br. 1



Slika 2 - Podzemne vodne veze istočne Hercegovine

1.4. Krška polja

Krška polja su najčešće formirana u nizovima na različitim nadmorskim visinama što im omogućava ciklično pojavljivanje i nestajanje voda. Sva krška polja nalaze se u sastavu Dinarskog krša s kojim imaju sličan pravac pružanja sjeverozapad – jugoistok. Zona dotjecanja sa sjeveroistočnog oboda polja, a zona otjecanja na jugozapadnim rubovima polja.



Tablica br. 1 – Osnovne karakteristike važnijih krških polja

R.br	Sliv rijeke	Retenzija U kraškom Polju	Max poplavni nivo	Max zapremina retenzije	Max površina plavljenja	V_{max} A_{max}	Srednji godišnji proticaj	V_{max} W_a	Napom. *
			H_{max} m.n.m.	V_{max} $10^6 m^3$	A_{max} km^2		W_a $10^6 m^3$		
1.	Cetina	Livno	706.70	135.0	108.0	1.25	688.8	0.30	Dvije retenzije
2.		Buško Blato	708.50	70.0	70.0	1.00	368.8	0.61	
3.		Duvno	864.34	44.0	23.5	1.87	312.0	0.14	
4.		Glamoč	890.54	89.0	29.0	3.06	116.0	0.77	
5.		Sinj **			31.0*	39.0	0.80		
Ukupno :				592.0			3600.0*	(0.17)	U Trilju
6.	Trebišnjica	Gacko	933.43	14.1	7.0	2.01	276.0	0.05	
7.		Fatnica	500.77	225.8	8.7	25.95	300.0	0.75	
8.		Popovo	260.76	980.0	65.0	15.08	3790.0*	0.26	Gornja granica
Ukupno :				1219.9*			3790.0	(0.32)	Nepotpuno
9.	Neretva	Nevesinje	837.36	94.5	10.7	8.8	431.0	0.22	
10.		Mostarsko Blato	234.01	201.0	27.7	7.3			
11.		Dabar	486.42	117.9	13.8	8.5	236.0	0.49	
12.		Prološko Blato **	274.07	14.5	2.8	5.1			
13.		Bekija	261.88	225.0	55.0	4.1			
Ukupno :				652.9			12100.0*	(0.05)	U Gabeli

** - na teritoriju Hrvatske

1.5. Klimatske karakteristike sliva Neretve i Trebišnjice

Klima nekog područja predstavlja prirodni okvir u koji se smještaju i prilagođavaju, pored ostalog i životne aktivnosti i sustav za upravljanje i korištenje vodnih resursa. Parametri koji imaju najveći utjecaj na vodni režim su temperatura, količina i intenzitet padalina, evaporacija i evapotranspiracija. Na području većeg dijela Neretve i Trebišnjice vlada izmijenjena primorska klima sa svim svojim obilježjima. Padavinski režim evaporacije i evapotranspiracije na odabranim meteorološkim postajama Bosne i Hercegovine za niz od 30 godina, tj. 1961 do 1990. prikazan je tabelarno.

Karakteristične padaline na odabranim meteorološkim postajama prikazane su tabelarno.



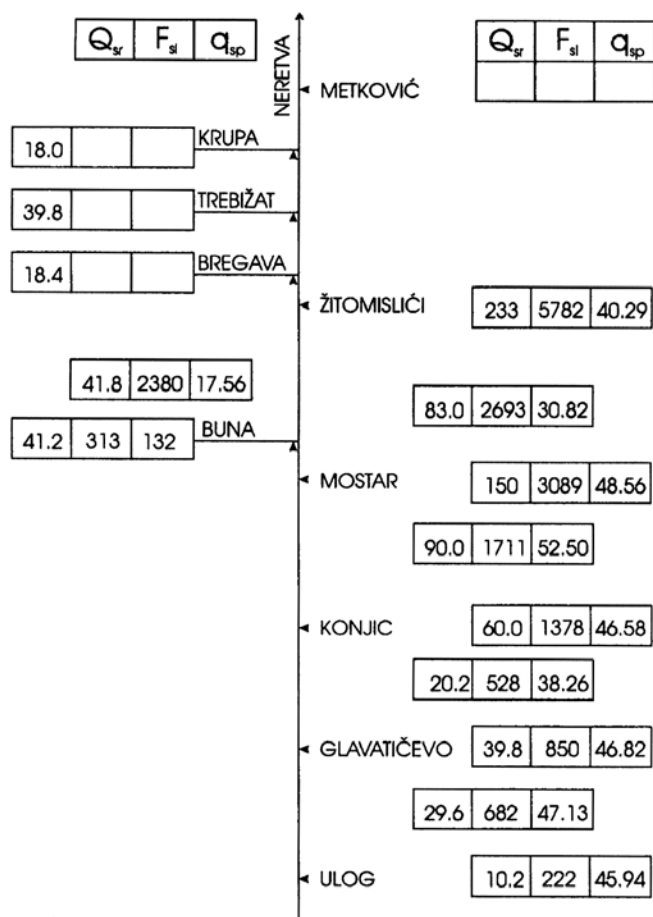
Tablica br. 2 – Karakteristične padaline na odabranim meteorološkim postajama

SLIV	KIŠOMJERNA STANICA	P _{mj} (l/m ²)												Pgod (l/m ²)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
BOSNA	SARAJEVO	71	67	70	74	82	91	79	71	70	77	94	85	931
	ZENICA	51	48	54	62	74	83	62	69	65	67	74	67	776
	DOBOJ	57	56	64	71	86	102	84	76	67	57	76	74	870
	TUZLA	59	55	61	76	92	111	94	84	64	56	71	72	895
	MODRIČA	61	52	62	76	76	100	95	70	69	54	79	77	871
SAVA	DERVENTA	60	60	64	77	81	103	92	77	72	64	81	75	906
	ORAŠJE	47	49	51	64	71	84	65	65	50	46	64	64	720
DRINA	FOČA	73	66	72	80	70	86	74	66	72	82	106	91	938
	GORAŽDE	55	52	51	67	68	80	63	69	68	68	86	71	798
	VIŠEGRAD	50	43	40	57	72	81	79	62	59	58	72	59	732
	ZVORNIK	59	61	62	76	95	101	101	86	68	56	78	74	917
UNA-SANA	BIHAĆ	86	91	99	115	116	109	107	109	108	109	146	111	1306
	PRIJEDOR	61	56	67	81	85	83	90	80	76	74	88	72	913
	SANSKI MOST	68	62	79	88	96	104	96	93	80	80	94	84	1024
	KLJUČ	68	68	71	96	96	115	101	86	92	85	103	88	1069
VRBAS	BUGOJNO	51	56	61	64	72	77	63	65	71	74	95	79	828
	JAJCE	60	61	66	70	87	96	82	78	75	68	91	80	914
	BANJA LUKA	69	63	79	87	98	111	95	93	82	72	91	86	1026
NERETVA	KONJIC	135	165	145	121	96	85	57	82	107	146	200	170	1509
	JABLANICA	163	176	176	148	109	97	54	92	124	183	460	230	2012
	MOSTAR	165	148	150	127	102	78	43	74	96	151	200	179	1513
CETINA	LIVNO	95	91	97	95	73	92	51	75	85	116	148	125	1143
	GLAMOČ	128	113	112	114	95	97	64	75	104	133	182	196	1413
	KUPRES	90	97	93	100	96	96	95	77	91	105	143	121	1204
TREBIŠNJICA	ČEMERNO	171	153	167	161	129	118	64	84	128	186	234	222	1817
	GACKO	162	155	139	131	120	93	57	72	131	197	227	236	1720
	BILEČA	168	156	139	128	102	81	57	75	129	171	215	212	1633
	TREBINJE	190	169	158	148	90	86	55	94	131	256	231	229	1837

Vrijednosti evaporacije i evapotranspiracije na odabranim postajama prikazane su tabelarno.

