

VODNA

ČASOPIS AGENCIJE ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE SARAJEVO

2009
Godina XIII

64



UVODNIK

D. Hrkaš
UVODNIK

AKTUELNOSTI

A. Pećanac
BUDUĆNOST NA RUBU MOČVARE

KORIŠTENJE VODA

H. Mešić, N. Hodžić
JESU LI I KAKO RJEŠIVI PROBLEMI
GUBITAKA VODE U VODOVODNIM SISTEMIMA

ZAŠTITA VODA

S. Trožić-Borovac, I. Kurtović
ISPITIVANJE KVALITETA VODE POTOKA ŽUNOVNICA

T. Kupusović, D. Selmanagić, S. Milanolo
STUDIJA SLUČAJA DVOSTEPENOG AEROBNOG
TRETMANA OTPADNE VODE IZ INDUSTRIJE
PROIZVODNJE ČIPSA U FBIH

S. Kodžić
IDEJNO RJEŠENJE ZA PRERADU
OTPADNIH VODA GRADA JABLANICE

ZAŠTITA OD VODA

B. Čavar
PRORAČUN KORISNIH (MALIH) VODA I
ODREĐIVANJE UKUPNOG GODIŠNJEG PROTICAJA
VODA U BUJIČNIM PODRUČJIMA

VIJESTI I ZANIMLJIVOSTI

B. Knežević
INŽINJERSKA HIDROLOGIJA –
PRIKAZ KNJIGE PROF. HUSNE HRELJE



Autor kolor fotografija u ovom broju je inž. Mirsad Lončarević.

Fotografije su snimljene u dolini Vrbasa i Plive.

"VODA I MI"

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

<http://www.voda.ba>

Izdavač:

Agencija za vodno područje rijeke Save
Sarajevo, ul. Grbavička 4/III
Telefon: ++387 33 56 54 00
Fax: ++387 33 56 54 23
E-mail: dilista@voda.ba

Glavna urednica:

Dilista Hrkaš, dipl. žurn.

Savjet časopisa: Predsjednik: Sejad Delić, direktor AVP Sava; Zamjenik predsjednika: Ivo Vincetić, predsjednik Upravnog odbora AVP Sava; Članovi: Haša Bajraktarević-Dobran, Građevinski fakultet Sarajevo; Enes Sarač, direktor Meteorološkog zavoda; Božo Knežević; Faruk Šabeta.

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

Idejno rješenje korica: DTP STUDIO Studentska štamparija Sarajevo

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

Štampa: PETRY d.o.o. 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,

Ovim uvodnikom ćemo vam ukratko predstaviti jedan naš novi projekat koji smo završili na samom kraju prošle godine, a promovisali u prvoj polovini februara ove godine. Riječ je o jednoj informativno-edukativnoj publikaciji namijenjenoj djeci u osnovnim školama na temu: "VODE BOSNE I HERCEGOVINE". Radno smo taj projekat nazivali kalendarom za djecu, što on u jednom dijelu svog sadržaja i jeste (ima odštampan datumar odnosno kalenadrij), ali koji je koncipiran tako da kada protekne jedan mjesec, odnosno cijela godina, taj se dio makazama odreže i ostane 13 strana ilustrovane priče o različitim aspektima voda. Na primjer, na samom početku se govori o globalnoj raspodjeli vode na planeti, zatim o stanju voda u našoj zemlji, pa onda o upravljanju vodama, i tako redom slijede priče o vodi i zdravlju, vodi i ekologiji, vodi i energiji, zaštiti voda i još mnogo toga što treba znati o vodi kao o dragocjenom i nezamjenjivom prirodnom resursu.

Publikacija je štampana u nekoliko hiljada primjeraka i distribuirana je u osnovne škole na području Federacije BiH a promocija je održana u zeničkoj

osnovnoj školi "Meša Selimović". Tom prilikom je direktor škole Mevludin Gazija između ostalog rekao i ovo "... Ovakve publikacije su veoma dobrodošle u nastavnim ali i vannastavnim aktivnostima i ja sam siguran da će itekako biti od koristi djeci u školama, kao i mojim saradnicima, jer je koncipirana i urađena tako da je privlačna, "pitka", razumljiva i iznad svega vrlo, vrlo poučna."

I mi se kao izdavači nadamo da ćemo postići zamišljeni cilj da kod nekoliko desetina hiljada mladih probudimo ili dopunimo i razvijemo svijest i saznanje o važnosti vode, njenom čuvanju i korištenju na pametan i odgovoran način.

Kako izgleda ta publikacija, svi vi dragi čitaoci, možete vidjeti na našoj web stranici: **www.voda.ba**

Ovdje ćemo samo kao ilustraciju dati fotografiju jedne stranice publikacije (srednje strane) i jednu fotografiju sa promocije u Zenici.

HRKAŠ



Vrijedni đaci OŠ "Meša Selimović" u biblioteci



Detalj sa promocije publikacije

Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.

2. FEBRUAR - SVJETSKI DAN MOČVARE

BUDUĆNOST NA RUBU MOČVARE

Ekološka udruženja BiH i susjedne Hrvatske jedinstvena su u stavu da je projekat “Gornji horizonti” u istočnoj Hercegovini nedovoljno istražen i sagledan iz više aspekata, a posebno onog koji se odnosi na okoliš i održivi razvoj i da iz sadašnjeg ugla gledano postoji potencijalna opasnost za prirodna bogatstva tog područja, pa se čini kao da se sve radi samo u korist privatnog kapitala! Kao argumentacija takvog stava se navode mogući problemi u prekomjernom saliniziranju delte Neretve, te promjena režima voda njenih pritoka Bune, Bregave i Bunice. To bi, vjerovatno, direktno uticalo i na prirodni rezervat Hutovo blato...

Rezervat Hutovo blato, stanište velikog broja biljnog i životinjskog svijeta, mogao bi u takvoj situaciji dobrim dijelom i nestati, došlo bi i do većih klimatskih promjena u čapljinjskom kraju - tvrde ekolozi a i biolozi i redom ističu da ugroženost Parka prirode Hutovo blato može imati nezamislive posljedice. Jer, puno je i inače udaraca koje čovjek svakodnevno zadaje prirodi, a ona onda uzvraća na način kako to najmanje očekujemo i želimo. Najsvježiji, tužno simbolični, je da je baš na Dan močvara 2.februara ove godine, zbog plavljenja Popovog polja proglašena prirodna nepogoda u neumskom zaleđu (mada je Popovo polje i prije hidrotehničkog uređenja imalo gotovo redovnu ekstremnu hidrološku pojavu suše odnosno poplave, kada je i nastala čuvena rečenica:

Dan vlažnih područja ove godine obilježava se pod sloganom “Uzvodno - nizvodno: Vlažna područja povezuju sve nas”, a glavna tema je upravljanje riječnim bazenima. Još prije dvadesetak godina močvarna područja smatrana su beskorisnim i leglom bolesti, a danas se zna da su najbogatiji i najugroženiji ekološki sistema koje svijet mora zaštititi po svaku cijenu. Močvarna područja su značajna za hidrološke i ekološke procese, ali i za ukupni biodiverzitet u svijetu. Produkcijom ribljeg fonda močvare obezbjeđuju veliki ekonomski benefit čovječanstvu. Više od dvije trećine svjetskog ulova ribe ovisi od stanja močvarnih područja. Vlažna područja omogućuju snabdijevanje vodom u poljoprivredi, proizvodnji drvne građe, skladište vode i umanjuju opasnost od katastrofalnih poplava.

Kad line-pline, kad grane-plane!), a direktor Parka prirode Hutovo blato Nikola Zovko pozvao mjerodavne da obiđu teren i uvjere se u razmjere za ovo područje prave elementarne nepogode. - Ptice bježe, a štete su već sada ogromne, ne samo u materijalnom smislu, nego i činjenici da su uništena mnoga stani-



šta životinja po kojim smo i poznati diljem svijeta - rekao je Zovko. Ovome svakako treba dodati i činjenicu da je ovo iznimno vrijedno područje frontalno napadnuto sa svih strana.

Sve je neodgovorniji ulazak čovjeka u ovaj park majke prirode. U poslijeratnoj neimaštini Hutovo blato i njegova bogatstva našla su se na meti mnogih koji bi se njima željeli okoristiti na nezakonit način. Ekološka udruženja zalud upozoravaju da je na dje-lu izlov ribe, lov na ptice močvarice, kopanje treseta i nekontrolisana sječa drveta. Kopanje treseta kojim se oplemenjuje zemlja u plastenicima postao je unosan biznis. Cijena jedne traktorske prikolice natovarene tresetom dostigla je 150 KM. Riba se ubija oštivima, dinamitom i električnom enegrijom, ptičiji fond koji se nekad iskazivao sa preko 350 različitih vrsta ptica močvarica je desetkovan, nestalo je nekadaš-

njih livada koje su počivale na tresetu. Ljudskim nemarom izazvani požari gotovo pa redovno javnost upozoravaju na štete koje prouzrokuju ovom dragulju prirode... Zabrinutost za njegovu budućnost razumljiva je. A moglo je i može još uvijek, sa malo volje, razumijevanja i ljubavi da se uradi puno više i da Hutovo blato očuva unikatni biodiverzitet i planetarnu vitalnost, te profitira i na globalnom planu, da bude zlatna koka nosilja u turističkoj ponudi BiH.

Kolijevke svijeta

Slika uzmicanja pred profitom kratkog daha i odsustvo brige za očuvanje biološke raznolikosti, tipična za bh. stvarnost, međutim, preslikava i tešku nevolju u kojoj su se našle bare, močvarni rukavci rijeke i jezera, močvare mangrove, slane močvare, prijska močvarna područja i lagune koje su nekada pokrivale više od šest posto Zemljine kopnene mase. Toliko mnogo ih je isušeno radi poljoprivrede, uništeno usljed zagađenja, ili su ih isušili ljudi koji teže za razvojem, da je otprilike polovina površine močvara na planeti nestala. Nestale su i nestaju isušivanjem i melioriranjem u obradive površine, intenzivnim povećanjem potrošnje vode za potrebe proizvodnje električne energije, industrije, poljoprivrede i domaćinstva, te postaju onečišćena komunalnim i industrijskim vodama, pesticidima i otpadom. Močvarna staništa, jedna od najvećih vrijednosti biološke raznolikosti - uz koje je vezano više od 40 posto vrsta biljaka i životinja - danas su, uistinu, najugroženiji ekološki sistemi: samo u posljednjih 50 godina izgubljeno je 50 posto močvarnih područja u svijetu. Kada se zna da je, uz biološku raznolikost, vrijednost močvar-



nih staništa vezana uz kontrolu poplava, obnavljanje podzemnih voda, učvršćivanje obala i zaštitu od vremenskih nepogoda u obalnim područjima, zadržavanje hranjivih tvari i sedimenata, ublažavanje klimatskih promjena i pročišćavanje vode, onda je jasno koliko štete trpi čovječanstvo od njihovog laganog umiranja. Nadalje, močvare su i su genetske banke biološke raznolikosti, staništa brojnih gospodarski važnih biljnih i životinjskih vrsta. Nasreću, ima i onih koji stoljećima priznaju neprocjenjivu vrijednost gospodarenja močvarama, pogotovo zbog proizvodnje hrane. Kina i Indija, uz druge azijske zemlje koje ih u tome slijede, predvodnice su u proizvodnji riže u svijetu. Uzgajana u močvarnim rižinim poljima, za gotovo polovinu svjetskog stanovništva riža je glavni prehrambeni artikl. S druge strane, iako neki tvrde da su SAD i Kanada na vrijeme počele uviđati važnost močvara i bara za proizvodnju riže i brusnica, činjenica je da je u Sjedinjenim Državama nestalo 50 posto močvarnog područja. Kanada zaostaje za manje od 10 posto, ali su razaranja u porastu. Časopis *Sports Illustrated* izvijestio je da su dijelovi Sjeverne Dakote u Sjedinjenim Državama 90 posto suhi. Bez obzira na njihovu ekološku vrijednost, za mnoge ratare močvare su smetnja i prepreka za njihove poljoprivredne strojeve. Svega dvadesetak godina unazad močvarna područja smatrana su nepotrebnim, prljavim izvorima različitih bolesti. To vjerovanje dovelo je do uništavanja najbogatijih ekoloških sistema. S ciljem sprečavanja daljnje devastacije, 116 država svijeta 2. februara 1971. godine u iranskom gradu Ramsaru potpisale su tzv. Ramsarsku konvenciju kojom se obavezuju na očuvanje močvara na vlastitoj teritoriji. Uvrštavanjem u Ramsarski popis, takvi lokaliteti dobivaju status prirodnog dobra koje predstavlja bogatstvo cjelokupnog čovječanstva. Svjetski dan močvarnih staništa obilježava se od 1997, a do sada je Konvenciju potpisalo 158 zemalja, upisavši u Ramsarski popis više od 1.636 močvarnih područja, čime je obuhvaćena ukupna površina od gotovo 145.737,908 ha. Jedno od najvećih dostignuća Ramsarske konvencije je popis močvara od međunarodne važnosti.



Od lovišta do zaštićenog bisera submediteranske močvare

Vratimo se Hutovom blatu, našem močvarnom blagu, koje tako olako prepuštamo tihom umiranju. Hutovo je na Ramsarsku listu uvršeno 2001., a iz BiH je na listu 2007. upisana i močvara Bardača kod Srpcā na ušću Vrbasa u Savu, s površinom od 3500 ha. Unatoč devastaciji od strane čovjeka, Hutovo blato i dalje u svjetskim razmjerama slovi kao jedna od najbolje očuvanih močvara u Evropi i jedno od najvećih zimovališta ptica na evropskom tlu. Gotovo da nema relevantnog svjetskog naučnog štiva koje ne valorizira značaj Hutovog blata, parka prirode, kao jedinstvene submediteranske močvare. Močvara je interesantna i značajna sa ornitološkog, ihtiološkog, znanstvenog, ekološkog i turističkog stajališta. Smješteno na jugu Hercegovine, u tipičnom kraškom ambijentu, kao iznimno stanište brojnih biljnih i životinjskih vrsta, Hutovo blato spominje se od davnina. Prema posljednjim istraživanjima, na ovom području registrirano je 240 vrsta ptica iz 39 porodica, 23 vrste riba iz 12 porodica i oko 640 biljnih vrsta. Da je Hutovo blato zaista specifičan akvalni kompleks, govori i podatak da u njegovim vodama žive i riblje vrste slanih voda. One dolaze iz Jadranskog mora Neretvom i Krupom, a najčešće vrste su evropska jegulja i cipal glavaš. Ornitofaunistički rezervat Hutovo blato osnovan je 1954., a 1995. Hutovo blato je zaštićeno kao Park prirode. Međunarodni savjet za zaštitu ptica ICBP Hutovo blato je 1998. uvrstio na listu međunarodnih staništa ptica. Potom je 2001. Park prirode Hutovo blato upisan u listu močvara od međunarodne važnosti po metodologij Ramsarske konvencije i registrirano pri UNESCO-vom Direktoratu u Parizu. Ova zelena oaza s obiljem vode u kojoj je uvjete za život našao veliki broj biljnih i životinjskih vrsta, nedavno je skrenula pažnju javnosti i zbog senzacionalnog otkrića ostataka ilirskih brodova. Izuzetna ljepota izvorne prirode posljednjih godina sve je privlačnija turistička destinacija u ponudi ekoturizma Bosne i Hercegovine. Hutovo blato prostire se na gotovo osam hiljada hektara neretvanske doli-



ne. Reljef, klima, vegetacija i izobilje vode tokom cijele godine stvaraju povoljne stanišne uvjete za veliki broj biljnih i životinjskih, posebno ptičijih vrsta. Zahvaljujući prostranim vlažnim površinama, močvarnim staništima, kao i povoljnim utjecajima sredozemne klime, Hutovo blato je tokom zime pogodno odmaralište za patke, liske i brojne druge ptice pristigle iz sjevernijih dijelova Evrope, za zimovanje guščarica i šljukarica, te gniježđenje evropski ugroženih vrsta poput različitih čaplji ili malog vranca. Osim ornitološke, i biološka osobitost Hutovog blata je neprocjenjiva. Rijetko koje mjesto na svijetu može se pohvaliti tako velikim brojem vrsta na tako malom području. Žila kucavica Hutovog blata je rječica Krupa, (dužina Krupe iznosi devet kilometara, a prosječna dubina joj je oko pet metara), koja vode Deranskog i Svitavskog blata odvodi u Neretvu. Ovo je jedinstvena rijeka u Evropi, jer ima osobinu da teče u oba smjera, od "vrela" prema ušću, ali i od ušća prema "vrelu", jer je pad njenog korita manji od jednog metra, pa se kod visokog nivoa i velikog protoka događa da voda rijeke Neretve potisne Krupu prema Deranskom jezeru. Rijeka Krupa zajedno s podzemnim vodama rubnog kraškog područja uvjetuje vodni režim, a time i sveukupne životne uvjete u ovom močvarnom ekološkom sistemu. Hutovo blato teritorijalno pripada općinama Čapljina i Stolac, a prostire se na močvarnom, ravničarskom i brdovitom terenu, sa nadmorskom visinom od 1 - do 432 m. Ovo područje udaljeno je petnaestak kilometara od Jadranskog mora, tako da je pod velikim uticajem sredozemne klime. Slijevajući se u udoline i depresije kraške ponornice i površinske vode sa okolnih područja stvaraju veći broj jezera, jaruga, plesna i rijeku Krupu i osiguravaju visok nivo podzemne vode. Tako visok nivo podzemnih voda utiče na pojavu stalnih i povremenih izvora i vrela. Jezera Hutovog blata predstavljaju prave kriptodepresije, jer se dna pojedinih jezera nalaze ispod nivoa mora (Jelim 18 m). Najveća jezera Hutovog blata su: Deransko, Jelim, Drijen, Orah,

Škrka i Svitava. Svitavsko jezero je vještačka akumulacija, nastala izgradnjom hidroelektrane Čapljina. Sva jezera su međusobno povezana velikim brojem kanala i jaruga.

640 biljnih vrsta

Cjelokupni biljni pokrivač Parka prirode može se podijeliti na četiri tipa vegetacije: vodenu, močvarnu, livadsku i šumsku. Zahvaljujući povoljnim ekološkim uvjetima i utjecaju mediteranske klime, na prostoru Parka prirode po posljednjim istaživanjima projekta *Life* utvrđeno je više od 640 biljnih vrsta. Na okolnim brdima nailazimo na elemente makije, karakteristične za submediteransko područje. Šmrika (*Juniperus oxycedrus*) L. i zelenika (*Phylirea media*) L. kara-

Ptice močvarice - barometar ekološkog zdravlja kontinenta

Zabrinuti pojedinci i organizacije za zaštitu divljači podižu danas glas za očuvanje močvarnog staništa divljači. Smatra se da su močvarna područja presudna, jer su ptice močvarice barometar ekološkog zdravlja kontinenta. Prema navodima časopisa *U.S. News & World Report* "smanjenje velikog broja patki odraz je napada na okoliš na mnogim različitim frontovima: kisele kiše, pesticidi, iznad svega, uništavanje miliona hektara neprocjenjivih močvara." Devedeset posto kalifornijskih obalnih slanah močvara uništeno je, izvijestio je časopis *California*, i svake godine nestaje daljnjih sedam hiljada hektara. Jedna vrsta jelena (*Cervus nanodes*) živi još samo u nekoliko raspršenih predjela. Patke i guske se svake godine u smanjenom broju vraćaju u svoja zimovališta, kojih je sve manje. Mnoge močvarne vrste samo što nisu izumrle. Oni čiji životi ovise o preživljavanju svjetskih močvara tiho vape u pomoć.

kteriziraju se tamnozelenom bojom, najveće površine su na Crnom brdu, po čemu je i dobilo naziv, jer izgleda crno iz daljine.

Samo na jednom lokalitetu, i to izdvojenom otoku u samoj močvari, zastupljena je lovorika (*Laurus nobilis*) L. U vegetacijskoj skupini koja okružuje Hutovo blato od drveća zastupljeni su: crni jasen (*Fraxinus ornus*) L., crni grab (*Ostrya carpinipholia*) Scop., koščela (*Celtis australis*) L., itd., a od grmova u ovom prostoru zastupljeni su šipak (nar) (*Punica granatum*) L., drača (*Paliurus spina christi*) Mill., tilovina (*Petteria ramentacea*) Presl., drijen (*Cornus mas*) L., itd. Od prizemne flore zastupljenije vrste su: kadulja (*Salvia officinalis*) L., smilje (*Helichrysum italicum*) (Roth.) Mill. Corr. Guss., vrijesak (*Satureja montana*) L. itd. Od vrsta vodene vegetacije nazastupljeniji je lokvanj (*Nuphar luteum*) L., lopoč (*Nymphaea alba*) L., itd. Dalje se smjenjuje močvarna vegetacija sa vrstama: rogoz (*Typha angustifolia*), zatim dolazi pojas trske i šaša (*Phragmites communis*) Trin., ovaj pojas na nešto višim terenima smjenjuje pojas ljutika (*Cladium mariscus*) (L.) Pohl., i dalje busenasti šaš (*Carex elata*) All. Od drvenastih vrsta u depresiji Hutovog blata nalaze se: rakita (*Salix purpurea*) L., bijela vrba (*Salix alba*) L., bijeli dud (*Morus alba*) L., smokva (*Ficus carica*) L., jasen (*Fraxinus angustifolia*) L., itd. Lako uočljiva zonalnost vegetacije uz nezaobilazni utjecaj vode predstavlja idealne uvjete za bogatstvo ptičije populacije. Važna karakteristika vegetacije Hutovog blata je ta prirodna revitalizacija močvarnog jasena (*Fraxinus angustifolia*) L. koji nastanjuje prostore stare postojbine.



Najveće zimovalište ptica u Evropi

Ptice su najveće bogatstvo Hutovog blata, područja koje se nalazi na jednom od četiri migratorna puta ptica iz Sjeverne i Srednje Evrope prema Aziji i Africi. U periodu seobe ptica one uz povoljne abiotičke (klima, geografski položaj, voda, tlo i dr.) i biotičke uvjete (vegetaciju, mikro i makro faunu, i dr.) na prostoru Hutovog blata nalaze obilje hrane, tišine i mira za odmor, te je zbog toga ovaj prostor od davnina prepoznat kao važno stanište ptica močvarica. Inače, ovo močvarno stanište smatra se jednim od najvećih zimovališta ptica u Evropi. Bijela čaplja (*Egretta alba*), najzastupljenija ptica, simbol je i zaštitni znak ovog parka prirode. Od gmizavaca se izdvaja zmija krivosas (*Elaphe quatuorlineata*), za koju se vežu mnogobrojne legende na ovim prostorima. Mo-

Kriza vode

Na čovjekovom putu uništavanja Zemljinih močvara dešava se pogubna situacija: on štetno djeluje na njeno najdragocjenije i najkritičnije bogatstvo - vodu. Mnogi svjetski naučnici predvidjeli su vrijeme kada će čista voda postati najoskudniji resurs na Zemlji. "Ili ćemo uspjeti ograničiti rasipanje vode, ili ćemo do 2000. umirati od žeđi", najavljeno je na Svjetskoj konferenciji Ujedinjenih naroda o vodi 1977. Ova zloslutna upozorenja nalažu da se sa vodama gospodari s punim poštovanjem. Međutim, u utrci za uništenjem močvara, čovjek ozbiljno ugrožava taj najpotrebniji resurs. Močvare pomažu u pročišćavanju vodenih površina - rijeka i potoka. Neki vodonosni slojevi ne pune se više čistom vodom, nego su onečišćeni otpadnim tvarima i zagađivačima, i to sve na našu štetu. Voda koje je nekad bilo u mnogobrojnim močvarama, iscrpljena je, doprinoseći toj nestašici. Od prostranih obalnih slanih močvara do malih slatkovodnih močvara i bara u unutrašnjosti, pa sve do prerijskih močvarnih područja u Sjedinjenim Državama i Kanadi, glavni arhitekt močvara jest voda. Močvare su područja na kojima je zemljište pokriveno vodom cijele godine ili je pokriveno samo u vrijeme poplava. Daljnja vrsta su obalne, ili plimne, močvare. Budući da je većina močvara karakteristična po bujnoj vegetaciji - travama, šašu, rogozu, drveću i grmlju - one podržavaju život raznolikih biljaka, riba, ptica kao i životinjskog svijeta širom planete. Neke obalne i vodene ptice učinile su močvare svojim prebivalištima. Više od stotinu vrsta njih tokom proljetne migracije ovisi o tim plitkim oazama. Mnoge močvare staništa su ogromne populacije gusaka i patka - divlje patke, zelenokrile krljuže, američke glavate patke. Ta područja također pružaju hranu i utočište životinjama kao što su aligator, američki dabar, bizamski štakor, vizon i sjevernoamerički los. I druge životinje, uključujući medvjeda, jelena i rakuna, koriste močvare. One služe kao mrijestilišta i uzgajališta za većinu riba. Procjenjuje se da životni ciklusi 200 vrsta riba i velikih količina rakova potpuno ili djelomično ovise o močvarama.

že narasti do 2,5 m, a hrani se uglavnom ribama i žabama. Prema nedavno obavljenom istraživanju projekta *Life* popisano je 163 vrsta ptica iz 39 porodica (ptice selice ili ptice kojima je ono stalno obitavalište). Prema sezonskom statusu, najveći broj vrsta pripada zimovalicama (53 vrste).

Najviše ih je registrirano u vrijeme jesenje i proljetne seobe, a veliki broj vrsta ptica zadržava se i na zimovanju i gniježđenju, kada na ovom prostoru boravi i do nekoliko desetaka hiljada jedinki raznih vrsta ptica. Uz povoljne klimatske uvjete i obilje hrane, određeni broj ptičijih vrsta ostaje tokom cijele godine na prostoru Hutovog blata, gnijezdi se i podiže svoje mlade.

Specifičan akvalni kompleks

Voda je oduvijek, posebno u kršu, dobivala mit-ska obilježja. Bogatstvo voda i njihova povezanost s morem preko Neretve i Krupe, uvjetuje bogat riblji svijet. Međutim, iako je Hutovo blato od davnina poznato po izlovu jegulja i šarana, danas je riblji fond

osiromašen. Uveliko promijenjen vodni režim Neretve i njenih pritoka, a naročito narušavanje prirodne ravnoteže izgradnjom HE Čapljina, poremetili su kretanje i sastav riba. Danas u vodama Hutovog blata živi 22 vrste riba iz 12 porodica od kojih su endemske vrste podustva (*Chondrostoma kneri*) Heckel, 1843., zubatak (*Salmo dentex*) Heckel, 1854., neretvanski vijun (*Cobitis nerentana*) Linnaeus, 1758, Glavočići Knipowitschia punctatissima croatica i Knipowitschia sp. Najpoznatije vrste su obični šaran (*Cyprinus carpio*) Linnaeus 1758, linjak (*Tinca tinca*) Linnaeus 1758, keljavac (*Scardinius scardafa*) Bonaparte 1837, plotica (*Rutilus basak*) Heckel 1843, američki somić (*Ameiurus nebulosus*) Lesueur 1819, i dr. Vode Hutovog blata su preko rijeke Krupe i Neretve povezane sa Jadranskim morem, tako da i neke migratorne vrste koje obitavaju u slanoj vodi dolaze u Hutovo blato i prilagođavaju se uvjetima slatke vode. Najpoznatije vrste su evropska jegulja (*Anguilla anguilla*) Linnaeus 1758, cipol glavaš (*Mugil cephalus*) Linnaeus 1758. i dr.

Hutovo i Bardača

U BiH postoje dva specijalna ornitološka rezervata: Hutovo blato (nulte vrijednosti) i močvara Bardača kod Srpcu na ušću Vrbasa u Savu. Park prirode Hutovo Blato nalazi se na Ramsarskoj listi od 2001., a močvara Bardača, s površinom od 3500 ha, je 2007. uvrštena na Ramsarsku listu. Ova močvara je danas ugrožena postojanjem ugostiteljskog objekta koji otpadnim vodama ugrožava biljni i životinjski svijet ovog osjetljivog područja. Za uzor nam može poslužiti susjedna Hrvatska koja posljednjih godina čini velike napore u zaštiti i valorizaciji ove vrste staništa, te na svojoj listi ima četiri lokaliteta uvrštena u Ramsarski popis (Park prirode Lonjsko polje, Park prirode Kopački rit, područje delte rijeke Neretve s pet zaštićenih lokaliteta i ornitološki rezervat Crna Mlaka kod Jastrebarskog). Istovremeno, Hrvatska se priprema i za kandidiranje i upis novih lokaliteta na listu zaštićenih područja.



Svjetska močvarna područja u brojkama...

- Više od 1300 močvarnih područja
- Površina veća od 1,110 000 km²
- Velika Britanija: 169 ramsarskih područja
- Kanada: 130 500 km²

Važnost močvarnih područja

- kolijevka bioraznolikosti
- pružaju vodu i primarnu produkciju
- podržavaju visoku koncentraciju životinja
- skladišta biljnog genetskog materijala
- dio hidrogeološkog ciklusa
- Močvare, bare, rijeke, jezera, mangrove, koraljni grebeni, ribnjaci, uzgajališta rakova, pojilišta, navodnjena zemljišta, slatine, šljunčane jame, kanali... danas su jedan od najugroženijih ekosistema na Zemlji

Hutovo blato na poštanskim markama

Izdanje poštanske marke Hrvatske pošte Mostar "Fauna 2008" sadrži četiri marke na kojima su prikazane ptice grabljivice Hutovog blata, jedinstvene submediteranske močvare u Evropi. Autor maraka je Dinko Raič, štampane su u nominalnoj vrijednosti od 1,50 KM. Na markama su prikazani zmijar - vrlo rijetka gnjezdarica planina koje okružuju Neretvu, vjetruša - jedina mala grabljivica na Neretvi, sova ušara i jastreb.



JESU LI I KAKO RJEŠIVI PROBLEMI GUBITAKA VODE U VODOVODNIM SISTEMIMA

REZIME

Porast broja stanovnika u svijetu i intenzivan razvoj znanosti i tehnike u posljednjoj deceniji uvjetovao je sve veću potrebu ljudi za prirodnim resursima. To se posebno odnosi na vodu. Međutim, nemaran odnos čovjeka prema prirodi utjecao je na značajnije smanjenje raspoloživih vodenih resursa, a posebno kada je u pitanju pitka voda. U Bosni i Hercegovini velike količine pitke vode gube se u vodovodnim sistemima zbog tehničke neispravnosti ili ljudskog nemara. Istraživanjem ove problematike uočeno je da na nivou Bosne i Hercegovine ne postoji adekvatna zakonska regulativa, odnosno smjernice ili preporuke nadležnih institucija koje bi tretirale gubitke vode u vodovodnim sistemima. U ovom radu su prezentirana iskustva i neke od preporuka i smjernica njemačke znanstveno-tehničke asocijacije za plin i vodu DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas-und Wasserfaches e.V.).

