

HIDROKOLOŠKI PROBLEMI U SARAJEVSKOM POLJU

Muriz Spahić, Emir Temimović i Haris Jahić

Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za geografiju,
Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

murizspahic@gmail.com emirtemimovic@yahoo.com haris-jahic@hotmail.com

Tokom protekle 2016. godine stanovnici Sarajeva suočeni su sa problemima urednog vodosnabdijevanja. Problemi bi bili tolerantni za ekstremno aridnu godinu, koje može biti pojavna kategorija u umjereno toploj i vlažnoj klimi kakava je u Sarajevskom polju i planinskim padinama koje njemu gravitiraju. Godina o kojoj je riječ je bila znatno humidnija sa povećanom količinom padavina, koje obrazuju vadozni doticaj u riječne sisteme koji se dreniraju prema rijeci Bosni, glavnoj hidrološkoj okosnici Sarajevskog polja i njegove okoline.

Pojava nestašice voda za vodosnabdijevanje je izazvalo veliku pažnju građana i naučne javnosti, što je bila tema javnih tribina pokrenuta od građanskih udruženja, u kojima je aktivno učešće imalo i Udruženje geografa u Bosni i Hercegovini, da bi se objasnila nestašica voda u vodovodnoj infrastrukturi. Javne rasprave o ovoj temi otkrile su dalekosežne probleme koji se tiču vodosnabdijevanja Sarajeva. Oni su posljedica geneze akvifera u Sarajevskom polju; intergranularnog izdanskog u kvartarnim facijama i krško pukotinskom u karbonatnoj faciji formacija Igmana i Bjelašnice. Sinergijom hidroloških odnosa i veza nastaje glavna akumulacija voda u sarajevskoj vodozaštitnoj zoni odakle se one crpe i vodovodnom infrastrukturom transportuju prema krajnjim potrošačima u Sarajevu. S obzirom da je riječ o velikoj slivnoj površini koja je antropogeno uzurpirana vadozne vode se kontaminiraju i pogoršavaju vodonosno stanje vodozaštitne zone. Pored toga, postoje intencije smanjenjena površine vodozaštitne zone što će umnogome pogoršati probleme voda u njoj.

Ključne riječi: podzemne vode, intergranularna voda, krš, krša voda, akviferi, pukotinska poroznost, hidroekološki problemi, vodosnabdijevanje, fekalne vode, kanlizacija

HYDROECOLOGICAL PROBLEMS IN SARAJEVO BASIN

Muriz Spahic, Emir Temimovic and Haris Jahic

University of Sarajevo, Faculty of Mathematics and Science, Department for Geography
Zmaja od Bosne 33-35, Bosnia and Herzegovina

murizspahic@gmail.com emirtemimovic@yahoo.com haris-jahic@hotmail.com

During the year of 2016, the residents of Sarajevo were faced with the problems of proper water supply. Problems would be tolerant for extremely arid year, which can be normal occurrence in moderately warm and humid climate which is present in Sarajevo basin and on the mountain plains that gravitate to it. Year in question was considerably humid with increased rainfall, which forms vadose contact in river systems that drain toward the river Bosnia, the main hydrological backbone of Sarajevo basin and its surroundings.

The emergence of water shortages for water supply has caused great attention of citizens and the scientific community, which was the subject of public debates launched by

civic associations, in which actively participated the Association of Geographers in Bosnia and Herzegovina, to explain the shortage of water in the water supply infrastructure. Public debates on the subject revealed profound problems concerning water supply of Sarajevo. They are the result of the genesis of the aquifers in the Sarajevo basin; intergranular ones in Quaternary facies and karst fissured ones in the carbonate facies formations of Igman and Bjelasnica. The synergy of hydrological relationships and connections forms the main water reservoirs in the Sarajevo water protection zone from which the water is taken and through the water infrastructure transported to consumers in Sarajevo. Since this is a large basin area, which is anthropogenically usurped, vadose waters can get contaminated and worsen the state of water protection zone. In addition, there are intentions of decrease of the area of water protection zone, which will greatly exacerbate the problems of waters in it.

Keywords: *groundwater, intergranular water, karst, karst water, aquifers, fracture porosity, environmental problems, water supply, sewage, sewerage.*

UVOD

INTRODUCTION

Hidroekološki problemi značajno utiču na obezbjeđenje, akumuliranje, distribuciju i potrošnju voda za potrebe vodosnabdijevanja. Ona, pored ostalog, obuhvata bilansiranje potrebnih voda za vodosnabdijevanje u koje se uključuje raspoloživa količinu padavinskih voda, njihovih gubitaka evapotranspiracijom i infiltracijom, bilo da je riječ o biološkoj, stijenskoj ili antropogenoj potrošnji.

Bilansiranje vodnih resursa se multiplicira, ako se u obzir uračunaju i otpadne ili zagađene vode, sa tolerantnom koncentracijom bioloških i hemijskih kontaminanata. U tom slučaju potrebna količina vadoznih voda se mora desetak puta povećati radi razblaživanja agenasa u tolerantnu granicu, kako bi se one nakon dodatnog kondiciranja i prečišćavanja mogle distribuirati potrošačima za vodosnabdijevanje (Spahić, M. 1999).

Da bi se razmotrila hidroekološka problematika vodosnabdijevanja Sarajeva vodom potrebno je definisati genezu voda u Sarajevskom polju, potom njihovu količinu mjerenu na izlaznom profilu Bosne, koja čini hidrografska okosnicu; glavni odvodni drenaž Sarajevskog polja. Pored toga potrebno je utvrditi izdanske vode u kvartarnim sedimentima Sarajevskog polja koje su u tijesnoj vezi sa krškim pukotinskim vodama karbonatne facije u hidrogeološkoj formaciji Bjelašnice i Igmana. Ove vode su međusobno odvojene Busovačkim tektonskim rasjedom.

Tektonskim kontaktom karbonatna masa Bjelašnice i Igmana je dosta stabilna prema kvartarnoj molasnoj masi Sarajevskog polja, koja se nalazi visoko iznad krško-korozione donje hidrološke base iz koje, jednim dijelom, vode uviru u intergranularnu izdan ili izlivaju na topografsku površinu vrelima i obrazuju površinske tokove od kojih su najznačajniji oni koji obrazuju rijeku Bosnu (Spahić, M. 2013).