Tablica br. 3 – Vrijednosti evaporacije i evapotranspiracije na odabranim postajama

REDNI BROJ	METEOROLOŠKA STANICA	SLIV	PADAVINE (mm)	POTENCIJALNA EVAPOTRANSPIRACIJA PET PO TORNTHWITE-u (mm)	STVARNA EVAPOTRANSPIRACIJA SET= 0,85 PET (mm)	EVAPORACIJA SA VODENE POVRŠINE E=1.25 PET (mm)	P/E
1	SARAJEVO	BOSNA	913	553	470	691	1.321
2	ZENICA		776	576	490	720	1.078
3	DOBOJ		870	588	500	735	1.184
4	TUZLA		895	571	485	714	1.254
5	MODRIČA		795	585	497	731	1.087
6	DERVENTA	SAVA	906	569	484	711	1.274
7	ORAŠJE		720	615	523	769	0.937
8	FOČA	DRINA	938	572	486	715	1.312
9	GORAŽDE		798	557	473	696	1.146
10	VIŠEGRAD		732	588	500	735	0.996
11	ZVORNIK		912	588	500	735	1.241
12	BIHAĆ	UNA - SANA	1306	584	496	730	1.789
13	PRIJEDOR		913	591	502	739	1.236
14	SANSKI MOST		1024	584	496	730	1.403
15	KLJUČ		1069	581	494	726	1.472
16	BUGOJNO	VRBAS	828	534	454	668	1.240
17	JAJCE		914	570	485	713	1.283
18	BANJA LUKA		1026	582	495	728	1.410
19	KONJIC	NERETVA	1509	611	519	764	1.976
20	JABLANICA		2012	618	525	773	2.605
21	MOSTAR		1513	718	610	898	1.686
22	LIVNO	CETINA	1143	536	456	670	1.706
23	GLAMOČ		1413	493	419	616	2.293
24	KUPRES		1204	465	395	581	2.071
25	ČEMERNO	TREBIŠNJICA	1817	455	387	569	3.195
26	GACKO		1720	516	439	645	2.667
27	BILEČA		1633	632	537	790	2.067
28	TREBINJE		1837	688	585	860	2.136



Slika br. 3 - Prosječno otjecanje u slivu rijeke Neretve

NAZIV PODRUČJA	VODOTOK	UKUPNA POVRŠINA (ha)	POVRŠINA (ha)	
			IZGRADENO	1. PLAN ETAPA 2. PLAN ETAPA
Vid. Norin, D. Gabeosko Polje, Čapljinsko Polje	Neretva	1200	150	700 800
Višičko - Svitavsko - Deransko Polje	Neretva - Krupa	1600	300	1200 1300
Dubrave i Vidovo Polje	Neretva - Bregava	5200	180	2200 5200
Brotnjo	Neretva	3200	100	2000 3000
Vir - Posušje	Trebižat - Sliv Neretve	2800	-	300 2000
Bekijsko Polje	Vrlika - Trebižat - Neretva	5100	-	3000 3800
Ljubuško - Vitlinsko Polje sa dolinom Trebižata	Trebižat-Neretva	5700	2400	4000 4500
Raslok - Jezerac		1000	-	600 800
Mostarsko blato - širi sliv Ugrovača	Lištica - Neretva	5700	1000	1900 4800
Dolina Neretve - dio Čapljina - Buna	Neretva	600	-	300 300
Bijelo i Bišće Polje, Buna	Neretva - Buna	4000	1200	2000 3700
Popovo Polje	Trebišnjica - Neretva - Jadransko More	3900	900	2000 3000
UKUPNO:		78000	6230	20200 32700

Tablica br. 4 - Površine za navodnjavanje

Na većem dijelu slivova Neretve i Trebišnjice prevladava mediteranski karakter klime u vidu blagih zima s visokim ljetnim temperaturama i obilnim padalinama u hladnijem dijelu godine. Najblažu klimu ima dolina Neretve u njenom donjem i srednjem toku s bočnim poljima, Mostarskim blatom, Ljubuškim, Imotsko Bekijskim i Stolačkim poljem. Godišnja količina padalina kreće se između 1000 i 1500 mm, a ljetne temperature dostižu čak do 40° C. Ova godina

B. Sliv Trebišnjice

Na području sliva rijeke Trebišnjice na raspolaganju su bili samo podaci za:

1. Gatačko polje

rijeka Mušnica V.S. Srđevići sa procijenjenom slivnom površinom od 225 km², prosječnim proticajem 8.30 m³/s, odnosno specifičnim proticajem od 36.9 l/s/km²,

2. Nevesinjsko polje

- rijeka Zalomka V.S. Rilje

A = 176 km², Q = 4.68 m³/s odnosno q = 26.6 l/s/km²

- rijeka Zalomka V.S. Pošćenje

A = 512 km², Q = 10.79 m³/s odnosno q = 21.1 l/s/km²

3. Dolina Trebišnjice

- rijeka Trebišnjica V.S. Grančarevo

A = 1312 km², Q = 81.0 m³/s odnosno q = 61.7 l/s/km²

- rijeka Trebišnjica V.S. Gorica

A = 1557 km², Q = 93.6 m³/s odnosno q = 60.1 l/s/km²

Slika br. 4 - Prosječno otjecanje u slivu rijeke Trebišnjice

imala je izuzetno velike suše, tako da u dolini Neretve za preko 4 mjeseca kontinuirano nije bilo padalina, a temperature dostižu 38° C što se izuzetno loše odrazilo na poljoprivredne kulture i biološki minimum u vodotocima.

1.6. Potrebe vode za navodnjavanje na slivu Neretve i Trebišnjice

Potrebe vode za navodnjavanje prikazane su tabelarno. Ove površine planirano je navodnjavati za

prag planiranja do 2020. godine u površini 32700 ha što je očito nerealno očekivati. Za te površine u sezoni navodnjavanja trebalo bi angažirati oko 43,27 m³/s.

Danas se na ovim prostorima navodnjava cca 6 000 ha, od toga u natkrivenom prostoru cca 600 ha. Za navodnjavanje planiranih površina u budućnosti potrebno je osigurati vodu u postojećim i novim višenamjenskim akumulacijama, jer je očito da je u vodotocima nema dovoljno.

red br	MELIORACIJSKO PODRUČJE	V _b m ³ /ha/god	q ₁₆ l/s/ha	A ha	V _B 10 ⁶ m ³ /s	Q ₁₆ m ³ /s	MJESTA ZAHVATA VODE	Q _{sr.god} m ³ /s
1	Vid. Norin, D. Gabeosko Polje, Čapljinsko Polje	4900	1.37	800	3.90	1.10	Neretva	0.124
2	Višičko - Svitavsko - Deransko Polje	4900	1.37	1300	6.40	1.78	Neretva	0.203
3	Dubrave i Vidovo Polje	4000	1.33	5200	20.80	6.90	Neretva	0.660
4	Brotnjo	4000	1.33	3000	12.00	4.00	Neretva	0.380
5	Vir - Posušje	2600	1.08	2000	5.20	2.16	Tribistovo2	0.165
6	Bekijsko Polje	4000	1.33	3800	15.10	5.05	Vrlika (A Ričica)	0.480
7	Ljubuško - Vitinsko Polje sa dolinom Trebižata	4000	1.33	4500	18.00	6.00	Trebižat (A Klokun)	0.570
8	Rastok - Jezerac	4000	1.33	800	3.20	1.07	Trebižat (A Klokun)	0.103
9	Mostarsko blato - širi sliv Ugrovača	4000	1.33	4300	17.20	5.70	Lištica	0.545
10	Dolina Neretve - dio Čapljina - Buna	4900	1.37	300	1.47	0.41	Neretva	0.047
11	Bijelo i Bišće Polje, Buna	4900	1.37	3700	18.20	5.10	Neretva	0.578
12	Popovo Polje	4000	1.33	3000	12.00	4.00	Trebišnjica	0.381
UKUPNO:				32700	133.47	43.27		4.336
V _b	- bruto godišnja potreba vode po 1 ha							
q ₁₆	- bruto hidromodul navodnjavanja za 16 sati rada sustava							
V _B	- ukupna godišnja potreba vode za čitavo područje							
Q ₁₆	- potrebna količina vode u vrijeme najveće potrošnje za čitav sustav							
Q _{sr.god}	- prosječne potrebe u toku godine							

Tablica br. 5 – Potrebna količina vode za navodnjavanje

1.7. Obrana od poplava nizvodno od Čapljine do Metkovića

Nizvodno od Čapljine izgrađeni su popratni nasipi za zaštitu od poplava:

- Desna obala Neretve Čapljina Mogorjelo 1,80 km
- Donja Gabela 3,70 km
- Lijeva obala Neretve Tasovčići Klepci 1,80 km
- Klapci Tresano 3,90 km

Ovako regulirano korito prema gruboj procjeni može propustiti vodu u količini 1700 m³/s da pri tome ne dođe do prelijevanja nasipa. Izgradnja akumulacija na Neretvi i pritokama omogućava sigurnu obranu od poplava na skoro cijelom toku Neretve.

