

ANALIZA REŽIMA I BILANS GOSTILJSKOG VRELA ASSESSMENT OF GOSTILJE SPRING DISCHARGE REGIME AND WATER BALANCE

Vesna Ristić Vakanjac¹, Marina Čokorilo Ilić¹, Dušan Polomčić¹,
Dragoljub Bajić¹, Nikola Vojvodić²

¹ Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: vesna_ristic2002@yahoo.com;

² Nafragas-Naftni servisi d.o.o., put Šajkaškog odreda 9, 23000 Novi Sad, E-mail: vojvodcnikola1988@gmail.com

APSTRAKT: Vrelo Gostilje se nalazi na jugoistočnim padinama Zlatibora i udaljeno je oko 20 km od centra Zlatibora. Široj javnosti poznato je po istoimenom 20 m visokom vodopadu na koji se nailazi na oko kilometar nizvodno od samog vrela. Sa osmatranjima na ovom vrelu otpočelo se 1995. godine i trajala su neprekidno do oktobra 2004. godine. Srednje višegodišnji proticaj ovog vrela vezanog za pomenuti period osmatranja iznosi 126 l/s, stim da je maksimalni dnevni proticaj zabeležen 6. aprila 2000. godine u iznosu od 610 l/s, dok je minimalni dnevni iznosio svega 10 l/s (avgust, septembar i oktobar 2003. godine). Dakle odnos $Q_{max} : Q_{min} = 60 : 1$. Maksimalne vrednosti proticaja karakteristične su za prolećne mesece (mart-maj) dok su minimumi uglavnom vezani za avgust. Generalno se može reći da režim ovog vrela je direktno uslovljen režimom padavina i prolećnog otapanja snega. Pored analize režima isticanja ovog karstnog vrela dat je i proračun parametara bilansne jednačine i to za ukupna period kao i za odabrane karakteristične godine (sušnu i kišnu).

Ključne reči: karstno vrelo, režim isticanja, bilans voda, kriva trajanja, Gostiljsko vrelo, Zlatibor

APSTRACT: The Gostilje Spring is located on the southeastern slopes of Mt. Zlatibor, about 20 km from the center of the town of Zlatibor. It is known to the general public because of a 20 m high waterfall of the same name, which is about one kilometer downstream from the spring. Monitoring of the spring began in 1995 and continued until October 2004. The average discharge of the spring during the period of monitoring was 126 l/s. The highest daily discharge was recorded on 6 April 2000 and amounted to 610 l/s, whereas the lowest was only 10 l/s (August, September and October 2003). The ratio was therefore $Q_{max} : Q_{min} = 60 : 1$. The highest discharges are typical of spring months (March-May), and the lowest mostly occur in August. Generally speaking, the discharge regime of the spring is directly conditional upon precipitation and snowmelt. In addition to an assessment of the discharge regime of this karst spring, the paper presents an analysis of water balance equation components for the entire study period and a typical dry and wet year.

Key words: karst spring, discharge regime, water balance, duration curve, Gostilje Spring, Mt. Zlatibor