Slivne površine, sa kojih se dreniraju površinske i podzemne kreške vode, su antropogeno uzurpirane urbanizacijom i komunalnom infrastrukturom još od vremena 14. Zimskih olimpijskih igara. U posljednim decenijama bez ozbiljnih prostorno-planerskih rješenja, uzurpacija je nastavljena neplanski, što je uzrokovalo niz negativnih tendencija, posebno u kanalizacionoj infrastrukturi zbog čega je došlo do nekontrolisanog i stalnog izlivanja kanlizacionih voda koje završavaju u krškom podzemlju, a potom direktno pukotinama se miješaju sa krškim vodama i pojavljuju na vrelima rijeke Bosne. Na ove

pojave upozorava Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo sa prijedlozima, koja nikada nisu ispoštovana, da se na glavnom vrelu rijeke Bosne postavi tabla sa natpisom da voda nije za piće.

Da bi se odgovorilo tematici naslova rada korištene su metode naučne empirije, terenskih prospekcija, analize sadržaja, kartografski metod, hidroekološki monitoring i dr. Na bazi njih sagledane su svi problemi koji se prevashodno odnose na način obezbjeđivanja i korištenja vodnih resursa u Sarajevskom polju. Pored toga, u radu su korišteni tekstovi upozorenja vlastima Kantona Sarajevo o problemima vodosnabdijevanja, umjesto da se razgovara o fabrikovanju pitke vode za izvoz kojima Sarajevsko polje raspolaže.

THE GENESIS OF WATER IN SARAJEVO BASIN GENEZA VODA U SARAJEVSKOM POLJU

Pukotinske vode **Fracture waters**

Pukotinske vode su infiltrirajuće padavinske vode koje sistemima pukotina, prslina, kaverni i jamsko-pećinskih kanala završavaju u krškom podzemlju kroz koje teku gravitaciono i hidrostatski prema najpovoljnijim mjestima isticanja iz krškog podzemlja na površinu. To su zasebni krški sistemi čija je donja krška baza definisana dubinom karstifikacije karbonatnih morfostruktura Igmana i Bjelašnice. One predstavljaju jedinstvenu karbonatni (krečnjačko-dolomitični) blok, koji subdukciono završava ispod kvartarnih naslaga Sarajevskog polja, na sjeveroistoku.

Karbonatne tvorevine koje grade planinsku morfostrukturu Dinarskih interida kojima, pored ostalih, pripadaju Igman i Bjelašnica, a vode genetsku geološku evoluciju od mezozojskog razdoblja, uglavnom trijasa u kojem je najranije sedimentirana verfenska facija sačinjena od pješčari, laporci i glinovitih naslaga. Verfen je hidrogeološki izolator koji definiše donju kršku bazu pukotinskim vodama.

Pliće facije Igmana i Bjelašnice grade dolomiti i krečnjaci anizijskog kata, koji je najčešće tektonski polomljen pa time i karstifikovan sa pukotinskom poroznosti, kroz koje cirkuliše podzemna voda. Anizijski kat je hidrološki kolektor. Iznad njega, kao povlatni sloj nadovezuje se ladinski kat litofacija: glinaca, rožnaca, tufoznih pješčara i silifikovanih krečnjaka sa muglama rožnaca, koji su u dovoljnoj mjeri hidrološki rezistentni za procjeđivanje krških voda u niže etaže.

Iznad facija ladinskog kata superpoziciono nadograđuju se krečnjaci i dolomiti srednjeg i gornjeg trijasa, a potom megalodonski krečnjaci gornjeg trijasa, a na nekim mjestima sreću se ponegdje facije jursko-krednog fliša. Povlatni sedimenti razvojeni su u kvartarnoj, pretežno pleistocenoj fluvio-obronačnoj, a prema nekim (Cvijić, J. 1889) fluvio-glacialnoj faciji, koja je pokrivena tankom korom pedosupstrata.

Karbonatni površinski slojevi su karstifikovani, što svjedoče prisutne morfosklupture od kojih su najprimijećenije: škrape, vrtače, suhe doline, ponori, jame i pećine. Sve one doprinose krškoj aridnosti u kojoj je površinska hidrografska mreža prenešena u kršku unutrašnjost. U kolektorskoj krškoj seriji površinske vode obrazuje zasebne krške hidrološke sisteme u kojima je donja krška eroziona baza određena verfenskim geološkim slojevima.

Pukotinski i kaverozni kolektorski krški hidrološki sistemi su najvodonosniji u seriji srednjeg i gornjeg trijasa, koji se prema Sarajevskom polju spuštaju duž tektonski paralelnih lomova u obliku stepeničaste strukture dinarskih direktrisa. Na ovaj način planinske

morfostrukture Igmana i Bjelašnice prema Sarajevskom polju obrazuju sistem zagatnog krša (Jovanović, R., Avdagić I. 1981.), koji je nastao, zbog specifičnih uvjeta, tonjenja karbonatne serije – pretežno izolovanih krečnjačkih blokova, koji su potom zamaskirani mlađim neogenim i kvartarnim geološkim tvorevinama ispod recentne topografske površine Sarajevskog polja. Neogene i kvartarne molase Sarajevskog polja prekrivaju ingresionu karbonatnu formaciju moćnim slojem dubine do 70 m, a na nekim mjestima kao na lokalitetu Kovača do 180 m. Sa udaljavanjem od padina Igmana prema centralnim dijelovima Sarajevskog polja dubina molasnog sloja se povećava i do 320 m. Debljina stuba tercijskih mioceno-pliocenih naslaga nesumnjiv je dokaz tonjenja Sarajevskog polja duž tektonskih razloma među kojima je najvažniji Busovački.

Proces karstifikacije je započeo po okončanju razlomne tektonike i postupno se spuštao prema donjoj krškoj bazi, što je zavisilo od dubine prethodnih tektonskih lomova i intenziteta molasnog zaspipanja predisponirane kotline današnjeg Sarajevskog polja. Zasipanjem Sarajevskog polja i karstifikacijom krečnjačko-dolomitične serije krški gravitacioni izvori preobraženi su u vrela, čije vode ascendentno izlivaju na molasni nanos od kojih je nastao hidrografski sistem rijeke Bosne.