Svi podaci u ovom radu preuzeti su iz okvirne vodoprivredne osnove i okvirnog vodnogospodarskog koncepta rijeke Neretve i Trebišnjice s manjim komentarima od strane autora ovog rada. Glavni cilj ovog rada je da se pokaže da je vodni režim površinskih i podzemnih voda na slivovima rijeke Neretve i Trebišnjice u većoj mjeri promijenjen i poremećen prevođenjem voda, izgradnjom hidrotehničkih objekata, akumulacija, obrambenih nasipa i drugih građevina što ima utjecaj na male vode, biološki minimum i uvlačenje soli u ekosustav na donjem toku Neretve i Hutovu blatu.

1.8. Projekt regulacije Neretve od Čapljine do Metkovića

Posljednjih četrdeset godina često se govori o plovnosti rijeke Neretve od Metkovića do Počitelja, a ponekad i do Mostara, zašto ne? Pored toga govori se i o izgradnji luke na lokalitetu Čeljeva kako bi tu dolazile jahte i manji brodovi. Tada se izgleda nije puno razmišljalo što će biti s gusto naseljenim selima i intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom. Nije se razmišljalo ni o morskoj soli koja će koritom doći sve

do Čapljine, jer je tim projektom planirano dno reguliranog korita na starom mostu niže od razine mora za 1,5 m, a na mostu Tresane kod Gabele za 4,00 m što se vidi iz priloženog isječka uzdužnog profila kojiji je izrađen 1984 god. prema kojem je izvađeno više miliona m³ šljunka od Čapljine do Metkovića. Od prije dvije godine zaustavljena je eksploatacija šljunka, jer se uvidjelo da se morska sol pojavila u nekim bunarima i došla doušća Krupe u Neretvu.



Slika br. 6 – Pregrada na ušću Trebižata u Neretvu, Struge



Slika br. 7 – Most Tresana



Slika br. 5 – Stari Čapljinski most



Slika br. 8 – Ušće Krupe u Neretvu uzvodno od vodokazne postaje Dračevo



Slika br. 9 – Pogled na ustavu Svitavsko blato

2. ZAKLJUČCI

Na temelju kratke analize stanja na slivovima Neretve i Trebišnjice i nekih mojih dosadašnjih radova koje je ovdje nemoguće navoditi, mogu se izvući zaključci:

1. Biološki minimum voda, posebno u Deranskom blatu je ugrožen, a time i biljni i životinjski svijet u ovoj močvari. Ovo je posljedica klimatskih promjena i smanjenog dotoka voda iz rijeke Bregave i Trebišnjice podzemnim putovima, posebno iz Popovog polja zbog prevođenja voda na hidroelektranu Plat, što se vidi iz slike br. 1. Minimalne vode koje otiču iz Deranskog blata cijene se na oko 0,5 – 1,0 m³/s. Dana 28. 07. 2003. Hrvatski radio javlja da je na vodomjernoj postaji u Metkoviću izmjerena vodostaj 0,5 m, te da je to najniži u posljednjih 80 godina na Neretvi.
2. Male vode u donjem toku Neretve koje na profilu u Žitomisliću iznose oko 52 m³/s znatno su umanjene zbog navodnjavanja u zoni vegetacija. Prema podacima iz Župnih ureda na prostoru od Počitelja do Donje Gabele ima 1200 domaćinstava tako da svako domaćinstvo u prosjeku ima jednu crpku koja crpi u prosjeku 1,3 L/s što iznosi cca 1.560 L/s Ovo znatno snižava razinu podzemnih voda, te se zbog toga u ovim bušotinama sve više pojavljuje morska sol.
3. Morska sol ulazi u prazan prostor bilo putem pukotina ili granularne sredine, jer je prostor ostao bez tlaka slatke vode radi prevođenja voda, isušivanja krških polja, odvodnjavanja prostora i močvara i regulacije vodotoka. Dogodilo se brže otjecanje, dreniranje i isušivanje krša. Male vode na dan 26.08.2003. bile su: Mostar 50 m³/s; Buna s Bunicom 2,76 m³/s; Žitomislići 53 m³/s i Humac – Trebižat 0,894 m³/s.
4. Projekt "Regulacija Neretve" iz 1984. godine predviđa regulaciju od Čapljine do Metkovića s lukom u Čeljevu kojom bi se omogućila plovidba jahtama i manjim brodovima do Počitelja, tako da je projektirano produbljenje korita od 1,5 do 4 m ispod razine mora što direktno dovodi more i morsku sol do Čapljine i Hutova blata putem rijeke Neretve i Krupe. Što bi to značilo za poljoprivrednu proizvodnju, komentar je suvišan.

5. Najavljene klimatske promjene koje imaju za posljedicu izdizanje mora za posljednjih sto godina cca 40 cm, a za narednih stotinu još 40 cm pomažu nadiranjju soli na sadašnje kopno i podzemlje.

3. Prijedlog rješenja

Treba raditi suprotno od onoga što radimo u donjem toku Neretve. Treba raditi na izdizanju vodnog ogledala do potrebite visine čime bi se spasila močvara Hutovo blato, zaustavilo nadiranje morske soli i omogućio daljnji razvoj navodnjavanja u dolini Neretve. Ovo se može postići izgradnjom ekološki prihvatljive pregrade u profilu Dračeva, neposredno ispod ušća Krupe u Neretvu. Pregrada bi bila visine cca 6 m tako da bi uspor dolazio sve do Čapljine. Stvorio bi se neslućeni prostor za rekreaciju, sportove na vodi, turizam povezan s Hutovim blatom i mnoge druge koristi o kojima sam pisao u nekim drugim časopisima. Vode koje se dovode u drugoj fazi prevođejnja voda sa Fatničkog polja u Bilećku akumulaciju i one ako dođe do treće faze prevođenja voda sa Gatačkog i Nevesinjskog polja, čija količina iznosi $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ nakon korištenja na HE Trebinje jedan i dva, treba voditi izgrađenim kanalom kroz Popovo Polje na PHE Čapljina, a ne na HE Plat kako se sada planira. Na ovaj način bi se obogatile male vode De-

ranskog blata i nekih krških vrela, kao i donjeg toka Neretve. Pregrada na Neretvi bi se mogla i energetski koristiti kako je to navedeno u nekim materijalima, tj. bila bi samoodrživa. Na pregradi bi bila izgrađena prevodnica i riblja staza kako ne bi bio ugrožen životinjski svijet u vodi, a čamci i lađe bi mogli dolaziti u Hutovo Blato i dalje do Čapljine pa čak i Počitelja. Brana može biti izgrađena od različitih materijala i kombinacija kao pneumatska ili sa prelivnim poljima ili pak odvođenjem vode bočno ma malu hidroelektranu vezano za moguću obranu od poplava.