Ključne riječi: gubici vode, vodovodni sistemi, preporuke i smjernice

UVOD

Gubici vode u vodovodnom sistemu urbanih sredina predstavljaju jedan od najvećih problema za preduzeća koja se bave obezbjeđenjem i isporukom pitke vode, kako u svijetu tako i u Bosni i Hercegovini. Nemarnost društva prema prirodnim resursima vode očituje se kroz sve veću zagađenost raspoloživih vodenih resursa i smanjenje izdašnosti izvorišta pitke vode. Neki od direktnih uzroka zagađenja vodenih resursa i smanjenja izdašnosti izvora su: nekontrolirana sječa šuma, ekspanzija industrijskih tehnologija i postrojenja bez adekvatne zaštite radne sredine i okoliša od zagađenja, nepostojanje svijesti kod ljudi o očuvanju prirode i njenih resursa, promjena mikro i makro klime uzrokovana ljudskim uticajem, globalizacija, i tako dalje. Uzevši u obzir navedeno i činjenicu da gubici vode u vodovodnim sistemima urbanih sredina u Bosni i Hercegovini, u pojedinim slučajevima, iznose čak i oko 80 % smanjenje istih nameće se kao imperativ [1]. Istraživanjem ove problematike uočeno je da u većini vodovodnih preduzeća u Bo-

sni i Hercegovini nema dovoljno iskustva i znanja potrebnih da se značajnije utječe na smanjenje gubitaka vode u vodovodnim sistemima. Također, u Bosni i Hercegovini ne postoje adekvatne preporuke ili smjernice, odnosno zakonska regulativa, kako da se pristupi ovoj problematici. Uglavnom se koriste iskustva drugih zemalja i njihovih preduzeća koja se bave obezbjeđenjem i isporukom pitke vode. U ovom radu bit će prezentirana iskustva i smjernice njemačke znanstveno-tehničke asocijacije za plin i vodu DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas-und Wasserfaches e.V.) koja se bavi analizom i praćenjem rada vodovodnih i plinskih sistema u Njemačkoj.

2. ANALIZA GUBITAKA VODE - PREPORUKE DVGW-a

2.1. Uvod

DVGW je znanstveno-tehnička asocijacija koja plinskoj i vodovodnoj industriji Njemačke daje znanstvenu i tehničku podršku od 1859. godine. Osim

analize i praćenja rada vodovodnih i plinskih sistema DVGW je aktivno uključeno u izradu i definiranje odgovarajućih standarda u oblast plinske i vodovodne tehnike. Ova asocijacija učestvovala je u kreiranju 483 standarda, a samo u 2007. godini DVGW je kreirala i objavila 66 novih standarda koji su usklađeni i participiraju u DIN, EN i ISO standardima. DVGW standardi imaju sve širu primjenu u okviru Evropske unije gdje je veliki broj država članica preuzeo ove standarde u cijelosti ili ih koristi kao bazu za kreiranje sopstvenih standarda [2]. Problematika gubitaka vode u vodovodnim sistemima od strane DVGW je obrađena u okviru preporuka i normi W 392 „Monitoring of Pipework and Water Losses-Measures, Procedures and Analyses“. Prerađena verzija ovih preporuka i normi je usuglašena sa preporukama i normama Internacionalne asocijacije za vode IWA (International Water Association) Blue Pages „Losses from Water Supply Systems“. U prvobitnoj verziji je bilo definirano da su prihvatljivi gubici u vodovodnim sistemima Njemačke između 0,05 do 0,6 m³/h po kilometru dužine cjevovoda i da zavise od sastava tla u kojem je cjevovod instaliran. Novim pravilima i normama, baziranim na IWA Blue Pages, osim utjecaja sastava tla na gubitak vode u cjevovodnim sistemima uzima se u obzir i utjecaj broja (gustina) kućnih priključaka i različitih nivoa vodosnabdijevanja. Također, limitiran je i gubitak vode na maksimalno 0,25 m³/h po kilometru dužine cjevovoda (korespondira procentualnoj vrijednosti od 15 %), a što je u skladu sa radnim pritiskom u cjevovodnom sistemu (mreži) od 3 do 5 bara, koji je uobičajen u Njemačkoj.

2.2. Vodni bilans za transportne i distribucione vodovodne sisteme

Vodni bilans za transportne i distribucione vodovodne sisteme prema normama DVGW Worksheet W 392 prikazan je u tabeli 2.1. Značenje oznaka u tabeli 2.1. je sljedeće:

- Q_N - ulazna količina vode u jednoj godini, bilo u transportni ili distribucioni sistem, uključujući i vodu isporučenu u druge sisteme vodosnabdijevanja,
- Q_A - kontrolirana potrošnja u jednoj godini, bilo da je naplaćena ili nenaplaćena, uključuje isporučenu vodu za vatrogasne potrebe, vodu za ispiranje kanalizacije, javne česme i slično,
- Q_V - izgubljena voda (gubici) za cijeli sistem ili dio sistema računata kao razlika između ulazne količine vode i kontrolirane potrošnje, a dijeli se na stvarne i prividne gubitke,
- Q_{VR} - stvarni gubici vode, fizički gubici nastali kao posljedica kvarova, puknuća i izlivanja iz sistema pod pritiskom ispred vodomjera,
- Q_{VS} - prividni gubici vode, sastoje se od svih tipova netačnosti (ulaz, izlaz, vodomjera korisnika i slično) i nekontrolirane potrošnje (krađa vode ili bilo koje nelegalno korištenje),
- Q_{NR} - voda bez prihoda, odnosno nenaplaćena voda, koja uključuje sve gubitke vode i nenaplaćenu kontroliranu potrošnju.



Pripremni radovi za polaganje cijevi

Tabela 2.1. Vodni bilans za transportne i distribucione sisteme prema normama DVGW Worksheet W 392

Ulaz vode u sistem Q_N [m ³ /godini]	Kontrolirana potrošnja vode Q_A [m ³ /godini]	Naplaćena kontrolirana potrošnja Q_{AI} [m ³ /godini]	Izmjerena potrošnja vode	Naplaćena voda Q_R [m ³ /godini]	
			Paušalna potrošnja vode		
	Gubici vode Q_V [m ³ /godini]	Nenaplaćena kontrolirana potrošnja $Q_{AN}^{(1)}$ [m ³ /godini]		Nenaplaćena izmjerena potrošnja vode	Nenaplaćena voda Q_{NR} [m ³ /godini]
				Nenaplaćena paušalna potrošnja vode	
		Prividni gubici vode Q_{VS} [m ³ /godini]		Netačnost brojila	
				Nekontrolirana potrošnja vode	
Stvarni (realni) gubici vode Q_{VR} [m ³ /godini]		Neovlaštena potrošnja vode			
		Gubici vode na dovodnim cjevovodima, curenja i prelijevanje vode iz rezervoara			
		Gubici vode na distribucioj mreži			
		Gubici vode na priključnim mjestima i kod potrošača			

(1) voda za protupožarnu opremu, voda za pranje ulica i kanalizacionih cijevi, voda za ispiranje hidranata i cijevi, voda za zaštitu od smrzavanja, voda za javnu potrošnju (parkovi i slično)

2.3. Faktori koji utječu na stvarne gubitke vode Q_{VR}

Faktori koji značajnije utječu na stvarne gubitke vode su:

- dužina glavnih cjevovoda L_N ,
- dužina priključnih cijevi (od priključnog mjesta do vodomjera) i broj priključaka (priključno mjesto može se smatrati slabom tačkom većine distribucionih sistema jer se na njima javljaju oštećenja koja su obično mala i teško uočljiva ali kroz koja u dužem vremenskom periodu ističu značajnije količine vode i koja predstavljaju prvi korak ka velikim oštećenjima i gubicima vode) [3],

- veličina radnog (projektiranog) pritiska (kada radni pritisak ima tendenciju porasta, oštećenja (puknuća) na cijevima također se povećavaju i to u znatno većoj mjeri nego što se to može pretpostaviti, a time se povećavaju i gubici vode) pri čemu je stabilnost radnog pritiska obično ugrožena lokalnom topografijom i standardima priključaka,
- infrastrukturni uvjeti (uvjeti ugradnje, materijal cjevovoda i fazonskih komada, starost cjevovoda),
- sastav tla (kroz sastav tla dolazi do izražaja utjecaj tri parametra, kao i njihovo preklapanje), a to su: korozija (agresivnost tla se generalno povećava od nepovezanog tla (pjeskovito) prema čvrsto povezanom tlu (glina), vidjeti DIN 50949), pomjera-

nje tla (pomjeranje povezanih tipova tla puno više utječe na oštećenja cijevi nego pomjeranje nepovezanih tipova tla) i otkrivanje kvarova (otkrivanje kvarova na način da voda izbije na površinu je mnogo teže ako je u pitanju šljunak ili ako je u pitanju stijena sa puno pukotina, nego kod ostalih tipova tla)) [4].

Na slici 2.1. prikazan je tipičan izgled i način obilježavanja kvara u slučaju oštećenja i gubitka vode u vodovodnom sistemu.



Slika 2.1. Izgled i način obilježavanja kvara u slučaju oštećenja i gubitka vode u vodovodnom sistemu

2.4. Tehnički prikaz stvarnog gubitka vode Q_{VR}

Tradicionalno se gubici vode izražavaju procentualno u odnosu na ulaznu količinu vode. Međutim, ovaj indikator može se zanemariti ako se u proračun uključe i lokalni utjecaji. Izražavanje i prezentovanje gubitaka vode procentualno u odnosu na ulaznu količinu vode ima svoju težinu u slučaju kada uvjeti u mreži ostaju nepromijenjeni i usporedivi neovisno o vremenu [3]. U praksi se lokalni uvjeti u vodovodnoj mreži često mijenjaju, nekada više, a nekada manje. Mala promjena lokalnih uvjeta ne utječe značajno na procentualno izražavanje gubitaka vode u odnosu na ulaznu veličinu. Međutim, kada su promjene lokalnih uvjeta veće, to jest kada imamo pojavu značajnih potrošača vode, tada tradicionalni procentualni prikaz ne daje realnu sliku gubitaka vode u sistemu. Ovaj problem je prikazan u sljedećem primjeru.

Primjer:

U jednom gradu registrirana je potrošnja 1000 m^3 vode na dan. Gubici vode iznose 10%, što predstavlja 100 m^3 vode na dan. Sljedećeg mjeseca u gradu se otvori fabrika čija potrošnja vode iznosi 1000 m^3 /dan. 100 m^3 vode se još uvijek gubi svaki dan, ali je gubitak sada samo 5%.

U prikazanom primjeru se nije ništa poduzelo na smanjenju gubitaka vode u sistemu, a oni su se ipak značajno smanjili u odnosu na ulaznu veličinu. Iz tog razloga je pored tradicionalnog potrebno imati i drugačiji pristup definiranja gubitaka vode.

Na osnovu rezultata višegodišnjeg ispitivanja utvrđeno je da se gubitak vode u vodovodnoj mreži može veoma kvalitetno izraziti preko stvarnog specifičnog gubitka vode q_{VR} , koji se može izračunati prema formuli:

$$q_{VR} = \frac{Q_{VR}}{8760 L_N} \left[\frac{m^3 / h}{km} \right], \quad (2.1)$$

gdje je:

Q_{VR} - stvarni gubitak vode, u m^3 /godini,
 L_N - dužina cjevovoda, u km (bez kućnih priključaka).

Ako se u proračun uključi gustina priključaka, jedinica specifičnog stvarnog gubitka tada će biti izražena u m^3 /priključku po kilometru dužine cjevovoda [3],[4]. Struktura vodosnabdijevanja prema DVGW je podijeljena na: velike gradove, male gradove i naselja. Tabela 2.2. pokazuje kako se vodosnabdijevanje, općenito, dovodi u vezu sa svakom od navedenih struktura snabdijevanja. Glavni faktor koji odlučuje pod kojom snabdijevajućom strukturom će biti vodovodni sistem klasificiran je nominalni protok, odnosno specifična potrošnja vode q_N , u m^3 /km u godini. U tabeli 2.3. mogu se vidjeti aproksimativni podaci za stvarne specifične gubitke vode q_{VR} u vodovodnoj mreži za kategorije gubitaka: mali, srednji i veliki.



Faza polaganja cijevi

Tabela br. 2.2.: Nominalne vrijednosti za karakteristične strukture vodosnabdijevanja

Tabela 2.2. Nominalne vrijednosti za karakteristične strukture vodosnabdijevanja Nominalne vrijednosti vodosnabdijevanja	Struktura vodosnabdijevanja		
	Veliki gradovi	Mali gradovi	Naselja
Broj stanovnika koji se snabdijeva vodom	> 100000	10000 -100000	< 10000
Specifična potrošnja vode q_N (m^3/km u godini) ⁽¹⁾	> 15000	5000 -15000	< 5000
Specifična potrošnja vode po priključku ($m^3/priključku$ u godini)	300 - 600	200 - 400	50 - 200
Gustoća priključaka (priključaka/km) ⁽²⁾	> 40	25 - 40	< 25

(1) Uključuje snabdijevanje i malih i velikih potrošača; q_N unutar raspona od 2000 do 40000 m^3/km na godinu

(2) Veliko kolebanje raspona javlja se u individualnim slučajevima - gustina priključaka varira između od 5 do 60 priključka po kilometru

Tabela br. 2.3.: Aproximativni podaci za stvarne specifične gubitke vode q_{VR} u distribucionoj mreži

Tabela 2.3. Aproximativni podaci za stvarne specifične gubitke vode q_{VR} u distribucionoj mreži	Aproximativni stvarni specifični gubitak vode q_{VR} u m^3/km u godini		
Kategorija gubitka			
Mali gubici	< 0,13	< 0,07	< 0,05
Srednji gubici	0,13 - 0,25	0,07 - 0,15	0,05 - 0,10
Veliki gubici	> 0,25	> 0,15	> 0,10

Ocjenjivanje stvarnih specifičnih gubitaka vode q_{VR} u vodovodnim sistemima (mrežama) prikazano u tabeli 2.3. prema DVGW-u opisano je na sljedeći način:

Mali gubici

Vodovodne sisteme izgrađujemo u prilično velikom vremenskom periodu, a mali stvarni gubici se javljaju i kada je sistem u dobrom stanju. Generalno, minimalni gubici ove vrste se nemogu reducirati unaprijed i iznose manje od 8% ulaznog volumena, bez obzira na strukturu snabdijevanja.

Srednji gubici

Srednji gubici se nalaze u rasponu od 8% do 15% ulaznog volumena.

Veliki gubici

Gubici na ovom nivou su specifični gubici koji zahtijevaju specijalnu akciju da bi se reducirali. Veličina im je preko 15% od ukupnog ulaznog volumena.

Visok nivo oštećenja i gubitka vode, uvjetuje čest monitoring vodovodnog sistema. U slučaju niskog nivoa oštećenja i malih gubitaka vode može se primijeniti režim manje učestalog monitoringa. Nivo gubitaka vode koji je registriran u Njemačkoj je srednji. Ako nema kontinuiranog monitoringa sistema,

preporučeni period monitoringa zavisi od stvarnih specifičnih gubitaka vode q_{VR} i dat je u tabeli 2.4.

2.5. Statistika kvarova

U kontekstu smanjenja gubitaka vode, neophodna je sistematska analiza slabih tačaka sistema. Na osnovu preporuka i normi, DVGW Notice W401 „Decision Aids for Rehabilitation of Water Pipework Systems“ i DVGW Worksheet W 395 „Damage Statistics for Water Pipework Systems“, vodovodne kompanije u Njemačkoj imaju pristup osnovnim smjernicama kako da sakupljaju i obrađuju podatke o oštećenjima u području vodovodnih sistema. Standardima DVGW-a je predstavljen opći dokument za vođenje statistike oštećenja, a isti je rezultat iskustva 500 kompanija članica udruženja. Predstavljeni dokument DVGW-a „Damage Statistics for Water Pipework Systems“, koji je prihvatio veliki broj kompanija, je značajan doprinos u sistematskom zapisivanju slabih mjesta vodovodnog sistema i sprečavanju pogrešnog razvoja vodovodnih preduzeća. Isti je i osnovni dokument za pribavljanje neophodnih specifikacija i zahtjeva u kontekstu proizvodne standardizacije [3]. U Tabeli 2.5. je pokazana učestalost kvarova na vodovodnim cijevima, odnosno broj kvarova zavisno od materijala i dokumentovane dužine cjevovoda. Iz tabele je vidljiv relativno veliki broj kvarova na lijevano-željeznim, galvaniziranim i čeličnim cijevi-

Tabela br. 2.4.: Preporučeni periodi za kontrolu cjevovodnog sistema po normi W 392

Stvarni specifični gubici q_{VR} (m^3/h po kilometru) (grubi vodič prema tabeli 2.3)	Kompletno ispitivanje cijele mreže
Veliki gubici vode	1 put u godinu
Srednji gubici vode	Svake tri godine
Mali gubici vode	Može izostati

Tabela br. 2.5.: Učestalost kvarova na vodovodnim cijevima

	Dokumentovana dužina cjevoda (km)	Dokumentovani kvarovi (broj)	Broj kvarova na 100 km
Ljevano željezne cijevi	21173	5658	27
Ductilne cijevi	13958	375	3
Čelične cijevi	4799	1602	33
PE cijevi	1350	250	18
PVC cijevi	4072	183	4
Galvanizirane cijevi	2267	503	22
Ukupno	47619	8571	18

Tabela br. 2.6.: Učestalost kvarova na elementima vodovodne armature

	Dokumentovani broj	Dokumentovani kvarovi (broj)	Broj kvarova na 1000 fittinga
Zasuni	384578	5825	15
Ogrlice	898757	8271	9
Nadzemni hidranti	11053	593	54
Podzemni hidranti	280674	5470	19
Ukupno	1575062	20159	13

Tabela br. 2.7.: Učestalost kvarova na vodovodnim priključcima

	Dokumentovani broj	Dokumentovani kvarovi (broj)	Broj kvarova na 1000 priključaka
Čelične cijevi	556468	5744	10,3
PE cijevi	577084	2066	3,6
PVC cijevi	68848	101	1,5
Olovne cijevi	124584	2915	23,4
Ostale	207928	787	3,8
Ukupno	1534868	11633	7,5

ma (korozija), što je i očekivano, međutim iznenađuje i relativno veliki broj kvarova na PE cijevima (polietilenske cijevi). Objašnjenje za ovu pojavu može se bazirati na činjenici da je na ovako veliki procenat oštećenja PE cijevi utjecalo ujedinjenje Njemačke i formiranje nove federalne države sa nacionalnim preduzećem za vodosnabdijevanje. Na taj način je došlo do fizičkog povećanja prvobitnog vodovodnog sistema, a učešće PE cijevi je značajno povećano [3]. Tabela 2.6. pokazuje učestalost kvarova na elementima vodovodne armature. Može se vidjeti da je relativno veliki broj kvarova na hidranitima i zasunima, što se može objasniti velikim brojem zastarjelih armaturnih elemenata u sistemu [4].

U Tabeli 2.7. prikazana učestalost kvarova na vodovodnim priključcima u zavisnosti od materijala priključne cijevi. Može se vidjeti da na oko 1,5 miliona priključaka imamo 11600 registrovanih kvarova, što daje 7,5 kvarova na 1000 priključaka.

3. METODE I PROCEDURE U OKVIRU ISTRAŽIVANJA GUBITAKA VODE PREMA PREPORUKAMA DVGW-a

Vodovodni sistemi, kao i mnogi drugi tehnički sistemi, prolaze kroz fazu ubrzanog tehničkog i tehnološkog razvoja. Istovremeno preduzeća za vodosnabdijevanje od klasičnih organizacija, čiji je zadatak bio da bez obzira na cijenu i kvalitet usluga isporuče vodu ka potrošačima, prolaze fazu transformacije u preduzeća visoke tehnologije i informatike, gdje je jedan od glavnih kriterijuma ostvarenje profita. U takvim uvjetima, stvarni podaci o proizvedenoj i distribuiranoj vodi postaju veoma važni, jer se na osnovu njih donose odluke o pravilnom i kvalitetnom upravljanju sistemom [5]. Za monitoring, smanjivanje i utvrđivanje veličine gubitaka vode, prema DVGW-u, potrebno je obezbijediti neophodna ekonomska i tehnička sredstva. Ova strategija treba da uključi i sljedeće:

- utvrđivanje postojanja gubitaka vode,
- tehničku i ekonomsku ocjenu u vezi sa gubitcima vode,
- lociranje kvarova,
- popravku kvarova,
- dokumentovanje monitoringa, i
- poboljšanje kvaliteta mreže.

U okviru ekonomskog dijela projekta potrebno je voditi računa i o veličini troškova aktiviranja navedenih mjera i inspekcijskog režima, što je povezano sa veličinom stvarnih gubitaka vode. Inspekcija i kontrola gubitaka vode aproksimativno iznose 600 Eura za 600 km vodovodne mreže. Način financiranja aktivnosti na smanjenju gubitaka vode dat je u revidiranoj verziji norme W 392 [4]. Metode koje se najčešće koriste pri istraživanju gubitaka vode, prema preporukama DVGW-a, su metoda kontinuiranog mjerenja i metoda ograničenog (zonskog) mjerenja, tabela 3.1. Parametri koji se mjere u sistemu sa ciljem utvrđivanja gubitaka vode su protok i pritisak. U Njemačkoj je pritisak u vodovodnom sistemu reduciran na područje između 3 i 5 bara [4]. Kontinuirano mjerenje snabdijevanja potrošača vodom (pretpostavljena minimalna potrošnja) i ograničeno mjerenje, to jest mjerenje potrošnje određene zone (nulta potrošnja), tabela 3.1., ne bi smjelo biti u kontradikciji i često u kombinaciji daju veoma dobre rezultate [2]. Da bi ostvarili navedene aktivnosti potrebno je posjedovati odgovarajuću opremu za mjerenje i izvršiti njeno postavljanje na adekvatne lokacije [2], [3]. Uređa-

ji za mjerenje treba da imaju odgovarajući mjerni opseg i da osiguraju kvalitetan prenos izmjerenih podataka sa mjernog mjesta do mjesta za obradu istih. Na slici 3.1. je prikazano otkrivanje kvara na osnovu osluškivanja šuma pomoću geofona.



Slika 3.1. Otkrivanje kvara geofonom

Rezultat i cilj analize gubitaka vode u vodovodnim sistemima trebao bi da bude lociranje kvara po nekoj od strategija otkrivanja kvarova, a to podrazumijeva da se koriste adekvatne procedure i kvalitetna oprema pomoću koje može precizno da se locira kvar. Prema DVGW-u najuspješniji pristup otkrivanja kvarova je da se prvo izvrši lociranje šireg područja

Tabela br. 3.1.: Metode za otkrivanje kvarova

Metoda	Procjena	Generalni uvjeti
Kontinuirano mjerenje potrošnje (minimalna (noćna) potrošnja)	Gubici vode se mogu otkriti relativno lako. Da bi se gubici zadržali na minimumu potrebno je kvarove što prije otkriti i popraviti.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instaliranje opreme za mjerenje potrošnje ▪ Mjerno područje : 4-30 km dužine mreže ▪ Mjerni period: 1-2h dnevno ▪ Svakodnevno bilježenje izmjerenih rezultata ▪ Kontinuirano mjerenje i prenos podataka ▪ Zamjena zasuna koji propuštaju ▪ Neupitna mjerenja potrošnje uključujući sve potrošnje i povratne protoke u područje mjerenja
Ograničeno (zonsko) mjerenje (nulta potrošnja)	Postojanje gubitaka vode se registruje trenutno. Međutim, ovakvo „trenutno“ mjerenje na malim dijelovima distribucione mreže ne može dati ukupne gubitke.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mjerno područje: 1 do 10 km dužine mreže ▪ Mjerni period: min. 20 minuta ▪ Pokretna (mobilna) oprema za mjerenje potrošnje ▪ Zamjena zasuna koji propuštaju ▪ Procjena stalnih potrošača ▪ Proračun preostalih potrošača ▪ Praćenje promjene pritiska u cijevima u periodu mjerenja potrošnje

(makro lokacija), a nakon toga slijedi i mikro lociranje kvara [3].

Usvojena procedura otkrivanja kvarova u Njemačkoj je sljedeća:

- otkrivanje područja kvara, tj. autentične lokacije,
- traganje za kvarom pomoću mjerne opreme za osluškivanje zvukova odnosno šumova (geofon), i
- korištenje Correlatora za precizno lociranje kvara.

Na slici 3.2. prikazan je Correlator, odnosno uređaj za precizno lociranje kvara. Ovaj uređaj pomoću dva eksterna senzora (dolaze u kompletu sa uređajem), koji se montiraju na cjevovod (na primjer, na mjestu zatvarača ili hidranta), registrira šum. Šum se elektronski pojačava i šalje do Correlatora. Correlator vrši poređenje signala dobivenih od senzora postavljenih na cjevovod i na osnovu njih izračunava tačnu udaljenost do mjesta kvara.



Slika 3.2. Correlator

4. ZAKLJUČAK

U uvodnom dijelu rada navedena je činjenica da u Bosni i Hercegovini, odnosno preduzećima koja se bave vodosnabdijevanjem, još uvijek nije riješen problem velikih gubitaka vode u vodovodnim sistemima. Posebno veliki problem predstavlja nedostatak zakonske regulative, odnosno smjernica ili preporuka nadležnih institucija u ovoj oblasti. Ovaj rad trebao bi da da neke osnovne informacije o ovoj problematici i da uputi stručno osoblje na jedan od izvora informacija u našem okruženju. Te informacije, istovremeno, mogu poslužiti kao osnova za izradu zakonske regulative iz ove oblasti na nivou Bosne i Hercegovine. Zbog ograničenosti prostora u radu je predstavljen samo dio standarda i normi DVGW-a i predstavlja kraći pregled predmetne problematike. Strategija ot-

krivanja i analize kvarova svakako je jedna od najvažnijih strategija vodovodnih preduzeća u vremenu koje dolazi. Vodovodna preduzeća trebaju što prije sagledati važnost sistematskog praćenja rada sistema vodosnabdijevanja. To je moguće realizirati na način da se formira posebna služba koja će biti zadužena za kontinuirano mjerenje i obradu podataka. Za formiranje jedne ovakve službe potrebno je obezbijediti finansijska sredstva koja bi pokrila troškove nabavke potrebnih uređaja i obuke zaposlenika. Usporedo sa tim je neophodno u preduzećima za snabdijevanje vodom izvršiti i korekciju u okviru sistematizacije radnih mjesta. Često se čini greška kada se nabavi skupocjena oprema prije obrazovanja zaposlenika. U početku će se, vjerovano svako preduzeće oslanjati na spoljne suradnike koji su se specijalizirali za praćenje i otkrivanje kvarova, a nakon toga svako preduzeće bi trebala preuzeti dio tih aktivnosti.

5. LITERATURA

- [1] Dunavski regionalni Projekat (DPR), Priručnik za javnost, *Unapređenje pristupa informacijama i učešća javnosti u donošenju odluka u oblasti okoline*, Sarajevo, 2006.
- [2] W. Thielen, DVGW CERT GmbH, *Annual Report*, Gerlingen, 2007.
- [3] D.Weimer, German National Report, *Water Loss Management and Techniques*, 2001.
- [4] DVGW Worksheet W 392, *Monitoring of Pipe and Water Losses- Measures, Procedures and Analyses*, 2000.
- [5] D.Prodanović, D. Pavlović, N. Jaćimović, Građevinski fakultet Beograd, *Dijagnostika distributivnih sistema radi obezbeđenja održivosti*, 2002.



ISPITIVANJE KVALITETA VODE POTOKA ŽUNOVNICA

Sažetak

Analiza fizičko/hemijskih parametara vode, kvalitativno-kvantitativnog sastava zoobentosa u periodu od marta do oktobra 2007 godine, bila je temelj ocjene kvaliteta vode u potoku Žunovnica. Uzorkovanje zoobentosa izvršeno je „kick sampling“ metodom, a obrada materijala i determinacija taksona invertebrata izvršena je u Laboratoriju uz primjenu ključeva za pojedine skupine (Aubert, 1959, Belifore, 1983, Bole, 1969, Hynes, 1977, Studeman et al., 1992, Waringer, Graf, 1997). Ovim istraživanjima obuhvaćena su tri lokaliteta: izvorišni dio, središnji i donji dio toka. Vrijednosti fizičko/hemijskih parametara (relevantnih za ocjenu kvaliteta vode) ukazuju na vodu I stupnja kvaliteta u toku perioda istraživanja. Rezultati kvalitativno-kvantitativne analize zoobentosa (makroinvertebrata) su 28 taksona i 575 jedinki invertebrata, sa dominacijom preimaginalnih stadija vodenih insekata (17 taksona). Kvalitativni sastav zoobentosa potoka Žunovnica posebno se ističe visokom brojnošću jedinki familije Simuliidae koje su konstatovani i u ranijim istraživanjima (Kačanski, 1969). Srednji tok karakteriše visok stupanj organskog onečišćenja i zastupljenost pijavica (Hirudinea) koje indiciraju ovakvo stanje. Primjenom saprobnog indeksa na osnovu kvalitativno-kvantitativnog sastava uzoraka zoobentosa dobivene su vrijednosti od 1,65 na izvorišnom dijelu do 2,74 u srednjem toku (u oktobru). Analizirajući dobivene

vrijednosti zapaža se da domicilno stanovništvo, a dodatno i sam ribnjak u gornjem toku vrše intenzivan negativan utjecaj na živi svijet potoka Žunovnica i sam kvalitet vode.

UVOD

Kvalitet vode slatkovodnih ekosistema predstavlja kategoriju ocjene boniteta i ukupnog produktivitea u sadejstvu sa abiotičkim uvjetima. Da bi se iznio konačni ili globalni prijesjek sveopćeg stanja vodotoka neophodna je analiza stanja fizičko/hemijskih parametara u sadejstvu sa orografskim faktorima. Sagleđavajući utjecaje u kontekstu sa analiziranim živim oblicima, daje mogućnost kategorizacije vodotoka. Izhodišne životne zajednice slatkovodnih ekosistema su u prvom biljne zajednice koje naseljavaju plankton i bentos, a zatim životinjska komponenta planktona i bentosa.

Zoobentos predstavlja komponentu animalnog dijela sastava bentosa u slatkovodnim ekosistemima. Prema veličini organizama koji ulaze u ovaj kompleks dijele se na: mikrozoobentos, mesozoobentos i makrozoobentos. U sastavu se javljaju samo predstavnici invertebrata ili beskičmenjaka, adaptiranih morfološki, anatomski i fiziološki na uvjete života na dnu akvatičnih ekosistema.

Posebna značajnost vezana je za makroinvertebrate. Njihova veličina je veća od 0,5 mm. Imaju značajnu ulogu u prometu materije i protoku energije, a

bitna su karika u lancu ishrane. Osnovna su hrana mnogim ribljim populacijama, rakovima i mnogim drugim životinjama.

Kvalitet vode analiziran na sastavu zoobentosa (makroinvertebrata) na prostoru Bosne i Hercegovine bio je predmet mnogih istraživanja, a posebno područje sliva rijeke Bosne.

Aplikativni značaj makrozoobentosa, već preko 100 godina, je u ocjeni stanja i kvalitete vode slatkovodnih ekosistema, a preko 50 bioloških metoda evaluacije kvaliteta vode, danas u svijetu, bazirana je na sastavu ovih organizama (Trožić – Borovac, 1999).

Istraživanja u ovom radu obuhvataju prostor potoka Žunovnica koji je u prošlosti detaljno ispitivan na bazi analize stanja vrsta iz porodice Simuliidae (Kačanski, 1969).