Krške vode Igmana i Bjelašnice su vadozne koje sa površine od oko 1000 km² se krškim sistemima infiltriraju u karbonatnu masu i provode do vrela u podnožju Igmana. One, uglavnom, napajaju izdanske vode koje se formiraju u rastresitoj seriji sedimenata Sarajevskog polja.

Infiltracija vadoznih voda i njihovo proticanje kroz seriju krških kanala odvija se zasebnim hidrografskim sistemima, pri čemu oni nemaju međusobnu vezu. Najznačajniji je onaj na potezu Sitnička lokva – Vrela Bosne za šta je bila dominantna uloga orijentacije Brezovačkog rasjeda upravnog na dinarski pravac. Neovisnost krških sistema potvrđuju termičke razlike voda u vrelima podnožja Igmana. Na bazi razlika u temperaturi voda u vrelima po dnu Igmana na obodu Sarajevskog polja opredijelila je T. Kanaeta (1962) na ispravljanje tradicionalnog hidronima „Vrelo Bosne“ u „Vrela Bosne“. Na bazi termičkih razlika u isticajnim vodama isti autor je smatrao da serija vrela Bosne ne potiče iz istog krškog recipijenta da bi se oni mogli zvati vrelima razbijenog krškog tipa.

Krški proces u krečnjačkom bloku Igmana je u veoma odmakloj fazi, što potvrđuju činjenice o oscilacijama proticaja voda kroz krške pukotine. Tako, Brezovačka pukotina, koja je usmjerena prema Vrelima Bosne, može propustiti i do 25 m³/s vode. Minimalna količina padavinskih voda iznosi 1,4 m³/s i javlja se u nakon hidrološkog minimuma površinskih tekućica. Maksimalni i minimalni proticaji kroz krške pukotine su retenciozni u odnosu na periode sa maksimalnom, odnosno minimalnom količinom padavina. Kašnjenje ekstremnih proticaja za ekstremnim padavinama je posljedica nešto dužeg procjeđivanja i nakupljanja voda u krškim recipijentima zbog specifične podzemne hidrografske mreže.

Najpoznatije vrelo u podnožju Igmana od kojeg neposredno nastaje tok Bosne, pa se tako i zove, ima izdašnost prosječno 5 m³/s; minimalno 1,5 m³/s, a maksimalno 18 m³/s. Prema Sarajevskom polju usmjerena je voda iz Brezovačkog rasjeda koja daje minimalno 1,4 m³/s, a maksimalno 25 m³/s vode. Ostala vrela imaju daleko manju izdašnost, koja se mjeri u litrima po jednoj sekundi, među kojima su najpoznatiji: Krupac 25 l/s, Hrasnica 60 l/s, Semizov bunar Q = 50 l/s, Stojčevac Q = 30 l/s i dr. Ukupna količina krške vode koja neposredno dotiče u Sarajevsko polje iznosi oko 14 m³/s, što je blizu polovini proticajnih voda kroz vodomjer u Reljevu, koji iznosi 28,7 m³/s.

Drenirane voda sa krško korozionih ploha Bjelašnice i Igmana spiraju i denudiraju topografski detritus bez obzira da li je riječ o prirodnom ili antropogenom. Njima se on

transportuje, pa vode na vrelima mogu mijenjati fizičke i biološko-hemijske osobine. Hidrografske direktne veze kroz krško podzemlje najdirektnije utiču na kvalitet voda na vrelima koja formiraju površinsku hidrografsku mrežu i izdanske vode.

Izdanske vode

Source waters

Sarajevsko polje, koje sa Igmansko-bjelašničkom morofstrukturom ima kontakt preko tektonskog loma, nazvan Busovačkim rasjedom, pripada akumulacionoj mioceno-pliocenom geološkoj formaciji i pokazuje tendencije tonjenja. Prema Igmanu i Bjelašnici čini zagat krškim vodama i time definiše dubinu vodonosnog sloja. O tektonskoj predominantnosti Sarajevskog polja svjedoči hidrogeološka hronologija, koja osim normalnih izdanskih posjeduje i termomineralne vode, koje se ubrajaju u juvenilne, geološki vrlo mlade vode.

U geološko mladim naslagama šljunkova i pijeskova intrudirane su vode koje zajedno sa njima grade izdan. Prema tome, izdani su nakupine vode u šljunkovima i pijeskovima kvartarne i recentne geološke starosti, čija je donja granica određena vododrživom mioceonom serijom koju litološki čini pretežno glina i glinoviti konglomerati.

U njenom povlatnom sloju nalaze se mlade kvartarne naslage šljunkova i pijeskova u kojima ascendentno balansira voda prema gornjoj granici izdani određena momentalnim nivoom, a koji zavisi od pritanja krških voda Igmana i Bjelašnice i direktnih padavina koje se infiltriraju u rastresitoj seriji. Horizontalna pijezometarska oticanja izdanskih voda određena je krupnoćom pjeskovito-šljunkovite mase, nagibom vododržive serije i pritiskom koje vrše priticajne krške vode iz pravca Igmana (Spahić, M. 2013).

Gornji izdanski nivo zavisi i od vodostaja na rijekama koje čine površinsku riječnu mrežu u Sarajevskom polju. U vrijeme povodnja nastaju visoki vodostaji na vodotocima iz kojih se riječna voda izliva iz korita, a potom infiltrira u izdan i obrnuto; u vrijeme niskog vodostaja u riječnim koritima izdanska voda se preliva u riječna korita i održava ih za vrijeme sušnih razdoblja. To je postojani riječni vodostaj i proticaj. Ovim se dokazuje direktna veza vadoznih površinskih voda i onih koje se nalaze u izdani Sarajevskog polja. Kombinacijom promjenljivih riječnih režima, koji su direktna posljedica izohijetnog i postojanog režima, a koji nastaje od podzemnih krških i izdanskih voda na površini Sarajevskog polja obrazovana je gusta mreža površinskih tokova i iznosi iznad prosjeka za Bosnu i Hercegovinu.