Sa ove pregrade mogle bi se uzeti potrebne količine slatke vode i voditi gravitacijski u deltu Neretvu za navodnjavanje poljoprivrednih površina.

4. Literatura

1. Hidrologija, Mato Goluža 1999. Mostar
2. Okvirna vodoprivredna osnova 1994. Sarajevo
3. Vodnogospodarski koncept dijela rijeke Trebišnjice, ZZV Mostar 1996.
4. Hidrogeologija krša, Petar Milanović
5. Dokumentacija Elektroprivrede HZ HB Mostar
6. Idejni projekt "Regulacija Neretve od Čapljine do Metkovića"
7. Konferencija o klimatskim promjenama u Kjotu 1997.



Teče Neretva kroz Mostar

Snimio: M. Lončarević

KOEFICIJENT BUJIČAVOSTI I NJEGOV UTJECAJ NA BRZINU KRETANJA VODE (I. DIO)

Karakteristika bujičnih tokova je opterećenost vode nanosom. Usljed zasićenosti vode nanosom dolazi do gubitka brzine kretanja vode kako u prirodnim vodotocima tako i u vještački izgrađenim regulacijama, kanalima, kinetama i sl. Voda opterećena nanosom gubi na svojoj brzini, pošto mora da dio svoje kinetičke energije utroši na rad prenošenja čvrstih masa. Količina nanosa koju voda može da primi i prenese je ograničena, jer ukoliko je veća količina sve će se više smanjivati sila koja djeluje na kretanje nanosa, tako da dolazi do taloženja prvo krupnijih pa zatim sitnijih komada dok ne dođe do općeg taloženja.

Za utvrđivanje realne srednje brzine vode u prirodnim ili vještačkim tokovima, koja služi za različite potrebe neophodno je uzeti u obzir ovaj momenat.

Sadržaj nanosa u bujičnom toku igra važnu ulogu kod definisanja hidrauličkog režima i hidrauličkih otpora u koritu bujičnog vodotoka, posebno kod određivanja srednje brzine kretanja vode opterećene nanosom.

1. HIDRAULIČKI OTPORI U KORITU I HRPAVOST KORITA BUJIČNIH TOKOVA

Hidraulički režim bujičnih vodotoka je izrazito turbulentan sa izraženom prostornom neravnomjernošću strujanja. Bujični tokovi, prema psamološkim karakteristikama, se mogu definisati kao dvofazni tokovi. Oni se odlikuju pored tečne faze i sa znatnim učešćem čvrste faze (nanosom). Koncentracija čvrste faze može ponekad da bude tolika da bujični tok gubi sve osobine fluida i u bujičnu lavu se pretvara. Ova bujična lava je gusta smješa vode i nanosa, i

ona se niz strme padine i u bujičnim koritima kreće pod dejstvom gravitacije. U takvim slučajevima koncentracija nanosa (čvrste faze) može da bude i veća od 1000 kg/m^3 , što izaziva i povećanje zapreminske mase bujične vode. Kod definisanja hidrauličkog režima i hidrauličkog otpora u koritima bujičnih vodotoka, važnu ulogu igra sadržaj nanosa u bujičnom toku.

Za bujične tokove možemo reći da su to prirodni vodotoci koji se odlikuju specifičnim hidrološkim, hidrauličkim i psamološkim karakteristikama. Hidrološke karakteristike bujičnih tokova su velike hronološke varijacije vodostaja i proticaja bujične vode kao i sezonska kolebanja ovih parametara koja mogu biti velika. U toplim periodima godine bujični tokovi često presuše. Opća karakteristika bujičnih tokova je da se hidrološki režim odlikuje čestom pojavom bujičnih poplavnih talasa koji su kratkotrajni, ali sa vrlo brzim nadolaskom.

Koeficijent trenja, odnosno njegova veličina prema Graf-u najviše zavisi od odnosa:

$$\frac{R}{d_{50}}$$

Graf je predložio sljedeću empirisku relaciju.

$$\sqrt{\frac{8}{\lambda}} = 5,75 \cdot \log \frac{R}{d_{50}} + 3,25$$

gdje su:

λ = koeficijent otpora;

R = hidraulički radijus korita;

d_{50} = prečnik zrna nanosa na 50% učešća sa granulometrijske krive za nanos sa dna korita bujičnog vodotoka.

Hidrauličke otpore koji se javljaju, Herheulidze je tretirao preko Maningovog koeficijenta hrapavosti "n". On pritom polazi od naučne pretpostavke da hidraulički otpori prvenstveno zavise od srednje krupnoće nanosa u bujičnom koritu d_{sr} . Veza između "n" i d_{sr} prema Herhenlidzeu daje se u obliku:

$$n = \alpha \cdot d_{sr}^z$$

gdje su:

n = Maningov koeficijent hrapavosti;
 α = Koriolisov koeficijent;
 z = eksponent koji je po Herheulidzeu jednak 1/6.

Herhenlidze povezuje analizu hidrauličkih otpora sa transportnim kapacitetom toka za suspendovani nanos. On polazi pritom od uslova da vertikalna komponenta turbulentne brzine pri dnu toka \bar{v}' mora biti veća od srednje hidrauličke krupnoće suspendovanog nanosa " ω ". Hidraulička krupnoća predstavlja brzinu padanja čestica nanosa (u mirnoj vodi) i srazmjerna je njihovoj krupnoći. Herhenlidze uspostavlja relaciju d_{sr} , ω i \bar{v}' sa koeficijentom hrapavosti "n" na osnovu mehanizma podizanja čestica nanosa sa riječnog dna u suspenziju preko turbulentnih pulzacija toka, i dobija se relacija na taj način:

$$n = \frac{1}{A} \cdot \frac{(R \cdot i)^z}{\omega_b^{2 \cdot z}}$$

gdje su:

n = koeficijent hrapavosti;
 A = konstanta koja zavisi od zapremine mase nanosa, koncentracije nanosa i Koriolisovog koeficijenta (prema Herheulidzeu, A = 10);
 R = hidraulički radijus korita;
 i = pad ogledala vode;
 ω_b = bezdimenzionalni parametar hidrauličke krupnoće suspendovanog nanosa, koji se dobija po formuli:

$$\omega_b = \frac{\omega}{\omega_o}$$

gdje su:

ω = vrijednost hidrauličke krupnoće suspendovanog nanosa pri nekoj vrijednosti zapremine koncentracije nanosa u vodi (što se više povećava zapreminska koncentracija nanosa u vodi smanjuje se vrijednost hidrauličke krupnoće);
 ω_o = inicijalna vrijednost hidrauličke krupnoće suspendovanog nanosa za slučaj kada je zapreminska koncentracija nanosa u vodi (s) blizu nuli ($S \approx 0$).

S. Petković ističe da se često u literaturi iz riječne hidraulike nalaze empiriske formule koje uvode pojavu "granulomorfološka hrapavost", tj. otpor usljed hrapavosti dna korita. Jedna od tih formula glasi:

$$n = 0.041 \cdot d_{50}^{1/6}$$

gdje su:

n = koeficijent hrapavosti;
 d_{50} = prečnik zrna nanosa na 50% učešća, sa granulometrijske krive za nanos sa dna korita bujičnog vodotoka.

U jednačinama za utvrđivanje koeficijenta brzine, javlja se koeficijent hrapavosti (γ , n, m), koji je dat u tabeli broj 7, a inače vrijednost tih koeficijenata mogu se naći u tabelama publikovanim u mnogim hidrotehničkim knjigama, ili se određuje putem proračuna kada je to moguće. Prema Sribnom se koeficijent može sračunati po sljedećoj formuli:

a) za rijeke koje ne nose nanos:

$$\frac{1}{n} = \frac{6,5}{\sqrt[4]{J}}$$

gdje je:

n = koeficijent hrapavosti;
 J = pad ogledala vode (kod kanala to je i pod dna kanala).

b) za tokove koje nose bujični nanos:

$$\frac{1}{n} = \frac{6,5}{J^{1/4} \cdot (\varphi \cdot \gamma_1 + 1.0)^{1/2}}$$

gdje je:

n = koeficijent hrapavosti;
 J = pad ogledala vode;
 γ_1 = zapreminska masa nanosa u suhom stanju, u t/m^3 ;
 φ = koeficijent zapremine mase, koji se dobiva iz sljedećeg izraza:

$$\varphi = \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma_1 - \gamma_m}$$

gdje je:

γ_m = zapreminska masa bujične vode u t/m^3 ;
 γ = zapreminska masa čiste vode u t/m^3 .