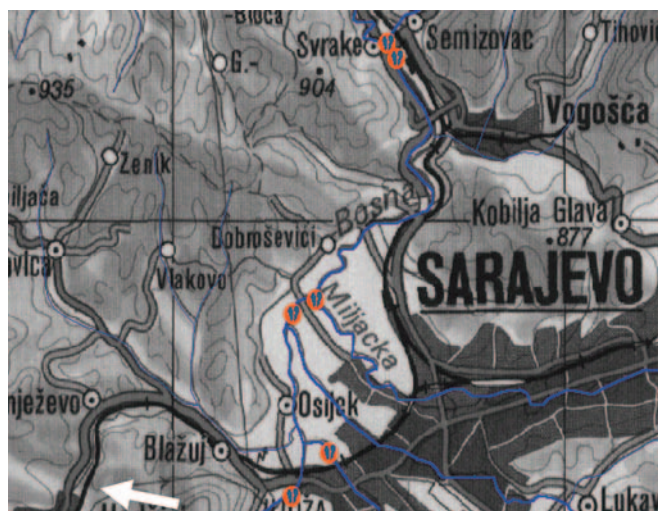
Općina Hadžići je, u reljefnom pogledu, veoma raščlanjen prostor gdje preovladavaju brojni morfološki oblici. Osnovne karakteristike reljefa čine jasno izdvojene tri kotline, od kojih je najveća Hadžićka kotlina, kroz koju protiče rijeka Zujevina. Njene desne pritoke su Ljubovčica, Krupa i Žunovnica, a lijeve su Pazarički potok, Vihrica i Rakovica. Izvori nastaju na dodiru propustljivih stijena krečnjaka i manje propustljivih dolomita i kristalnih škriljaca.

Žunovnica izvire ispod strmog krečnjačkog odsjeka na sjeverozapadnoj padini planine Igman, na nadmorskoj visini od 595 m i ulijeva se u Zujevinu kod mjesta Hadžići na nadmorskoj visini od 555 m (sl.1). Dužina toka iznosi oko 2 km, nema velikog kolebanja u proticaju, a i temperatura je u toku godine dosta ujednačena (Kačanski, 1969.) .

Istraživani vodotok nastaje od dva relativno snažna vrela koji izvire iz krečnjačko-siparskog štata. Ovakav sastav terena uticao je na karakter doline i korita potoka. Širina korita je različita na pojedinim mjestima, dubina je takođe nejednaka na ispitivanim lokalitetima što zavisi od poticaja. Prosječna dubina korita kreće se od 10 do 50 cm, a širina iznosi od 1,5 do 3,0 m. Zbog slabog pada korita i male vodene mase, dno je pokriveno sitnim kamenom oštih ivica. Pjeskovito dno javlja se na mjestima gdje se povećava pad, odnosno brzina vode, dok se muljevito dno javlja na dijelovima sa slabijim tokom.

Dolina Žunovnice je otvorena sa blagim stranama i u potpunosti obrasla vegetacijom. Obale Žunovnice su u potpunosti obrasle biljnim pokrivačem, od čega dominiraju biljke: *Mentha longifolia*, *Polygonum lapatifolium*, *Ranunculus repens*, *Poa pratensis*, *Eupatorium cannabinum*, *Bidens tripartita*, *Solanum dulcamara*, *Ranunculus acer*, *Poa anua*, *Tussilgo farfara*. Šumske sastojine su sa crnom johom, hrastom lužnjakom i običnim grabom. Korito je mjestimično obraslo sa vegetacijom fanerofita među kojima su najčešće zastupljene: *Ranunculus paucistamineus*,

Glyceria fluitans, *Sium erectum*, *Veronica beccabunga f. submersa*, *Veronica aquatica*.



Slika 1. Položaj potoka Žunovnica

1.1. CILJ RADA

Cilj ovog rada je da se na osnovu analize naseља zoobentosa, u potoku Žunovnica, ocjeni kvalitet vode. Imajući u vidu značaj makrozoobentosa u ocjeni kvaliteta vode, podaci o sastavu ovog životinjskog kompleksa poslužiće ostvarenju sljedećih zadataka:

- Utvrđivanje kvantitativno-kvalitativnog sastava makrozoobentosa potoka Žunovnica.
- Sagledavanje uticaja sezone na kvantitativno-kvalitativni sastav makroinvertebrata
- Ocjena kvaliteta vode primjenom saprobnog indeksa (Pantel- Buck ,1955).
- Istraživanje biodiverziteta organizama u sastavu makrozoobentosa primjenom Shannon indeksa (Shanon –Weawer, 1949)
- Sagledavanje stanja ovog ekosistema u smislu direktnog djelovanja antropogenog utjecaja.

2. MATERIJAL I METODE RADA

Uzorci bentosa za analizu kvantitativno– kvalitativnog sastava makroinvertebrata potoka Žunovnica, uzimani su u periodu od 17. 03. 2007. do 18. 10. 2007. godine.

Uzorkovanje je izvršeno na tri lokaliteta potoka Žunovnica i to:

- Lokalitet 1 – Izvor potoka Žunovnica
- Lokalitet 2 – Srednji tok potoka Žunovnica
- Lokalitet 3 – Ušće potoka Žunovnica

Sa svakog lokaliteta uzeta su po tri zbirna uzorka, a u toku samog istraživanja ukupno 27 uzoraka.

2.1. Fizičko - hemijske karakteristike vode

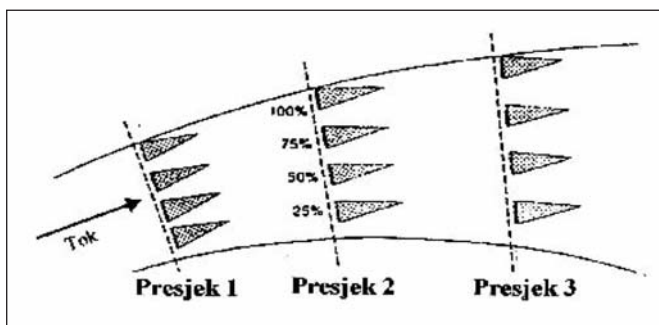
Urađena su mjerenja nekih fizičko – hemijskih parametara, kao što su : temperatura vode, temperatura zraka, količina kiseonika, zasićenost kiseonikom, provodljivost, pH vode. Mjerenja su izvršena za kasno zimski i ljetni aspekt. Za jesenji aspekt mjerenja nisu izvršena zbog loših vremenskih prilika. Primijenjen je pokretni laboratorijski set za mjerenje, Multiset 340i.

2.2. Metode uzorkovanja zoobentosa i obrada uzoraka

Uzorci zoobentosa su uzeti sa tri lokaliteta duž potoka Žunovnica. Uzorci sa sva tri lokaliteta su sakupljeni u periodu od marta do oktobra 2007. godine.

Za uzorkovanje primjenjena je metoda pod nazivom „kick sampling“ (sl.2). Korištena je adekvatna mreža koja se sastoji od drvenog drška (2m dužine), na čijem kraju je pričvršćen metalni okvir promjera 25x25 cm, sa mrežom čija su okca promjera 0,5 mm. Probe su prikupljane za kasno zimski, ljetni i jesenji aspekt sa sva tri lokaliteta.

Ručna mreža se postavi pravokutno na sediment u pravcu toka vode. Ispred mreže se podigne sediment, dok vodni tok ne izdvoji životinje u mrežu



Slika 2. Transektno uzorkovanje „kick sampling“ – shematski prikaz (preuzeto iz doktorata Trožić-Borovac, 2002.)



(sl.3). Sakupljeni uzorci se prebacuju u opodeldoke, zatim se na svaki uzorak stavlja etiketa sa podacima o mjestu i datumu uzorkovanja. Potom se uzorci prebacuju u laboratoriju, gdje se vrši dalja obrada prikupljenog materijala.

Na svakom lokalitetu uzimane su po dvije probe i to, sa sredine potoka i pri samoj obali potoka (sl.3). Svi uzorci sa jednog lokaliteta su sakupljeni u zbirni uzorak.

U laboratoriji se uzorci isperu vodom u sitima promjera okca 0,5 mm. Korištenjem binokularne lupе se izvrši separacija invertebrata, a zatim se materijal fiksira u 70% etil-alkoholu.

Determinacija je izvršena uz korištenje ključeva za determinaciju za pojedine skupine makroinvertebrata: Waringer, Graf (1997), Bole (1959.), Elliott, Humpesch i Macan (1988), Belfiore (1983) Aubert (1959), Consiglio (1980), Wallace, Philipson (1990), Sansoni (1992), Hynes (1977), Studemann (1992).

2.3. Biološke i statističke metode

Biološko – statističke obrade podataka istraživačkih lokaliteta, prikazane su brojem jedinki i taksona uzoraka.

U ocjeni kvaliteta vode primijenjen je saprobni indeks (SI) po Pantle - Buck (1955.). Saprobní indeks (S) po Pantel –Buck se računa prema formu:

$$S = \frac{\sum(h \times s)}{\sum h}$$

gdje je :

- S – saprobni indeks
- s – saprobna vrijednost taksona
- h – relativna abundanca taksona

Raznolikost makroinvertebrata prikazana je Shannon – Weaverovim indeksom diverziteta (Shannon & Weaver, 1949.), koji se računa po formuli:



Slika 3. Prikupljanje uzoraka na izvoru potoka Žunovnica (L1)

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \log_2(x) \frac{n_i}{N},$$

gdje je:

H' – vrijednost indeksa diverziteta
 n_i – broj jedinki i taksona u uzorku
 N – ukupan broj jedinki u uzorku

$$\text{Log}_2 = \log(x) / \log(2)$$

3. REZULTATI RADA

3.1. Opis lokaliteta

Izvor potoka Žunovnica – (L1)

Izvor potoka Žunovnica se nalazi na nadmorskoj visini od 595 m, u neposrednoj blizini, tačnije iznad ribnjaka Žunovnica. Dužina toka iznosi oko 2 km.

Širina potoka na izvoru je oko 3 m, a dubina 25-30 cm. (sl.4). Sa desne strane obale nalazi se zidić, što ukazuje se ne radi o prirodnoj obali. Obale su u potpunosti obrasle biljnim pokrivačem. Drvena vegetacija pripada vegetaciji sa crnom johom, hrastom lužnjakom i običnim grabom.

Korito se karakteriše ravnim dnom i blagim stranama. Dno je pokriveno sitnim kamenom oštih ivica. Sediment je kamenit i obrastao biljkama do 65%. Voda je bistra, providnosti 100%, bez mirisa, što je karakteristika dobrog kvaliteta vode.



Slika 4. Izvor potoka Žunovnica (L1)

Srednji tok potoka Žunovnica – (L2)

Širina potoka Žunovnica na lokalitetu 2 iznosi 1 m, dok je dubina 35-40 cm do sredine potoka, sa obje strane obale. Visina desne obale je 1,5 m. Drvena vegetacija nije prisutna. Na lijevoj strani nalazi se ograda od kasarne Hadžići (sl.5).

Na ovom lokalitetu sediment je kamen, obrastao podvodnim biljem do 100%. Obraslost obala je znatno slabija nego što je bio slučaj na prvom lokalitetu, pa je i osunčanost znatno ravnomjernija.



Slika 5. Srednji tok potoka Žunovnica (L2)

Ušće potoka Žunovnica – (L3)

Lokalitet istraživanja nalazi se u mjestu Hadžići. Iznad samog ušća nalazi se most.

Širina obale je do 4 m, a dubina do 40 cm. Obale su ravne i obrasle niskim rastinjem, bez prisustva drvene vegetacije (sl.6).

Dno je pjeskovito i muljevito sa podvodnim biljem. Nizvodno je sediment popločan. Pošto se lokalitet nalazi u naseljenom mjestu, uočljiv je anorganski otpad (kese, konzerve, flaše...).



Slika 6. Ušće potoka Žunovnica (L3)

3.2. Rezultati mjerenja fizičko-hemijskih parametara vode

Mjerenjem fizičko-hemijskih parametara: temperature vode i zraka, pH vode, količine kiseonika, za-

sićenosti kiseonikom i provodljivosti, dobivene su vrijednosti koje pokazuju sezonalna variranja (tab.1).

U toku perioda istraživanja, zabilježena su variranja temperature vode u intervalu od 10°C do 13,6°C, u ljetnom periodu. Zabilježene su visoke vrijednosti rastopljenog kiseonika u toku čitave godine, od 8,50 mg/l do 10,62 mg/l.

Dobivene vrijednosti zasićenosti kiseonikom su preko 100%, što je karakteristika za čistu vodu. pH vrijednost je u intervalu od 7,98 do 7,94.

3.3. Rezultati analize kvalitativno-kvantitativnog sastava makrozoobentosa

Rezultati analize kvalitativno- kvantitativnog sastava makroinvertebrata, na tri lokaliteta na potoku Žunovnica, ukazuju na skoro ujednačen sastav tokom perioda istraživanja. Svi rezultati su prikazani odvojeno po lokalitetima, grafički i u tabelama. U tabelama je naznačena relativna abundanca (R.A) i saprobna vrijednost (s) pojedinačnih taksona.

Lokalitet 1. - Izvor potoka Žunovnica

Na izvoru potoka Žunovnica, u periodu od marta do oktobra 2007. god., konstatovano je 14 taksona, sa ukupnim brojem jedinki 193 (tab. 2).

Najveći broj taksona na izvoru, konstatovan je u kasno zimskom aspektu, ukupno 9 taksona, a najveći broj jedinki zabilježen je u jesenjem aspektu, ukupno 66 taksona. Primjećena je dominacija amfipodnog račića, vrste *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1785.), čija je saprobna vrijednost (1.8) ukazuje na oligo/betamesosaprobnu vodu.

Gastropoda su zastupljene sa dvije porodice. Porodica Bithyniidae sa vrstom *Bithynia sp.*, u ljetnom aspektu, i porodica Hydrobiidae sa dvije vrste *Bithynella sp.* i *Lymnea sp.*, koje se javljaju u kasno zimskom aspektu. Bivalvia ili školjke su zastupljene jednom vrstom *Pisidium amnicum* (Muller, 1774.), koja se javlja u kasno zimskom aspektu.

Krpelji su zastupljeni sa jednom prodocom *Hidrachnidae*, također prisutne u kasno zimskom aspe-

ktu. Rakovi su zastupljeni sa dvije vrste, *Gammarus pulex* i *Gammarus sp.*, sa većim brojem jedinki u jesenjem aspektu i nešto manjim učešćem u kasno zimskom i ljetnom aspektu.

Vodeni cvijetovi (Ephemeroptera) - prisutne sa vrstom *Baetis rhodani* (Pictet, 1843.) u uzorcima ljetnog aspekta.

Kamenjarke (Plecoptera) - konstatovane sa vrstom *Brachyptera seticornis* (Klapalek, 1902.) u kasno zimskom aspektu.

Muljari - prisutni sa jednom vrstom iz ovog reda *Sialis lutaria* (Linnaeus, 1758.) u kasno zimskom aspektu.

Vodeni moljci (Trichoptera) - predstavljene sa dvije vrste i to *Hydroptila occulta* (Eaton, 1873) prisutna u kasno zimskom aspektu i vrstom *Limnephilus afinis* Curtis, 1834 prisutna u ljetnom aspektu i jesenjem aspektu.

Dvokrilni insekti reda Diptera - predstavljene do nivoa porodice i to porodice Chironomidae, prisutne u ljetnom aspektu i u jesenjem aspektu.



Ljudskih ruku nedjelo!

Arhiva AVP Sava

Tabela 1.: Vrijednost fizičko-hemijskih karakteristika vode u periodu od marta do oktobra 2007.

Potok Žunovnica	Kasno jesenji aspekt			Proljetni aspekt		
	I	II	III	I	II	III
Temp.vode(°C)	10°C	10,3°C	10,6°C	11°C	13,3°C	13,6°C
Temp.zraka(°C)	16,7°C			27,5°C		
O2mg/l	9,66mg/l	10,62mg/l	8,52mg/l	9,23mg/l	9,43mg/l	8,88mg/l
O2%	103,6%	103,2%	104%	102,2%	95,5%	95,5%
pH	7,94	7,98	7,9	7,97	7,94	7,97
provodljivost μs/l	240	240	240	230	210,6	200

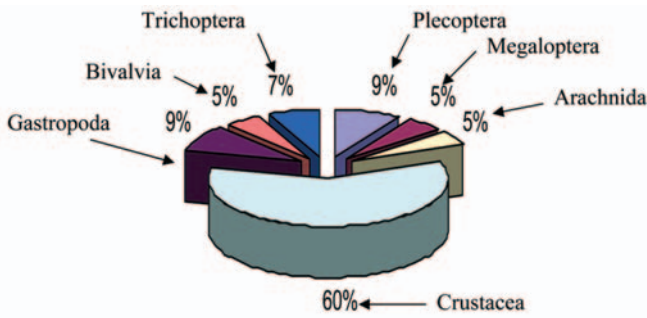
Tabela 2.: Kvantitativno-kvalitativni sastav u uzorcima zoobentosa potoka Žunovnica

ZOOBENTOS	DATUM UZORKOVANJA							s
	17.3.2007		20.6.2007		18.10.2007			
	Kasno aspekt	zimski	Ljetni aspekt		Jesenji aspekt			
	Br.j.	R.A.	Br.j.	R.A.	Br.j.	R.A.		
GASTROPODA					6			
Bithyniidae								
<i>Bithinia(sp.)</i>			12	3				
Hydrobiidae								
<i>Bithinella sp.</i>	2	1					1	
<i>Lymnea sp.</i>	2	1					2,3	
BIVALVIA								
<i>Pisidium amnicum</i>	2	1					1,9	
ARACHNIDA								
Hydrachnidae	2	1					1,6	
CRUSTACEA								
Amphipoda								
<i>Gammarus pulex</i>	20	3	35	3	50	3	1,8	
<i>Gammarus sp.</i>	5	2						
INSECTA								
Ephemeroptera								
<i>Baetis rhodani</i>			5	2			1,6	
Plecoptera								
<i>Brachyptera seticornis</i>	4	2					1	
Megaloptera								
<i>Sialis lutaria</i>	2	1					2,2	
Trichoptera								
<i>Hydroptila acculta</i>	3	1					1,8	
<i>Limnephilus afinis</i>			4	2	4	2	1,8	
Diptera								
Chironomidae			2	1	6	2	2,1	
Σ BROJ JEDINKI	42		58		66			
Σ BROJ TAKSONA	9		5		4			

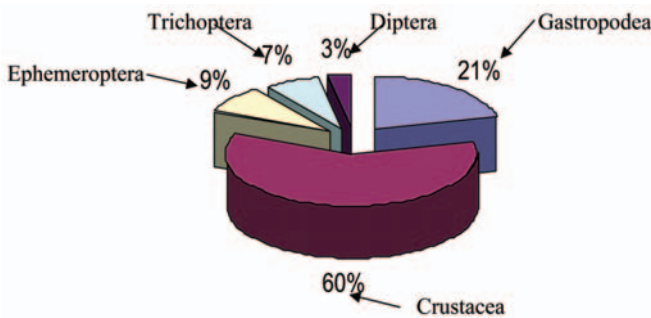
Globalni prikaz učešća invertebrata u sastavu zoobentosa na L1 potoka Žunovnica (graf.1), pokazuje dominaciju jedinki amfipodnog račića koji su prisutni najvećim procentom. Prisutne su i skupine

klase Insecta, sa redovima Ephemeroptera, Plecoptera, Megaloptera i Trichoptera, sa nešto manjim procentom (od 5-7 %). Nešto većim procentom se javljaju puževi (9% - 21 %).

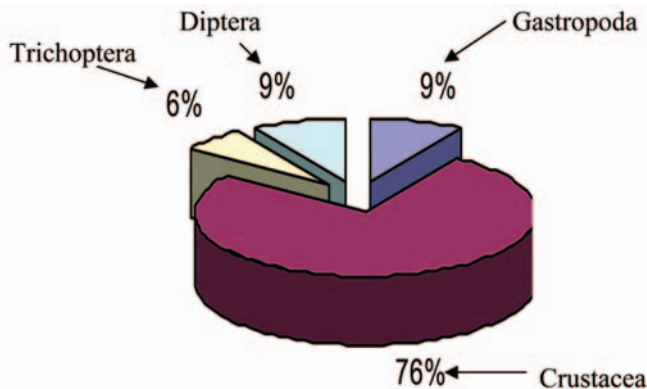
1: Kasno zimski



L1: Ljetni



L1: Jesenji aspekt



Graf. 1. Učešće (%) invertebrata u uzorcima zoobentosa na izvor potoka Žunovnica (L1) od marta do oktobra 2007.

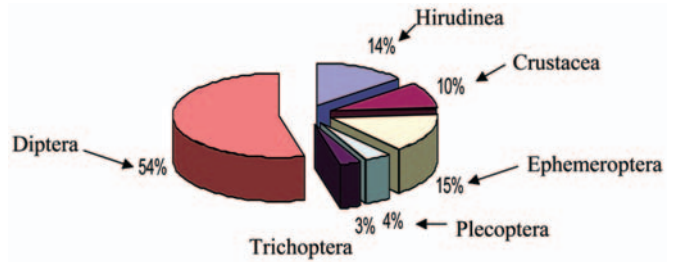
Lokalitet 2 – Srednji tok potoka Žunovnica

U uzorcima zoobentosa srednjeg toka potoka Žunovnica konstatovano je 17 taksona, sa 240 jedinki. Najveći broj taksona konstatovan je u kasno zimskom aspektu, ukupno 10, a najveći broj jedinki zabilježen je u ljetnom aspektu, ukupno 120 (tab.3.). Dominiraju jedinke vrsta *Simulium ornatum* (Meigen, 1818). Od ostalih skupina svojim prisustvom ističu se pijavice koje su predstavljene sa četiri vrsta: *Glossophonia complanata* (Linnaeus, 1758.), *Dina lineata* (OF.Miller, 1744.) *Erpobdella octoculta* Linnaeus, 1758, *Erpobdella testacea* (Savigny, 1820). Vodeni cvijetovi se javljaju sa vrstom *Baetis rhodani* i *Ephemerella ignita* (Poda, 1761.). Vodeni moljci sa tri vrste

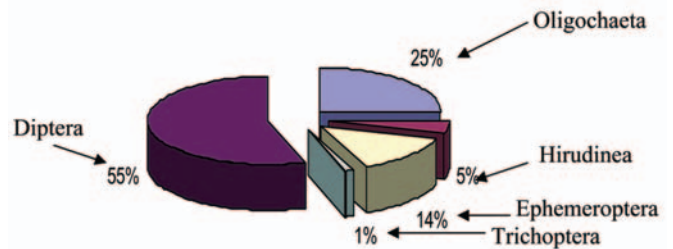
Allolagamus auricollis (Pictet, 1834) *Annitiella obscurata* (McLachlan, 1876), *Limnaphlius afinis*, pijedinačno se javljaju u uzorcima iz marta i u junu. (Tabela 3.)

Prikazani odnosi procentualnog učešća invertebrata u sastavu zoobentosa na L2 potoka Žunovnica (graf. 2), pokazuje dominaciju jedinki Oligochaeta 68%, u jesenjem aspektu. Gastropode su prisutne sa 18%, jedinke dvokrilih insekata sa 55%, pijavice sa 5-14 %.

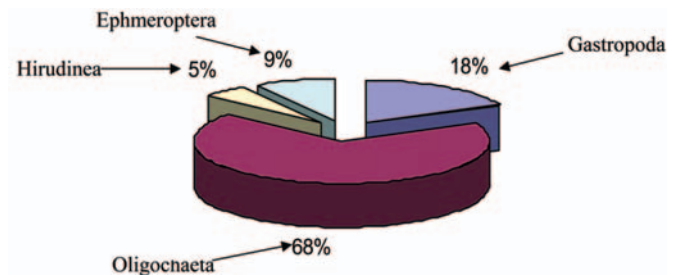
L2: Kasno zimski aspekt



L2: Ljetni aspekt



L2: Jesenji aspekt



Graf. 2. Učešće (%) invertebrata u uzorcima zoobentosa u srednjem toku potoka Žunovnica (L2) od marta do oktobra 2007.

Lokalitet 3 – Ušće potoka Žunovnica

U uzorcima zoobentosa na lokalitetu ušća potoka Žunovnica (L3) ustanovljeno je 16 taksona, sa ukupnim brojem jedinki 169 (tab.4). Najmanji broj taksona konstatovan je u uzorcima iz juna, (sedam taksona), a u uzorcima iz marta mjeseca nađen je najveći broj (11) taksona. U kvalitativnom sastavu dominiraju vrste vodenih insekata, tako su vodeni cvijetovi prisutni u sva tri aspekta. Konstatovane su četiri vrste i to: *Baetis rhodani* (Pictet, 1843), *Ephemerella*

ignita (Poda,1761.), *Epemerella sp.*, *Rhytrogena germanica*. Tvrdokrilci se javljaju u uzorcima iz marta 2007. sa vrstom *Oulimnius sp.*, a kamenjarke su prisutne u jesenjem aspektu sa vrstom *Protonemura sp.* Vodeni moljci se javljaju sa dvije vrste *Limnephlius sp.* i *Rhyacophila laevis* (Pictet,1834.).

Dvokrilni insekti na ušću potoka Žunovnica u uzorcima zoobentosa javljaju se sa porodicom Chironomidae, Simulidae. Prema saprobnosti konstatovanih taksona vidljivo je da dominiraju beta-mesosaprobnostni indikatori i vrste sa širokom ekološkom valencom.

Tabela 3.: Kvalitativno kvantitativni sastav invertebrata u uzorcima zoobentosa srednjeg toka potoka Žunovnica

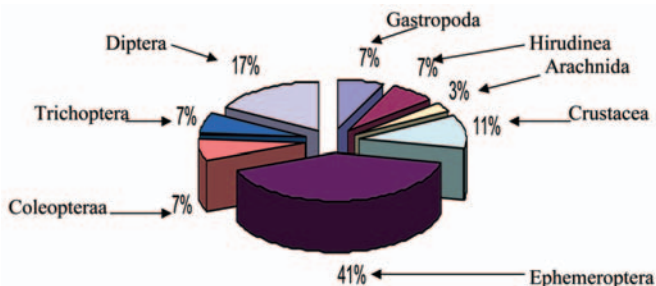
ZOOBENTOS	DATUM UZORKOVANJA						s
	17.3.2007		20.6.2007		18.10.2007		
	Kasno aspekt Br.j.	zimski R.A.	Ljetni aspekt Br.j. R.A.		Jesenji aspekt Br.j. R.A.		
GASTROPODA							
<i>Limnea palustris</i>			4	2	4	1	1,9
OLIGOCHAETA							
<i>Tubificidae</i>			30	3	15	3	
HIRUDINEA							
<i>Glosophonia complanata</i>	3	1					2,5
<i>Dina lineata</i>	3	1	4	2			2,7
<i>Erpobdella octoculata</i>	8	2					2,9
<i>Erpobdella testacea</i>			2	1	1	1	2,5
CRUSTACEA							
Amphipoda							
<i>Gammarus pulex</i>	10	2					1,8
INSECTA							
Ephemeroptera							
<i>Baetis rhodani</i>	10	2					1,6
<i>Ephemerella ignita</i>	4	2	16	3	2	1	2,1
Plecoptera							
<i>Protonemura auberti</i>	4	2					1
Trichoptera							
<i>Allolagamus auricollis</i>	2	1					1,5
<i>Annitella obscurata</i>	1	1					1,4
<i>Limnephlius afinis</i>			2				1,8
Diptera							
Chironomidae			27	3			2,1
Simulidae			32	3			2
<i>Simulium ornatum</i>	53	3					2
<i>Simulium sp.</i>			7	2			2
ΣBROJ JEDINKI	98		120		22		
ΣBROJ TAKSONA	10		8		4		

Tabela 4.: Kvalitativno-kvantitativni sastav invertebrata u uzorcima zoobentosa ušća potoka Žunovnica

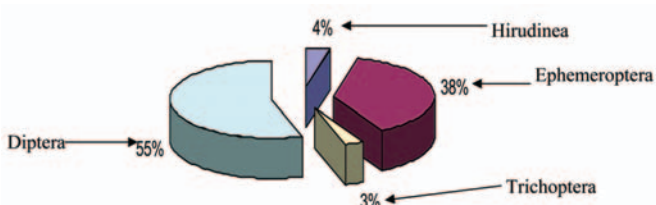
ZOOBENTOS	DATUM UZORKOVANJA						s
	17.3.2007		20.6.2007		18.10.2007		
	Kasno zimski aspekt		Ljetni aspekt		Jesenji aspekt		
	Br.j.	R.A.	Br.j.	R.A.	Br.j.	R.A.	
GASTRPODA							
<i>Bithinella sp.</i>	2	1					1
HIRUDINEA							
<i>Dina lineata</i>	2	1	4	2	3	1	2,7
ARACHNIDA							
Hidrachnidae	1	1			4	2	1,6
CRUSTACEA							
Amphipoda							
<i>Gammarus pulex</i>	3	1			2	1	1,8
INSECTA							
Ephemeroptera							
<i>Baetis rhodani</i>	5	2	10	2	20	3	1,6
<i>Ephemerella ignita</i>	5	2	15	3	5	2	2,1
<i>Ephemerella sp.</i>			12	3			1,8
<i>Rhythrogena germanica</i>	2	1			2	1	
Coleoptera							
<i>Oulimnius sp.</i>	2	1					1,5
Plecoptera							
<i>Protonemura sp.</i>					3	1	1,2
Trichoptera							
<i>Limnephlius sp.</i>			3	1			1,8
<i>Rhyacophila laevis</i>	2	1					
Diptera							
Chironomidae			25	3			2,1
<i>Simulidae</i>			30	3	2		2,0
<i>Simulium ornatum</i>	3	1					
<i>Orthocladinae</i>	2	1					
ΣBROJ JEDINKI	29		99		41		
ΣBROJ TAKSONA	11		7		8		

Analizirajući procentualno učešće skupina invertebrata u uzorcima zoobentosa na lokalitetu ušća Žunovnice (graf.3) zapaža se da jedinke reda Ephemeroptera su u periodu kasne zime prisutne najvećim procentom (41 %). Učešće Ephemeroptera se povećava u toku jeseni kada postižu najveće učešće u sastavu zoobentosa (66%).

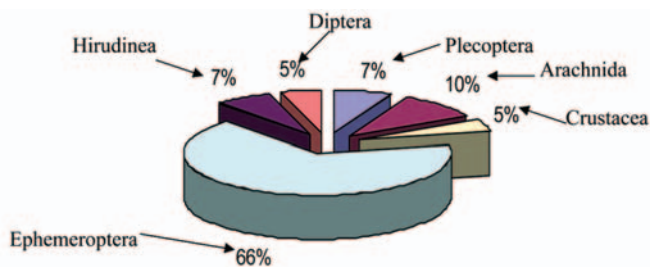
L3: Kasno zimski aspekt



L3: Ljetni aspekt



L3: Jeseni aspekt



Graf. 3. Učešće (%) invertebrata u uzorcima zoobentosa sa lokaliteta ušća potoka Žunovnica (L3) od marta do oktobra 2007.