HIDROEKOLOŠKI PROBLEMI U SARAJEVSKOM POLJU

HYDROECOLOGICAL PROBLEMS IN SARAJEVO BASIN

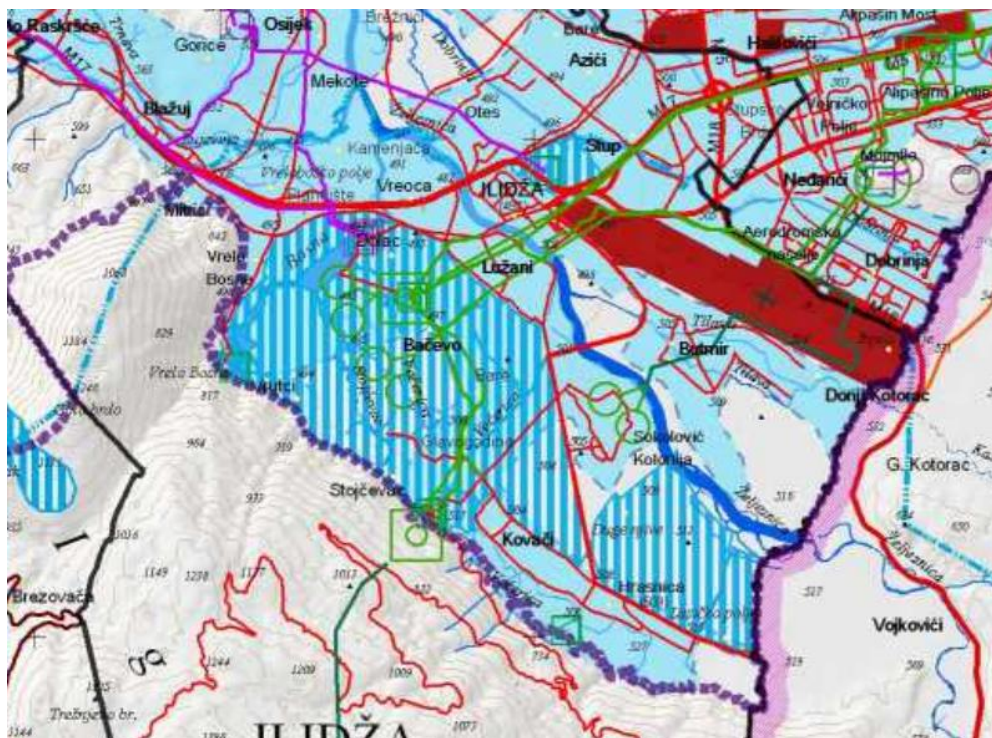
Vodozaštitna zona

Water protection zone

Prostori u kojima se akumulira prirodna voda odakle se ona crpi za vodosnabdijevanje imenuje se vodozaštitnom zonom. U tom području vrijede posebne mjere kontrole, zabrane i zaštite od svih djelatnosti koje mogu zagaditi prirodne vode, od kojih se kondicioniranjem dobiva pitka voda.

Prema „Pravilniku o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva“ (Sl. novine FBiH 88/12) definisano je vodozaštitno područje i označava uži, ograđeni prostor oko

vodozahvatnog objekta koji pored vodozahvata obuhvata eventualno i postrojenje za pročišćavanje, rezervoar, pumpnu stanicu, administrativne i pogonske objekte, kao i druge infrastrukturne objekte koji se koriste u svrhu obezbjeđenja javnog vodosnabdijevanja. Prema ovoj odredbi definisana je vodozaštitna zona u Sarajevskom polju (Sl. 1.)



Sl. 1. Vodozaštitna zona u Sarajevskom polju prikazana vertikalnim plavim linijama
Fig. 1. Water protection zone in the Sarajevo basin shown with the vertical blue lines

Izvor podataka: <http://analiziraj.ba/2016/11/13/vodozastitna-zona-u-sarajevu-raj-za-investitore-i-bakterije/>

Vodozaštitna zona prikazana na karti (Sl.1.) definisana je 1987. godine. Nakon okončanja agresije započinje antropopresing posebno urbanizacije i putne infrastrukture osim u neposredne njenoj blizini još na nekim mjestima i unutar nje. Osim definisanja granice vodozaštitne zone donesene su i zone sanitarne zaštite pitkih voda usklađene sa sličnim dokumentima u Evropskoj Uniji i zemljama iz okruženja (Službene novine FBiH 51/02).

Prema istom dokumentu rangirane su vodozaštitne zone od I do IV date u mjernim jedinicama dužine (m ili km) i vremenskim (danima i godinama). Vremenske jedinice definišu vanjske granice terena zaštitne zone do linije od koje je podzemnoj vodi, pod pretpostavkom kontinuiranog crpljenja na izvorištu maksimalnih dnevnih potreba vodovodnog sistema, iskazane najmanjim brojem dana, odnosno najmanjim brojem godina tečenja do vodozahvata (Sl. 2.).

U Sarajevskom polju u kojem se obrazuju izdanske vode iz kojih se Sarajevo snabdijeva vodom sve zaštitne zone bi se mogle proglasiti prvom zonom, zbog direktnog konrakta izdanskih i krško-pukotinskih voda iz zaleđa Igmana i Bjelašnice. Zbog toga bilo koja antropogena uzurpacija slivne površine sa koje se padavinske vode infiltriraju i otiču prema izdanskom akviferu u Sarajevskom polju ima direktan uticaj. Vode, na primjer, iz IV vodozaštite zone dotiču mnogo ranije od vremena, koje je precizirano za neke zemlje iz tabele (Sl. 2.). Na ovo upućuju hidrogeološka obilježja vodozaštitnih zona. Sarajevska vodozaštitna zona je potpuno drugačija od nekih zemalju navedenih u priloženoj tabeli. Za primjer navedimo Veliku Britaniju, koja nema ni približno iste hidrogeološke uvjete u kojima nastaje izdanska voda u odnosu na okolinu vodozaštitne zone Sarajevskog polja u kome dominira krško-pukotinska voda iz njegovog zaleđa.