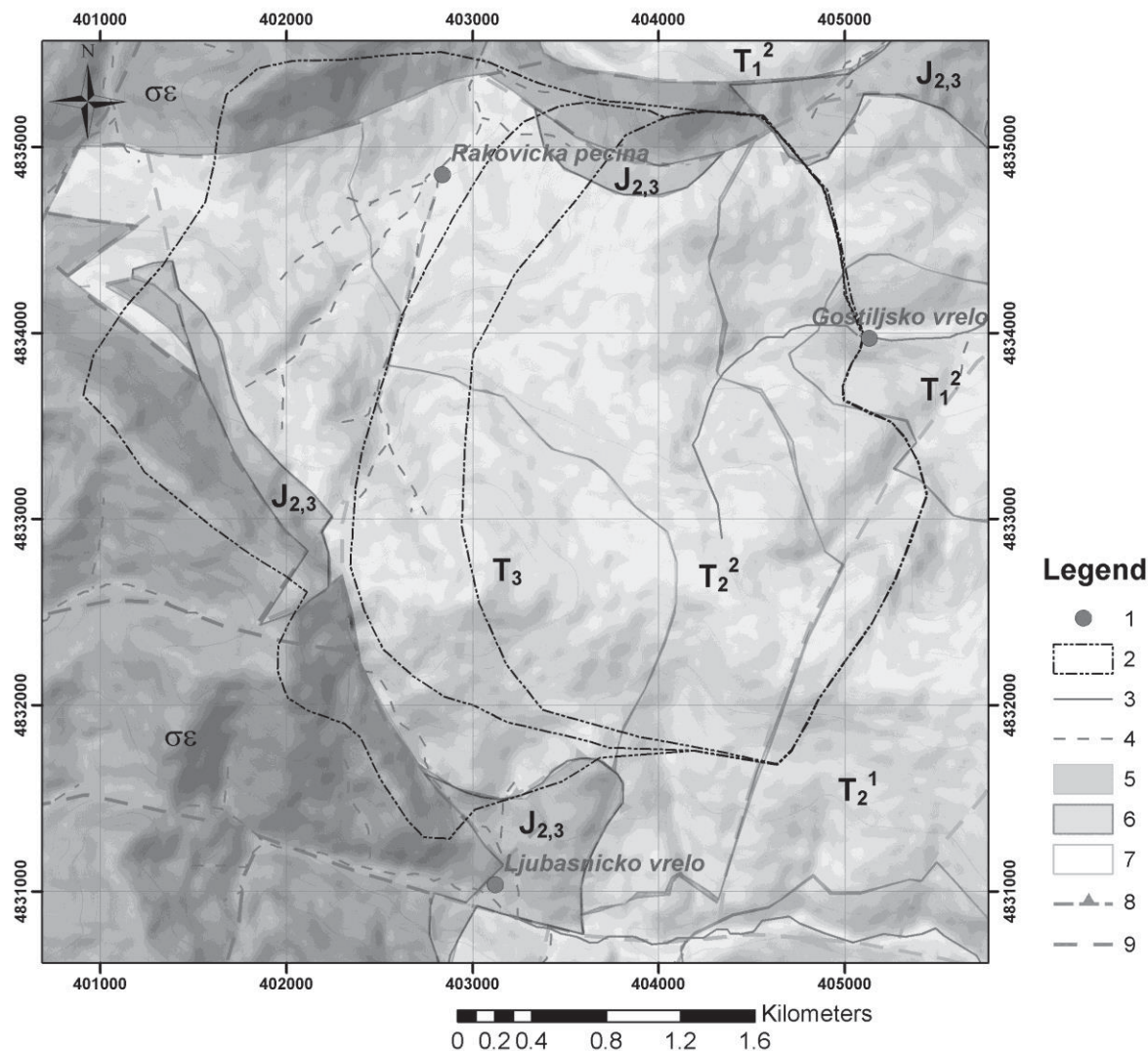
UVOD

Početkom 1995. godine Republički hidrometeorološki zavod Srbije uspostavio je osmatranja režima isticanja na 5 karstnih vrela. To su, pored Gostiljskog vrela, još i Veliko vrelo, Andrića vrelo, vrelo Vape i vrelo Tolišnice (Belo vrelo). Na svim pomenutim vrelima vršen je monitoring količina isteklih voda zaključno sa martom 2006. godine, stim da je tokom 2004. godine došlo na svim vrelima do tromesečnog prekida u osmatranjima (oktobar, novembar i decembar) (Stevanović i dr., 2011). Dakle, za potrebe analize režima isticanja ovih vrela raspolagalo se sa neprekidnim nizom nešto malo dužim od 10 godina.

Gostiljsko vrelo pripada slivu Gostiljskog potoka. Do ulivanja Gostiljskog vrela (kota isticanja vrela je na 830 mnm), potok je povremen, a nakon toga formira se stalni rečni tok. Područje istraživanja je tipično planinsko a nadmorske visine se kreću od 830 mnm (kota isticanja Gostiljskog vrela), pa do visine od oko 1.500 m u zapadnom delu područja istraživanja. Sliv Gostiljskog vrela uglavnom je izgrađen od krečnjaka trijaskih starosti. Sa spekta morfoloških karakteristika u neposrednoj blizini slivnog područja nalazi se Rakovička pećina sa kanalima ukupne dužine od oko 237.5 m i pećina Jamina čiji istraženi kanali dostižu dužinu od 465 m (Milenić, 2009).