Sl.1 Uređenje korita bujičnog toka po francuskom sistemu

2. KOEFICIJENT BUJIČAVOSTI

Za realno utvrđivanje srednje brzine kretanja vode u bujičnim tokovima koji su opterećeni nanosom, potrebno je u proračun uvesti "modulus zasićenosti bujičnog toka nanosom" ili kako se u stručnoj literaturi naziva "koeficijent bujičavosti vode". Za određivanje brzine vode u tokovima opterećenih nanosom postoji niz teoretskih i empirijskih formula.

Pitanje izbora jedne od tih formula za proračun brzine vode je jedan od važnih faktora, posebno pri projektovanju hidrotehničkih objekata.

Brzina bujičnog toka određuje se iz brzine vodenog toka sa uvođenjem popravnog koeficijenta (koeficijenta bujičavosti), koji zavise od sadržaja tvrde faze (nanosa) u bujičnom toku.

Ukoliko protiče čista voda, koritom jednog vodotoka, sa srednjom brzinom V_{sr} i protokom Q , specifičnom masom q , imaćemo da je količina kretanja jednaka:

$$q \cdot Q \cdot V_{sr}$$

Ako sada u taj vodotok sa istom protokom dospije nanos u razmjeri α (gdje α predstavlja koeficijent koji ukazuje na odnos između veličine zapremine vode i zapremine nanosa) od protoke čiste vode Q imaćemo sljedeću količinu kretanja:

$$[q \cdot Q + \alpha \cdot Q(q_n - q)] \cdot V'$$

Ove količine kretanja su jednake pa imamo:

$$q \cdot Q \cdot V_{sr} = [q \cdot Q + \alpha \cdot Q(q_n - q)] \cdot V'$$

iz čega proizilazi da je:

$$V' = V_{sr} \cdot \frac{q}{q + \alpha \cdot (q_n - q)}$$

Izraz $\frac{q}{q + \alpha \cdot (q_n - q)}$ se označava sa K i naziva se

koeficijent bujičavosti.

U gornjim izrazima su:

Q = protoka čiste vode;

q = zapreminska masa čiste vode;

q_n = zapreminska masa bujične vode sa nanosom

V_{sr} = srednja brzina vode;

V' = srednja brzina vode opterećene nanosom;

α = odnos zapremine bujičnog nanosa u jedinici zapremine bujične vode.

Odnos zapremine nanosa i zapremine vode (α) može se sračunati na sljedeći način:

$$\alpha = \frac{Q_n}{Q_v}$$

gdje je:

Q_n = pronos bujičnog nanosa u jedinici vremena;

Q_v = proticaj velike vode u m^3/sek .

Pronos bujičnog nanosa u jedinici vremena (Q_n) može se odrediti primjenom više formula kojima se dobija maksimalni pronos ukupnog (vučenog i suspendovanog) nanosa u jedinici vremena (sekundi) za vrijeme trajanja bujičnog poplavnog talasa. Ovdje će se prikazati formule Herheulidzea i Gavrilovića.



Sl.2 Pravolinijska kineta sa kaskadama u koritu jednog bujičnog toka

Formula J. J. Herheulidzea

Jraklije Herheulidze postavio je sljedeći obrazac za utvrđivanje pronosa bujičnih nanosa u jedinici vremena:

$$Q_n = \frac{2 \cdot m \cdot \varphi \cdot Q_v}{\gamma_n} \dots m^3 / sek$$

gdje je:

Q_n = pronos bujičnog nanosa u jedinici vremena u m^3/sek ;

m = stepen bujičnosti područja, čije vrijednosti idu od $m = 0,5$ za područja sa jedva primjetnim erozivnim procesima do $m = 1,5$ za područja sa pretjerano jakim erozionim procesima (tabela 1);

φ = koeficijent "odnosa količine nanosa prema padu bujičnog korita" čije vrijednosti su prikazane u grafikonu 1;

Q_v = proticaj velike vode za određenu visinu bujične kiše (određenu vjerovatnoću pojavljivanja) u m^3/sek (proračun vršiti na jedan od poznatih načina);

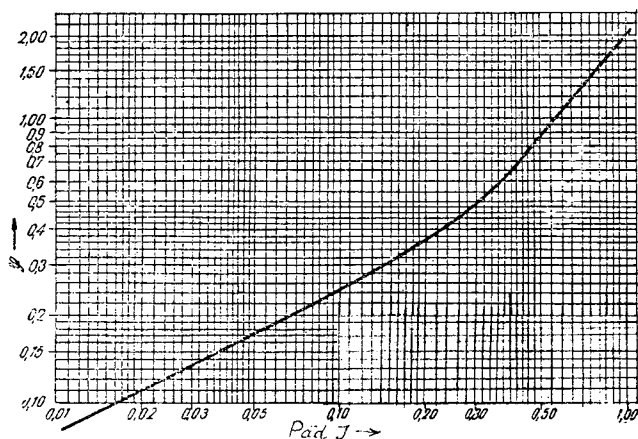
γ_n = srednja zapreminska masa ukupnog (vučenog i suspendovanog) bujičnog nanosa u prosječnom iznosu izraženo u t/m^3 .

Pored empirijskih formula pomoću kojih se može odrediti odnos zapremine bujičnog nanosa u jedinici zapremine bujične vode (α) postoji i vrlo jednostavan način pomoću uzimanja uzorka. Ovim načinom određuje se (α) uzimanjem uzorka najjače zamućene bujične vode u staklenu menzuru od 1000 cm^3 . Menzura se ostavi da miruje 24 sata, a zatim se očita visina mutnog dijela bujične vode pri dnu menzu-

re. Taj broj izražen u zapreminskim jedinicama (cm^3) podjeljen sa ukupnom zapreminom menzure (1000 cm^3) daje traženu vrijednost " t/m^3 ".

Uzeti uzorak može da posluži i za utvrđivanje vrijednosti srednje zapreminske mase ukupnog (vučenog i suspendovanog) bujičnog nanosa (Q_n). To se može izvršiti tako što se izmjeri težina menzure sa uhvaćenom bujičnom vodom (sa nanosom) i od te težine oduzmemo neto težinu menzure bez vode. Ta razlika predstavlja vrijednost " γ_n ".

Grafikon br.1 ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA φ



Izvor: S. Lazarev

Formula S. Gavrilovića

S. Gavrilović je u svom radu "Klasifikacija bujičnih tokova Grdeličke klisure i kvantitativni režim njihovih nanosa" prikazao analizu mogućnosti primjene stepena bujičavosti " m " po Herheulidzeu u našim uvjetima. U tim analizama je utvrđeno da se početne vrijednosti za stepen bujičavosti područja " m " previ-

Tabela br. 1 STEPEN BUJIČAVOSTI PODRUČJA PREMA J.J. HERHEULIDZEU

Izvor: S. Lazarev

Kategorija područja	Razvijenost procesa erozije u bujičnom području	Stepen bujičnosti područja	
		od - do	Srednji
I	Vrlo izrazita bujična područja procesi erozije vrlo jaki	1,0-1,5	1,4
II	Izrazita bujična područja, jaki procesi erozije	0,9-1,1	1,0
III	Srednje izražena bujična područja osrednji procesi erozije	0,7-0,9	0,8
IV	Slabo izražena bujična područja, slabi procesi erozije	0,5-0,7	0,6

soke za naše uvjete, pa je predložena korekcija ove vrijednosti u izrazu "koeficijent erozije područja" (Z).