Vodozaštitne zone	FBiH (2002.)	FBiH (2012.)	Hrvatska	Srbija	Velika Britanija
Prva	50 m (Ia)	3-10 metara	10 metara	3-10 metara	50 dana* (min. 50m)
Druga	50 dana* (Ib)	10 dana *	50 dana*	50 dana*	400 dana* (min. 250m)
Treća	180 dana * (II)	50 dana *	5-25 godina*, ovisno od kapaciteta izvorišta	200 dana* (min. 500m)	hidrogeološka granica podzemnog sliva
Četvrta	hidrogeološka granica podzemnog sliva (III)	hidrogeološka granica podzemnog sliva			

Sl. 2. Zoniranje vodozaštitnih zona

Fig. 2. Zoning of water protection zones

Izvor podataka: <http://analiziraj.ba/2016/11/13/vodozastitna-zona-u-sarajevu-raj-za-investitore-i-bakterije/>

Vodozaštitna zona četvrtog nivoa, koja obuhvata krško-korozinu morfostrukturu Igmana i Bjelašnice i u njima turistički objekti kao što su Babin Do i dr. iz novijeg datuma su isto toliko bitni za razmatranje antropopresinga kao što su i naselja i infrastruktura na području općine Ilidža. U ovom slučaju vremensko ograničenje doticanja vode do vodozahvata mjereno temporalno je gotovo identično mjerama dužine u niže rangiranim vodozaštitnim zonama iz razloga što je podzemno ili površinsko doticanje prirodano i kontinuirano pa tako i stalno djelujuće na mjestima vodozahvata. Tako kontaminacija koja nastaje antropogenim djelovanjem bez izgrađene infrastrukturne zaštite iz četvrte vodozaštitne zone koja se definiše temporalnim vremenom doticanja voda, jednako negativno djeluje na vodozahvat, kao negativne radnje u prvoj zaštitnoj zoni, koja se mjeri daljinskim jedinicama mjere.

Problem vodozaštitnih zona u Bosni i Hercegovini nalazi se i u činjenici političkog ustrojstva osim entitetskog, još i teritorijalne kantonalne umreženosti u FBiH. S tim u vezi ne postoji jedinstvena metodologija usaglašavanja zakona, posebno kada je voda u pitanju.

Tako kantonalne vlasti mogu donositi svoje zakone, kao što je učinjeno 2010. god. kada je Kanton Sarajevo donio vlastiti Zakon o vodama. Pored toga zakoni se brzo mijenjaju, pa time i vodozaštitni pojasevi bez javnih rasprava i nedostatka okolinskih dozvola. Ne radi se o izgovoru vladajućih struktura da se mijenjaju zakoni radi usaglašavanja vodozaštitnih zona sa zemljama iz okruženja ili nekim iz Evropske Unije. Ovakvo usaglašavanje je, kako je već naglašeno, nedopustivo zbog specifičnosti obrazovanja voda u vodozaštitnoj zoni Sarajevskog polja.

Eksploatacija voda u vodozaštitnoj zoni **Exploitation of water in water protection zone**

Eksploatacija voda u Sarajevskom polju obavlja se na lokalitetu Bačevo. U tom prostoru skoncentrisano je 29 bunara i filter postrojenja, od ukupno 36 koliko ih ima u vodozaštitnoj zoni. Bunari imaju dubine oko 25 m, a jedan ima dubinu oko 100 m. Riječ je o velikoj količini voda u njima što se potvrđuje podacima o transportu kroz vodovodnu infrastrukturu u pravcu rezervoara: Mojnilo oko 1300 l/s, Alipašin most 750 l/s i Igman 450 l/s, što ukupno iznosi 2,5 m³/s vode.

Osim Bačeva za potrebe vodosnabdijevanja iz vodozaštitne zone koriste se još i vode sa lokaliteta Sokolovići i Stup. Sa ovih lokaliteta obezbjeđuje se 20%, a sa lokaliteta Bačevo 70% ukupnih eksploatacionih količina voda. Vode u lokalitetima vodozahvata dotiču procjeđivanjem kroz rastrestitu seriju, koja je prirodni filter prije kondiciranja voda u filter postrojenjima. Prirodni filteri u koje spadaju šljunkovi i pijeskovi mogu imati neograničenu upotrebu ukoliko se radi o vodama koje su veoma malo opterećene mehaničkim otpadom. Ukoliko su priticajne vode kontaminirane hemijskim ili biološkim zagađenjima prirodno filtriranje nije dovoljno. Osim toga, prirodne filtere nije moguće čistiti, osim premještanja lokacija bunara, što je veoma zahtjevno i skupo. Postrojenja sa bunarima, rezervoarima, pumpnim agregatima, hidrofleks-postojenjima i vodovodnom mrežom, dužine 1064 km, čine vodovodni sistem Sarajeva.

Ovom sistemu se dodaje i odvodnja upotrebljivih voda i drugih fekalija kroz kanalizacioni sistem čija je dužina 1013 km. To je sistem kanalizacije od kojeg je 473 km fekalnog otpada usmjerenog prema uređajima za prečišćavanje prije upuštanja u tekuće recipijente Miljacke i Bosne koja, od 1992. godine, nažalost nisu u funkciji. Na kišnu kanalizaciju otpada 335 km, a 146 km je mješovita kanalizacija. Dovodna i odvodna infrastruktura zajedno čini dvojni sistem vodovod i kanalizaciju.

Kvalitet priticajnih voda u eksploatacionim basenima **Quality of inflow waters in the exploitation basins**

Priticajne vode do vodosabirne zone u vodozaštitnoj zoni Sarajevskog polja odvija se priticanjem iz krško-korozionog zaleđa Igmana i Bjelašnice i infiltracije voda u freatsku izdan. Kvalitet ovih voda može se utvrđivati fizičkim, hemijskim i biološkim metodama, nakon čega se preduzimaju mjere i postupci za ostranjivanje istih nus produkata u njima. U tom kontekstu kvalitet voda, koje se koriste u vodosnabdijevanju Sarajeva tretiran je na osnovu publikovanih podataka.

Iz mnoštva natpisa o kvaliteti voda na vodocrpilištu Bačevo konstatovano je da se one mute nakon obilnih padavina, što nedvosmisleno upućuje na zaključak da se infiltracija sa površine veoma brzo prenosi do bunara iz kojih se eksploatiše voda za vodosnabdijevanje.