3.3.1. Taksoni makroinvertebrata i njihova distribucija u potoku Žunovnica

Na sva tri lokaliteta potoka Žunovnica evidentirano je 28 taksona, sa ukupnim brojem jedinki od 575.

Gastropoda. Najveći broj jedinki 12 nađeno je na lokalitetu (L2) u ljetnom i jesenjem aspektu, dok je najmanji broj jedinki nađen u kasno zimskom aspektu 2 u (L3), ušće potoka Žunovnica. Pronađeno je 5 vrsta puževa sa ukupnim brojem od 28 jedinki sa sva tri lokaliteta. Registrovana je dominacija pužića *Bithinia* sp. koji je prisutan i (L1) sa 18 jedinki. Na sva tri lokaliteta prisutne su vrste *Limnea palustris* koja ima saprobnu vrijednost $s = 1.9$, *Limnea* sp. sa saprobnom vrijednošću, $s = 2.$, *Bithinella*, sp. $s = 1$. Distribucija kao i broj jedinki Gastropoda prikazan je u tabeli 5.

Tabela 5.: Distribucija vrsta Gastropoda po lokalitetima u potoku Žunovnica od marta do oktobra 2007 godine.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jed.
	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	
Gastropoda										
<i>Bithynidae</i>		12	6				2			20
<i>Bithynia</i> sp.										
<i>Hydrobidae</i>										
<i>Bitinella</i> sp.	2									2
<i>Lymnea</i> sp.	2									2
<i>Limnidae</i>										
<i>Limnea palustris</i>						4				4
Broj jedinki	4	12	6			4	2			28

Bivalvia. Jedinke ove klase konstatovane su samo u uzorcima zoobentosa (L) u kasno zimskom aspektu sa svega 2 jedinke vrste *Pisidium amnicum*.

Oligochaeta. Maločekinjaši su prisutni samo u (L2), u srednjem toku potoka Žunovnica. Konstatovane jedinke spadaju u porodicu Tubificidae. Ukupno je pronađeno 45 jedinki, U L2 30 jedinki i u L3 15 jedinki. Tabela 6.

Hirudinea. Pijavice su konstatovane na lokalitetima L2 i L3. Prisutne vrste su *Glossophonia complanata* (Linnaeus, 1758.) koja je pronađena u L2 u kasno zimskom aspektu.

Vrsta *Dina lineata* (O. F. Muller, 1774.) u sva tri lokaliteta je najbrojnija. Još su pronađene *Erpobdella octoculta* i *Erpobdella testacea*. Tabela 7.

Tabela 6.: Distribucija vrsta *Oligochaeta* po lokalitetima u potoku Žunovnica u periodu od marta do oktobra 2007. godine.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jed.
	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	
<i>Oligochaeta</i>										
<i>Tubificidae</i>						30		15		45
Br. jedinki						30		15		45

Tabela 7.: Distribucija vrsta *Hirudinea* po lokalitetima u potoku Žunovnica u periodu od marta do oktobra 2007. godine.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jed.
	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	
<i>Hirudinea</i>										
<i>Glossophonia complanata</i>				3						3
<i>Dina lineata</i>				3	4		2	4	3	16
<i>Erpobdella octoculta</i>				8						8
<i>Erpobdella testacea</i>					2					2
Broj jedinki				14	6		2	4	3	30

Tabela 8.: Distribucija vrsta *Arachnida* po lokalitetima u potoku Žunovnica u periodu od marta do oktobra 2007. godine.

Lokaliteti	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jedinki
	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	
<i>ARACHNIDA</i>										
<i>Hidrachnidae</i>	2						1		4	7
Broj jedinki	2						1		4	7

Tabela 9.: Distribucija vrsta *Amphipoda* po lokalitetima u potoku Žunovnica u periodu od marta do oktobra 2007. godine.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jedinki
	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	zima	ljetno	jesen	
<i>Amphipoda</i>										
<i>Gammarus pulex</i>	20	35	10	10			3		2	120
<i>Gammarus sp.</i>	5									5
Broj jedinki	25	35	50	10			3		2	125

Arachnida. Su evidentirani na lokalitetu L1 i L2, prisutne jedinke spadaju u porodicu Hydrachnidae. Tabela 8.

Amphipoda. Vrsta *Gammarus pulex* je najbrojnija u uzorcima zoobentosa potoka Žunovnica na sva tri lokaliteta. Druga vrsta *Gammarus sp.* koja je konstatovana samo u L1 u kasno zimskom i ljetnom aspektu sa 7 jedinki. Distribucija kao i broj jedinki reda Amphipoda prikazana je u tabeli 9.

Ephemeroptera. Vodeni cvijetovi su u uzorcima zoobentosa potoka Žunovnica prisutni su u sva tri lokaliteta. Prisutno je 5 vrsta sa ukupno 113 jedinki u svim lokalitetima. Vrsta *Beatis rhodani* ima najveću zastupljenost, javlja u sva tri lokaliteta, a najveću brojnost ima u L3 sa 35 jedinki. Druga vrsta po broj-

nosti je *Ephemerella ignita* sa 47 jedinki ukupno. Ova vrsta najbrojnija je u L3 sa 25 jedinki.

Plecoptera. Kamenjarke su prisutne u sva tri lokaliteta. Njihova brojnost i distribucija je veoma mala. Svaka od prisutnih vrsta nađena je samo u jednom lokalitetu. *Brachiptera seticornis* sa 4 jedinke u L1, *Protonemura auberti* u L2 takođe sa 4 jedinke i *Protonemura sp.* u L3 sa 3 jedinke.

Trichoptera. Vodeni moljci su zastupljeni u sva tri lokaliteta. Ukupno je nađeno 6 vrsta vodenih moljaca sa 21 jedinkom (tabela 11). Porodica Limnephilidae predstavljena je sa 3 vrste. *Anitella obsucurata* prisutna je samo u L2 sa 2 jedinke. *Limnephilius afinis* pronađena je u L1 i L2, dok je *Limnephilius sp.* u L3 prisutna. Porodica *Rhyacophilidae* iz ove poro-

Tabela 10.: Distribucija vrsta **Ephemeroptera** po lokalitetima u potoku Žunovnica u periodu od marta do oktobra 2007.godine.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jed.
	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	
Ephemeroptera										
<i>Beatis rhodani</i>		5		10			5	10	20	50
<i>Ephemerella ignita</i>				4	16	2	5	15	5	47
<i>Ephemerella sp.</i>								12		12
<i>Rhitrogena germanica</i>							2		2	4
Broj jedinki		5		14	16	2	12	37	27	113

Tabela 11.: Distribucija vrsta **Plecoptera** po lokalitetima u potoku Žunovnica u periodu od marta do oktobra 2007. godine.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jed.
	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	
Plecoptera										
<i>Brachytera seticornis</i>	4									4
<i>Protonemura auberti</i>				4						4
<i>Protonemura sp.</i>							3			3
Broj jedinki	4			4			3			11

dice pronađena je jedna vrsta *Rhyacophiala laevis* prisutna je samo u L3 uzorku kasno zimskog aspekta. Porodica *Hydroptilidae* sa vrstom *Hydroptila aculata* (Eaton,1873.), koja je pronađena u L1 izvora potoka Žunovnica u kasno zimskom aspektu sa prisutne 3 jedinke.

Coleoptera. Tvrđokrilci su konstatovani u uzorku zoobentosa ušća potoka Žunovnica L3, pronađena vrsta je *Oulimnius sp.* sa 2 jedinke.

Megaloptera. Od muljara konstatovana je samo jedna vrsta, obični muljar *Sialis lutaria* koja se javlja samo u L1 na izvoru potoka Žunovnica sa 2 jedinke.

Diptera. U tabeli 12 prikazana je distribucija i brojnost reda Diptera u uzorcima zoobentosa potoka

Žunovnica. Dvokrilci su velika skupina insekata koje je veoma teško determinisati do nižih sistematskih kategorija. Većina jedinki je određena do nivoa porodice. Ukupno u uzorcima zoobentosa potoka Žunovnica ima 189 jedinki dvokrilaca. Porodica *Chironomidae* pojavljuje se na sva tri lokaliteta i to ukupno 60 jedinki iz ove porodice. Iz podfamilije *Ortocladinae* pronađene su 2 jedinke u kasno zimskom aspektu L3. Porodica *Simulidae* je najbrojnija ukupno 64 jedinke na sva tri lokaliteta. Vrste *Simulium ornatum* i *Simulium sp.* su prisutne vrste ove porodice. Najveća brojnost *Simulium ornatum* 53 jedinke je na L2 u kasno zimskom aspektu. *Simulium sp.* sa 7 jedinki prisutna je takođe na L2.

Tabela 12.: Distribucija vrsta **Diptera** po lokalitetima u potoku Žunovnica od marta do oktobra 2007. godine.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br. jed.
	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	
Diptera										
<i>Chironomidae</i>		2	6		27			25		60
<i>Ortocladinae</i>							2			2
<i>Simulidae</i>					32			30		64
<i>Simulium ornatum</i>				53			3			56
<i>Simulium sp.</i>					7					7
Broj jedinki		2	6	53	66		5	55	2	189

3.3.2. Statistička obrada podataka

Saprobni indeks po Pantle-Bucku, 1955.

Za ocjenu kvaliteta vode primjenjen je saprobni indeks po Pantle-Bucku. Najveća vrijednost saprobnog indeksa (tab. 13) zabilježena je u vodi srednjeg toka potoka Žunovnica (L2), u jesenjem aspektu ($S = 2,74$), što ukazuje da je voda III stupnja kvaliteta ili alfa-mesosaprobna, a najmanja vrijednost saprobnog indeksa zabilježena je u izvorišnom dijelu toka (L1), u kasno-zimskom aspektu ($S = 1,65$) ukazuje na I – II stupnja kvaliteta ili oligo/betamesosaprobnu vodu.



Tabela 13.: Vrijednost saprobnog indeksa prema Pantle- Bucku u potoku Žunovnica u periodu mart –oktobar 2007.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br.jed.
	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	
<i>Diptera</i>										
<i>Chironomidae</i>		2	6		27			25		60
<i>Ortocladinae</i>							2			2
<i>Simulidae</i>					32			30		64
<i>Simulium ornatum</i>				53			3			56
<i>Simulium sp.</i>					7					7
Broj jedinki		2	6	53	66		5	55	2	189

Shannon indeks diverziteta (Shannon-Weaver, 1949.)

Shannon indeks diverziteta je izračunat na nivou porodica, evidentiranih u uzorcima zoobentosa na lokalitetima potoka Žunovnica. Može se vidjeti (tab. 14) da su najveće vrijednosti ovog indeksa zabilježene na ušću potoka Žunovnica (L3), i to u zimskom aspektu ($H' = 3,31$). Najmanje vrijednosti ovog inde-

ksa zabilježene su na izvoru potoka Žunovnica u jesenjem aspektu ($H' = 1,18$). Na sva tri lokaliteta vrijednosti Shannon indeksa su najveće u zimskom i ljetnom aspektu. Apliciranjem dobivenih rezultata na kvalitet vode, zapaža se variranje od I kategorije ili čiste vode na ušću u kasno-zimskom aspektu do umjereno zagađene vode u izvoru (ljet i jesen) i srednjem dijelu toka u jesen.

Tabela 14.: Vrijednost Shannon indeksa diverziteta zoobentosa u potoku Žunovnica u periodu mart-oktobar 2007.

Lokalitet	Izvorišni dio -L1			Srednji tok-L2			Ušće -L3			Ukupan br.jed.
	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	zima	ljet	jesen	
<i>Diptera</i>										
<i>Chironomidae</i>		2	6		27			25		60
<i>Ortocladinae</i>							2			2
<i>Simulidae</i>					32			30		64
<i>Simulium ornatum</i>				53			3			56
<i>Simulium sp.</i>					7					7
Broj jedinki		2	6	53	66		5	55	2	189

4. DISKUSIJA

Kvalitet vode potoka Žunovnica analiziran je na bazi mjerenja osnovnih fizičko/hemijskih parametara: pH vode, količina kiseonika, zasićenost kiseonikom i provodljivost. Ispitivanja su izvršena na tri lokaliteta potoka Žunovnica (izvorište, srednji tok i ušće) u priodu od marta do oktobra 2007. godine. Od fizičkih osobina vode ispitivana je temperatura vode. Najveća temperatura vode zabilježena je u ljetnom aspektu 13,6 °C. Tokom istraživanja zabilježeno je malo variranje temperature vode na izvoru, koje ne zavisi od temperature zraka. Ta ujednačenost temperature vode se pod uticajem temperature vazduha, od izvora prema ušću, postepeno mijenja. Temperatura vode je važan faktor koji djeluje na metabolizam, rast, reprodukciju i distribuciju zoobentosa. Temperatura vode i zraka na izvoru ne pokazuju izravnu ovisnost. Najveća temperatura zraka na izvoru potoka Žunovnica je u ljetnom aspektu i to 27,5 °C. Provodljivost je drugi fizički faktor čije izmjerene vrijednosti su karakteristične za vode dobrog kvaliteta.

Otopljeni gasovi imaju veliki značaj za rast i razvoj vodenih organizama. Na njihovu koncentraciju utiče mnogo faktora, koji su u datom trenutku rezultat složenih interakcijskih procesa u vodi. Analize koncentracije rastvorenog kiseonika pokazuju njihov



Arhiva AVP Sava

suficit na istraživanom lokalitetu tokom sva tri aspekta. Zasićenost kiseonikom je najveća u zimskom aspektu, 104%, kao i količina kiseonika koja iznosi 10,62 mg/l. Zaključuje se da je povećanje količine kiseonika u obrnutom odnosu sa povećanjem temperature vode (Trožić-Borovac, 2002) pH vrijednost vode, na ispitivanom lokalitetu potoka Žunovnica, varira između 7,94 do 7,98. pH se kreće u granicama od neutralne do slabobazne vode.

Zoobentos se sastoji od određenih skupina životinja, koje su prostorno i vremenski izmjenjene, zajedno sa ekološkim uslovima. Fauna dna zavisi od temperature i hemijskih osobina vode. Takođe i brzina strujanja vode je jedan od važnih faktora koji utiču na strukturu zoobentosa. Vidljive su razlike u raznolikosti organizama i broju jedinki po lokalitetima uzorkovanja, a i prema terenskim izlascima, što ukazuje na sezonsku ritmiku organizama.

U periodu od marta do oktobra 2007 god., u uzorcima bentosa potoka Žunovnica, na tri lokaliteta, evidentirano je 28 taksona, sa ukupnim brojem jedinki od 575, koje su svrstane u sedam klasa : Gastro-poda, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudinea, Arachnida, Crustacea, Insecta.

Puževi su **evidentirani** sa porodicama Bithyniidae i Hidrobidiidae. Porodica Bithyniidae sa vrstom *Bithynia sp.* nađena je u uzorcima L1 u ljetnom aspektu i to sa 12 jedinki. To je i najveći broj pripadnika iz skupine Gastrpoda na ovom lokalitetu. Porodica Hidrobidiidae predstavljena je sa dvije vrste i to *Bitinella sp.* i *Limnea palustris*. *Bitinella sp.* je prisutna u kasno zimskom aspektu u uzorcima L2, takođe sa dvije jedinke. Vrsta *Limnea palustris* prisutna je u ljetnom aspektu sa četiri jedinke u L2, odnosno u srednjem toku potoka Žunovnica.

Klasa školjkaša predstavljena je sa vrstom *Pisidium amnicum*. Prema podacima ove vrste su veza-ne za čiste vode. U ocjeni kvaliteta vode pokazale su se kao slabi indikatori (Wegl, 1983). Maločekinjaši su prisutni u uzorcima bentosa u srednjem toku potoka Žunovnica (L2), i to u ljetnom aspektu sa 30 jedinki i u jesenjem aspektu sa 15 jedinki. Predstavnici skupine pripadaju porodici Tubificidae, koje su prisutne samo u uzorcima srednjeg toka potoka Žunovnica. Tubificidae, u ocjeni kvaliteta vode, iniciraju jako zagađenje i nisu prisutne u čistoj vodi. One naseljavaju tekućice sa muljevitim sedimentom (Trožić-Borovac, 2002). Pijavice su u uzorcima zoobentosa pro-nađene na lokalitetu L2 i L3. Zastupljene su vrste *Dina lineata* u L3 i to u sva tri aspekta, kao i u L2 u kasno zimskom i ljetnom aspektu. Zatim vrsta *Glossophonia compalata*, *Erpobdella octoculta* i *Erpobdella testacea*. *Erpobdella octoculta* je α -mesosapro-bni indikator. Općenito pijavice naseljavaju lokalitete sa dosta organskog otpada, koji koriste kao glavni izvor hrane. Konstatovane su vrste *Gammarus pulex*

i *Gammarus sp.*, u sva tri aspekta potoka Žunovnica. Vrsta *Gammarus pulex* u izvoru potoka Žunovnica (L1) pronađena je u najvećem broju, i to sa 20 jedinki u kasno zimskom aspektu i 50 jedinki u jesenjem aspektu. U ostalim aspektima prisutni su brojčano nešto manje. Amphipoda se pojavljuje u čistijim vodama većeg stepena kvaliteta. Prema istraživanjima (Moog, 1995) ovaj račić *Gammarus sp.*, naseljava pješčani sediment i čistu vodu sa dužim i umjerenim protokom.

Beatis rhodani je jedina vrsta vodenih cvjetova koja se javlja u vodama na prelazu iz β -mesosaprobne u α -mesosaprobnu vodu. Za ovu vrstu može se reći da je slab indikator kvaliteta voda jer živi pretežno u vodama sa dosta organskog otpada i nisu pouzdani indikatori zbog široke ekološke valence u odnosu na većinu abiotičkih faktora. Vrsta *Ephemera ignita*, spada u porodicu *Ephemerellidae*, dostiže najveću brojnost na lokalitetu L2 u junu sa (16 jedinki). Za rod *Rithrogena* u literaturi se navodi (Tomka & Rasch, 1993.) da većina njegovih vrsta naseljava Alpe. U BiH opisana su tri roda u vodotoku Neretve (Tanasijević, 1981.). Indikatorska vrijednost 5 pokazuje da se radi o odličnom indikatoru, a vrste ovog roda naseljavaju čiste vode (Wegl, 1983). Ove vrste, uglavnom žive u tokovima sa dosta podvodne vegetacije, zbog čega se označavaju kao detritovi, te spadaju u grupu slabijih plivača („climbers“), hrane se biljem i algama, dok su neki čak i predatori (Trožić-Borovac, 2002). Plecoptera – kamenjarke su prisutne na sva tri lokaliteta potoka Žunovnica. Vrsta *Brachiptera seticornis* prisutna je u lokalitetu (L1), izvora potoka Žunovnica, u kasno zimskom aspektu sa 4 jedinke. Vrsta *Protonemura auberti* prisutna je u (L2) sa 4 jedinke, dok *Protonemura sp.* se javlja u jesenjem aspektu na (L3) sa tri jedinke. Ovi insekti su posebno značajni u ekologiji voda i samom biomonitoringu. Oni uglavnom naseljavaju izvorišne djelove vodotoka, kao najsenzibilnija grupa unutar bentosa slatkovodnih ekosistema (Woodiwiss, 1964). Od muljara konstatovana je samo jedna vrsta, obični muljar *Sialis lutaria* sa saprobnom vrijednošću od 2.2. Ova vrsta je slab indikator kvaliteta vode i javlja se u zagađenim vodama. Prisutna je u (L1) sa dvije jedinke. Prve podatke o vodenim moljcima nalazimo u radovima češkog istraživača (Williams, Feltmate, 1994), a intenzivna istraživanja ovih insekata i BiH izvršio je Klapalek koji je opisao prve vodene moljce u BiH (Marinković, 1981). Vodeni moljci zastupljeni su sa 6 vrsta i to u svim aspektima potoka Žunovnica. Vrsta *Hydroptilla aculata* nađena je u kasno zimskom aspektu (L1), sa tri vrste. Vrsta *Limnephlius afinis* u (L1) u kasno zimskom aspektu prisutna je sa 4 jedinke, kao i u jesenjem aspektu takođe sa četiri jedinke. U srednjem toku potoka Žunovnica (L2) ova vrsta pojavljuje se sa dvije prisutne jedinke u ljetnom

aspektu. *Limnephlius sp.* je u (L3), na ušću potoka Žunovnica, u ljetnom aspektu prisutna sa tri jedinke. Ova vrsta vezana je isključivo za čiste vode i odličan je indikator kvaliteta vode (Rožajac, 2001.) Vrsta *Hydroptilla aculata* prisutna je samo u (L1) u izvoru potoka Žunovnica, u kasno zimskom aspektu sa tri jedinke. Vrsta *Allolagamus auricollis* je pronađena na lokalitetu (L2) srednjeg toka potoka Žunovnica i zabilježene su dvije jedinke. *Atinella obsurata* je prisutna sa svega jednom jedinkom u (L2), srednji tok potoka Žunovnica, zabilježenom u jesenjem aspektu. *Rhyacophila laevis* nađena je u (L3), u ušću potoka Žunovnica, u vrijeme jesenjeg uzorkovanja sa prisutne dvije jedinke. Dvokrilci su eurivalentni organizmi. Neki od predstavnika ove skupine naseljavaju i zagađene tekućice i saprofagi su, a neki su isključivo stanovnici oligotrofnih voda, te se hrane biljkama i algama. Neki su čak i predatori, hrane se drugim organizmima. Diptera su velika skupina insekata, koje je veoma teško determinisati do nižih sistematskih kategorija, pa je determinacija ovih jedinki izvršena samo do nivoa porodica.

Jedinke koje pripadaju porodici Chironomidae su najbrojnije u (L2), srednjem toku potoka Žunovnica, u ljetnom aspektu sa 27 jedinki, dok su u (L3), ušće potoka Žunovnica prisutne sa 25 jedinki. Prisutne su takođe i u (L1), u izvoru potoka Žunovnica, sa manjim brojem jedinki, u ljetnom dvije i jesenjem aspektu šest jedinki. Jedinke ove familije, pripadaju podfamiliji: *Orthocladinae* su prisutne. Važno je naglasiti da su predstavnici ove porodice značajna hrana mnogim slatkovodnim ribama i da pretvaraju ogromnu količinu biljne mase u životinjsku masu.

Porodica Simuliidae zastupljena je u gotovo svim uzorcima potoka Žunovnica. Prvi podaci o fauni simulida u Bosni i Hercegovini, potiču od Štrobla (1900., 1902.), dok njihovo sistematsko izučavanje počinje nešto kasnije, 1956 godine (Kačanski, 1969.) Prema dosadašnjim proučavanjima potoka Žunovnica, utvrđeno je prisustvo sedam vrsta simulida, jedna podvrsta i jedan varijetet. Tada su pronađene sljedeće vrste: *Simulium latipens*, *Simulium rubcovicianum*, *Simulium latizonum petricolum*, *Simulium variegatum*, *Simulium monticola*, *Simulium bezzii*, *Simulium ornatum*, *Simulium reptans*. (Kačanski 1969). Predstavnici ove porodice su stanovnici kamenitog sedimenta obraslog makrofitama (Linbegaord, 1994), a mogu se javiti u izrazito čistim vodama do potpuno zagađenih (Trožić-Borovac, 2002), te se smatraju slabim indikatorima kvaliteta vode. Jedinke porodice Simuliidae najbrojnije su u ljetnom aspektu (L2) srednjeg toka potoka Žunovnica sa 32 jedinke, dok su u (L3) ušću potoka Žunovnica prisutne sa 30 jedinki. Vrsta *Simulium ornatum* najbrojnija je u kasno zimskom aspektu (L2) srednjeg toka potoka Žunovnica, sa 53 jedinke, dok u (L3) ušću potoka Žu-

novnica njihovo prisustvo je sa 3 jedinke. *Simulium* sp. su prisutne u ljetnom aspektu (L2) srednjeg toka potoka Žunovnica sa 7 jedinki.

Primjenom saprobnog indeksa dobivene vrijednosti ukazuju da je voda potoka Žunovnica u kategoriji oligo/betamesosaprobn u gornjem toku, nizvodno preovladavaju indikatori organskog onečišćenja i voda ima karakter pojačanog zagađenja, prema ušću dolazi do blagog prečišćavanja usljed pada korita i pojačane aeracije, te voda ima betomesosaprobn stupanj kvaliteta. Ovakva situacija je rezultat antropogenog utjecaja koji je predstavljen kroz otpadne vode ribnjaka i ugostiteljskog objekta na obalama potoka u gornjem toku. Potok je recipijent otpadnih voda iz kuća domicilnog stanovništva, a mjere čišćenja korita direktno utiču na nestanak senzitivnih akvatičnih organizama.

Shannon –Weaver-ov indeks diverziteta – Za ovaj indeks je karakteristično da stepen zagađenja bitno utiče na diverzitet vrsta, odnosno da stepen diverziteta vrsta opada sa rastom stepena zagađenja. Prema vrijednostima indeksa diverziteta koji se kreću <1 do >3 vrši se ocijena kvaliteta vode u vodotoku (Wilhm, Dorris, 1968) Vrijednost indeksa manja od 1 ukazuje veliko zagađenje, od 1 do 2 na veliko onečišćenje, od 2 do 3 na malo zagađenu vodu i veće od 3 na čistu vodu. Na indeks diverziteta vrsta, pored stepena zagađenja, bitno utiče i sezona uzimanja uzoraka (Trožić-Borovac, 2002.) Ovaj indeks se koristi kao ekološki indikator za vrijednovanje ekosistema. Vrijednost ovog parametra ukazuje na uticaj zagađenja u živom svijetu. Nije uvijek zagađenje ono što uslovljava nisku vrijednost ovog indeksa. U određenim slučajevima ekološki uslovi u ekosistemu su takvi da uslovljavaju razvitak samo određenih vrsta nezavisno od zagađenja. Vrijednosti indeksa diverziteta direktan su pokazatelj variranja općeg stanja u samom potoku. Nizak diverzitet na izvoru rezultat je dominacije amfipodnog račića, a najveća raznovrsnost vezana je za ušće uslijed najvećeg izvora hrane.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata analize kvaliteta vode, koji je obuhvatila mjerenje osnovnih fizičko/hemijskih faktora, kvalitativno-kuantitativnu analizu sastava zoobentosa, na tri lokaliteta potoka Žunovnica, u periodu od marta do oktobra 2007. godine, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- ❑ Vrijednosti temperature vode, kiseoničkog režima (saturacije i koncentracije), pH i provodljivosti, voda potoka Žunovnica na sva tri istraživana lokaliteta je u kategoriji oligosaprobnih ili čistih voda;
- ❑ Evidentirano je 28 taksona, sa ukupnim brojem jedinki od 575. Jedinke su pripadnice sedam klasa : Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudi-

nea, Arachnida, Crustacea, Insecta.

- ❑ Najveći broj taksona konstatovan je na ušću potoka Žunovnica (L3), u kasno zimskom aspektu, ukupno 11 taksona, dok je najmanji broj taksona, u kasno zimskom aspektu zabilježen u srednjem toku (L2) i u izvoru potoka Žunovnica(L1), ukupno 4 taksona.
- ❑ Od ukupno nađenih 28 taksona na sva tri lokaliteta, najveći broj pripada klasi Insecta, 19 taksona. Sa najvećim brojem vrsta, ukupno šest zastupljene su Trichoptera, od kojih je najbrojnija vrsta *Limnephilus afinis*.
- ❑ Saprobn index po Pantle – Bucku pokazuje da se radi o vodi sa variranjem od I/II do III stupnja kvaliteta u srednjem toku i da na sastav zoobentosa je uočen direktan antropogeni utjecaj
- ❑ Na osnovu Shannon – Weaver - ovog indexa diverziteta, zaključujemo da je najveća vrijednost indeksa zabilježena na ušću potoka Žunovnica (L3), u zimskom aspektu dok je najmanja vrijednost zabilježena na izvoru potoka Žunovnica (L1), u jesenjem aspektu.
- ❑ Prema ukupnim rezultatima istraživanog dijela vodotoka potoka Žunovnica, može se zaključiti o relativno velikom diverzitetu invertebrata u sastavu bentosa ali direktan pojačan antropogeni utjecaj uslovljava izmjenu kvalitativno-kuantitativnog sastava što se reflektira na vrijednosti bioloških parametara kvaliteta vode.

6. LITERATURA

- Aubert, J. (1959): Plecoptera. Insecta Helvetica. Fauna. Imprimerie la Concorde, Lausanne
- Berthelemey, C.L.C. (1975): Plecopteres et Coleopteres aquatiques du lot (Massif central francais) Anns.Limnol. 11:263-285
- Belifiore, C. (1983): Efemeroteri (Ephemeroptera): guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma
- Bole, J. (1969): Ključići za dolečovanje živali: Mehkužci (Mollusca). Inštitut za biologiju Univerze v Ljubljani. Društvo biologov Slovenija, Ljubljana.
- Consiglio, C. (1980): Guide per il riconoscimento delle specie animali delle interne italiane 9; Plecopteri (Plecoptera).
- Čepić, V., Marinković-Gospodnetić M. (1978); Zoobentos rijeke Toplice. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, 31: 25-32
- Elliott, J.M., Humpesch, U.H., Macan, T.T. (1988): Larvae of the British Ephemeroptera; a key with ecological notes. Freshwater Biological Association, Ambleside, Scientific Publication, 40.
- Hynes, H.B.N. (1977): A key to the adults nymphs of



Zimski pejzaž

Arhiva AVP Sava

- the British stoneflies (Plecoptera) with notes on their ecology and distribution. Freshwater Biological Association, Ambleside, Scientific Publication, 17.
- Kačanski, D. (1969); Dinamika populacije Simulida; Doktorska teza. Prirodno-matematički Fakultet Sarajevo, Sarajevo.
- Linbegaard, C. (1994): The faunas response on human impacts in running waters with special reference to lowland conditions. In: Biological Assessment of Stream Water Quality, University of Ljubljana, Ljubljana, 11-48.
- Marinković, M. I sur. (1971); Vodeni insekti sliva gornjeg toka Drine; elaborate. Biološki Institut Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Marinković, M. (1981): *Endemični vodeni insekti u Bosni i Hercegovini, Trichoptera: elaborat*. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Moog, O. (1995): *Fauna Aquatica Austriaca, version 1995*. Wasserwirtschafts-kataster, Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft, Wien.
- Moretti (1983.),
- Trožić-Borovac, S. (2002); Istraživanje makroinvertebrata bentosa rijeke Bosne i pritoka u ocjeni kvaliteta vode. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Sarajevo, Sarajevo.
- Rožajac, E. (2001) Makroinvertebrate u ocjeni kvaliteta vode rijeke Sane, Diplomski rad prirodno – matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Sansoni, G. (1992): Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiana. Centro Italiano studi di biologia ambientale, Provincia autonoma di Trento.
- Studemann, D., Landolt, P., Sartori, M., Hefti, D., Tomka, I. (1992): Ephemeroptera. Societe entologique suisse, s.l., Insecta Helvetica: Fauna, 9.
- Tomka I., Rasch, P. (1993): Beitrag zur Kenntnis der europäischen *Rhithrogena* – Arten (Ephemeroptera, Heptageniidae): *R. intermedia* Metzler, Tomka & Zurwerra, 1987 eine Art der *alpestris* – Gruppe sowie ergänzende Beschreibung zu fünf weiteren *Rhithrogena* – Arten. Mitt. Schweiz. Ent. Ges., 66: 255-281
- Wallace, I.D., Wallace, B.B., Philipson, G.N. (1990): A key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. Freshwater Biological Association, Ambleside, Scientific Publication, 51.
- Waringer, J., Graf, W. (1997): Atlas der Österreichischen kocherfliegenlarven; unter Einschluss der angrenzenden Gebiete. Facultas Universitätsverlag, Wien.
- Wilhm, J. L., Dorris, T.C. (1968): Biological parameters for water quality criteria. Bioscience, 18: 477-81
- Williams, D.D., Feltmate, B.W. (1994): *Aquatic Insects*. Cab International, Wallingford.
- Woodiwiss, F.S. (1980): Biological monitoring of surface water quality in: Summary Report Commission of the European Communities, Environment and Consumer Protection Service.
- Wegl, R. (1983): Index für die Limnosaprobitat. Wasser und Abwasser, 26: 1-175.