Što se tiče geoloških karakteristika u širem području istraživanja prisutne su donjotrijaske stene predstavljene kvarcnim klastitima i prelaznom klastično - karbonatnom jedinicom (T_1^1). Preko donjeg trijasa leže karbonatne stene (delom laporovite i uglavnom slojevite) kampilske starosti (T_2^1). Srednji trijas predstavljen je aniziskim katom (T_2^2) koga čine bankoviti i masivni krečnjaci, sive i sivoplavičaste boje, ili ružičaste do crvene koji su na površini terena izrazito karstifikovani. Preko njih leži ladinski kat (T_2^3) zastupljen krečnjacima, debeloslojevitim do bankovitim, sive i sivosmeđe boje, sa muglama rožnaca po čemu se i razlikuju od prethodnog kata. Ovde su uglavnom prisutni dolomitični krečnjaci, a stepen dolomitizacije raste ka višim nivoima. U gornjem trijasu obrazovani su sprudni krečnjaci (T_3). Oni se u području istraživanja nalaze na istočnim padinama Čigote, gde leže preko krečnjaka ladinskog kata. (slika 1). Preko trijaskih krečnjaka i dolomita leži zlatiborski peridotitski masiv. Obodni delovi masiva predstavljeni su serpentinisanim harzburgitima i dunitima koji su prisutni u istočnom delu slivnog područja Gostiljskog vrela.

U okviru pomenutih stena prisutna su generalno dva tipa izdani, karstni i pukotinski. Pukotinski tip izdani javlja se u okviru septentinita a karstni tip izdani je razvijen u okviru trijaskih krečnjaka koji su u zapadnom delu istražnog prostora pokriveni pomenutim serpentinitima. Prihranjivanje karstne izdani se vrši generalno na račun infiltracije padavina, ali svakako i na račun poniranja povremenih tokova koji se formiraju na serpentinitima. Ovde treba pomenuti i prihranjivanje na račun izdani formirane u okviru ispucalih serpentinita i to u delovima gde su oni male debljine a leže preko krečnjaka. Generalni pravci kretanja podzemnih voda su od zapada ka istoku, a dreniranje se vrši putem povremenih ili stalnih karstnih vrela. Jedno od ovih vrela je i Gostiljsko (Ristić Vakanjac i dr, 2015).



Slika 1: Hidrogeološka karta slivnog područja Gostiljskog vrela

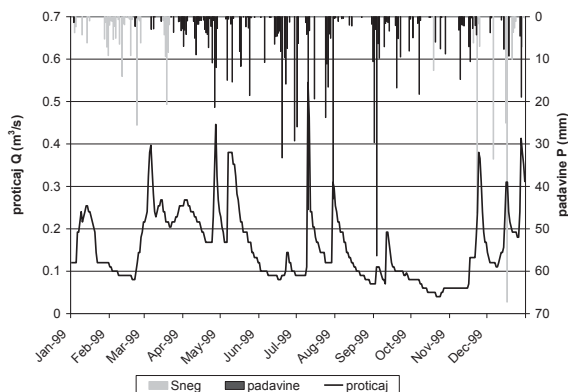
Legenda: 1. karstno vrelo, 2. predpostavljena hidrogeološka vododelnica, 3. stalni površinski tok, 4. povremeni površinski tok, 5. pukotinska izdan, 6. uslovno bezvodni tereni, 7. karstni tip izdani, 8. navlaka, 9. predpostavljeni rased

REŽIM ISTICANJA GOSTILJSKOG VRELA

Na Gostiljskom vrelu Republički hidrometeorološki zavod otpočeo je sa osmatranjima vodostaja 1995. godine. U tu svrhu postavljena je vodomerna letva, a merenja vodostaja su vršena jednom dnevno od strane angažovanog osmatrača. Osmatranja su vršena zaključno sa martom 2006. godine, stim da treba napomenuti da u toku ovog osmatračkog perioda došlo je do tromesečnog prekida u osmatranjima (period od 1. oktobra 2004. pa do 1. januara 2005. godine. U ovom periodu je izvršeno i 27 hidrometrijskih merenja sa ciljem uspostavljanja krive protoka (Ristić Vakanjac i dr., u štampi).