Zamućivanje voda je posljedica spiranja i denudacije topografske površine. Ako je ona iz mnoštva razloga gola i prekrivena prašinom padavinskim vodama ona se spira i procjeđuje u niže etaže do bunarskih akumulacija kao prljava ili mutna. Mutnoća predstavlja mehaničko zagađenje, ukoliko isto nije došlo u dodir sa drugim toksičnim materijama, kao što su vještačka đubriva i zaštitni preparati za biljke koji se koriste u poljoprivredi. Pored toga, ako se spiranje vrši sa saobraćajnicama na kojima se nakupljaju polutanti koji potiču od izduvnih gasova i naftnih derivata onda uz zamućenost vode su još zaupljene. Zamućivanje vode upozorava na smanjenje zelenih i zatravljenih površina u vodozaštitnoj zoni bez obzira o kojem rangu je riječ. Veća mutnoća vode desit će iz bliže vodozahvatne zone, jer taloženje prašinih sedimenata zavisi od ravnomjerne brzine tonjenja, turbulencije vode i njihove protočne količine. Ukoliko je turbulencija i protočna količina sedimenata manja, a njihova brzina tonjenja ravnomjernija vode će biti manje zamućene i obrnuto.

O drugim hidroekološkim problemima u vodozaštitnoj zoni Sarajevskog polja saznajemo putem biltena Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo, koje u sklopu svojih redovnih aktivnosti, kao i preventivno-zdravstvenih razloga vrši ispitivanja i kvaliteta voda u vodotocima Kantona Sarajevo. Ispitivanje stanja kvaliteta riječne vode Kantona Sarajevo vodi se s ciljem korištenja istih za kupanje i rekreaciju u vrućim ljetnjim mjesecima. Na bazi ovih analiza dolazi se do podataka njihove zagađenosti, na osnovu kojih se prosuđuje moguća infiltracija zagađenih voda u vodozahvatima vodozaštitne zone Sarajevskog polja, kroz koju protiču.

Tabela 1. Rezultati ispitivanja mikrobiološke i fizičko-hemijske ispravnosti vode u rijekama Kantona Sarajevo dana 13. jula 2016. godine; (P – pronađeno; NP – nisu pronađene)

Table 1: Results of microbiological, physical and chemical quality of water in the rivers of Sarajevo Canton on 13 July 2016; (P – found; NP – not found)

Rijeka	Mjesto uzorkovanja	Escherichia coli na 36±2 °C; 21±3 h	Enterococcus spp. na 36±2°C; 44±4h	Broj koliformnih klica	Ukupan broj živih klica, 22±1°C, 48 h	Ukupan broj živih klica, 37±1°C; 48 h	Clostridium spp. 48 h
Miljacaka	Bentbaša	P (20)	P (25)	P (20)	80	50	P (20)
Zujevina	Blažuj	P (25)	P (20)	P (20)	90	60	P (80)
Bosna	Rimski most	NP	P (20)	P (20)	20	140	P (30)
Željeznica	Iliđža	P (20)	P (15)	P (25)	20	20	P (30)
Dobrinja	Naselje	P (20)	P (20)	NP	100	150	P (45)
Mošćanica	Donji tok Mošćanice	P (15)	P (15)	P (30)	130	100	NP

Izvor podataka: JU Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo, br. 05.5-3386-8/16 od 20.07.2016.

Opće stanje vodotoka je nezadovoljavajuće zbog toga što najuže urbano jezgro Sarajeva nema kompletno odvođenje otpadnih voda u kolektor, kao i činjenice da gradski kolektor za prečišćavanje otpadnih voda u Butilama nije u funkciji. Ove konstatacije Zavoda

za javno zdravstvo Kantona Sarajevo potvrđuju činjenicu da se korištene otpadne vode i fekalije upuštaju u riječne recipijente bez prethodnog prečišćavanja (Table 1).

Zagađenja potiču i od kanalizacionih voda koje se izlivaju neposredno na krško-korozionu površinu Igmana i Bjelašnice, odakle direktno kroz krške pukotine se pojavljuju na vrelima Bosne. Kanalizacioni sistem igraden za potrebe objekata 14. Zimskih olimpijskih igara 1984. godine nije adekvatno održavan i na nekoliko mjesta iz njega izlivaju fekalije na površinu. S obzirom na veliku uzurpaciju prirodnih površina u novije vrijeme mimo prostornih planova i okolinskih dozvola učešće ovih fekalija stalno je u porastu. Sve izlivenne fekalije kroz sistem krških pukotina završavaju na vrelima Bosne.



Sl. 3. Zapuštena kanalizaciona mreža na Igmanu lokalitet Brezovača, odakle je utvrđena direktna veza kroz krško podzemlje prema vrelima Bosne. Zapuštena kanalizaciona cijev mehaničkim otpadom (slika lijevo) i šaht-kanalizacione cijevi bez poklopca (slika desno).

Fig. 3. Derelict sewage network on Igman site Brezovaca, where a direct link through karst underground towards springs of Bosnia River is established. Clogged sewer pipe with mechanical waste (left) and manhole-sewer pipes without cover (image right).

Analize koje vrši Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo upozoravaju da bi na vrelima rijeke Bosne trebalo postaviti tablu, kako je već rečeno, sa upozoravajućim natpisom da voda nije za piće. Table još nema, ne zna se iz kojih razloga osim pretpostavke, da remeti imidž Spomenika prirode „Vrelo Bosne“, koji je ishitreno i bez dovoljne geoekološke naučne i stručne podloge stavljen, prema međunarodnoj nomenklaturi IUCN, u III kategoriju zaštite, koju svakako ne ispunjava.

Analize rezultata mikrobioloških pokazatelja u uzorcima vode iz rijeka Kantona Sarajevo, potvrđuju svježe fekalno zagađenje. One pokazuju učešće velikog broja koliformnih bakterija identifikovanih kao: *Escherichia coli* i *Enterococcus* species, što ukazuje da vode vodotokova nemaju vodu odgovarajućeg kvaliteta s obzirom na mikrobiološke pokazatelje u kojima postoje patogeni mikroorganizmi. S obzirom na ovakvo stanje vode u rijekama Sarajevskog Kantona su higijensko-epidemiološku opasnost po zdravlje stanovnika. Završna ispitivanja vode na zaključak da su riječne vode u Sarajevskom polju zagađene pa se zabranjuje kupanje i rekreacija u njima.