STUDIJA SLUČAJA DVOSTEPENOG AEROBNOG TRETMANA OTPADNE VODE IZ INDUSTRIJE PROIZVODNJE ČIPSA U FBIH

Uvod

Prehrambena industrija je jedna od nositelja ekonomskog razvoja u BiH ali u isto vrijeme, zbog velikog broja malih i srednjih preduzeća koja su pokrenuta širom zemlje a koja ne tretiraju svoje otpadne vode, predstavlja i jednog od većih zagađivača okoliša.

Najznačajniji okolinski problemi vezani za prehrambenu industriju su velika potrošnja vode, ispuštanje otpadnih voda značajnog tereta zagađenja i velika potrošnja energije. U nekim slučajevima mogu se pojaviti i problemi vezani za zbrinjavanje čvrstog otpada.

Voda se u prehrambenoj industriji koristi ne samo kao osnovna sirovina u procesu za pranje, guljenje, čišćenje, sortiranje, te transport, već se ugrađuje u proizvod, a koristi i za pranje i održavanje čistoće samih pogona, mašina, radnih površina i proizvodnog kruga. U prosjeku oko 70% iskorištene vode završava kao otpadna voda, koja je različita po svom kvalitetu zavisno od proizvodnog programa.

Otpadna voda sadrži veliki udio organske materije, suspendovane materije, škroba, masti i ulja, te deterdžentata. Jedan od problema predstavljaju i pesticidi koji se mogu naći u otpadnoj vodi od pranja povrća, a koje je teško ukloniti konvencionalnim metodama tretmana.



Reciklacija mulja - devastirano postrojenje za tretman otpadnih voda u Trnovu

Snimila: Nada Galić

Osim gore navedenih činjenica vezanih za negativne uticaje prehrambene industrije na okoliš, treba napomenuti da niti jedno od trenutno aktivnih preduzeća u BiH nema izgrađen uređaj za prečišćavanje otpadnih voda ili ima samo grubu predtretman, te da ispuštaju otpadne vode koje po parametrima kvaliteta ne zadovoljavaju zakonom propisane vrijednosti. Neprečišćene otpadne vode uglavnom se upuštaju u površinske vode ili gradsku kanalizaciju mrežu. Neki od osnovnih razloga za ovakvo stanje je velika kapitalna investicija za projektovanje i izgradnju uređaja, te kasnije visoki troškovi rada i održavanja, bez mogućnosti brzog povrata investicije i ostvarivanja bilo kakve ekonomske koristi, te neraspoloživost prostora na kojem bi se gradio jedan takav uređaj.

U skladu sa okolinskom regulativom u našoj zemlji brojne aktivnosti i industrijski pogoni i postrojenja, uključujući i prehrambenu industriju, moraju pribaviti integralnu okolinsku dozvolu. Jedan od uslova za dobivanje ovakve dozvole je da operatori pogona i postrojenja koriste najbolje raspoložive tehnike (tzv. "BAT-ve") kako bi spriječili ili smanjili negativne uticaje na okoliš. Pod najboljim raspoloživim tehnikama smatraju se tehnike, koje uključuju i tehnologije, a kojima se postižu standardi kvaliteta okoliša utvrđeni posebnim provedbenim propisima. Standard kvaliteta okoliša je mjera stanja određenog okolinskog medija u pogledu određene zagađujuće materije, koja predstavlja gornju granicu prihvatljivosti postavljenu da bi se zaštitilo ljudsko zdravlje ili ekosistem.

Nova činjenica u skladu sa Zakonom o vodama u FBiH ("Službene novine FBiH", broj 70/06) je da se okolinska dozvola, za pogone i postrojenja za koje je neophodno pribaviti okolinsku dozvolu u skladu sa zakonom o Zaštiti okoliša, izdaje na osnovu prethodne vodne saglasnosti za objekte za koje je tim Zakonom propisana obaveza pribavljanja ove saglasnosti. Za pogone i postrojenja koji moraju proći proceduru procjene uticaja na okoliš organ nadležan za izdavanje vodnih akata učestvuje u postupku procjene na zahtjev organa koji vodi postupak procjene, te se na ovaj način u određenoj mjeri postiže integralnost dozvole.

U radu se daju rezultati eksperimentalnog istraživanja primjenjivosti i efikasnosti tehnologije dvostepenog tretmana, koja se sastojala iz konvencionalnog tretmana aktivnim muljem i membranskog bioreaktora, za jako opterećene tehnološke otpadne vode iz prehrambene industrije proizvodnje čipsa u BiH. Obje ove tehnologije spadaju u najbolje raspoložive tehnike za tretman otpadne vode iz sektora prerade povrća, u skladu sa BREF dokumentom EC „Integrated pollution prevention and Control, Reference document on best available techniques in the food, drink and milk industries, august 2006.“.

Predmet istraživanja

Prema kvalitetu, otpadna voda iz industrije prerade povrća, odnosno proizvodnje čipsa, je bogata organskom materijom, što znači da je visoko bioraz-



Dio devastiranog postrojenja za tretman otpadnih voda Trnova - mamut rotor

Snimila: N. Galić

gradljiva, te da je biološki tretman među boljim opcijama za postizanje optimalnih rezultata. Otpadna voda iz industrije proizvodnje čipsa prvo se treba tretirati tako da se uklone korisni otpadni sastojci, kao što su škrob, ulja i masti (Catarino i drugi, 2007), a potom se tretira obično korištenjem bioloških metoda tretmana uključujući mezofilni ili termofilni anaerobni tretman (Guo i Lin, 1990; Wambeke i drugi, 1990), konvencionalni tretman aktivnim muljem, termofilni aerobni tretman (Lasik i drugi, 2002; Malladi i Ingham, 1993), kombinacija anaerobnih i aerobnih procesa (Hadjivassilis i drugi, 1997) i tretman korištenjem skupine fungi mikroorganizama (Mishra i drugi, 2004).

Najčešće korišteni biološki tretman je *tretman aktivnim muljem* koji je poznat široj naučnoj i stručnoj zajednici u BiH. Uređaj za tretman aktivnim muljem, ukoliko je dobro projektovan, može zadovoljiti zakonom propisane norme za ispuštanje otpadnih voda u kanalizaciju ili površinske vode. Osnovni nedostaci ove vrste tretmana su potreba za velikim prostorom, što za slabo koncentrisanu otpadnu vodu, razrijeđenu vodama iz procesa pranja, ne predstavlja ekonomski isplativu opciju. Ova vrsta tretmana ne daje mogućnost unaprjeđenja radi postizanja efluenta bo-

ljeg kvaliteta, jer je već dostignut njen maksimum u smislu uklanjanja određenih zagaditelja. Tretman aktivnim muljem ne može odgovoriti stalnim varijacijama u kvalitetu ulazne otpadne vode, pri čemu taložnik uvijek predstavlja kritičnu tačku u procesu tretmana. Time se dovodi u pitanje kvalitet ispuštene otpadne vode, koji varira zajedno sa kvalitetom ulazne otpadne vode i mora se ispustiti u recipijent bez eventualnog razmatranja njegove ponovne upotrebe.

Jedna od novijih tehnologija za tretman otpadne vode iz industrije je *Membranski Bio-Reaktor (MBR)* koji predstavlja evoluciju klasičnog aerobnog tretmana. Kako bi se izbjegli stalni problemi sa taložnicima, oni su zamijenjeni membranskom separacijom. Uparivanjem uređaja za membransku separaciju sa biološkim aeracionim bazenom dobiva se MBR koji koristi membrane koje rade pod vakumom i koje se direktno uranjanju u aeracioni bazen. Na taj način se 3-4 puta smanjuje potreba za raspoloživim prostorom za gradnju, a prečišćena voda bi trebala da ima mnogo bolji kvalitet od vode koja se ispušta nakon tretmana aktivnim muljem. To bi omogućilo recikliranje efluenta u proces za higijenski manje zahtjevne operacije, čime bi se ne samo očuvali prirodni resursi, već bi preduzeća uštedom na potrošnji vode iz sistema za vodosnabdijevanje ostvarila i ekonomsku korist.

Eksperimentalno istraživanja imalo je za cilj ispitati primjenjivost i efikasnost u tretmanu otpadne vode MBR-om, te nadalje tehnologije dvostepenog tretmana, koja se sastojala iz konvencionalnog tretmana aktivnim muljem i MBR-a, za jako opterećene tehnološke otpadne vode iz industrije proizvodnje čipsa.

Tehnologija tretmana MBR-om je vrlo dobro definisana u proteklih 20-ak godina i primjenjuje se uspješno u tretmanu otpadne vode različitog porijekla.

Cicek (2003.) daje pregled primjene ove tehnologije u tretmanu otpadne vode iz poljoprivrede, a zbog njene mogućnosti da tretira jako velike količine otpadne vode, te fleksibilnosti u pogledu varijacije i udara zagađenja, smatra se posebno prikladnom za prehrambenu industriju.

S druge strane, membrane mogu biti oštećene zbog prisustva visoke količine koloidnih supstanci koje smanjuju propustljivost i zahtijevaju veću učestalost čišćenja membrana (Rosemberger i drugi, 2006.). Abrazija membrana neorganskim česticama je također drugo značajno pitanje (Cicek i drugi, 1999.) koje može dovesti do prijevremenog prekida rada sistema ili pogoršanja krajnjih rezultata.

Sam proces u MBR-u postiže nisku specifičnu proizvodnju mulja zbog velike starosti mulja. Za otpadnu vodu koja sadrži visok sadržaj organske materije, u proteklom periodu vršena su istraživanja korištenjem dvostepenog MBR-a, te nadalje smanjenja potrebe odlaganja viška mulja (Ghyoot i Verstra-



Još jednom devastirani uređaj u Trnovu: polja za sušenje mulja

Snimila: N. Galić

ete, 1999.) ili dostizanja strožijih karakteristika efluenta (Acharya i drugi, 2006.).

Opis industrije i proizvodnog procesa

Proizvodnja čipsa u BiH postepeno doživljava svoj rast iz godine u godinu, a u posljednje četiri godine gotovo je udvostručena količina proizvedenih gotovih proizvoda (1.557 tona/god. u 2004. godini i 2.880 tona/god. u 2007. godini) (Agencija za statistiku BiH, 2004-2007.).

Godišnja proizvodnja čipsa u fabrici u kojoj je izvršeno eksperimentalno istraživanje je oko 700 tona/god, za što se utroši osnovne sirovine tj. krompira od 3.200 tona/god. U fabrici se radi pet dana u sedmici, a rad je podijeljen u dvije smjene. Osnovni proizvodi koji su zastupljeni su razne vrste čipsa. Proizvodnja se odvija na jednoj proizvodnoj liniji i ravnomjerna je u toku godine.

Proizvodni proces započinje sipanjem krompira u spremnik, odakle se krompir kontinuirano dozira u perilicu krompira. Pranje se vrši hladnom vodom u rotacionoj mašini, pri čemu se odstranjuju grube nečistoće. Opran krompir ide na guljenje u mašinu, gdje se vrši operacija guljenja po principu mehaničkog trenja na abrazivnim rotacionim mašinama. Krompir koji nije dovoljno oguljen mašinskim putem, dodatno se ručno guli na pokretnoj traci. Od abrazivnog guljača, krompir se kontinuirano transportuje do centrifugalnog sjekača. Sjekač je rotaciona mašina koja ima mogućnost izmjene noževa, pa se na istoj proizvodnoj liniji mogu dobiti proizvodi različitog oblika. Izrezani dijelovi potom odlaze u blanšer. Osnovni cilj blanširanja je inaktivacija glikolitičkih enzima, čime se spriječava enzimsko tamnjenje krompira tokom prženja. Blanširanjem se peru i listovi krompira, čime se odstranjuje škrob sa površine. Nakon blanšera, izrezani krompir ide do friteze gdje se vrši prženje. Nadalje se prženi čips transportuje do dozera začina koji su praškastog oblika. Nakon doziranja začina čips se miješa u bubnju, da bi se začini ravnomjerno rasporedili po cijeloj masi proizvoda. Iz bubnja čips prelazi na pokretnu traku, gdje se ujedno i hladi, te nadalje se transportuje na viši nivo do mašine za pakovanje. Doziranje i pakovanje je automatsko. Upakovani čips odvozi se u skladište gotovih proizvoda, te dalje na tržište. Fabrica se snabdijeva pitkom vodom iz gradskog vodovoda, a ukupna godišnja potrošnja vode koja se mjeri putem jednog mjerača iznosi 8.071 m³/god, odnosno na dnevnoj osnovi je oko 32 m³/dan. Ukupna količina tehnoloških otpadnih voda u fabrici iznosi oko 31,4 m³/dan, a sanitarnih oko 0,5 m³/dan. Sanitarne otpadne vode odlaze u septičku jamu, dok se tehnološke otpadne vode odvoze na uređaj za pred-tretman (separator). Ovaj uređaj sastoji se od sita otvora 0,75 mm i hidrociklona. Hidrociklon odvaja škrob i plutajuće

čestice. Ovako tretirana otpadna voda se izbacuje u kanal kojim se otpadna voda odvodi u krajnji recipijent. Na temelju dosadašnjih ispitivanja, efekti rada ovog uređaja su jako mali. Krajnji recipijent otpadnih voda (tehnoloških, sanitarnih i oborinskih) je površinski vodotok. Fabrica ne posjeduje uređaj za mjerenje ispuštene otpadne vode. (Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo, 2007.).

Metod istraživanja

Eksperimentalna postavka

Za potrebe eksperimentalnog istraživanja tretmana tehnološke otpadne vode iz industrije proizvodnje čipsa, napravljena su dva eksperimentalna pilot postrojenja (sa aktivnim muljem i MBR), a koja su u konačnici instalirana u fabrici (Slika 1). Trajanje eksperimentalnog istraživanja bilo je 8 mjeseci, pod različitim radnim uslovima i opterećenjem otpadne vode.

Tokom prvih dva mjeseca istraživanja isproban je paralelni rad oba pilot postrojenja. Tokom ovog perioda istraživanja cilj je bio ispitati primjenjivost i efikasnost MBR-a u tretmanu otpadne vode iz industrije proizvodnje čipsa kao alternativne metode klasičnom tretmanu aktivnim muljem. Međutim, tehnološka otpadna voda je i nakon predtretmana vrlo često sadržala pijesak i druge krupne čestice neorganskog porijekla, tako da je često dolazilo do veoma



Deponije otpada nam najčešće ovako izgledaju

Arhiva AVP Sava

brzog začepljenja membrane, do njenog krajnjeg oštećenja, te u konačnici zamjenom sa novom membranom (u ovom period membrana je tri puta mijenjana). Ovo je rezultiralo nemogućnošću adekvatnog i stabilnog rada MBR-a, te do prijevremenog prekida rada sistema i nekorektnih krajnjih rezultata.

U cilju nastavka eksperimenta, tokom trećeg mjeseca istraživanja, uspostavljena je tehnologija dvostepenog tretmana za jako opterećene tehnološke otpadne vode iz fabrike proizvodnje čipsa, a koja se sastojala iz konvencionalnog tretmana aktivnim muljem, te potom MBR-a.

Testirana tehnologija tretmana otpadne vode sastojala se od: (Slika 2): postojećeg potpunog predtretmana, konvencionalnog tretmana aktivnim muljem i MBR-a, svi povezani u seriju na način objašnjen u nastavku.

Tehnološka otpadna voda, nastala u proizvodnom procesu, teče kroz gravitacioni kanal, odnoseći sav otpad iz procesa ka malom bazenu (zapremine oko 1 m³), na kojem se nalazi rešetka (1 cm razmak između šipki) koja služi za odvajanje krupnih komada krompira, oguljene kore i slično. Odatle se otpadna voda, preko uronjene centrifugalne pumpe, transportuje ka paraboličnom situ (0,75 mm razmak između šipki) gdje se vrši mehaničko odvajanje čestica, te nadalje voda odlazi u prvu malu kadu. Iz ove kade se voda, putem druge pumpe, potiskuje ka malom hidrociklonu za odvajanje škroba i plutajućih čestica. Ispust iz hidrociklona vrši se u drugu malu kadu (zapremine oko 1 m³), odakle se voda putem treće pumpe ubacuje ponovo u sistem tj. za nošenje otpada iz procesa kroz gravitacioni kanal ili se izbacuje u obližnji kanal otpadnih voda, kojim se nadalje otpadna voda odvodi u krajnji recipijent-površinski vodotok.

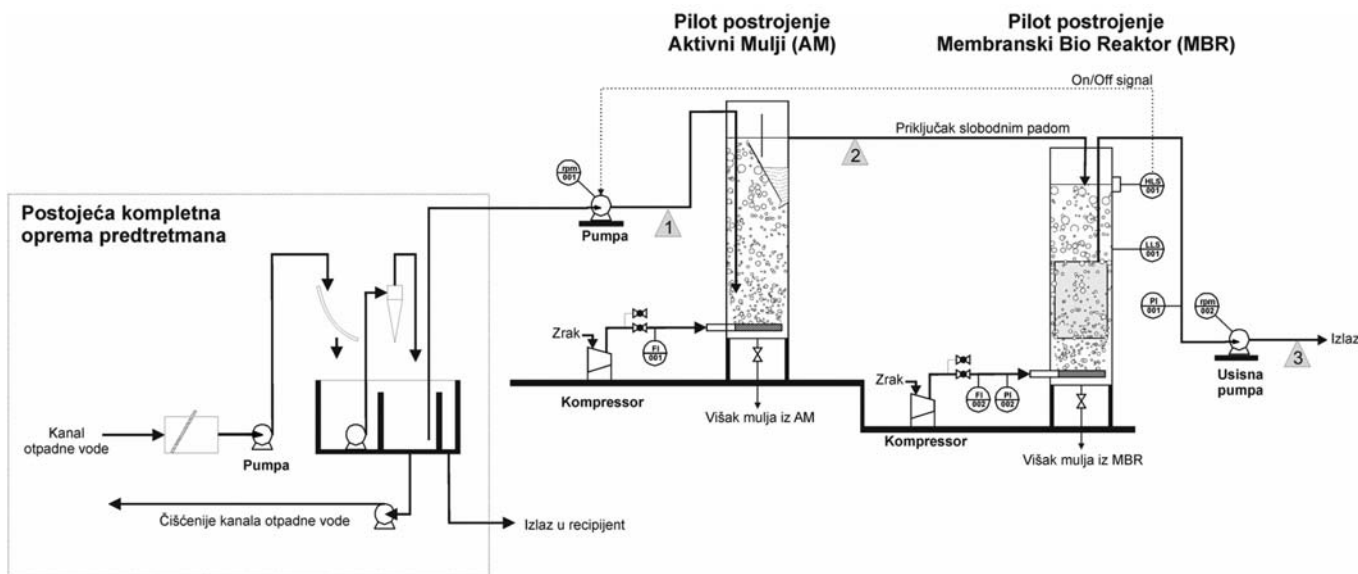


a) testiranje pilot postrojenja u laboratorijskim uslovima



b) pilot postrojenja postavljena u fabrici čipsa

Slika 1. Eksperimentalna pilot postrojenja - MBR (lijevo) i sa aktivnim muljem (desno)



Slika 2. Šema pilot postrojenja, opreme postojećeg predtretmana i mjesta za uzimanje uzoraka (1,2 i 3)

Za potrebe eksperimentalnog istraživanja postrojenje sa klasičnim tretmanom aktivnim muljem bilo je postavljeno nakon hidrociklona, a dotok otpadne vode vršen je putem pumpe sa promjenljivom brzinom.

Tretman aktivnim muljem imao je ukupnu korisnu zapreminu od 25 l i mali taložnik na izlazu, koji je omogućavao djelomično zadržavanje mulja.

Efluent iz postrojenja sa aktivnim muljem koristio se kao ulaz za MBR, koji je imao ukupnu korisnu zapreminu, također, od 25 l.

Mikrofiltracija je postignuta putem jedne potopljene Kubota ravne membrane (tip 203) sa veličinom pore od 0,4 μm i 0,11 m^2 površine filtriranja. Aeracija, miješanje i čišćenje membrane zrakom (samo u MBR postrojenju) bili su obezbijeđeni korištenjem kompresora, koji su stvarali krupnije mjehuriće, a bili su smješteni na dnu oba postrojenja.

Filtrat se izvlačio iz membrane pomoću pumpe sa promjenljivom brzinom. Mjerač nivoa, koji je bio smješten u bazenu MBR-a, slao je "on/off" signal ka ulaznoj pumpi u sistemu sa aktivnim muljem. Razlika između maksimalnog i minimalnog nivoa bila je uspostavljena na oko 2 l.

Uzorkovanje i metode proračuna

Biološki bazeni inicijalno su napunjeni sa aktivnim muljem, a koji je donesen iz malog postrojenja za tretman komunalne otpadne vode.

I ako je monitoring pilot postrojenja vršen jednom sedmično, tokom perioda od 8 mjeseci, ovdje se prezentiraju samo rezultati dobiveni pod stabilnim

uslovima rada, koji su postignuti nakon početka rada i perioda konačne adaptacije postrojenja (sveukupno 100 dana).

Uzimanje uzoraka za ispitivanje vršeno je redovno na mjestima uzorkovanja 1, 2 i 3, a koji su prikazani na Slici 2.

Dodatni uzorci su uzimani iz bioloških bazena, da bi se pratio sadržaj mulja, tj. MLSS u postrojenjima (koncentracija suspendovanih materija u reaktorskoj mješavini).

Nivo rastvorenog kiseonika (Hach – Senslon 6 terenski instrument), pritisak kroz membranu i količina protoka kroz sistem su, također, kontrolisani i bilježeni jednom sedmično.

Laboratorijske analize tokom istraživanja vršene su u skladu sa "American Standard Methods" (Eaton i drugi, 1995). Vrijednost brzine razgradnje BPK koja je konstanta u vremenu (kBPK) i biorazgradljivi HPK (BHPK) proračunati su putem metodologije opisane od strane Roeleveld i Loosdrecht (2002).

Rezultati istraživanja

Radni uslovi

Prvi biološki bazen (postrojenje sa aktivnim muljem) radio je pri MLSS oko 5 g/l i HRT (vrijeme zadržavanja) malo manje od dva dana (Slika 3d). Treba istaći da nije bilo direktne kontrole putem izvlačenja viška mulja koje se obavljalo u ovom bazenu.

Pod ovim uslovom koncentracija MLSS je bila uspostavljena balansom dolaznih čvrstih suspendovanih materija, rastom biomase i odlaskom suspen-



Uređeni prostor na ulazu u sanitarnu deponiju Sarajeva

dovane materije iz malog taložnika u MBR bazen (što zavisi od karakteristika mulja u smislu sposobnosti taloženja).

Laboratorijske hemijske analize efluenta iz ovog bazena vršene su na izbistrenoj tečnosti, nakon jednog sata taloženja.

MBR postrojenje održavano je tokom prvih 45 dana pri MLSS oko 10 g/l nakon čega je koncentracija povišena do 20 g/l i održavana na ovoj vrijednosti do kraja perioda istraživanja (Slika 3d). Višak mulja uklanjao se jednom sedmično preko ventila u dnu.

Kako nije bilo značajnih razlika između dva načina rada (MLSS od 10 g/l i 20 g/l) prikazani rezultati su prezentirani kao prosjek za cijeli period bez pravljenja distinkcije između ova dva operativna uslova. Kako je dvostepeni tretman bio vezan u seriju, vrijeme zadržavanja je bilo isto. Oko 650 g čvrstih suspendovanih materija uklonjeno je tokom perioda testiranja, a dodatno je povećano oko 400 g MLSS u

bazenima. Konačna proračunata specifična proizvodnja viška mulja je 0,32 g Susp.Mat. (gHPK_{uklonjenog})⁻¹.

Kvalitet influenta i efluenta

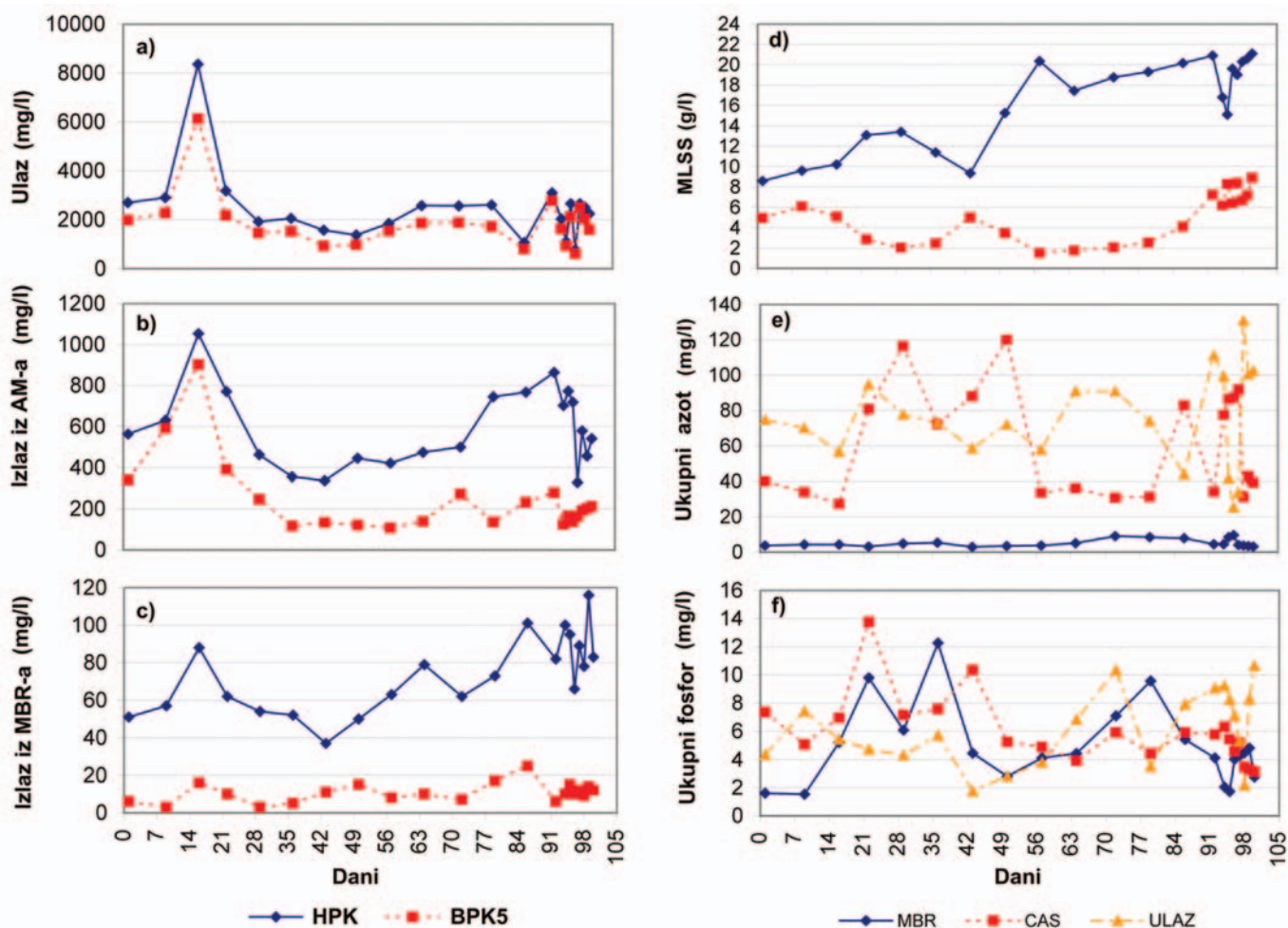
Prosječni rezultati i radni uslovi prezentirani su u Tabeli 1. Tehnološka otpadna voda iz industrije proizvodnje čipsa je blago kisela i karakteriše je sadržaj velike količine organske materije, nutrijenata i čvrstih suspendovanih materija. Usporedni rezultati objavljeni su u prethodnom istraživanju kod Catarino i drugi (2007.), te Malladi i Ingham (1993.).

Jake fluktuacije u kvalitetu otpadne vode na ulazu mogu izazvati niz problema za stabilnost biološkog procesa. Suspendovane materije su često u koloidnom obliku i predstavljaju izazov za klasični tretman otpadne vode zasnovan na konvencionalnoj tehnologiji bistrjenja gravitacijom.

Tabela 1.: Sastav otpadne vode (prosječni i standardna devijacija) na tri mjesta uzorkovanja i radni uslovi pilot postrojenja

Broj uzoraka	Poslije filtracije (0.75 mm) i hidrociklona		Poslije filtracije (0.75 mm), hidrociklona i aktivnog mulja		Poslije filtracije (0.75 mm), hidrociklona, aktivnog mulja i MBR-a				
	21		21		21				
	Prosijek	Stand. dev.	Prosijek	Stand. dev.	Prosijek	Stand. dev.			
Mutnoća	NTU	516	273	402	213	1.2	0.7		
pH	/	5.8	0.7	7.5	0.5	7.9	0.3		
Elektroprovodljivost	μS/cm	2177	889	1722	651	1294	315		
Alkalitet	mg/l	830	246	838	329	487	124		
HPK	mg/l	2471	1512	595	192	73	20		
BPK ₅	mg/l	1882	1129	247	189	11	5		
Amonijačni azot	mg/l	38.9	16.9	17.0	20.0	1.0	0.9		
Nitratni azot	mg/l	4.7	4.6	7.5	16.0	1.2	0.7		
Ukupni azot	mg/l	75.2	27.0	61.1	30.6	5.0	2.2		
Ukupni fosfor	mg/l	6.1	2.6	6.0	2.5	4.9	2.8		
Hloridi	mg/l	114	54	89	24	74	20		
Ukup. površ. aktivne tvari (deterđenti i dr.) *	mg/l DBS	1.1	1.2	-	-	0.2	0.1		
* samo 14 uzoraka									
Vrijeme zadržavanja (HRT)	h	45.7		3.4		45.7		3.4	
Konc. susp. mat. u reakt. mješavini (MLSS)	g/l	4.9		2.4		16.2		4.4	
Temperatura	°C	18.2		3.8		17.7		3.9	
Rastvoreni kisik	mg/l	5.9		1.9		6.6		1.6	
Opterećenje mulja (F/M)	1/d	0.0296		0.0201		0.0004		0.0002	

Eksperimentalno dvostepeno postrojenje postiglo je sveukupno sniženje od 97,1% HPK i 99,5% BPK₅. Krajnja koncentracija u efluentu uvijek je bila ispod 125 mg/l za HPK i 25 mg/l za BPK₅ (Slika 3 a, b, c).