Pošto postoji praktični interes za pretvaranje "stepena bujičavosti" (m) po Herheulidzeu u vrijednost "koeficijenta erozije područja" (Z) po Gavriloviću napravljena je tabela odnosa "m" i "Z" (tabela br.2).

Tabela br.2 ODNOS VRIJEDNOSTI KOEFICIJENATA "m" i "Z"

Vred. „m“	Vred. „Z“	Vred. „m“	Vred. „Z“	Vred. „m“	Vred. „Z“
0,5	0,1	0,8	0,55	1,2	1,1
0,55	0,2	0,85	0,6	1,25	1,2
0,6	0,25	0,9	0,7	1,3	1,25
0,65	0,3	1,0	0,8	1,35	1,3
0,7	0,4	1,05	0,9	1,4	1,4
0,75	0,5	1,1	1,0	1,5	1,5

Izvor: S. Gavrilović

Na osnovu ove nove vrijednosti koeficijenta erozije (Z), koja je nastala u kombinaciji istraživanja Herheulidzea i Gavrilovića, došlo se do novog izraza za određivanje proticaja erozionih nanosa (zajedno vučenih i suspendovanih), koji glasi:

$$Q_n = Z \cdot e \cdot Q_{\max/sr} \dots m^3/sek$$

gdje je:

Q_n = proticaj vučenog i suspendovanog nanosa za prosječnu visinu bujične kiše tokom prosječne godine, izraženo u m^3/sek ;

$Q_{\max/sr}$ = maksimalni proticaj vode za računsku bujičnu kišu tokom prosječne godine;

Tabela br.3 KOEFICIJENT EROZIJE (Z)

Izvor: S. Gavrilović

Kategorija razornosti	Jačina erozionih procesa u koritu i slivu	Tip vladajuće erozije	Koeficijent erozije „Z“	Srednja vrednost koef. „Z“
I	Ekscesivna (preterana) erozija	dubinska mešovita površinska	1,51 i više 1,21—1,50 1,01—1,20	1,25
II	Jaka erozija	dubinska mešovita površinska	0,91—1,00 0,81—0,90 0,71—0,80	0,85
III	Osrednja erozija	dubinska mešovita površinska	0,61—0,70 0,51—0,60 0,41—0,50	0,55
IV	Slaba erozija	dubinska mešovita površinska	0,31—0,40 0,25—0,30 0,20—0,24	0,30
V	Vrlo slaba erozija	tragovi erozije	0,01—0,19 i manje	0,10

e = koeficijent zasićenosti bujičnog toka nanosom, koji zavisi od visine bujične kiše i zapreminske mase nanosa i može da se izračuna po sljedećoj formuli:

$$e = \sqrt{\frac{h}{\gamma_n}} + h$$

gdje je:

h = visina prosječne godišnje bujične kiše izražena u metrima;

γ_n = zapreminska masa bujičnog nanosa (vučenog i suspendovanog) izraženog u tonama/ m^3 ;

Z = koeficijent erozije područja, čije su vrijednosti date u tabeli br.3, a analitički se mogu odrediti po sljedećoj formuli:

$$Z = y \cdot x \cdot a \cdot (\varphi + \sqrt{I_{sr}})$$

gdje su:

Y = srednja recipročna vrijednost koeficijenta otpora zemljišta na eroziju čije su vrijednosti date u tabeli 4;

$x \cdot a$ = koeficijent uređenja sliva ili erozionog područja (x = zaštićenog sliva prirodnim uvjetima – a = zaštićenost sliva vještački stvorenim uvjetima, antierozionim tehničkim ili biološkim radovima u slivu ili erozionom području). Vrijednosti su date u tabeli br.6.;

φ = koeficijent brojnog ekvivalenta vidljivih i jasno izraženih procesa erozije u slivu ili erozionom području (tabela br.5);

I_{sr} = srednji pad sliva ili erozionog područja.

Tabela br.4 SREDNJA RECIPROČNA VRIJEDNOST KOEFICIJENTA OTPORA ZEMLJIŠTA NA EROZIJU (y)

Redni broj	Tipovi zemljišnih tvorevina i srodne vrste	Srednja vrednost koeficijenta Y
1	Peskovi, šljunak i nevezana zemljišta	2,0
2	Les, tufovi, slatine, stepska zemljišta i sl.	1,6
3	Raspadnuti krečnjaci i laporci	1,2
4	Serpentini, crveni peščari, flišne naslage	1,1
5	Podzoli i parapodzoli; raspadnuti škriljci: mikašisti, gnajšisti, argilošisti i sl.	1,0
6	Jedri i škriljasti krečnjaci; crvenice i humusno silikatna zemljišta	0,9
7	Gajnjače i planinska zemljišta	0,8
8	Smonice, ritske oranice i močvarna zemljišta	0,6
9	Černozom i aluvijalni nanosi dobre strukture	0,5
10	Goli, kompaktni eruptivi	0,25

Izvor: S. Gavrilović

Tabela br.5 KOEFICIJENT BROJNOG EKIVALENTA (φ)

Redni broj	Uslovi koji utiču na vrednost koeficijenta	Srednja vrednost koef. φ
1	Sliv ili područje potpuno obuhvaćeno jaružastom erozijom i urvinskim procesima (dubinska erozija)	1,0
2	Oko 80% sliva ili područja pod brazdastom i jaružastom erozijom	0,9
3	Oko 50% sliva pod brazdastom i jaružastom erozijom	0,8
4	Ceo sliv pod površinskom erozijom: raspadine i osuline, nešto malo brazda i jaruga (dubinska erozija), kao i jaka kraška erozija	0,7
5	Ceo sliv pod površinskom erozijom, ali bez vidljivih dubinskih procesa (brazde, jaruge, odroni i sl.)	0,6
6	Zemljište sa 50% površine obuhvaćeno sa površinskom erozijom, dok je ostali deo sliva očuvan	0,5
7	Zemljište sa 20% površine obuhvaćeno površinskom erozijom, dok je 80% sliva ili područja očuvano	0,3
8	Zemljište u slivu bez vidljivih tragova erozije, ali u koritima vodotoka ima manjih odrona i kliženja	0,2
9	Sliv bez vidljivih tragova erozije, ali pretežno pod oranicama	0,15
10	Područje ili sliv bez vidljivih tragova erozije kako u slivu tako i u koritu vodotoka, ali pretežno pod šumama ili višegodišnjom vegetacijom (livade, pašnjaci i sl.)	0,1

Izvor: S. Gavrilović

Tabela br.6 KOEFICIJENT UREĐENJA SLIVA (X·a)

Redni broj	Uslovi, koji utiču na vrednost koeficijenta „X” i „a”	Srednja vrednost		
		„X”	„a”	„X·a”
<i>I. Sliv ili područje pre antierozionih radova</i>				
1	Potpuno golo, neobrađivo zemljište (goleti)	1,0	1,0	1,0
2	Oranice sa oranjem uz i niz brdo	0,9	1,0	0,9
3	Voćnjaci i vinogradi bez prizemne vegetacije	0,7	1,0	0,7
4	Planinski pašnjaci i suvati	0,6	1,0	0,6
5	Livade, detelišta i slične višegodišnje poljoprivredne kulture	0,4	1,0	0,4
6	Degradirane šume i šikare sa erodiranim zemljištem	0,6	1,0	0,6
7	Šume ili šikare dobrog sklopa i obrasta	0,05	1,0	0,05
<i>II. Sliv ili područje posle antierozionih radova</i>				
1	Oranice sa konturnim oranjem (pravac izohipsi)	0,9	0,7	0,63
2	Oranice dobre nege i zaštićene mulčiranjem	0,9	0,6	0,54
3	Konturno-pojasna obrada sa plodoredom (oranice)	0,9	0,5	0,45
4	Konturni voćnjaci i vinogradi	0,7	0,45	0,315
5	Terasiranje zemljišta oranica, terase i gradoni	0,9	0,4	0,36
6	Zatrabljivanje golih zemljišta i melioracije pašnjaka i suvata	0,6	0,5	0,30
7	Izrada konturnih rovova srednje gustine	0,6	0,4	0,24
8	Retardacioni vodoputevi, mikroakumulacije	0,9	0,3	0,27
9	Obično pošumljavanje u jame ili na pruge	1,0	0,2	0,2
10	Pošumljavanje uz izradu gradona	1,0	0,1	0,1
11	Uređivanje korita vodotoka tehničkim objektima: kanalizacije, kinetiranje, izgradnja pregrada, gabiona i sl.	1,0	0,7	0,7

Izvor: S. Gavrilović

Koeficijent bujičavosti "K" je uvijek manji od jedinice. Tako da je brzina čiste vode uvijek veća od brzine vode opterećene nanosom, što je logično, jer se dio kinetičke energije troši na rad prenošenja (transporta) nanosa. Koeficijent bujičavosti je stoga vrlo značajan element za proračun srednje brzine vode u bujičnim tokovima.