Bolesti kojima su izložene osobe koje se kupaju u ovako zagađenim rijekama ili koriste rijeke u rekreacione svrhe, potiču od patogenih mikroorganizama koji potiču od otpadnih voda i kanalizacije. Najčešći uzročnici oboljenja su koliformne bakterije, Ešerihija koli (*Escherichia coli*), Streptokokus fekalis (*Streptococcus aecalis*), mada uzrok mogu biti i druge patogene bakterije, virusi, paraziti. Prisustvo ovih bakterija u vodi zabrinjava iz razloga što na njih ne djeluju reagensi koji se koriste za pročišćavanje voda prije upotrebe.

DISKUSIJA I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA DISCUSSION AND CONCLUSION

Vode u Sarajevskom polju su vadozne, a obrazuju ih krške pukotinske doticajne vode iz planinskih morfostrukture, prevashodno Igmana i Bješanice. Osim njih vadozne vode se formiraju u izdanskim slojevima intergranularnih naslaga miocenskih i kvartarnih, koje čine zagat krškim vodama.

Njihova ukupna količina se utvrđuje vodnim bilansom koji predstavlja razliku priticajnih vadoznih vodama prema vodnoj akumulaciji u ovom slučaju Sarajevskom polju i oticajnih, koje se mjere proticajem na glavnom toku neposredno iza vodene akumulacije. Ovo podrazumijeva da pod pretpostavkom da sve padinske vode (površinske i podzemne) otiču jednom hidrografskom okosnicom – Bosnom, onda je vodomjer u Reljevu reperan za utvrđivanje bruto proticaja voda iz Sarajevskog polja. Prema ovom kriteriju iz prostora Sarajevskog polja ističe 28,7 m³/s. vode. Ako se ovaj podatak stavi u odnos prema broju stanovnika Sarajeva, onda svaki njen stanovnik, prema svjetskim mjerilima, ima na raspolaganju zadovoljavajuću količinu vode.

Prema hidrogeološkim prospekcijama i podacima koje objavljuje JU Vodovod i kanalizacija Kantona Sarajevo koncentracija podzemnih voda u eksploatacinom prostoru Bačeva nalazi se izdanska voda u neznatno manjoj količini (28,4 m³/s) u odnosu na onu koja odvodnjava rijeka Bosna. Ovo je još jedan pokazatelj koji potvrđuje prethodnu tvrdnju dobivenu na osnovu prosječnog proticaja rijekom Bosnom na profilu Reljeva. Prema tome, u Sarajevskom polju postoji dovoljna količina vode za vodosnabdijevanje. Iz vodozahvata u vodozaštitnoj zoni crpi se više vode od potrebnih količina, jer se tokom isporuke iz vodovodne infrastrukture gubi oko 70% vode. To je nepotrebna potrošnja, koja bi se mogla upotrijebiti u svrhu fabrikovanja vode, te potpuno racionalno gazdovati sa ovim resursom.

Naprijed navedena razmatranja odnose se samo na prosječna stanja, pri čemu ekstremno visoki vodostaji su nekoliko puta viši u vrijeme povodnja koji traje kada se krška i sniježna retenzija kombinuje sa maksimalnom proljetnom količinom padavina. Ekstremno niski vodostaji mogu se javiti u vrijeme aridnog ljeta, pri čemu oni nisu redovna, koliko ekstremna vremenska pojava s obzirom da umjereno topli i vlažni klimat, u Sarajevskom polju, te pretplaninski i planinski klimat kontinentalne varijante redovitost takvih vremenski prilika onemogućuju.

Za razliku od zadovoljavajućeg kvantiteta vode u Sarajevskom polju, zbog antropopresinga i nedovoljne zaštite, su izložene zagađenju, kojim se njihova kvantitativna vrijednost umanjuje. Vodozaštitna zona u Sarajevskom polju nije definisana prema uzusima hidrololoških, hidrogeoloških, geoloških i urboekoloških aspekata zbog čega su njene vode došle u ozbiljnu fazu zagađenja.

Zbog toga, oni koji odlučuju o mjerama i aktivnostima o vodama u vodozaštitnoj zoni morali bi se obavijestiti o fundamentalnim elementima iz domena hidrologije, u čijoj oblasti je i ovaj rad, kako ne bi donosili ishitrene odluke, a koje bi imale negativne dalekosežne

posljedice. Svjedoci smo ovojesenje odluke Skupštine kantona Sarajevo po kojoj je izmijenjen prostorni plan općine Ilidže s ciljem smanjenja vodozaštitne zone, iako je već napadnuta nelegalnom urbanom i infrastrukturnom izgradnjom.

Obrazovanje voda u Sarajevskom polju je veoma specifično i različito, a za neke primjere dijametralno u odnosu na definisane standarde dužinskih i temporalnih mjera kojima se određuju rangovi vodozaštitnih zona. Doticaj voda u Sarajevsko polje je kombinacija krško-pukotinskih voda iz karbonata Igmana i Bjelašnice i izdanskih intergranularnih voda u molasama Sarajevskog polja. U ovakvim okolnostima definisanje vodozaštitnih zona je izlišno jer voda kontinuirano dotiče i održava izdanski režim tokom cijele godine.

Sve naprijed navedene činjenice, ako se ne uzmu u ozbiljna razmatranja pri antropogenim zahvatima imat će dalekosežne i katastrofalne posljedice po stanovništvo Sarajeva koje koristi vodu iz Sarajevskog polja u vodosnabdijevanju. One su već zagađene na vrelima u podnožju Igmana kao i površinski vodotoci koji dreniraju vode Sarajevskog polja.

Da bi se eliminisali negativni trendovi potrebno je sve vodozaštitne pojaseve definisati prvom zonom i proširiti postojeću zbog specifičnosti doticanja krških voda, koje oplemenjuju izdanske vode u vodozaštitnoj zoni. Isto tako trebalo bi hitno donijeti rješenje zaštite postojećih i planiranih izvorišta iz kojih se Sarajevo snabdijeva vodom. U tom pravcu potrebno bi bilo hitno inovirati postojeći prostorni plan, kao bi se obustavio proces pretvaranja prirodnog pejzaža Bjelašnice, Igmana i Treskavice u antropogeni.