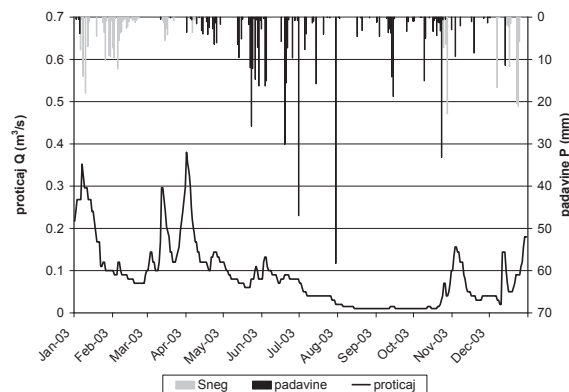
U periodu od 1995. Na osnovu analize podataka dobijenih osmatranjem vodostaja i merenjem proticaja u periodu od 1995-2006. godine može se zaključiti da je srednji višegodišnji proticaj Gostiljskog vrela iznosio $0.126 \text{ m}^3/\text{s}$. Maksimalni srednje mesečni proticaj javio se tokom 2006. godine u martu mesecu i iznosio je $0.376 \text{ m}^3/\text{s}$. Minimalni srednje mesečni proticaj registrovan je tokom septembra 2003. godine i iznosio je 11 l/s . Takođe se može zaključiti da je najvodniji mesec mart kada je isticanje u proseku iznosilo $0.195 \text{ m}^3/\text{s}$, dok je avgust po vodnosti najsiromašniji mesec sa prosekom od $0.049 \text{ m}^3/\text{s}$. Što se tiče apsolutnih količina isteklih voda, maksimalna dnevna vrednost zabeležena je više puta i iznosila je 610 l/s , dok je apsolutno minimalni proticaj u iznosu od svega 10 l/s registrovan više puta tokom avgusta, septembra i oktobra 2003. godine (Ristic Vakanjac i dr, 2015).

Režim Gostiljskog vrela je generalno uslovljen pluviografskim režimom slivnog područja. Osnovna karakteristika pluviografskog režima je da tokom zimskih meseci uglavnom imamo padavine u vidu snega koje uzrokuju formiranje snežnog pokrivača trajanja u proseku decembar, januar, februar i delom mart, a nakon toga nastupa period prolećnih kiša. Tokom letnjih perioda nastupa sušni period sa padavinama kratkog trajanja ali mogu biti jačeg intenziteta. Za potrebe analize uticaja pluviografskog režima na režim isticanja karstnog vrela odabrane su dve specifične godine: jedna kišna - 1999. godina (slika 2), jedna sušna - 2003. godina u okviru koje je tokom zimskih meseci došlo do formiranja značajnijeg snežnog pokrivača (slika 3).



Slika 2: Hidrogram Gostiljskog vrela za kišnu godinu (1999. godina)

Figure 2: Gostilje karst spring hydrograph for wet year (1999)



Slika 3: Hidrogram Gostiljskog vrela za sušnu godinu (2003 godina)

Figure 3: Gostilje karst spring hydrograph for dry year (2003)

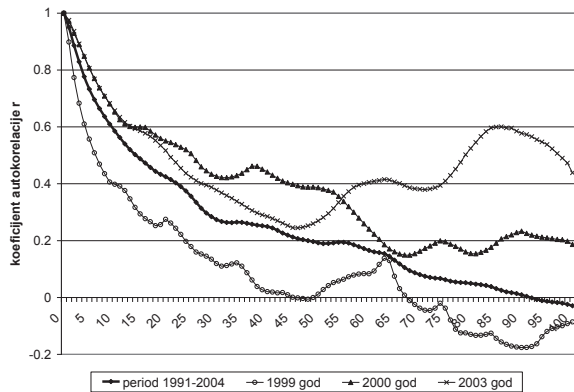
Na osnovu odabranih hidrograma proticaja Gostiljskog vrela ali i na osnovu analize svih hidrograma ponaosob (ukupan osmatrački period) može se zaključiti da u prvoj polovini godine ima dosta neravnomernosti u isticanju vrela i da su pikovi, odnosno maksimalne vrednosti isticanja ovog vrela uslovljene uglavnom temperaturnim režimom odnosno otapanjem snežnog pokrivača formiranog tokom zimskih meseci. U ovom periodu može biti prisutan jedan izražen pik ili više izdvojenih pikova što je uslovljeno smenivanjem perioda sa temperaturom vazduha iznad i ispod $0 \text{ }^\circ\text{C}$, odnosno periodima otapanja snežnog pokrivača. Pored, na ovaj način formiranih maksimuma, tokom prolećnih meseci mogu se pojaviti i maksimumi izazvani dugotrajnim kišnim epizodama ili kišama jakih intenziteta. Ovi maksimumi mogu biti prisutni i tokom letnjih meseci ukoliko se radi o kišnoj godini (slika 2). Međutim, opšta karakteristika isticanja tokom letnjih meseci je relativno ujednačen i ustaljen režim isticanja proticaja koji se formira na račun preostalih dinamičkih rezervi. Razlog je svakako odsustvo padavina u ovom periodu ili su količine padavina nedovoljne da utiču na promenu režima isticanja vrela (slika 3). Krajem jeseni sa početkom prvih intenzivnijih padavina dužeg trajanja, proticaj počinje opet postepeno da raste (slika 2 i 3).