Sl.3 Konsolidaciona pregrada koja je u izvjesnoj mjeri zaustavila snažne pokrete obalskih padina u svom uzvodnom djelovanju



Bujični tereni na prostoru Bosne i Hercegovine nažalost nisu rijetki

Snimio: M. Lončarević

NJIH NE TREBA ZABORAVITI

AKADEMIK PROF. JOSIP BAĆ

U z A. Trumića i S. Mikuleca još jedan akademik i profesor Građevinskog fakulteta iz te generacije je, na svoj poseban način, veoma zaslužan za razvoj savremene vodoprivrede u BiH.

To je Josip Bać, inženjer, profesor Rječne hidrotehnike i hidrotehničkih melioracija, naučnik, isto toliko, a vjerovatno i više poznat po dostignućima na području balneohidrologije i balneotehnike. U posljednjem periodu svoje bogate, istrajne i uporne aktivnosti proslavio se uspješnim istraživanjem i dobijanjem pitke vode dubokim bušenjem na bezvodnim područjima krša.

Ovaj veliki čovjek i po konstituciji, sportskom držanju i duhu, koje je zadržao iz mladih dana aktivnog bavljenja sve do noćnog nadzora nad bušenjima na terenu u osmoj deceniji života, bio je jedan od rijetkih koji nije tražio pa ni spominjao novac za svoj rad i evidentne rezultate.

Možda baš zbog takve skromnosti i povučenosti bio je više poznat i priznat u inostranstvu nego u zemlji. Ali kada se sagleda samo spisak njegovih djela, svako ostaje impresioniran.



Rođen je 1902. godine u Prijedoru. Osnovnu i srednju školu završio je u Sarajevu 1921. godine. Studije tehnike započeo je u Beču, a zatim, nakon dužeg prekida, nastavio u Pragu, gdje je diplomirao 1936. na hidrotehničkom odsjeku Tehničke visoke škole.

Po završetku studija radio je kao hidrotehnički inženjer pri državnim ustanovama u raznim krajevima kraljevine Jugoslavije, najviše na području Bosne i Hercegovine. Od godine 1945. obavlja dužnost šefa Hidrotehničkog odsjeka Ministarstva građevina BiH.

Univerzitetskom nastavničkom aktivnošću bavi se od 1948, prvo na Saveznoj visokoj školi za planско gazdovanje u Sarajevu, a od 1950. na Poljoprivredno-šumarskom fakultetu u Sarajevu u svojstvu vanrednog profesora. Od 1959. vanredni je profesor na Građevinskom odsjeku Tehničkog fakulteta u Sarajevu (predmeti: Rječna hidrotehnika i Hidrotehničke melioracije). Nakon habilitacije izabran je 1965. za redovnog profesora na istom fakultetu.

Godne 1967. izabran je za dopisnog, a 1973. redovnog člana Akademije nauka i umjetnosti BiH.

Osim nastavničkog rada, izuzetne rezultate postigao je na području balneohidrologije i balneotehnike. Originalnim koncepcijama rada i uspješnim rezultatima u korištenju mineralnih i termalnih vrela, kao i velikim brojem radova istaknuo se kao izuzetan stručnjak na tom području (Ilidža, Banja Vrućica, Fojnica, Kiseljak, Višegrad, Gradačac, Vitina kod Zvornika, Banja Koviljača, Smederevska Palanka, Viča kod Prokuplja, Banja Keževica, Lipik, Istarske Toplice, Stubičke Toplice, Varaždinske Toplice, Rogaška Slatina, Radenci, Rimske Toplice, Bad Tatzmannsdorf, Bad Mitterndorf, Schönau, Radkersburg, Urach, Casamiccioli).

Važan je i njegov doprinos istraživanjima na dobijanju pitke vode u kršu dubinskim bušenjima na mjestima tektonskih poremećaja. Ta metoda uspješno je primijenjena u Slanom kod Dubrovnika, Studencu kod Mostara, Ostrošcu kod Duvna, u krugu Sarajevske pivare, Cazinu i Velikoj Kladuši.

Sudjelovao je na više međunarodnih naučnih skupova. Napisao je nekoliko desetina elaborata, stručnih i naučnih radova itd.

Za uspjehe i zalaganja u stručnom i naučnom radu primio je nekoliko odlikovanja, među ostalim Orden zasluga za narod sa srebrnim zrcima (1965) i Orden rada sa crvenom zastavom (1971) te austrijski Orden velikog počasnog znaka (1966) za zasluge za Saveznu pokrajinu Burgenland (Gradišće). Dobitnik je velikog broja nagrada, među ostalim 27-julske nagrade (1974), Nagrade ZAVNO-BiH-a (1979), 6. april-ske nagrade grada Sarajeva, počasnih priznanja, povelja, plaketa i dr.

Studenti pamte Profesora Baća kao interesantnog predavača koga su slušali sa velikom pažnjom. Djelovao je strogo, pomalo čak namrgođeno, dok ga bolje ne upoznate. Na predavanjima, na ispitu i u svim susretima studentima se obraćao sa "kolega" ili "drugi kolega". Nije to bio samo formalni gest ljubaznosti, cjelokupan njegov odnos zračio je istinskim poštovanjem "mlađih kolega".

A u svoj svojoj i za studente impresivnoj ljudskoj veličini se pokazao kada je, istina rijetko, zadnjih pet minuta časa (pošto je završio planirano predavanje), sjeo na katedru i pričao o svojoj mladosti i prvim inženjerskim poslovima.

Pored osnovne aktivnosti kao univerzitetski profesor i naučnik Josip Bać se, kako je već kratko navedeno, proslavio na još dva polja.

Paralelno sa uspjelom pedagoškom aktivnošću, prof. Bać se, zajedno sa profesorima A. Trumićem, S. Mikulecom i dr., uključuje u istraživačku djelatnost Zavoda za hidrotehniku, u čijoj aktivnosti do izražaja dolazi njegova originalnost i specifična sklonost ka hidrobalneologiji i dubinskim zahvatima vode u kršu.

Bogatstvo termomineralnih voda u BiH dolazi do izražaja upravo zahvaljujući radovima profesora Baća. Njegova razvijena tehnika dubinskih zahvata bušenjem otkriva znatno veće izdašnosti termomineralnih izvorišta od ranije predviđanih. Ovom tehnikom rada prof. Bać kaptira i povećava izdašnost termomineralnih vrela u BiH, Sloveniji, Hrvatskoj i Srbiji. Uspjesi na ovim kaptadžama afirmišu prof. Baća i van zemlje i po pozivu iz Austrije, Italije i SR Njemačke vrši značajne kaptadžne radove i u ovim zemljama.

Ovakvom reputacijom prof. Bać uvodi inverzni postupak u međunarodnoj razmjeni nauke i tehnike. Do pojave njegovog imena na području hidrobalneologije na našim prostorima su djelovali isključivo strani stručnjaci, a zahvaljujući prof. Baću naša zemlja daje potrebne naučne usluge zemljama, koje su ranije decenijama praktično vodile našu hidrobalneologiju.