Slika 3 a, b, c, d, e, f: Razvoj sistema tokom perioda istraživanja. a) HPK i BPK₅ u influentu nakon filtracije i hidrociklona; b) HPK i BPK₅ u efluentu iz tretmana aktivnim muljem (AM) (samo u izbistrenom dijelu); c) HPK i BPK₅ u efluentu iz MBR-a; d) MLSS u bazenima postrojenja sa aktivnim muljem i MBR-om; e) Ukupni azot u efluentima iz tretmana aktivnim muljem i MBR-om; f) Ukupni fosfor u efluentima iz tretmana aktivnim muljem i MBR-om

Konvencionalni tretman aktivnim muljem sam postiže sniženje od 76,3% HPK i 87,2% BPK₅. Tokom 97 dana eksperimenta, uzorci influenta, te efluenata iz tretmana aktivnim muljem i MBR-om ispitani su da bi se utvrdile promjene biorazgradljivog dijela (kao BHPK/HPK) i njegove prirode (u obliku kBPK) tokom procesa tretmana.

Rezultati pokazuju niz smanjenja biorazgradljivog dijela od 0,93 (sirova otpadna voda) do 0,46 (efluent iz tretmana aktivnim muljem), te zatim do 0,14 (efluent iz MBR-a). Ovo ukazuje da je skoro sav biorazgradljivi HPK bio uklonjen. Sličan zaključak za jednostepeni tretman sa MBR-om i baziran na efikasnosti uklanjanja BPK₂₀ objavljen je u radu Sayed S.K.I. i drugi (2005). Vezano za nutrijente, dvostepeno pilot postrojenje dostiglo je efikasnost uklanjanja azota od 94,7% (Slika 3e), te nadalje nisku koncentraciju amonijaka i nitrata u efluentu.

Bazen u postrojenju sa aktivnim muljem imao je manju efikasnost na krajnju koncentraciju azota

(mulj manje starosti), pa je većina amonijaka pretvorena, rezultirajući blagim povećanjem nitrata i vjerovatno povećanjem organskog azota zbog unosa biomase.

Ukupna koncentracija azota, data u Tabeli 1 za tretman aktivnim muljem, mora se povećati sa nepoznatom količinom azota koji prolazi u MBR sistem u vidu taložnih čvrstih čestica. Azot je time potpuno eliminisan u MBR sistem.

Uobičajeno, biomasa u MBR-u se brzo miješa putem aeracionog sistema. Dok se zrak uvodi u centralni dio reaktora (gdje je smještena filtraciona membrana) imamo podizanje biomase u ovom dijelu, što je istovremeno praćeno njenim padanjem u bočnom dijelu.

Tokom perioda ispitivanja, uočeno je da uslijed visoke koncentracije MLSS i prisustva koloidne materije, biomasa u MBR-u se recirkulirala veoma sporo, dok je voda proticala kroz biomasu neznatno brže.



Planinska rječca Sušica

Snimio: U. Beširović

Otpadna voda iz bazena sa aktivnim muljem ulazila je u MBR sa bočne strane reaktora. Ova situacija omogućila je formiranje dvije zasebne zone: (i) bočni dio gdje je voda sa visokom koncentracijom organskog ugljika bila u kontaktu sa biomasom ali ne sa sistemom aeracije i (ii) centralni dio gdje su biomasa i voda bili čvrsto aerisani i filtrirani putem membrane. U bočnom dijelu kanala stvoreni su anoksični uslovi i primjećeno je rasuto prisustvo novoformiranih mjehurića azota.

Fosfor je preuzet od strane mikroorganizama u procesu produkcije mulja u bazenu sa aktivnim muljem, prenesen je u bazen MBR-a, odakle je uklonjen kao višak mulja.

Efikasnost uklanjanja ukupnog fosfora dostignuta ovim sistemom u eksperimentalnom period bila je 72,9% (Slika 3f). Ova relativno skromna efikasnost uklanjanja je bila zbog činjenice da je cijela postavka eksperimenta bila izvedena sa ciljem minimizacije produkcije mulja. Niska produkcija mulja uticala je negativno na efikasnost uklanjanja fosfora.

Mogućnost recirkulacije vode

Efluent iz MBR-a može se koristiti za potrebe prethodnog pranja osnovne sirovine tj. krompira ili generalno u svrhu čišćenja "prljavih dijelova" proizvodne linije.

Mnogo širu upotrebu reciklirane otpadne vode analizirali su Aantrekker i drugi (2003.), te procijenili

mogućnost zaokruživanja toka vode u industrijskom pogonu. Nakon osnovnog tretmana, reciklirana otpadna voda je nadalje tretirana mikrofiltracijom, aktivnim ugljem i UV dezinfekcijom. Autori naglašavaju da pod ovim uslovima, akumuliranje hlorida u toku vode i u krompiru može biti limitirajući faktor.

Catarino i drugi (2007.) prezentirali su rezultate iz industrije proizvodnje čipsa iz Portugala gdje je oko 10% vode, a koja je bila predmet povrata škroba i masti, te naknadnog tretmana, bilo recirkulisano u proizvodni proces za pranje prljavog krompira. Manje količine vode korištene su za pranje vanjskih površina, sistem navodnjavanja i za protiv požarnu namjenu.

Rezultati eksperimentalnog istraživanja pokazuju da kombinacija dvostepenog tretmana aktivnim muljem i MBR-om ima mali uticaj na smanjenje koncentracije hlorida (prosječno smanjenje od 35%), vjerovatno zbog porasta u biomasi mulja.

Teoretski, uzimajući u obzir najlošiji scenarij tj. da postrojenje za prečišćavanje otpadne vode nema nikakav efekat rada, do 40% vode može se reciklirati bez ograničenja izazvanih akumulacijom hlorida, te je moguće i ispuštanje viška vode u površinski vodotok prema zahtjevu važeće legislativne u BiH (granična vrijednost emisije za hlorida je 200 mg/l).

Zaključci

Dvostepeni aerobni tretman sastavljen od konvencionalnog tretmana aktivnim muljem te MBR-a testiran je 100 dana u stabilnim uslovima, pri HRT od dva dana za svaki stepen u jednoj industriji za proizvodnju čipsa u BiH. Konvencionalni tretman aktivnim muljem uspješno je štitio membrane od neorganskih čestica, koloida i velike oscilacije opterećenja zagađenjem otpadne vode. Sveukupne efikasnosti uklanjanja zagađenja (97,1% HPK, 99,5% BPK₅, 94,7% ukupni azot i 72,9% ukupni fosfor) su visoke, a dobiveni efluent može zadovoljiti kriterije za ispuštanje u površinske vode prema važećoj legislativne u BiH, izuzev koncentracija ukupnog fosfora. Analiza biorazgradljivog HPK u efluentu pokazuje da je samo 14% još biorazgradljivo i da bi daljnje unaprjeđenje biološke faze jedva postiglo veću efikasnost uklanjanja.

Unatoč visokom nivou organske materije i čvrstih suspendovanih materija u otpadnoj vodi, produkcija mulja imala je relativno nisku vrijednost od 0,32 g Susp.Mat.(gHPK_{uklonjenog})⁻¹. Zbog visokog kvaliteta efluent može biti ponovno korišten kod prethodnog pranja prljavog krompira ili u svrhu čišćenja "prljavih dijelova" proizvodne linije, a limitirajući kriterij može biti povećana koncentracija hlorida u njemu.

U industriji prerade čipsa prioritet trebaju imati najbolje raspoložive tehnike koje su bazirane na konceptu prevencije zagađivanja tj. izbjegavanja i sprje-

čavanja nastajanja otpadnih voda, te smanjenja tereta zagađenja istih, ali na izvoru tj. na mjestu njegovog nastanka. Ovo je moguće postići nizom različitih dostupnih tehnika i okolinskih alata. Istraživanje pokazuje da primarni tretman otpadnih voda uglavnom nije dovoljan da bi se dobili parametri kvaliteta efluenta koja propisuju važeći pravilnici. Prema kvalitetu, otpadna voda iz industrije proizvodnje čipsa je bogata organskom materijom, što znači da je visoko biorazgradljiva, te da je biološki tretman među boljim opcijama za postizanje optimalnih rezultata, a što je pokazalo i provedeno istraživanje sa dosta velikom efikasnošću prečišćavanja.

Postavljanje graničnih vrijednosti emisija u integralnoj okolinskoj dozvoli bi trebalo biti bazirano na kombinaciji pristupa standarda kvaliteta okoliša i pristupa baziranog na BAT-ima. Standard kvaliteta okoliša predviđa minimalne okolinske zahtjeve, a granične vrijednosti postavljene u dozvoli ne bi trebale prouzrokovati da standard kvaliteta okoliša bude premašen. Granične vrijednosti emisija bazirane na BAT-ima su procijenjene specifične koncentracije ili teret zagađenja koje može biti emitirano ili ispušteno u okoliš iz specifičnog pogona i postrojenja u datom vremenskom periodu ili po jedinici proizvodnje. Treba spomenuti i termin „opseg graničnih vrijednosti emisija koje se dobivaju primjenom BAT-a“ koji najbolje odgovara konceptu učinka koji je rezultat primjene jednog specifičnog BAT-a u različitim postrojenjima, različitim zemljama tj. prilagođeno različitim lokalnim uslovima. Ovdje se radi o kombiniranom pristupu, za čiju primjenu se prije svega treba poznavati trenutno stanje okoliša (vode), koje će ukazati na eventualnu potrebu da se u nekom području, zbog trenutno lošeg stanja, lošijeg od onog propisanog standardom kvaliteta vode, industrijskom zagađivaču propišu strožije granične vrijednosti emisija, kako bi se to stanje poboljšalo.

Reference

- Aantrekker, E.D., Padt, A., Boom R.M., 2003. Modelling the effect of water recycling on the quality of potato products. *International Journal of Food Science and Technology* 38, 427–434.
- Acharya, C., Nakhla, G., Bassi, A., 2006. Operational Optimization and Mass Balances in a Two-Stage MBR Treating High Strength Pet Food Wastewater. *Journal of Environmental Engineering* 132.
- Agencija za statistiku BiH. Industrijska proizvodnja u BiH za period 2004 - 2007, Tematski bilteni.
- Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., 1995. Standards methods for the examination of water and wastewater – 19th Edition. Published by APHA, AWWA and WEF.
- Catarino, J., Mendonça, E., Picado, A., Anselmo, A., Nobre da Costa, J., Partidžrio, P., 2007. Getting value from wastewater: by-products recovery in a potato chips industry. *Journal of Cleaner Production* 15, 927-931.
- Cicek, N., Dionysiou, D., Suidan, M.T., Ginestet, P., Audic, J.M., 1999. Performance deterioration and structural changes of ceramic membrane bioreactor due to inorganic abrasion. *Journal of Membrane Science* 163, 19-28.
- Cicek, N., 2003. A review of membrane bioreactors and their potential application in the treatment of agricultural wastewater. *Canadian Biosystems Engineering* 45, 37-49.
- Ghyoot, W., Verstraete, W., 1999. Reduced sludge production in a two-stage membrane-assisted bioreactor. *Water Research* 34, 205-215.
- Guo, I., Lin, K.C., 1990. Anaerobic treatment of potato-processing wastewater by a UASB system at low organic loadings. *Water Air and Soil Pollution* 53, 367-377.
- Hadjivassilis, I., Gajdos, S., Vanco, D., Nicolaou, M., 1997. Treatment of wastewater from the potato chips and snacks manufacturing industry. *Water Science and Technology* 36, 329-335.
- Lasik, M., Nowak, J., Kent, C. A., Czarnecki, Z., 2002. Assessment of Metabolic Activity of Single and Mixed Microorganism Population Assigned for Potato Wastewater Biodegradation. *Polish Journal of Environmental Studies* 11, 719-725.
- Malladi, B., Ingham, S.C., 1993. Thermophilic aerobic treatment of potato-processing wastewater. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 9, 45-49.
- Mishra, B.K., Arora, A., Lata, 2004. Optimization of a biological process for treating potato chips industry wastewater using a mixed culture of *Aspergillus foetidus* and *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology* 94, 9–12.
- Roeleveld, P.J., Loosdrecht, M.C.M., 2002. Experience with the guidelines for wastewater characterization in The Netherlands. *Water Science and Technology* 45, 77-87.
- Rosemberger, S., Laabs, C., Lesjean, B., Gnirss, R., Amy, G., Jekel, M., Schrotter, J.C., 2006. Impact of colloidal and soluble organic material on membrane performance in membrane bioreactors for municipal wastewater treatment. *Water Research* 40, 710-720.
- Sayed, S.K.I., El-Ezaby, K.H., Groendijk L., 2005. Treatment of potato processing wastewater using a membrane bioreactor. *Proceedings of the 9th International Water Technology Conference, IWTC9-2005, Sharm El-Sheikh, Egypt.*
- Wambeke, M.V., Grusenmeyer, S., Verstraete, W., Longry, R., 1990. Sludge bed growth in an UASB reactor treating potato processing wastewater. *Process Biochemistry International* 25, 181-186.
- Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo, 2007. Izvještaj o rezultatima ispitivanja tereta zagađenja otpadnih voda izraženog preko ekvivalentnog boja stanovnika – EBS-a za predmetnu fabriku.

IDEJNO RJEŠENJE STANICE ZA PRERADU OTPADNIH VODA JABLANICE (DIPLOMSKI RAD)

Činjenica je da potrebe za vodom kontinuirano i progresivno rastu. Glavni uzroci tih naraslih potreba su povećani broj stanovništva, porast ekonomske moći te nagli razvoj energetike, industrije i poljoprivrede.

Vode na Zemlji ima mnogo ali je dio koji se može koristiti za piće u toj masi vrlo mali, a taj mali dio iz mase izložen je stalnom progresivnom zagađenju i ova činjenica postaje sve alarmantnija kako za površinske tako i za podzemne vode.

Pod degradacijom kvaliteta vode podrazumjevamo njeno zagađenje, koje djelimično ili potpuno onemogućava njenu upotrebu u svrhu za koju je namjenjena. Zagađenje vode nastaje njenim korištenjem i izdvajanjem iz hidrauličkog ciklusa i ponovnim vraćanjem ali sa znatno izmjenjenim fizičko – hemijskim i biološkim karakteristikama.

Ovo je globalni problem cijele planete pa tako i naša država nije pošteđena ove problematike. Nažalost o ovom problemu, u našem društvu, malo se pridaje važnosti.

Moje lično razmišljanje o vodi i njenom značaju navelo me da moj izbor za diplomski rad bude upravo tema zaštite vode to jest prečišćavanje otpadnih voda.

Konkretan primjer javlja se i u Jablanici, gdje se otpadne vode potrošača, putem postojeće kanalizacione mreže, koja je nedovoljnog obuhvata i nepovoljnog sistema kanaliziranja (mješoviti sistem), ispušta u Grabovičko jezero. Kako se Grabovičko jezero koristi u više namjenske svrhe (sportovi na mirnim vodama kao npr. plivanje, vožnja kajaka i kanua, ribolov, uzgoj ribe..), javlja se potreba da se unaprijedi kvalitet jezera i poprave higijenski uslovi u naselju.

Jablanica je grad i središte istoimene općine, smještena u dijelu gornje Hercegovine. Administrativno općina pripada Hercegovačko-Neretvanskom kantonu i sa svojih 301 km² površine i 12.691 stano-

vnika (prema službenom popisu iz 1991 god.) spada u red manjih općina u Federaciji BiH.

Sam grad Jablanica je smješten na nekoliko terasa na nadmorskoj visini od 202 m, kroz koje protiče smaragno – zelena rijeka Neretva.



Kroz ovu oblast prolaze najznačajnije kopnene saobraćajnice u BiH željeznička pruga Sarajevo-Ploče i magistralni putevi prema Pločama (jug) i veza do Zagreba preko Banja Luke (sjeverzapad). Geo saobraćajna pozicija Jablanice je veoma povoljna. Resursi kojima Jablanica raspolaže su ogromni i neiskorišteni i predstavljaju dobru osnovu za razvoj različitih oblika turizama.

Metode i procesi prečišćavanja otpadnih voda

Poznato je da sve prirodne vode imaju sposobnost od određene mjere neutralisati zagađenje jer teže ka uspostavljanju prvobitne ravnoteže.

Pri ispuštanje neprečišćene otpadne vode u recipijent dolazi do niza promjena u kvalitetu vode u vodotoku:

- mijenjaju se fizičke osobine;
- na površini vode pojavljuju se materije koje plivaju a na dnu talog;
- mijenjaju se hemijske osobine;
- smanjuje se količina rastvorenog kisika u vodi;
- mijenja se broj i vrsta bakterija.

Ukoliko je koncentracija ispuštenih materija tolika da ih voda sama ne može prečistiti, ravnoteža se narušava, te ona postaje zagađena.

U ovim slučajevima narušavanja ravnoteže javlja se potreba prečišćavanja vode vještačkim putem, tj. na postrojenjima za prečišćavanje. Vještački proces obrade otpadnih voda bazira na procesima koje susrećemo u prirodi - samoprečišćavanje.

Obrada otpadnih voda predstavlja niz procesa i postupaka kojima se vrši smanjenje prisutnog zagađenja do onih količina koje ne postaju opasne po zdravlje čovjeka i ne uzrokuju neželjene posljedice u eko-sistemu. U cilju kvalitetnog prečišćavanja neophodno poznavati količine otpadne vode kao i njeno porijeklo i kvalitet, metode i procese obrade te karakteristike recipijenta.

Kombinacijama raznih postupaka prečišćavanja može se dobiti željeni kvalitet efluenta.

Prečišćavanje zagađene vode može se vršiti:

1. Mehaničkim metodama
2. Biološkim metodama
3. Fizičko – hemijskim metodama
4. Dezinfekcija

Projektnim zadatkom predviđa se prečišćavanje samo otpadnih voda domaćinstva (industrijskih zagađivača nema). Sastav ovih voda karakterišu suspendovane, koloidne i otopljene materije te se proces obrade sastoji u:

- procesu odstranjivanja čvrstih čestica odnosno, u mehaničkom prečišćavanju;
- procesu razlaganja kompleksne organske materije, tj. u biološkom procesu prečišćavanja;
- procesu odstranjivanja patogenih mikroorganizama, tj. u dezinfekciji.

Osnovni podaci i podloge

U okviru izrade idejnog rješenja postrojenja za preradu otpadnih voda Jablanice na raspolaganju su dati raspoloživi i planski podaci o stanovništvu i specifičnoj potrošnji vode, kao i podaci o postojećem stanju kanalizacione mreže, od strane nadležnih službi općine Jablanice. Postojeća kanalizaciona mreža je mješovitoga tipa, ali se planira izgradnja razdjelne mreže, što je uzeto u obzir pri izradi idejnoga rješenja.

Tabela 1.

Godina	Broj stanovnika	Specifična potrošnja l/ st.d
2000	4625	300
2020	6500	400
2040	9000	450

Iz priloženih podataka o broju stanovnika iz 2000, 2020 i 2040 godine (Tabela 1.) i primjenom jednostavnog izraza za proračun budućeg broja stanovnika inverznim postupkom određen je priraštaj „p“ za planski period od 40 godina, a zatim je određen i broj stanovnika za 2008 godinu.

$$S_b = S_p \left(1 - \frac{p}{100}\right)^n \Rightarrow p = 1,68 \% \quad (1)$$

- S_b – broj stanovnika nakon n godina
- S_p – početni broj stanovnika
- p – prosječna godišnja stopa prirasta stanovnika
- n – planski period

Tabela 2.

Godina	Broj stanovnika
2000	4625
2008	5285
2020	6500
2040	9000

Od topografskih podloga za izradu idejnog rješenja postrojenja za preradu otpadnih voda Jablanice na raspolaganju su date karte u mjerilu 1/25 000 i 1/ 200.

Na području općine Jablanica se prepliću submediteranski i kontinentalni klimatski uticaji. Prostor

(1) Skripta Haše Bajraktarević - Dobran

pripada izmjenjenoj jadranskoj klimi, sa izuzetkom visokih planina kojima odgovara planinski ili alpski tip klime. Prosječna godišnja temperatura iznosi 11 do 14 °C. Prosječne julske temperature su od 20 °C do 24 °C, a januarske od 5 °C. Iz pregleda srednje mjesečne količine padavina u mm za razmatrani istorijski period od 1961. do 1990. godine može se zaključiti da su najveće mjesečne padavine u periodu oktobar-mart.

Tabela 3. Prosječne mjesečne i godišnje padavine (mm) ⁽²⁾

Meteorološka stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Jablanica	158	173	182	148	104	92	51	98	113	182	272	225	1799

Kišomjerna stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Boračko jezero	170	169	176	153	101	100	56	85	112	173	242	209	1746
Ostrožac	126	137	158	141	96	95	58	92	105	159	230	172	1568
Grabovica	230	223	255	193	130	107	61	114	147	231	349	295	2335
Salakovac	167	157	164	137	103	76	50	76	89	153	247	193	1612

Područje Jablanice po svojoj geomorfološkoj građi pripada brdsko-planinskom području, uključujući neke dijelove sa izrazito planinskim karakteristikama, gdje kvalitetno zemljište zauzima samo trećinu ukupne površine. U zoni Jablanice nalazi se granica između geotektonskih jedinica: središnjih i vanjskih Dinarida, sa smjerom pružanja dinarskog pravca.⁽³⁾

Sjeverno od Jablanice teren je izgrađen od paleozojskih stijena sa probojima magmatita, zatim od mezozojskih klastita i karbonata, miocenskih sedimentata, te tankog kvartarnog pokrivača. Južno od Jablanice u građi terena dominiraju karbonatne stijene trijanske, jurske i kredne starosti, kao i kvartarni fluvio-glacijani sedimenti i sipari. Jablanice dominiraju izrazito vodopropusne karstifikovane stijenske mase.

Području akumulacije HE Grabovica je uglavnom kanjonskog tipa, nenaseljena a obale rijeke su strme i slabo obrasle. U geološkom smislu, područje

sačinjavaju uslojeni krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti gornjojurske starosti, sa aluvijalnim nanosom u koritu rijeke Neretve.

Proračun je izvršen na bazi broja stanovnika i specifične potrošnje dobiveni projektnim zadatkom i od strane odgovarajuće službe općine Jablanice za planski period od 32 godine.

Planskim periodom obuhvaćen je period izgradnje koji će se izvoditi u dvije faze, kao i period eksploatacije.

I faza 2008 – 2020 god.

II faza 2020 – 2040 god.

Lokacija

Prema ranijim studijama, iz 1978 godine od strane projektne kuće „Projekt“ Mostar, predviđena je lokacija postrojenja na desnoj strani rijeke Neretve, južno od urbane sredine. Lokacija je odabrana zbog svoje konfiguracije terena, kojom bi se zadovoljio gravitacijski tok kroz postrojenje. Nizvodno od ove dionice, obale Neretve postaju strme skoro vertikalne i kao takve neomogućavaju bilo kakve građevinske radove.

(2) podaci dobijeni od Federalnog Meteorološkog Zavoda Sarajevo

(3) Izvor informacija (Projekat autoputa na koridoru Vc, Lot 3 Sarajevo jug – Mostar sjever ; *Studija uticaja na okolinu*)



Kvalitet i količina vode

Kvalitet recipijenta

Za kvalitet vode od posebnog je značaja ispuštanje tekućih i krutih razgrađivih

otpadnih tvari u vodu ili tlo. Vodoprijemnik je Grabovičko jezero, ali u velikom dijelu godine radi se o rijeci Neretvi, budući da uspor jezera ne dopire do Jablanice. Rijeka Neretva spada u vodotoke II kategorije, a to su vode koje se mogu koristiti za rekre-

aciju, kupanje, ribolov itd. Vode se zagađuju i izravnim odlaganjem ili bacanjem otpada u njih, te brojnim nesantarnim i "divljim" deponijama komunalnog, industrijskog i toksičnog otpada uz vodotoke i obale jezera. Kao i u drugim sredinama i u Jablanici otpad predstavlja veći ekološki problem.

Kvalitet i količina sirove otpadne vode

Kriterijum za projektovanje postrojenja za preradu otpadne vode vrši se na osnovu hidrauličkog i bi-



Selo Lug odlaže svoj otpad direktno u korito rijeke Neretve



Odlagalište otpada na samom ušću potoka i Neretve

ološkog opterećenja. Specifična produkcija otpadnih voda je u direktnoj zavisnosti od specifične potrošnje vode u planskom periodu. Poznato je da se ne može računati da će sve upotrijebljene vode dospjeti u

kanalizaciju (pri potrošnji vode određena količina vode se gubi na isparavanje, u hrani, infiltrira se u tlo itd.), tako da su proračunate količine vode, one za koje se pretpostavlja da će dospjeti u kanalizaciju.

Tabla 4. Karakteristike domaće otpadne vode

Polutant	Područje mg / l	Prosječno mg / l
<i>pH vrijednost</i>	6,8 – 7,5	7,2
<i>Suspendirane materije</i>		
<i>BPK₅</i>	100 -350	230
<i>HPK</i>	75 – 275	150
<i>NH₃ – N</i>	160 – 430	288
<i>Ukupni N</i>	15 – 50	18
<i>Fosfor</i>	20 - 85	30
<i>KPK</i>	6 – 20	13
<i>Hloridi</i>	219 – 680	380
	25 – 45	35

Tabela 5. Ulazni podaci za proračun objekata postrojenja za prečišćavanja

	Godina				
	Jedinica	2000	2008	2020	2040
Broj priključenih potrošača	stan.	4625	5285	6500	9000
Specifična potrošnja vode	l /stan.d	300	350	400	450
Prosječno hidrauličko opterećenje od stanovništva	m ³ / d	1387,5	1850	2600	4050
	m ³ / sec	0,0161	0,0214	0,0301	0,0469
	l / sec	16,1	21,4	30,1	46,9
Mjerodavno hidrauličko opterećenje	m ³ / h	77,08	102,78	144,44	225
	m ³ / sec	0,0214	0,02855	0,0401	0,0625
	l / sec	21,4	28,55	40,1	62,5
Opterećenje suspendovanim materijama	g / stan. d	55	55	55	55
	kg / d	254,4	290,7	357,5	495,0

Opterećenje pokazatelja BPK₅	g / stan. d	60	60	60	60
	kg BPK ₅ / d	277,5	317	390	540
Prosječna koncentracija opterećenja zagađene vode suspednovanim materijama	g / m ³	183,3	157,14	137,5	122,22
Prosječna koncentracija BPK₅ u otpadnoj vodi	g / m ³	200	171,4	150	133,33
Istaložena otpadna voda					
Opterećenje pokazatelja BPK₅	g / stan. d	40	40	40	40
	kg BPK ₅ / d	185	211,4	260	360
Prosječna koncentracija BPK₅ u otpadnoj vodi	g / m ³	133,3	114,3	100	89

Tehnologija prečišćavanja

U okviru idejnog rješenja usvojen je mehaničko-biološki postupak prečišćavanja otpadnih voda. Objekte za mehaničku preradu otpadnih voda čine ručna rešetka i Imhoff taložnice, a objekte sekundarnog tretmana čini monoblok – bioaeracioni bazen i naknadni taložnik. Tercijalni proces obuhvata dezinfekciju prečišćene vode. Obrada mulja sastoji se u truljenju u Imhoff trulištima, te njegovog sušenja na poljima namjenjenim za tu svrhu. Cilj idejnog rješenja je da se pomoću izbora tehnološkog procesa, na najoptimalniji način, obezbijede zahtijevani efekti prečišćavanja otpadnih voda. Proces prečišćavanja otpadnih voda. Proces prečišćavanja planira se u dvije faze. U prvoj fazi predviđa se izgradnja ručne rešetke zatim oba Imhoff taložnika i 4 polja za sušenje kao i objekat za dezinfekciju. Također, u ovoj fazi predviđena je i izgradnja upravne zgrade u kojoj bi bila smještena laboratorija za ispitivanje ispravnosti prečišćavanja otpadne vode u toku prerađe. U drugoj fazi preostaje izgradnja monobloka i još 4 polja za sušenje.

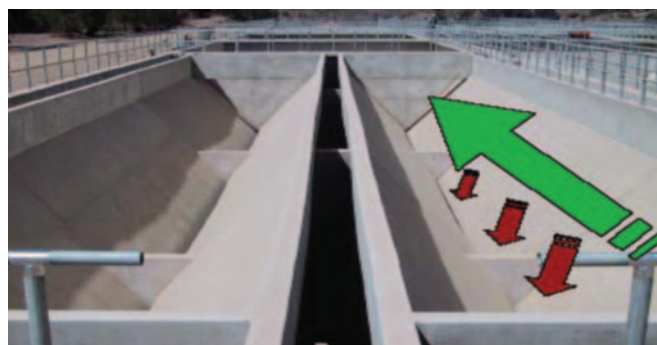
Prikupljena zagađena otpadna voda korisnika doprema se do projektovanog sabirnog okna, cjevovodom prečnika ϕ 400 mm. Odavde se zatim gravitacionim putem transportuje na rešetku gdje se uklanjaju krupne, plivajuće materije iz otpadne vode. Obzirom da se voda doprema gravitacijskim putem usvojena je gruba rešetka sa ručnim čišćenjem. Rešetka je izgrađena od čelika pravougaonog poprečnog presjeka 10 mm koji se postavljaju u kanalu na jednakom međusobnom razmaku sa veličinom svije-

tlog otvora od 40 mm. Nagib rešetke je 60°, širina 40 cm a dužina 4,6 m. Brzina u kanalu je u dozvoljenim granicama za I faza – 2020 god. iznosi 0,67 m / sec., a za II faza – 2040 god. 1,05 m / sec.

Predviđa se i izgradnja Bay – pass-a, kojim bi se omogućila evakuacija vode iz kanala, kada nivo vode poraste unutar kanala, i tako spriječi njeno izlivanje iz kanala. Ulazni objekat Bay-pass-a opremljen je sa grubom rešetkom svijetlog otvora od 100 mm.

Otpaci zahvaćeni na rešetki deponovaće se u korito za otpatke montirano iza rešetke. Pražnjenje korita se vrši ručno, u skladu sa pogonskim uvjetima. Može se očekivati 0,18 m³/ dan otpadnog materijala rešetke koji se odlaze u kontejner i odvozi na sanitarnu deponiju.

Nakon prolaska kroz rešetku, otpadna voda se također gravitacijskim putem odvodi otvorenim kanalom, širine 40 cm, u dvospratne taložnike (Imhoff-taložnik).



Imhoff – taložnik sa smjerom vode i tokom mulja

U taložnici, ostvareni su uslovi usporenog i ravnomjernog tečenja vode, kao i dovoljno vrijeme zadržavanja koje obezbjeđuje gravitaciono taloženje suspendovanih materija, koje lagano padaju u trulište Imhoff taložnice, gdje se odvija truljenje mulja u anaerobnim uslovima. Imhoff- tank sastoji se od dvije zone, gornja zona je zona taloženja a donja, zona truljenja.