Literatura References

- Cvijić, J. 1910: Studien aus Bosnien und Herzegovina und Montenegro, II Tiel karstopoljen, Wien
Cvijić J. 1899: Glacijalne i morfoloske studije o planinama Bosne i Hercegovine i Grne Gore. Glas SKA LVII. Beograd, (1-169).
Ćirić, B. 1962: Tercijarne molase u Jugoslaviji. V Savetovanje geologa FNRJ, Beograd
Jpovanović, R. & Avdagić, I. 1981: Neka pitanja o razvoju i hidrogeološkoj funkciji karsnih polja. Naš krš br. 10-11
Kanaet, T. (1962): Vrelo Bosne ili vrela Bosne, Geografski pregled, br. 6. Geografsko društvo Bosne i Hercegovine. Sarajevo
Katzer, F. 1909: Karst und Karsthydrographie Zur Kunded Balkanharbiensel, Sarajevo
Milojević B.Ž. 1937: Visoke planine u kraljevini Jugoslavije. Državna štamparija Kraljevine Jugoslavije. Beograd
Milojević, R. 1062: Evolucija tercijarnih paleodepresija i Dinarisima. V Savtovanje geologa FNRJ, Beograd
Spahić, M. 2001: Jezero na Bjelašnici. Prirodna jezera Bosne i Hercegovine (limnološka monografija. Tuzla
Spahić, M. 1999: Hidrosferni kompleks. Osnovi geoekologije. Tuzla
Spahić, M. 2013: Hidrologija kopna. Sarajevo publishing. Sarajevo

Pravilniku o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva“ (Sl. novine FBiH 88/12)
<http://analiziraj.ba/2016/11/13/vodozastitna-zona-u-sarajevu-raj-za-investitore-i-bakterije/>
JU Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo, br. 05.5-3386-8/16 od 20.07.2016.

SUMMARY

HYDROECOLOGICAL PROBLEMS IN SARAJEVO BASIN**Muriz Spahic, Emir Temimovic and Haris Jahic**

University in Sarajevo, Faculty of Mathematics and Science, Department for Geography

Zmaja od Bosne 33-35, Bosnia and Herzegovina

murizspahic@gmail.com emirtemimovic@yahoo.com haris-jahic@hotmail.com

To consider the hydro ecological problems of water supply of Sarajevo, it is necessary to define the genesis of water in the Sarajevo basin, then their volume measured at the outlet profile of Bosnia river, which makes the hydrographic backbone; the main drainage of Sarajevo basin. In addition, it is necessary to determine the groundwater in the Quaternary sediments of Sarajevo field which are closely related to karst fracture waters of carbonate facies in hydrogeological formation of Bjelasnica and Igman. These waters are separated by the Busovaca tectonic fault.

Drainage areas, from which are drained the surface and underground karst waters, are being usurped anthropogenically by the urbanization and municipal infrastructure since the time of the 14th Winter Olympic Games. In the last decades without serious spatial planning solutions, usurpation was continued, which caused the number of negative tendencies, especially in sewage infrastructure which caused uncontrolled and continuous discharge of sewer water that ended up beneath the ground, and then directly through the fissures got mixed with karst waters and ended up at the springs of the Bosnia river.

In order to address the theme and title of work, we used methods of scientific empiricism, field prospecting, content analysis, cartographic methods, hydro ecological monitoring and others. On the basis of mentioned methods we perceived all the problems that are primarily related to the method of providing and usage of water resources in the Sarajevo basin.

Infiltration of surface waters and their flow through a series of karst channels is carried out through the separate hydrographic systems, where they have no connection with each other. The most significant one is the one on the profile Sitnicka lokva – Bosnia springs for which the dominant was the role of orientation of Brezovacki fault opposite to the Dinaric direction. Independence of karst systems confirms thermal differences in water sources at the base of the Mount Igman. Drained water from karstic corrosion surfaces of Bjelasnica and Igman are washed down taking with them topographic detritus regardless of whether it comes from natural or anthropogenic sources. The detritus is transported with it, so the waters at the springs can change their physical and biological – chemical properties. Hydrographic direct connections through karst underground affect directly the most the quality of water in springs that form the surface hydrographic network and groundwater. The formation of waters in Sarajevo basin is very specific and different, and for some examples diametrically relative to the defined standards of length and temporal measurements that determine range of water protection zones. Inflow of waters to the Sarajevo basin is combination of karst – fissures water from the carbonates of Igman and Bjelasnica and source intergranular waters in molasses of Sarajevo basin. In these circumstances the definition of water protection areas is unnecessary because water continuously flows in and maintains the source regime throughout the year.

To eliminate negative trends it is needed to define all the water protection areas by the first zone and expand the existing one due to the specific of the inflow of karst waters, which enrich the source waters in the water protection zone. Also it is needed to urgently adopt a decision to protect existing and planned springs from which is Sarajevo supplied with water. In this regard it is necessary to urgently change existing spatial plan, so the process of conversion of natural landscapes of Bjelasnica, Igman and Treskavica into the anthropogenic one could be stopped.

Authors

Muriz Spahić, doctor of geographical sciences, full professor at the Faculty of Science, University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. Scientific area of research includes: physical geography and environmental protection, from which he published one monography and six university textbooks. Author of over 75 scientific articles, autor and co-author of several textbooks of geography in primary and secondary schools. Responsible researcher and participant in several scientific prestige projects. President of the Association of Geographers of Bosnia and Herzegovina, editor of the scientific journal *Acta Geographica Bosniae et Herzegovinae*.

Emir Temimović, doctor of geographical sciences, associate professor at the Faculty of Science, University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. Editor of the scientific journal *Acta geographica Bosniae et Herzegovinae*; author of 20 scientific papers and two books from the scientific domain of physical geography.

Haris Jahić

Doctor of geographical sciences, senior assistant at the Faculty of Science, University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. Performs exercises, among other things, from Tourism and environmental protection and Methods of teaching geography.