Pored ovoga, od posebnog značaja su i studije profesora Baća vezane za pojave termi i kiseljaka duž Busovačkog rasjeda i balneotehnička rješenja korištenja termomineralnih voda i ugljičnog dioksida

na prostoru sliva r. Bosne, koje će služiti budućim generacijama kao podloga za djelatnost na području hidrobalneologije. Za ovako značajnu djelatnost prof. Bać je dobio više društvenih priznanja, a postao je i počasni građanin Teslića, Rogaške Slatine i G. Radgone.

Aktivnost profesora Baća na istraživanju i uspješnom kaptiranju pitke vode u bezvodnim (ili vodom siromašnim) kraškim područjima zahtijevala bi dosta prostora za jedan potpuniji prikaz. Pogotovo ako bi se u opisu tih poduhvata obuhvatilo i oduševljenje i radost kada se ugleda veliki mlaz kvalitetne vode iz duboke bušotine npr. u Slanom kod Dubrovnika ili Duvnu – Tomislavgradu. Koliko je to značilo za turizam, odnosno za razvoj tih područja, ne treba naglašavati.

Ovdje će se malo više osvijetliti jedan od njegovih najvećih uspjeha iz domena vode za piće, realizovan u osmoj deceniji života kada, kako je sâm rekao, nije mogao da odbije molbu da pomogne.

Na području opština Velika Kladuša i Cazin krajem sedamdesetih godina prošlog stoljeća je uveliko krenula realizacija velikih, ambicioznih planova "Agrokomerc"-a, a raspolagali su sa samo 20-tak litara vode u sekundi.

Potrebe planiranih farmi, prerađivačkih i proizvodnih pogona procjenjivale su se na stotine l/s, a svi raniji istraživači su konstatovali da na ovom kraškom platou, visoko iznad erozionog bazisa Une, nema izgleda da se nađu ni znatno manje količine.

A onda je pozvan akademik Bać.

Kladuša je na izvorištu Kvrkulja imala samo 7 l/s vode. Po završetku istraživanja, pri čemu su sve bušotine dubine i do 150 m bile produktivne i uspješne, kaptirano je i u novi vodovodni sistem uključeno 138 l/s.

Na drugom lokalitetu Dabravine bušenim bunarima do 248 m dubine dokazane su još veće količine, a tome treba dodati i bušotine u Trnovi, Vrnograču i Cazinu, gdje su takođe kaptirane količine vode veće od tamošnjih potreba.

Na skoro svakom poslu, ovdje – možda u manjoj mjeri, nervirao se i ljutio zbog kvaliteta radova na bušenju, nesavjesnosti izvođača, ponekad i podvala. Zato je njegov jedini uslov bio da odabere izvođača. Polazeći od sebe, nije mogao da prihvati opšti pad kvaliteta radova. To se odnosilo i na projektante. Zato se Zavod za vodoprivredu smatrao počastvovanim, kad bi ga predložio da projektuje vodovod, a projektantima je saradnja sa profesorom bila veliko zadovoljstvo i učenje..

"Profesor Bać je otkrivajući ova izvorišta otklonio nedostatak vode - vijekovima prisutan na tom području, koji je bio limitirajući faktor daljeg razvoja i otvorio mogućnosti ubrzanijeg rasta privrednih i društvenih tokova."

To su riječi predsjednika Skupštine opštine Velika Kladuša. Tom prilikom su "za nesebično zalaga-

nje, uložene napore i postignute rezultate". Profesoru Baću uručene Plakete Skupština opština Velika Kladuša i Cazin.

Posebno je tada izraženo veliko poštovanje za ljudske osobine Josipa Baća, entuzijazam, ljubav prema poslu, odgovornost i želju da pomogne. Kao i za "požrtvovan rad bez obzira na vremenske uslove, i zimi i ljeti, i danju i noću dežurajući na terenu ili očekujući rezultate bušenja. Unio je u posao dio sebe i ljubav prema svom pozivu sa jednim ciljem da uspije," dodao je predsjednik Opštine u svom govoru. A za sav taj rad nikada nije tražio novčanu naknadu.

Ove riječi zaista najbolje osvjetljavaju odnos prema poslu i ljudski lik prof. Baća.

Kad je riječ o naknadi za rad i postignute rezultate i o odnosu prema novcu korisno je dodati i dva detalja. Investitori su se često mučili kako da mu se oduže, a da on to prihvati. A kada bi na putu svratili negdje da popijete kafu ili piće nikome nije dozvoljavao da ga spriječi u plaćanju računa. Rekao bi da zato ima dnevnicu, kao da je i njegovi saputnici nisu imali.

Metod i koncepcija prof. Baća u istraživanju pitke vode na kršu zasnivale su se na otkrivanju rasjednih zona, kroz koje se vode podzemno kreću sa odgovarajućih slivnih površina na višim kotama ka nižim. Pri tome se služio topografskim i geološkim kartama i pažljivim rekognosciranjem terena. Samo jednom mu je omogućeno korišćenje helikoptera za tu svrhu, a koliko je poznato do savremenih satelitskih snimaka nikada nije došao. Kada bi se opredjelio za određeni rasjed i lokaciju na njemu, išao bi direktno na strukturne bušotine.

Obično bi tražio tri bušotine i to je jedina sigurnost, koju je u ovom delikatnom i rizičnom poduhvatu ostavljao. Uspješne bušotine bi se kasnije proširile i opremile kao probno-eksploatacioni bunari.

Kada bi prethodno ocijenio da postoje velike šanse za uspješan zahvat vode, znao je da kaže da za posao on odgovara moralno, jer za materijalnu odgovornost nije imao adekvatno pokriće – skromno bi dodao.

A za moralnu odgovornost Josip Bać je zaista imao veliko pokriće. Njegova etika je bila na vrlo visokom nivou.

Hidrogeolozi ga većinom nisu simpatisali, valjda zato što im "preuzima" poslove ili što uspijeva tamo, gdje oni često prije njega nisu. Tako je uglavnom izostala podrška od onih, koji su je mogli pružiti.

To je vjerovatno i glavni razlog što za ovaj originalan metod rada nije dobio pravog nasljednika iako je, naročito u posljednjoj deceniji aktivnosti, nastojao da nekom prenese svoje bogato znanje i iskustvo.

Očekivao je da će neki mlađi kolega sa istim požrtvovanjem i predanošću prilaziti tom poslu. Ali očigledno potencijalni kandidati ili nisu bili spremni ili nisu mogli da to prihvate od drugih obaveza.

Tako je, sticajem okolnosti, tolika velika djela i brojne uspješne poduhvate, kojima bi se i neki veći institut sa timovima specijalista mogao sa ponosom pohvaliti, ostvario gotovo sâm jedan "usamljeni jahč".

Ali, vanserijski, specifičan, originalan i, bar do sada, u tom domenu istraživačkog i inženjerskog stvaralačkog rada, neprevaziđen.

Literatura i izvori:

- M.Riđanović; Prijedlog za odlikovanje J.Baća, Sarajevo 1982.
- Hrvatski biografski leksikon, Zagreb, 1983.
- Prigodna riječ povodom jubileja Akademika Prof. Josipa Baća, Vel. Kladuša, 1982.
- Vlastita sjećanja autora ovog članka)



Ljepotama Une sigurno se oduševljavao i prof. Bać

Snimio: M. Lončarević

FEDERALNO MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, VODOPRIVREDE I ŠUMARSTVA SARAJEVO
MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE, ŠUMARSTVA I VODOPRIVREDE REPUBLIKE SRPSKE BIJEIJINA

c o p i n g w i t h w a t e r s c a r c i t y



2007
world water day
22nd March 2007
svjetski dan voda
22. Mart 2007.



b o r b a s a n e s t a š i c o m v o d e

svaka

kap je

važna



ISSN 1512-5327
9 771512 532006