Ove dvije zone uslovno su odvojene posebnom konstrukcijom koja omogućava, u toku vremena zadržavanja vode sa horizontalnim tokom, laganu evakuaciju mulja iz taložnice u trulište a ujedno sprječava dostup gasova i mulja u gornji sedimentacioni prostor. Prednost ovih taložnika je što se pri proračunu cijela zapremina taložnica može se računati kao korisna zapremina jer se mulj ne taloži na njenom dnu. Voda koja se odvaja iznad mulja koji trune prolazi kroz proreze u zamjenu za novi mulj koji tone i filtrirajući se kroz njega dospjeva ponovo u taložnicu. Pri tome, kao posljedica proizilazi da se trulište ne može zagrijavati. Međutim za održavanje temperature povoljno je što je ukopano u tlo i što se iznad njega formira sloj otpadne vode stalnog toka. Lake materije koje isplivavaju formiraju koru tzv. šešir, koju je potrebno redovno čistiti jer se prilikom obazovanja kore gubi mnogo korisne zapremine trulišta. Ovaj sloj nastaje ukoliko je silos preopterećen ili ako radi pri niskim temperaturama ili ako je silos predimenzioniran. Razaranje kore se postiže pomoću vodnog mlaza ili pomoću mješalice. Za uklanjanje šešira predviđa se izgradnja posebnih otvora. Predviđaju se dvije dvospratne taložnice, dimenzionirane kao AB konstrukcije pravougaoonog presjeka sa debljinom zidova 30 cm. Širine taložnice je 5 m a dužine 18 m. Zapremina jednog tuložišta iznosi 544 m³.

Napomena u vezi brzine taloženja i vremena zadržavanja za predhodne periode:

2008 god.

$$t_{\text{zadržavanja}} = \frac{24 \cdot \nabla}{Q_{\text{sr.18}}} = \frac{24 \cdot 450}{2466,67} = 4,38 \text{ h}$$

$$v_p = \frac{H}{t} = \frac{2,5}{4,38} = 0,57 \text{ m / h}$$

2020 god.

$$t_{\text{zadržavanja}} = \frac{24 \cdot \nabla}{Q_{\text{sr.18}}} = \frac{24 \cdot 450}{3466,67} = 3,12 \text{ h}$$

$$v_p = \frac{H}{t} = \frac{2,5}{3,12} = 0,8 \text{ m / h}$$

Voda iz taložnika se putem cjevovoda pod pritiskom ϕ 250 mm odvodi do revizionog okna odakle

se transportuje cjevovodom ϕ 400 mm do monobloka, odnosno do vanjskog prstena. Mono - blok predstavlja kombinovani uređaj, čija konstrukcija se sastoji od dva, međusobno odvojena prstena. Vanjski prsten obrazuje oksidacioni bazen dok unutrašnji objekat predstavlja naknadni (sekundarni) taložnik.

Efluent otiče prvo u vanjski prsten, u kojem se, uz pomoć biološkog prečišćavanja, otklanjaju organske materije iz otpadne vode. Ovaj zadatak preuzimaju mikroorganizmi nastanjeni u aktivnom mulju. Pri tome se troši velika količina kisika, koju je potrebno vještački dovesti.

Potrebna kisik se udvava površinskim putem, pomoću dva aeraciona rotora (TIP-a 700 Tvornice hidro-opreme Sarajevo), koji svojim okretanjem i radijalno postavljenim lamelama, zahvataju sloj vode, rasipaju ga na bezbroj kapljica u zrak pri čemu voda apsorbuje kisik.



Kombinovani uređaj u toku izgradnje

Potom se mješavina prečišćene vode i aktivnog mulja, iz bioaeracionog bazena, prelijeva u prelivne komore odakle se voda dovodi preko odvodnog cjevovoda pod pritiskom ϕ 300 mm, u središte radijalnog taložnika.

Za ravnomjernu distribuciju mješavine u volumenu taložnika predviđeni su ulazni elementi tipa STENGEL raspoređeni na centralnom cilindru taložnika. Pahuljičasti aktivni mulj se odvaja od prečišćene vode i taloži na dnu taložnice.

Rotacioni zgrtač svojim kružnim kretanjem omogućava skupljanje istaloženog aktivnog mulja sa konusnog dna taložnika i njegovo transportovanje u centralni dio.

U okviru idejnog rješenja usvojena je kombinovani uređaji, dimenzioniran tako da zadovoljava potrebe na kraju planskog perioda.

Broj Monobloka		1
Ukupni prečnik D (m)		26
Površina ukupnog bazena A (m ²)		530,93
Oksidacioni bazen		
Dubina H (m)		3,0
Površina A (m ²)		232,28
Zapremina ∇ (m ³)		696,84
Naknadni taložnik		
Prečnik D (m)		19
Dubina na izlazu H (m)		2,5
Površina A (m ²)		283,53
Zapremina ∇ (m ³)		708,83

Parametri potrebni za proračun:

- Prostorno opterećenje R_{VB} 0,8 kg BPK/m³ d
- Opterećenje mulja R_{SMB} 0,12 kg BPK/SM d
- Koncentracije suhe materije mulja SM_{BB} 3,3 kg SM/m³
- Minimalna suha materije u povratnom mulju SM_{RM} 6,6 kg SM/m³
- Index mulja I_M 150 ml/g

Volumen aeracionog bazena dobija se iz organskog (biološkog) prostornog opterećenja R_{VB} (kg BPK/m³ d).

$$\nabla = \frac{\text{ukupna dnevna BPK}_5 \text{ u dotoku } \left(\frac{\text{kgBPK}_5}{d} \right)}{\text{ukupna dnevna BPK}_5 \text{ u dotoku } \left(\frac{\text{kgBPK}_5}{m^3 \cdot d} \right)}$$

Sekundarni (naknadni) taložnik

Predpostavljeno:

H = 2,5 m

t_{zadržavanja} = 3 h

Potrebna količina kisika

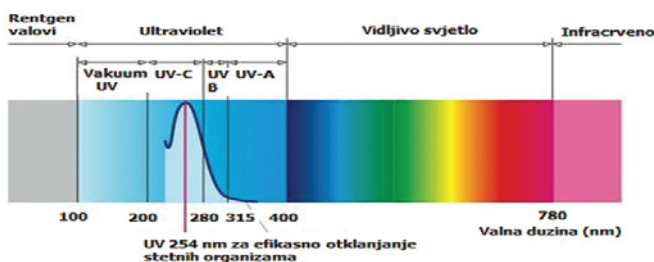
- Biološko opterećenje 0,04 kg BPK₅ / stan. d • 9000 stan. = 360 kg BPK₅ / d
- Odnos dovedenog kisika prema biološkom opterećenju 1,5 kg O₂ / kg BPK₅

Prečišćena voda se preliva u obodni kanal, iz kojeg se putem cjevovoda ϕ 400 mm odvodi na dezinfekciju. Usvojena je metoda za dezinfekciju pomoću UV zračenja. Današnja istraživanja su dokazala

Broj rotora		2
Tip ⁴		ϕ 700
Kapacitet rotora kg O ₂ / m ¹ h		3
Visina uranjanja H (m)		0,155
Brzina v (m / s)		1,76
Snaga bruto N (kW)		1,5
Broj obrtaja (° / min)		85

da upotreba klora, klordiodida i drugih hemijskih sastojaka za dezinfekciju vode, može prouzrokovati zdravstvene i ekološke probleme.

Primjenom UV – tehnologije ostvaruje se bolji efekat koji nema štetna djelovanja kako na čovjeka tako i na ekosistem. Ova dezinfekciona metoda imitira prirodno djelovanje sunčeve svjetlosti. UV- zrake su energetski jaki, i nalaze se u području od 100 – 400 nanometara talasne dužine.



Za dezinfekciju vode, koriste se naročito djelotvorne zrake od 254 nm. Jedna ampula od 25 vati može sterilizovati oko 2000 l/h pri debljini sloja od 15 – 20 cm. Ultraljubičaste zrake se proizvode specijal-

(4) Usvojeno iz kataloga tvornice Hidro opreme Sarajevo (prilog br. 4)

nim sijalicama. Njihova snaga je 200 vati (W) i prosječni vijek trajanja 2000 - 4000 sati.⁽⁵⁾

Tipična dužina jedne sijalice je od 0,5 – 1,5 m i prečnika od 15 – 20 mm.

Način djelovanja ...



Cijevi od kvarca sa UV - svjetlom

Za UV – dezinfekciju, potrebno svjetlo dostavlja se u vodonepropusnim cijevima od kvarca u kojima se nalazi specijalni plin. Ionizirani plin u cijevima emituje svjetlo od 254 nm talasne dužine. Voda koja je namjenjena za dezinfekciju, pušta se u protok između cijevi.

Sa tim dostiže UV – svjetlo, na najbolji način mikroorganizme u vodi i mijenja njihov DNA .

Promjenom DNA mikroorganizmi gube štetno djelovanje, zaustavlja se dalje djeljenje ćelija i samim tim njihovo razmnožavanje.

Nakon dezinfekcije ispušta u recijpijent.

Mulj iz trihtera naknadnog taložnika se doprema u pumpnu stanicu. Veliki dio aktivnog mulja se vraća kao povratni (reciklirani) mulj u biološki bazen, kako bi se biomasa održala u konstantnoj ravnoteži tj. kako bi mikroorganizmi nastavili da se razmnožavaju. Kada se ostvari željena koncentracija mase u bioaeracionom bazenu, višak mulj se dalje odvodi cjevovodom 80 mm, u donji dio Imhoff taložnika gdje se odvija proces truljenja mulja. Nakon određenog vremena boravka u trulištu, mulj (primarni + sekundarni) se otvornim kanalom odvodi do polja na sušenje.

Najjednostavniji način za uklanjanje vode iz mulja je sušenje na otvorenim poljima. Sušenje mulja se odvija procjeđivanjem i isparavanjem. Polja za sušenje sastoje se od sloja pijeska debljine 10 cm i sloja

šljunka debljine 25 cm, koji se nalazi ispod pijeska. Istruli vlažni mulj iz Imhoff taložnika se putem otvorenog kanala doprema do polja odakle se razlijeva po poljima u slojevima 200 – 250 mm, da bi za nekoliko dana bio smanjen na 100 mm visine.

Na samom dnu ovih slojeva položene su prefirirane drenažne cijevi, kojima se prihvata filtrat. Prikupljeni filtrat putem drenažnog sistema vraća se u sabirni bazen pumpne stanice odakle se prepumpava na početak postrojenje za prečišćavanje otpadne vode. U idejnom rješenju usvojeno je 8 polja, širine 5 m i dužine 25 m, odvojenih betonskom pregradom 20 cm.

U idejnom rješenju razmatrano je alernativno rješenje za uklanjanje vode iz mulja pomoću filter presa, ukoliko se prostor predviđen za polja uzima za neke druge namjene.

Trakaste filter prese sastoje se od dvije trake, od kojih je jedna porozna a mogu biti i obadvije. Beskonačna filter traka A se kreće preko pogonskog valjka i valjka za vođenje na svakom kraju B i C. Kao pokretna traka gornja strana filter trake se naslanja na nekoliko cilindara D. Iznad filterskog tijela se kreće u istom smjeru i istom brzinom pritisnuta traka E. Pogonski točak za ovu traku F je vezan sa pogonskim točkom B filterske trake. Pritisnuta traka se može presovati na filtersku traku preko sistema pritisnutih valjaka G koji se mogu svaki posebno podešavati horizontalno i vertikalno. Hemijski obrađeni mulj se dozira između ove dvije trake i kontinualno se cijedi između filterske i potisne trake. Voda se cijedi kroz trake pod pritiskom. Nakon što se mulj ocjedio, formirani kolačić mulja se skida pomoću noža. Kolačići se odvođe na deponiju.

I ako filter presa ne zahtjeva veliku površinu, njeno održavanje i upotreba hemikalija za pripremu mulja kao i potrošnja energije povećava troškove.

Hidraulički proračun

Za proračun gubitaka visine na dionici kanala najčešće se upotrebljava Darcy – Weisbachova jednačina:

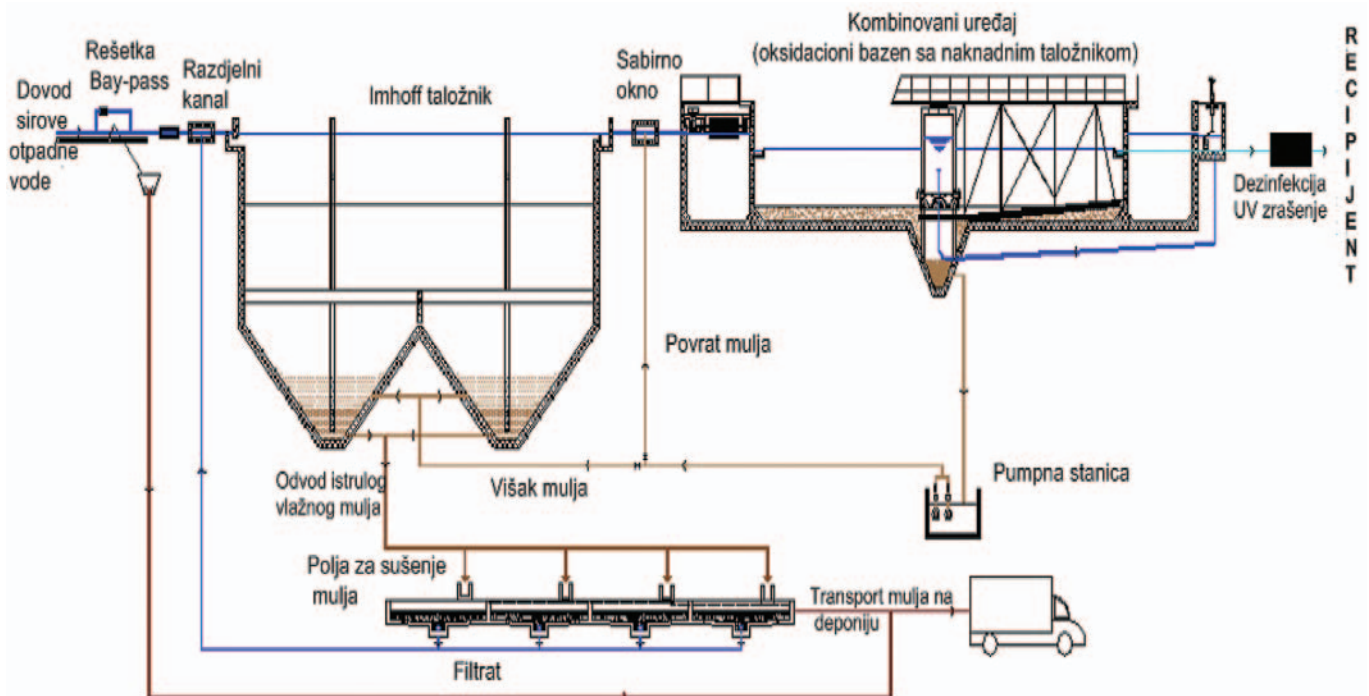
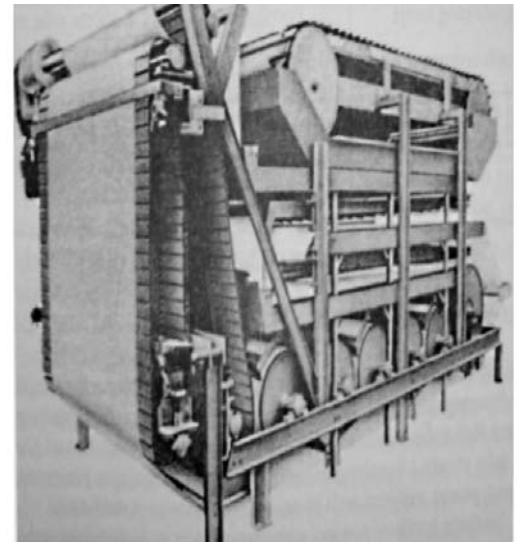
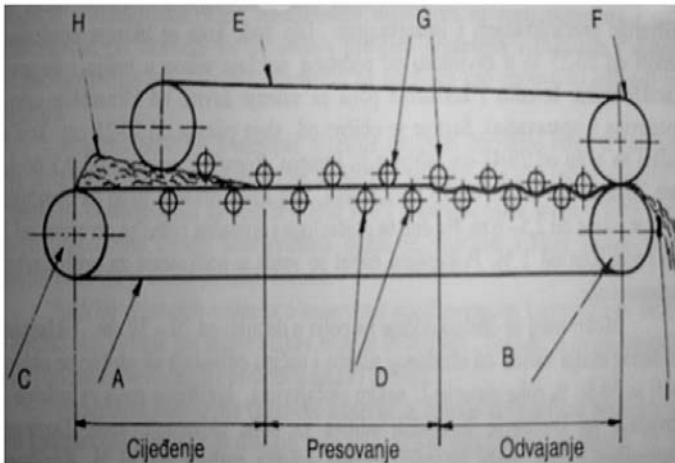
$$h_{lin} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$h = L \cdot I$ gdje je:

(5) Degremon „Tehnika prečišćavanja vode“ - Građevinaka knjiga, Beograd 1976



UV - svijelo otklanja mikroorganizme kroz promjene njihovog DNA



- h - linijski gubitak (m)
- λ - koeficijent trenja cijevi
- L - dužina dionice kanala (m)
- D - unutrašnji profil kanala (m)
- v - brzina proticanja vode u kanalu (m/s.)
- g - sila Zemljine teže (m/s²)

- R_e - Reynoldsov broj
- D - unutrašnji profil kanala (m)
- K - koeficijent apsolutne hrapavosti

Koeficijent trenja za područje od hidraulički glatkih do potpuno hrapavih cijevi određuje se prema Colebrookovoj jednačini :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{K}{3,71D} \right]$$

gdje je:

Na osnovu navedene formule izrađeni su nomogrami za izračunavanje pada pijezometarske linije u cijevima, koji se može očitati za dati proticaj Q, odabrani profil cijevi D i vrijednosti koeficijenta hrapavosti K.

Za proračun usvojen je koeficijent apsolutne hrapavosti od 1,5 mm, uzimajući u obzira kvalitet vode koja se transportuje.

U okviru izrade idejnog rješenja korišten je ovaj nomogram kao i dijagram za hidraulički proračun dijelimično ispunjenih cijevi.

Lokalni gubici pritiska računati su po formuli:

$$h_{lok.} = \sum \xi_i \cdot \frac{v_j^2}{2g}$$

ξ_i - koeficijent lokalnog otpora sračunatog po Degremonu.

Ukupni gubici:

$$h = h_{lin.} + h_{lok.}$$

Za proračun otvorenih kanala korištena je Šezi – Maningova formula:

$$Q = Av = c \cdot \sqrt{RI} A \quad \text{gdje je:}$$

Koeficijent proporcionalnosti

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

Maningov

koeficijent hrapavosti

$$n = 0,013 \quad (\text{usvojeno})$$

Hidraulički radijus za pravougaoni presjek

$$R = \frac{A}{O} = \frac{bh}{b+2h}$$

Površina presjeka

$$A = bh$$

Okvašeni obim

$$O = b + 2h$$

Analiza stepena prečišćavanja

Recipijent prečišćenih otpadnih voda je rijeka Neretva (kad uspor Grabovičkog jezera ne dospije do Jablanice odnosno, do mjesta ispusta), koja na tom potezu spada u II kategoriju vodotoka sa proticajima pri malim vodama 30 m³/s. Ovo su raspoloživi podaci, a preuzeti su iz vodomjerne stanice uzvodno od Jablanice.

U prvoj fazi planirana je izgradnja dva taložnika sa sljedećim procentom uklanjanja zagađenja iz otpadne vode:

BPK₅ se smanjuje za 25-40 % a suspendovane materije se smanjuju za 40-70 %.

Ako uzmemo srednje vrijednosti (smanjenje BPK₅ za 30 % i suspendovane materije za 55%) dobijamo sljedeće koncentracije:

$$C_{BPK_5} = 0,7 \cdot 171,4 = 119,98 \text{ mg/l}$$

$$C_{SM} = 0,45 \cdot 157,14 = 70,713 \text{ mg/l}$$

Izraz za proračun koncentracije zagađenja u vodotoku nakon upuštanja otpadne vode je:

$$C_r = \frac{(C_1 \cdot Q_1 + C_c \cdot Q_2)}{(Q_1 + Q_2)}$$

gdje je:

C_r - koncentracija zagađenja u recipijentu niže ispusta

C_1 - koncentracija zagađenja u vodotoku

C_2 - koncentracija zagađenja otpadne vode

Q_1 - mjerodavni protok u vodotoku

Q_2 - proticaj otpadne vode

U recipijentu nakon mješanja otpadne vode i vode u vodotoku dobija se sljedeća koncentracija:

$$C_{BPK_5} = \frac{(4 \cdot 30000 + 119,98 \cdot 40,1)}{(30000 + 40,1)} = 4,15 \text{ mg/l} \cong 4 \text{ mg/l}$$

$$C_{SM} = \frac{(30 \cdot 30000 + 70,713 \cdot 40,1)}{(30000 + 40,1)} = 30,05 \text{ mg/l} \cong 30 \text{ mg/l}$$

Nakon prečišćavanja efluent iz Imhoff taložnika nema veliko organsko opterećenje. Nakon upuštanja u prijemnik koncentracija BPK₅ iznosi 4,15 mg/l što je u dozvoljenim zakonskim granicama za vode II kategorije. Također suspendovane materije zadovoljavaju dovoljene granice pri koncentraciji od 30,05 mg/l.

U drugoj fazi planirana je izgradnja kompletnog postrojenja za obradu otpadne vode sa sljedećim stepenom prečišćavanja; smanjuje BPK₅ za 65 - 90 % a suspendovane materije se smanjuju za 85-92%.

Za uklanjanje suspendovanih materija računa se sa srednjom vrijednošću dok se stepen uklanjanja organskog opterećenja računa sa 90 %.

Koncentracije otpadne vode nakon obrade je:

$$C_{BPK_5} = 0,1 \cdot 133,33 = 13,33 \text{ mg/l}$$

$$C_{SM} = 0,2 \cdot 122,22 = 24,44 \text{ mg/l}$$

Koncentracija u vodi vodotoka, nakon ispuštanja prečišćene vode biti će:

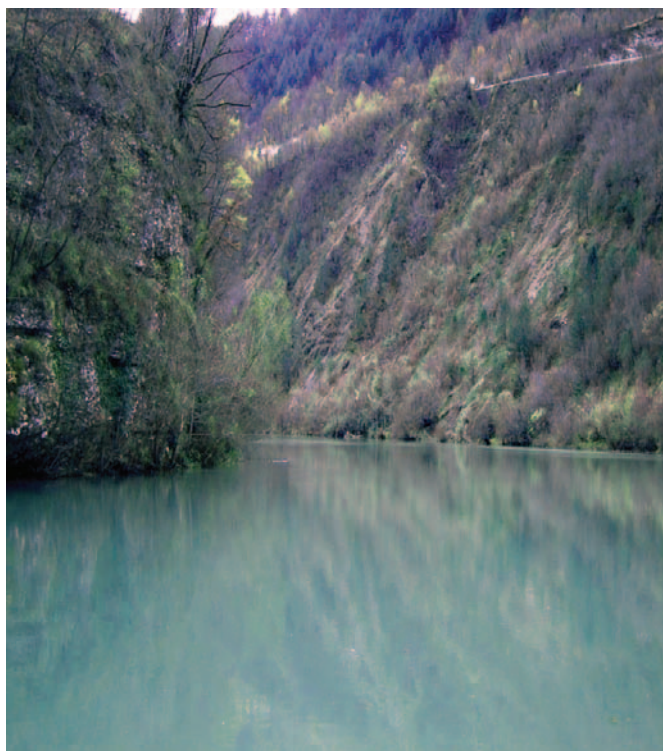
$$C_{BPK_5} = \frac{(4 \cdot 30000 + 13,33 \cdot 62,5)}{(30000 + 62,5)} = 4,02 \text{ mg/l} \cong 4 \text{ mg/l}$$

$$C_{SM} = \frac{(30 \cdot 30000 + 24,44 \cdot 62,5)}{(30000 + 62,5)} = 29,99 \text{ mg/l} \cong 30 \text{ mg/l}$$

Zaključak:

Analiza stepena prečišćavanja pokazuje se da se preradom u I i u II fazi rada postrojenja obezbjeđuje zahtjevani kvalitet prečišćavanja, kojim se omogućuje zadržavanja vodotoka u II kategoriji kvaliteta, to jeste koncentracije BPK₅ i suspendovanih materija su u dozvoljenim, zakonski propisanim granicama.⁶

(6) Pravilnik o graničnim vrijednostima opasnih i štetnih materija za vode koje se nakon prerade ispuštaju u prirodni recipijent



Ovdje je predviđeno da vodotok, uzvodno od ispusta prečišćenih otpadnih voda, ima već maksimalno dozvoljene koncentracije zagađenja za II klasu. Međutim, to zagađenje bi trebalo biti znatno niže, budući da se radi o gornjem toku rijeke Neretve. Inače, nije dozvoljeno da uzvodni zagađivači potroše ukupni raspoloživi prijemni kapacitet za pojedine vrste zagađenja.

Vidljivo je da je povećanje zagađenja rijeke Neretve, uslijed ulijevanja prečišćenih otpadnih voda grada Jablanice veoma malo, skoro zanemarivo.

Potrebno je navesti da će Jablanica na kraju perioda planiranja (2040 godine) imati 9 000 stanovnika. Vodoprijemnik je Grabovičko jezero, ali u velikom dijelu godine radi se o rijeci Neretvi, budući da uspor jezera ne dopire do Jablanice.

Prema zakonskim propisima (prilog br. 1), za naselja do 10 000 ES predviđa se prvi i drugi stepen prečišćavanja otpadnih voda- vodoprijemnik vodotok II klase, odnosno prvi, drugi i treći stepen prečišćavanja- vodoprijemnik jezero II klase kvaliteta vode.

Za naselja ove veličine, dozvoljene koncentracije odgovarajućih parametara su:

1. Samo I stepen prečišćavanja - SM = 120-150 mg/l;
2. I i II stepen prečišćavanja - SM = 60 mg/l, BPK₅ = 40 mg/l;
3. III stepen prečišćavanja (uklanjanje fosfora i azota)- podaci za P mg/l i N mg/l dati samo za naselja od 10 000 ES.

Na osnovu prethodnog, može se zaljučiti da se u I fazi postižu zadovoljavajući rezultati (C_{SM} = 70,7

mg/l < 120 mg/l), kao i u II fazi (C_{SM} = 24,4 mg/l < 60 mg/l; CBPK₅ = 13,3 mg/l < 40mg/l). Ustvari usvojena metoda prerade, budući da se radi o vodoprijemnicima svrstanim u osjetljiva područja, daje bolji kvalitet otpadne prečišćene vode od zahtjevanog, uz moguće postizanje nitrifikacije otpadne vode. Dezinfekcija otpadne vode, prije njenog upuštanja u vodoprijemnik (III stepen prečišćavanja), čini da su rezultati prečišćavanja još povoljniji.

Pogonsko osoblje

U cilju osiguranja kvalitetnog rada postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, biće neophodno izvršiti, u periodu izgradnje i probnog pogona, obuku osoblja koje će održavati objekte i kontrolisati tehnološki proces.

Za mehaničko biološki pogon postrojenja potreban broj i kvalifikacija osoblja je slijedeća:

<input type="checkbox"/> Rukovodilac postrojenja	1 kemijski tehničar (SSS)
<input type="checkbox"/> Operater na postrojenju	1 električar ili mašinbravar (VKV ili KV)
<input type="checkbox"/> Pomoćni radnik	2 fizički radnik (NK)

Posebno se naglašava da je za efikasan rad postrojenja potrebno obezbijediti odgovarajuće uslove i dosljedno ih provoditi u radu. Pravilan izbor i obuka osoblja predstavlja prvi uvjet i garanciju da će se planirani efekti ostvariti u praksi.

Orientacioni predmjer i predračun

REKAPITULACIJA

Predhodni radovi	3 200,00
Zemljani radovi	282 239,70
Betonski radovi	810 465,50
Armirački radovi	39 000,00
Izolacioni radovi	19 623,30
Cjevovodi	44 318,50
Ostali radovi	259 707,00
Hidromehanička oprema	76 750,00

UKUPNO: cca. 1 535 200 KM

Literatura

- Haša Bajraktarević - Dobran. - Prerada pitkih i otpadnih voda – Skripta, Sarajevo
- Karl Imhoff. - Taschenbuch der Stadtentwässerung, Munchen, 2007.
- Wilhelm v.d. Emde. - Savremena primjena procesa sa aktivnim muljem u kondicioniranju otpadnih voda naselja i industrije, Sarajevo, 1973.
- Hodžić Amila. - Idejno rješenje stanice za prečišćavanje otpadnih voda Jablanice „Upotrebom bioloških filtera“, Diplomski rad, Sarajevo, 2007.
- Munir Jahić. - Kondicioniranje voda, Sarajevo, 1990.
- Munir Jahić. - Urbani kanalizacioni sistemi, Sarajevo, 1985.
- Hajrudin Simičić. - Procesi obrade otpadnih voda, Tuzla, 2002.

Dinko Tuhtar. - Zagađivanje vode i zraka, Sarajevo, 1990.
Zoran Milašinović. - Hidraulika – predavanja, Sarajevo, 2004.

„Pravilnik o graničnim vrijednostima opasnih i štetnih materija za vodu koja se nakon prečišćavanja iz sistema javne kanalizacije ispušta u prirodni prijemnik“, službene novine FbiH, br.50, 2007.

Internet

www.mfkv.kg.ac

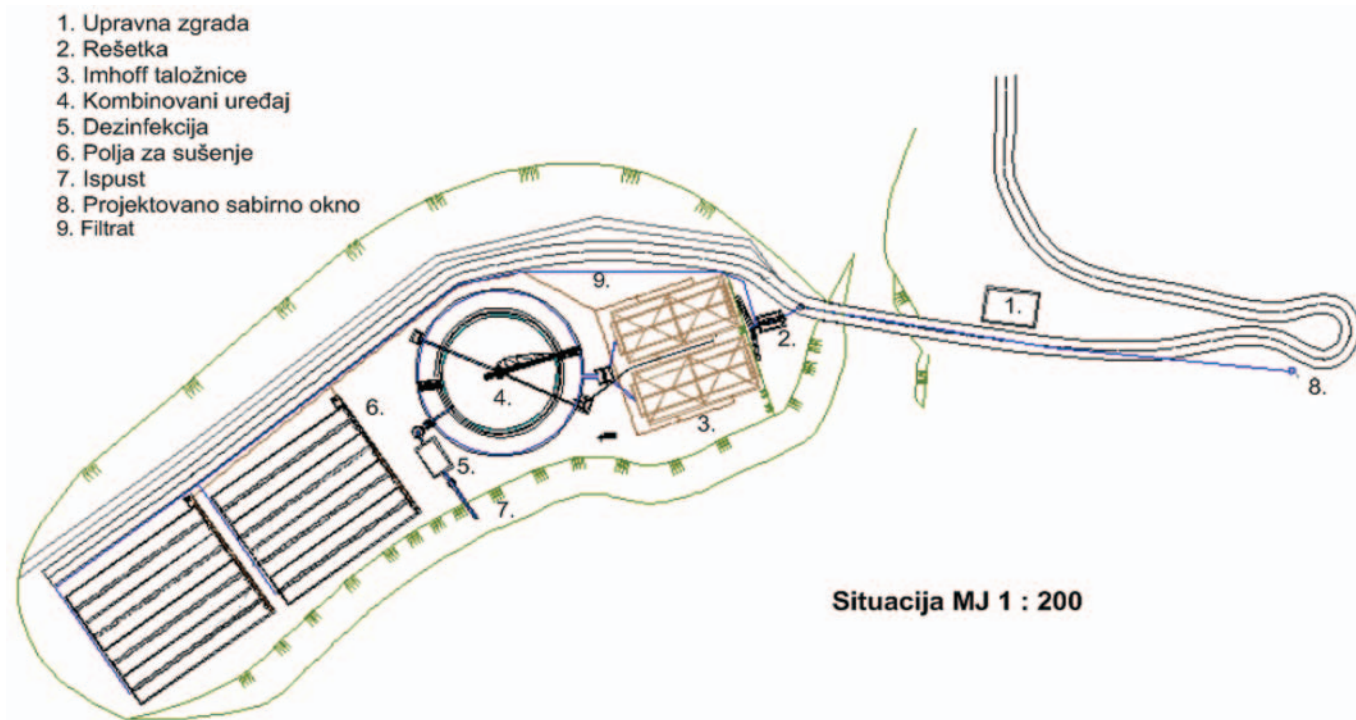
www.tho.ba

www.wedeco.de

www.passavant-geiger.de

www.hobas.com/de

www.ingenieurbuero-eibl.de



PRORAČUN KORISNIH (MALIH) VODA I ODREĐIVANJE UKUPNOG GODIŠNJEG PROTICAJA VODA U BUJIČNIM PODRUČJIMA

Osnovni principi uređenja bujičnih slivova ili zaštita zemljišta od erozije sastojali su se uglavnom od radova koji su išli u pravcu retencije (zadržavanja) vode u gornjim dijelovima sliva. Uređenje bujičnih slivova i erozionih područja imalo je prvenstveno za cilj uspostavljanje prirodne ravnoteže u slivu ili erozionom području, čime se smanjuje mogućnost stvaranja bujičnih poplava i erozije zemljišta, kao i sve štetne posljedice koje one izazivaju.

U ovome, primarni radovi na uređenju bujičnih slivova sastoje se u održavanju i obnovi biljnog pokrivača u slivu, šumskih i travnih formacija, podizanjem retenzionih voćnjaka i površina sa ljekovitim biljem, izgradnjom retenzionih objekata kao što su: konturni rovovi, terase, bankine, živi retenzioni pojasevi, ilofilterski sistemi, kao i razni drugi antierozioni radovi. Moto svih tih radova je zadržavanje atmosferskih voda.

Slivovi koji su dobro pošumljeni i imaju dobar sklop ili zatravljene površine, kao i zemljišta koja su tehničkim radovima isterasirana ili opasana konturnim rovovima, sa izgrađenim gradonima, retardacionim pojasevima i drugim antierozionim radovima, nisu ozbiljnije ugrožene i ne prijete im veće štete čak i od olujnih kiša. Ovako izvedeni radovi u bujičnim

slivovima ili na bilo kojim površinama koje su ugrožene od erozionih procesa, predstavljaju moćno sredstvo protiv bujičnih poplava i erozionih nanosa.

Međutim, tako izvedeni radovi u bujičnim slivovima i erozionim područjima, često potpuno onemogućavaju kasnije iskorištavanje malih voda u tim slivovima.

U svijetu sve više vlada nestašica čiste vode, stoga je čovječanstvo u stalnoj potrazi za što većim količinama čiste pijaće vode kao i vode za industrijske potrebe, što je posljedica naglog razvoja industrije i porasta stanovništva u čitavom svijetu. Ovakva situacija uvjetuje da se i kod uređenja bujičnih slivova sve više razmišlja, ne samo na zaštitu zemljišta od erozije, nego i na oplemenjivanje i iskorištavanje voda bujičnih tokova za potrebe stanovništva, industrije, navodnjavanja i dr.

Ovakva situacija postavlja i pred stručnjake koji se bave zaštitom zemljišta od erozije i uređenjem bujica, da se i kod bujičnih slivova određuju ne samo protoci velikih, štetnih voda, nego i protoci malih korisnih voda i ukupnog godišnjeg oticanja vode iz sliva.

Značaj ovog je utoliko veći što se sve više grade male i velike akumulacije, a za njihovo hidrološko dimenzioniranje neophodni su podaci o proticaju malih voda, kao i ukupnom godišnjem oticanju.



Sl. 1. Erozija u slivu bujice Uračaj na području Bosanskog Grahova

Metode određivanja korisnih voda u bujičnim slivovima sa ili bez razvijenih erozionih procesa, donekle se razlikuje od standardnih hidrometrijskih metoda koje se kod riječnih tokova primjenjuju.

PRORAČUN UKUPNOG GODIŠNJEG DOTICAJA VODE



Sl. 2. Pregrada u bujici Mirotninski potok na području Trebinja, koja se koristi i za prelaz preko bujice

U hidrologiji postoji više obrazaca za proračun ukupnog godišnjeg doticaja vode. Ovdje će se pomenuti neke od njih, koje za naše uvjete daju najbolje rezultate:

1. Formula Keller-a za veće slivove, sa prosječnim uvjetima oticanja, ukoliko godišnja visina padavina nije ispod 500 mm, glasi:

$$Q_{\text{god}} = (0,942 \times H_{\text{god}} - 430) \times 1000 \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

2. Formula Keller-a za slivove planinskih rijeka, koje imaju veliku visinu oticaja (bujični slivovi vrlo jake konfiguracije), glasi:

$$Q_{\text{god}} = (H_{\text{god}} - 350) \times 1000 \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

3. Formula Keller-a za slivove ravničarskih rijeka, koje imaju malu visinu oticaja, glasi:

$$Q_{\text{god}} = (0,884 \times H_{\text{god}} - 460) \times 1000 \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

4. Formula Keller-Srebrenović za rijeku Savu, glasi:

$$Q_{\text{god}} = (0,622 \times H_{\text{god}} - 131) \times 1000 \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

U Njemačkoj se za orijentacioni proračun godišnjeg doticanja vode sa bujičnih slivova (pored formule pod 2 koja služi za bujične slivove vrlo jake konfiguracije), koriste i sljedeće formule:

5. Formula Keller-a za bujične slivove osrednje konfiguracije sa brežuljkastim dijelovima i zaravnima, glasi:

$$Q_{\text{god}} = (0,9 \times H_{\text{god}} - 400) \times 1000 \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

6. Formula Keller-ova za bujične slivove sa mnogo zaravni i blagih nagib padina, glasi:

$$Q_{\text{god}} = (0,8 \times H_{\text{god}} - 450) \times 1000 \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

U prednjim formulama je:

Q_{god} = ukupno godišnje doticanje vode izraženo u m^3/god ;

H_{god} = ukupna srednjegodišnja visina padavina mjerodavna za sliv, izražen u mm;

F = površina sliva, izražena u km^2 ;

Mnogi autori smatraju da se prednje formule primjenjive samo za konkretne uvjete za koje su ispitivane, jer formule sadrže samo jednu promjenjivu.

Za primjenu ovih formula jedan od osnovnih uvjeta je da ukupni godišnji atmosferski talog nije manji od 450 mm.

7. Formula tipa Coutange – Mortane, glasi:

$$Q_{\text{god}} = a \times H_{\text{god}}^2 \times (1-y) \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

gdje je:

a = koeficijent godišnjeg oticanja vode i kreće se od $a = 0,35 - 0,56$ – od Sjeverne do Južne Evrope obično se uzima da je $a = 0,50$;

H = suma godišnjih padavina, izražena u mm;

Y = indeks "snježnosti" i dobija se iz odnosa:

$$Y = H'_{\text{god}}/H_{\text{god}}$$

H'_{god} = suma padavina od snijega u toku prosječne godine, izražena u mm;

H_{god} = suma srednjegodišnjih padavina, izražena u mm;

F = površina sliva, izražena u km^2 ;

8. Formula Velikanova-Sokolovskog, glasi:

$$Q_{\text{god}} = H_{\text{god}} (1- d_0/m) \times 1000 \times F \dots \text{m}^3/\text{god}$$

gdje je:

H_{god} = godišnja suma padavina, izražena u mm;

d_0 = srednji godišnji deficit vlažnosti zraka za sliv (u prosjeku iznosi 2-3 mm), izraženo u mm;

m = modul oticanja vode čije vrijednosti idu od 2,5 – 5,0 l/sek/ km^2 ;



Sl. 3. Eroziono područje prije tretmana antierozionim radovima



Sl. 4. Eroziono područje poslije tretmana antierozionim radovima

PRORAČUN MODULA OTICANJA ZA SLIV

Podaci o ukupnom godišnjem doticaju vode, omogućavaju da se sračuna modul oticanja sa sliva, odnosno prosječna godišnja isticanja. Proračun se može izvršiti po sljedećoj formuli:

$$M_o = Q_{god} / 31,536 \times 10^6 \times F \quad \dots \text{ m}^3/\text{sek}/\text{km}^2$$

gdje je:

- M_o = modul oticanja za sliv, izražen u $\text{m}^3/\text{sek}/\text{km}^2$;
 Q_{god} = ukupno godišnje oticanje vode, izraženo u m^3/god ;
 $31,536 \times 10^6$ = predstavlja broj sekundi u prosječnoj godini;
 F = površina sliva, izražena u km^2 .

Svi navedeni obrazci daju uglavnom orijentaciono proračunavanje ukupnih količina doticaja vode sa bujičnih slivova. Ovako dobivene količine vode, međutim, ne predstavljaju ukupne zapremine korisne vode, koje bi stajale na raspolaganju za potrebe vodosnabdijevanja stanovništva, industrijske svrhe i drugo.

Vode dospjele u akumulaciju imaju znatne gubitke. Jedan dio vode ispari sa površine akumulacije. Tu visina srednjegodišnje temperature zraka područja ima znatan utjecaj. Na gubitak korisnih voda može isto tako da ima veliki utjecaj i geološka podloga, izloženost području jakim i velikim vjetrovima i dr.

Radi toga postoji niz pokušaja da se kod proračuna ukupno raspoloživih zaliha korisne vode, na osnovu godišnjeg koeficijenta oticanja vode, uzmu u obzir i svi drugi gubici vode, do kojih neminovno dolazi u svakom slivnom području.

Prof. Tixeron je ispitivanjima o utjecaju visokih srednjegodišnjih temperatura zraka, čestih toplih vje-

trova i jake vodopropustljivosti podloge u slivnim područjima u Tunisu, utvrdio da dolazi do gubitaka vode u izgrađenim vještačkim jezerima čak i do 3,0 m visine, što ponekad predstavlja i do 80 posto ukupnog doticaja korisne vode u manjim slivovima.

PRORAČUN UKUPNE KOLIČINE KORISNIH VODA U BUJIČNIM PODRUČJIMA

Imajući u vidu faktore koji utječu na smanjenje količine ukupne godišnje zapremine raspoložive vode u bujičnom slivu, izvršena su određena ispitivanja na osnovu kojih je utvrđen utjecaj pojedinih parametara na smanjenje raspoloživih količina vode.



Sl. 5. Prag u bujičnom toku od armirano betonskih elemenata

Na osnovu istraživanja koja su provedena na području ogledne stanice u Ripnju, a i uz pomoć laboratorijskih istraživanja, Institut za vodoprivredu «Jaroslav Černi», prema njihovim ocjenama dobiveno je dovoljno podataka da se predloži formula za proračun stvarnih zaliha raspoložive vode u bujičnim slivovima, uzimajući u obzir niz faktora koji utječu na gubitak vode.

Tu za proračun ukupne količine korisne vode u bujičnim područjima, posebno ako se radi o izgradnji malih vodnih akumulacija, treba proed ostalog, sagledati i utjecanje koji imaju srednji padovi područja, oblik sliva, poroznost i pedološki sloj, vegetacioni pokrivač i sl., pored utjecaja klime i temperaturne razlike.

Kako vidimo oticaj vode sa nekog sliva ili erozionog područja, uslovljen je sa mnogo najrazličitijih faktora, koji za svaki konkretni lokalitet ulaze u složenu i neponovljivu kombinaciju između sebe.

Formula koja sadrži sve parametre koji smanjuju ukupnu zapreminu voda koje dotiču glasi:

$$9. W_k = A \times S_1 \times S_2 \times (0,7 + I_{sp}) \times (0,2 - T) \times H_{god}^2 \times F \quad \dots \text{ m}^3/\text{god}$$

Ova formula imala je za osnovu proučavanje Contange-Martone (formula pod 7.). Međutim njeni koeficijenti su dopunjeni nizom terenskih i laboratorijskih istraživanja, kao i podacima opažanja izvršenim u području Sjeverne Afrike od strane talijanskih i tuniskih stručnjaka.

U gornjoj formuli je:

W_k = ukupna količina korisne vode, izražena u m^3 /god, koja u jednoj vodnoj akumulaciji u bujičnom slivu ili erozionom području stoji na raspolaganju za iskorištavanje;

A = koeficijent oblika bujičnog sliva, koji je jednak:
 $A = 0,195 \times O/L$

O = dužina linije vododelnice sliva (obim sliva), izražen u km;

L = dužina sliva po matici glavnog vodotoka u km;

S_1 = koeficijent vodopropustljivosti zemljišta sliva ili erozionog područja, koji je jednak:

$$S_1 = 0,4 f_p + 0,7 f_{pp} + f_{np}$$

f_p = površina sliva ili područja u procentima, koji je sastavljen od jako vodopropustljivih tvorevina i stijena (krečnjaci, pjeskovi, šljunak i sl.);

f_{pp} = dio površine sliva izražen u procentima od ukupne površine koji je izgrađen od stijena osrednje vodopropustljivosti (kristalasti škriljci, laporci, pješčari, tufozne stijene i sl.);

f_{np} = dio površine sliva izražen u procentima od ukupne površine sliva, koji je izgrađen od stijenje slabe vodopropustljivosti (teška glinena zemljišta, argilošisti, jedri eruptivi i sl.).



Sl. 6. Pregrada od gabiona s aprelivom obloženim drvenim oblicima

Obzirom da postoji niz nijansi u vodopropustljivosti istih petrografskih tvorevina u vezi sa njihovom starošću, stanjem, tektonskim poremećajima i djelovanju atmosferlija, stoga kod određivanja površina koje pripadaju pojedinim vrstama stijena treba i o tome voditi računa. Tu treba birati dopunske skale za

pojedine kategorije petrografskih tvorevina, ali sve u granicama opće vrijednosti za koeficijent vodopropustljivosti koji treba da se kreće od 0,4 do 1,0.

S_2 = koeficijent vegetacionog pokrivača, koji se može sračunati po sljedećoj formuli:

$$S_2 = 0,6 f_s + 0,8 f_t + f_g$$

f_s = dio površine sliva ili područja koji je pod šumama i šikarama dobrog sklopa, izražen u procentima prema ukupnoj površini sliva;

f_t = dio površine sliva izražen u procentima, koji se nalazi pod travnim pokrivačem, livadama, pašnjacima i voćnjacima. U ovu kategoriju treba uvrstiti i površine pod devastiranim šumama i šikarama;

f_g = dio površine sliva ili erozionog područja izražen u procentima, koji je pod njivama (oranicama), goletima i degradiranim zemljištima;

I_{sr} = srednji pad sliva ili erozionog područja, izražen u metrima, koje se može sračunati po sljedećoj formuli:

$$I_{sr} = h \times \Sigma L / F$$

h = visinska razlika između dvije izohipse, ili "hod", izražen u metrima;

ΣL = suma dužina svih izohipsa sliva odnosno erozionog područja, izražen u km;

F = površina sliva odnosno erozionog područja, izraženog u km^2 ;

T = temperaturni koeficijent, čija se vrijednost dobija iz izraza:

$$T = t_o / 10 + 0,1$$

t_o = srednja godišnja temperaturna zraka sliva, izražen u Celzijusevim stupnjevima (srednjegodišnja izoterma zraka).

H_{god} = srednjegodišnje sume ukupnih padavina, izražen u milimetrima.

S.Gavrilović je ispitivanjima koja je vršio na vještačkim jezerima Grošnici i Batlovi o srednjegodišnjem isparavanju vode sa vodenog ogledala, zaključio da prednja formula (9.) za utvrđivanje ukupne količine korisne vode koja u jednoj vodnoj akumulaciji u bujičnom slivu ili erozionom području stoji na raspolaganju za iskorištavanje, daje za nase uvjete realne rezultate.

Gornja formula (9.) daje ukupne godišnje doticanje vode iz bujičnog sliva ili erozionog područja, od koga je odbijeno ukupno godišnje isparavanje i poniranje (perkolacija) vode, pod datim uslovima srednje godišnje temperaturne zrake, koeficijenta vodopropustljivosti, koeficijenta vegetacije, srednjeg pada sliva i koeficijenta oblika slivnog područja. Tako da dobivena količina vode po ovoj formuli, predstav-



Sl. 7. Uređene bujice sistemom pragova od kamena u cementnom malteru

lja ukupno raspoložive zalihe korisnih voda sa određenog sliva ili erozionog područja.

Ova formula (9.) može da se razloži na dva čini telja:

a) koeficijent doticanja raspoložive zalihe godišnje korisne vode iz bujičnog sliva ili erozionog područja, koji glasi:

$$\rho_0 = A \times S_1 \times S_2 (0,7 + I_{sr}) \times (2,0 - T) \times H_{god} / 1000$$

b) $1000 \times H_{god} \times F \dots m^3/god$

gdje je:

ρ_0 = koeficijent doticanja raspoložive zalihe godišnje korisne vode;

H_{god} = ukupna godišnja suma padavina, izražena u milimetrima;

F = površina sliva u km^2 ;

10. Objedinjeni obrazac glasi:

$$W_k = \rho_0 \times 1000 \times H \times F \dots m^3/god$$

Činilac 1000 koji se pojavljuje u formulama Kellera i u obrazcu pod (10), dolazi radi toga, što po prirodi stvari, od svakog 1 milimetra padavina na 1 km^2 sliva dobiju se 1.000 m^3 vode po 1 km^2 sliva.

Prema S. Gavriloviću formula (9. i 10.) daje najobuhvatniji obrazac za dobijanje koeficijenta godišnjeg oticanja kroisnih voda u malim i velikim vještačkim jezerima u bujičnom, kao i u ostalim područjima.

LITERATURA:

1. Bidovec F.: Empiričke formule za izračunavanje količine vode upoređene sa stvarnim količinama vode u vodnim tokovima u alpskom području Slovenije, "Vodoprivreda Jugoslavije", br. 12, Beograd, 1960. godine.

2. Blagojević B.: Hidrologija zemljišta, Beograd, 1961. godine.
3. Caveli M.: Građenje vještačkih jezera, Knjiga: Vještačka jezera za navodnjavanje, Beograd, 1962. godine.
4. Gavrilović S.: Određivanje maksimalnih i godišnjih protoka voda u bujičnim slivovima i erozionim područjima, DGA – 729, Beograd, 1965. godine.
5. Gavrilović S.: Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, Beograd, 1972. godine.
6. Herkulidze I.: Maksimalni proticaji i zapremine oticaja bujičnih tokova. Međunarodni seminar: Erozija, bujični tokovi i riječni nanos, Beograd, 1970. godine.
7. Joksimović M.: Određivanje velikih voda r.Velike Morave, Beograd, 1958. godina.
8. Kostadinov S.: Proračun maksimalnog proticaja vode u bujičarskoj struci Srbije. Zbornik radova: "Prošlost, sadašnjost i budućnost srpskog šumarstva kao činioca razvoja Srbije" Beograd (471-477), 1991. godina.
9. Kostadinov S., Velojić M.: Analiza jakih kiša za hidrološke proračune u bujičnim slivovima, Monografija "Uzorci i posljedice erozije zemljišta i mogućnosti kontrole erozionih procesa", Šumarski fakultet, Beograd (8-13), 1994. godine.
10. Kostadinov S.: Bujični tokovi i erozija, Beograd, 1996. godine.
11. Mihajlović M.: Mikroakumulacije, zemljane nasute brane – projektovanje i gradnja. Hidroprojekt, Beograd, 1981. godine.
12. Trbojević B.: Mikroakumulacije, projektovanje i građenje, Institut "Jaroslav Černi" broj 13, Beograd, 1960. godine.



R. Tinja u Srebreniku zna biti vrlo razorna

Snimio: M. Lončarević

PRIKAZ KNJIGE

INŽINJERSKA
HIDROLOGIJA

Husno Hrelja

(Izdavač: Univerzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet, Sarajevo, 2007.)

Da se na našim prostorima pojavi jedno cjelovito, i nadasve sistematično i sveobuhvatno djelo iz područja inženjerske (i ne samo inženjerske) hidrologije, pobrinuo se prof. dr. Husno Hrelja, dipl. ing. građ. i redovni profesor Građevinskog fakulteta u Sarajevu (šef Katedre za hidrotehniku i bivši dekan tog fakulteta).

Ulažući ogromni trud (knjiga sadrži 1137 strana), široko poznavanje materije (u knjizi je obrađeno 13 stručnih cjelina – poglavlja), sistematičnost (sva poglavlja su međusobno uvezana u jedinstvenu stručnu cjelinu), stručnu korektnost (detaljno navođenje korištene literature i to kako u tekstu, tako i na kraju svakog poglavlja), praktično iskustvo (u knjizi su navedeni i praktični primjeri) i edukativno iskustvo (knjiga je pisana na način koji omogućava njenu primjenu ne samo na redovnom i postdiplomskom studiju na građevinskom već i drugim fakultetima), autor je uspio da u knjigu ukomponuje „nepromjenjive“ komponente iz već dugi niz godina neprikosnovenih knjiga stručnih i naučnih veličina kakvi su Chow, V. T. (1964, Handbook of Applied Hydrology, MC Graw – Hill Book Co, New York) i Jevđević, Vujića, (1956, Hidrologija – I dio, Hidrotehnički institut „Jaroslav Černi“, Beograd), značajno ih obogaćujući savremenim domaćim i svjetskim pristupima.

Na ovaj način je, zapravo značajno obogatio kontinuitet sistematičnog uklapanja savremenih hi-

droloških pristupa u rješavanje kompleksnih inženjerskih i drugih problema iz oblasti sektora voda čije je intenzivnije uvođenje na našim prostorima započelo 70-tih i 80-tih godina prošlog vijeka (prof. dr. Jovanović S; prof. dr. Srebrešević D, ...), a nastavljeno aktivnostima njihovih sljedbenika (prof. dr. Bonacci O; prof. dr. Prohaska S, ...).



Cjelovitiji prikaz knjige bi zahtijevao daleko veći prostor zbog čega je ograničen samo na prikaz njenih poglavlja (naslova) sa kratkim opisom njihovih sadržaja u obimu koji će dati osnovne informacije potencijalnim korisnicima o mogućem nalaženju stručnih pristupa koji će im pomoći u rješavanju problema.

Slijedeći ovakav princip ističe se da se, kako je već rečeno, knjiga sastoji od 13 poglavlja u kojima se obrađuju sadržajno i tematski uvezane cjeline na način kako slijedi:

1. **Uvod u hidrologiju** u kome se daju osnovne informacije o trendu razvoja i zadacima hidrologije na način koji, odmah na početku, definiše i konceptijski pristup izlaganju materije, zasnovan na razjašnjenju temeljnih procesa kruženja vode (hidrološki ciklus) i identifikaciji članova vodnog bilansa.
2. **Hidrometeorologija** gdje se opisuju procesi u atmosferi i osnovni fenomeni, odnosno klimatski elementi (sunčevo zračenje, temperatura, isparavanje, padavine, ...) koji ih karakterišu, opisuju i uvezuju sa hidrološkim i drugim zavisnim procesima na zemlji. Za većinu njih je dat i način proračuna.
3. **Mjerenje padavina**, gdje se daje detaljan prikaz obrade i analize podataka mjerenja, uključujući i način njihovog prikupljanja i obrade prilagođene zahtjevima proučavanja raznih hidroloških i drugih procesa.
4. **Mjerenje hidroloških veličina (hidrometrija)** razmatra problem mjerenja svih hidroloških veličina (vodostaja, brzina vode, protoka, pronosa riječnog nanosa, ...), uspostavu međuzavisnosti između tih veličina i dr.
5. **Fizičke karakteristike sliva** identifikuju i opisuju način određivanja onih karakteristika koje su bitne za definisanje dinamike hidroloških procesa u slivu.
6. **Procesi u slivu** opisuju metode transformacije osnovne ulazne veličine u sliv (padavine) na njene komponente – infiltraciju i intercepciju, uključujući i zadržavanje vode u depresijama, te akumulisanje i topljenje snijega.
7. **Primjena koncepta sistema na ciklus oticanja** je orjentisana na razradu savremenog teoretskog pristupa analizi djelovanja sistema (sliv) na ulazne veličine (obično padavine) i načina njihove transformacije i izlazne veličine (proticaje).
8. **Primjena metoda matematske statistike i teorije vjerovatnoće u hidrologiji** je obuhvatila širok dijapazon ove složene i važne oblasti, uključujući dobro fundiranu i na jasan način prikazanu te-

oretsku osnovu i njenu praktičnu primjenu u dobijanju i testiranju karakterističnih hidrometeoroloških veličina i vjerovatnoće njihove pojave.

9. **Hidrogrami oticanja** je poglavlje koje se nadovezuje na materiju iz prethodnih poglavlja i svojim sistematskim i savremenim pristupom snažno potkrepljuje ocjene iznesene na početku prikaza. Ovo tim prije što je na znalački način ovo poglavlje uvezano sa poglavljima 6 i 7.
- 10.; 11, i 12. Poglavlja 10 (**Prosječne vode**), 11 (**Male vode**) i 12 (**Velike vode**) su poglavlja od posebnog praktičnog značaja koja će, obogaćena praktičnim primjerima i regionalnim analizama, biti od izuzetne koristi u rješavanju praktičnih problema.
13. **Propagacija poplavnih valova** kao završno poglavlje razmatra pojednostavljene (hidrološke) modele nestacionarnog tečenja (propagacije poplavnih valova) koji se, u manje komplikovanim slučajevima, mogu uspješno primijeniti.

Umjesto posebnog zaključka, a i u cilju dodatnog objektiviziranja do sada rečenog, u nastavku se daju zaključne konstatacije dva eminentna stručnjaka iz ove oblasti iz susjednih nam država iznesene u njihovim prikazima ove knjige i to:

„Ovo izvanredno životno delo neumornog istraživača, naučnog i visokoškolskog poslenika prof. dr. Husno Hrelje – trebalo bi da se nađe u rukama svih ljudi kojima su hidrološke analize dio hidrotehničkog planiranja kojima se bave“

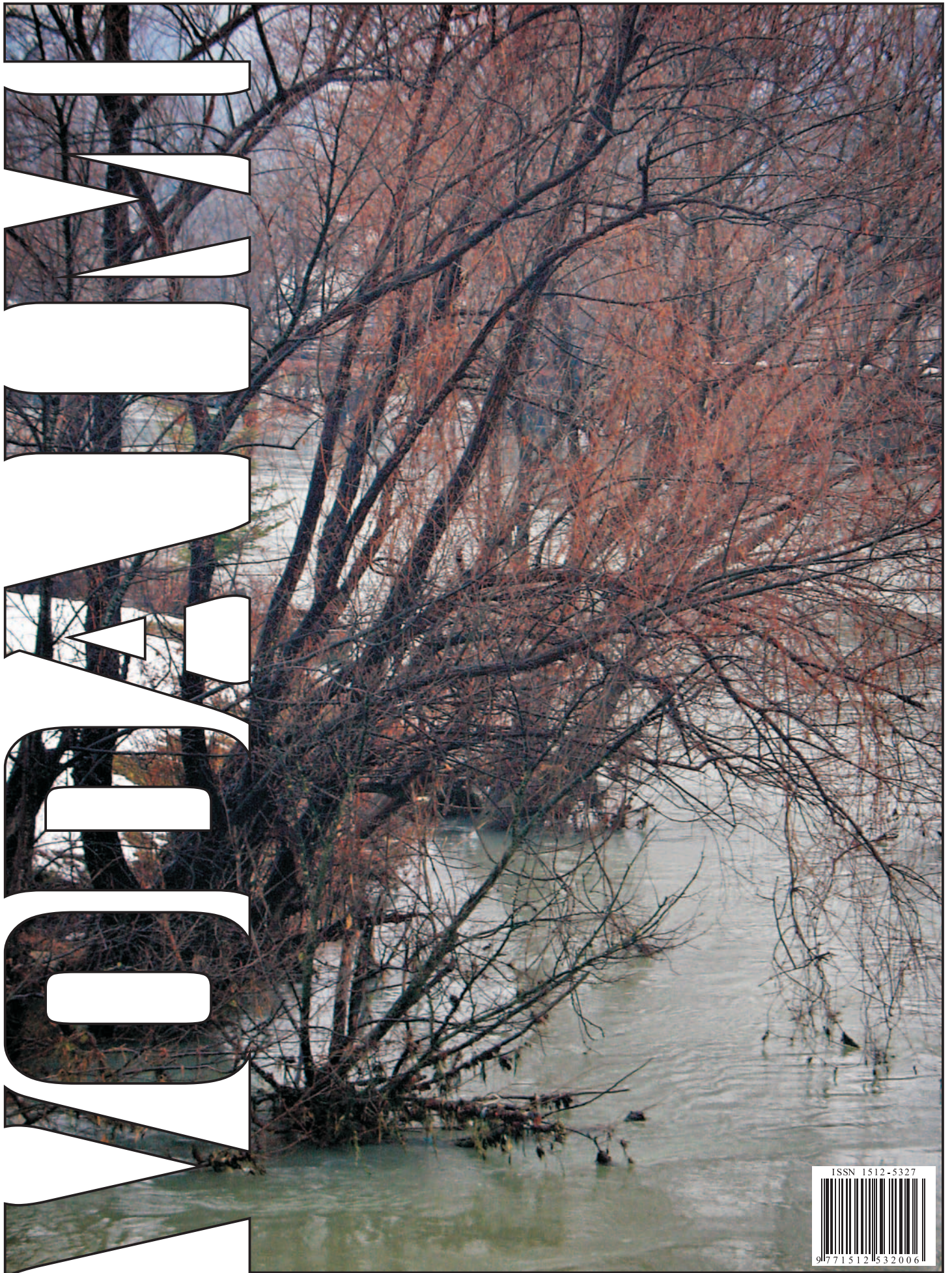
prof. dr. Branislav Đorđević,
(Vodoprivreda, Beograd – br. 231-233, januar – juni 2008.)

„Stručnjacima u Hrvatskoj, osobito onima koji sudjeluju u procesu obrazovanja na sveučilišnim pa i višim razinama, knjiga se toplo preporučuje kao sustavno, suvremeno i jasno pisan materijal vrlo pogodan za tu namjenu.“

prof. dr. Ognjen Bonacci,
(Hrvatske vode, 16 (2008) 63, Zagreb)

Čini se ipak neophodnim dodati da je ovo i primjer kako u BiH i pored značajnog odliva visokostručnog kadra iz oblasti sektora voda, postoje „rezerve“ koje su sposobne da, ukoliko im se obezbijede pristojni uslovi i pruži šansa daju, ako ne veći, a ono bar isti doprinos razvoju ove oblasti, kakav daju najčešće i nekritički angažovani strani eksperti.





ISSN 1512-5327



9 771512 453206 4