Za potrebe analize uticaja pluviografskog režima na režim isticanja Gostiljskog vrela primenjene su autokorelacione i kroskorelacione analize za ukupni osmatrački period i za odabrane godine. Pored pomenutih odabranih godina (1999. kao kišna, i 2003. kao sušna sa značajnim snežnim pokrivačem formiranim tokom zimskih meseci, odabrana je i 2000. godina kao jedna od istorijski najtoplijih i najsušnijih godina).

Autokorelogrami dobijeni autokorelacionim analizama prikazani su na slici 4, i daju generalni zaključak da za ukupni osmatrački period, memorija serije, što podrazumeva da je koeficijent autokorelacije veći od 0.2 (Maning, 1984) ide do 47 dana. Za kišne godine dužina perioda do kog postoji memorija serije, je znatno kraća i ide do 23 dana. Ovo se može objasniti činjenicom da je prihranjivanje izdani na račun padavina značajno i relativno kontinualno tokom vlažne godine što uzrokuje kretanje podzemnih voda kroz pukotine i karstne sisteme većih razmera. Posledica ovoga je brza propagacija padavina što rezultira brz i nagli, skoro skokovit porast

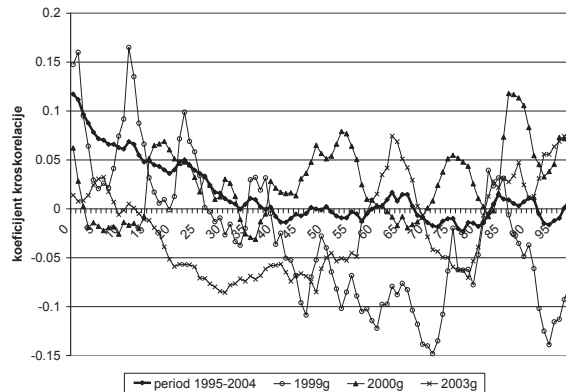
odnosno pad hidrograma isticanja (Krešić i Stevanović, 2010, Ristic Vakanjac, 2015). Nasuprot ovome, tokom sušnih godina memorija serije je znatno duža i traje do 63 dana (za 2000. godinu), odnosno ide i do preko 100 dana kod 2003. godine (slika 3). Pojava lokalnih, manje ili više izraženih pikova posledica su otapanja snežnog pokrivača i njegov uticaj na formiranje hidrograma isticanja Gostiljskog vrela. Najizraženiji pik je vezan za 2003. godinu a javlja se nakon 86 dana i ima vrednost $r = 0.6$. Ovo je svakako posledica formiranog snežnog pokrivača trajanja 81 dan (1. januar do 22. mart 2003. godine). U ovom periodu palo je ukupno 163 mm padavina u vidu snega, a srednje dnevne vrednosti temperatura su uglavnom bile negativne (slika 4). Dakle, otapanje formiranog snežnog pokrivača nastupilo je nakon 81 dana od početka njegovog formiranja što je imalo za posledicu fomiranje pomenutog pika na autokorelogramu za 2003. godinu.

Kroskorelogram dobijen analizom uticaja padavina na ukupni period osmatranja isticanja Gostiljskog vrela (slika 5) ukazuje da je za vremenski pomeraj od jednog dana najbolja veza ove dve slučajno promenljive veličine, odnosno dobijeni kroskorelogram ukazuje da se propagacija padavina u proseku izvrši tokom istog dana ili tokom narednog dana. U prilog ovome govore vrednosti koeficijenta kroskorelacije koje za pomeraje od 0 i 1 dan imaju slične vrednosti (0.117 i 0.112). Analiza sušne godine ukazuje da koeficijenti kroskorelacije imaju niže vrednosti u odnosu na dobijene analizom ukupnog perioda a razlog je svakako da padavine tokom sušnih godina otsustvuju ili ukoliko ima padavina njihove količine se delom gube isparavanjem (2000. godina jedna od najtoplijih godina u istoriji osmatranja) a deo se troši na nadoknađivanje dinamičkih zapremina. Dakle, ove padavine ili ne utiču ili u izuzetno maloj meri utiču na porast hidrograma isticanja karstnog vrela (vidi sliku 3, mesec avgust, kada je zabeleženo skoro 60 mm padavina koje nisu uslovile porast hidrograma). Nasuprot ovome, tokom kišnih godina, koeficijenti kroskorelacije imaju veće vrednosti analizom ukupnog perioda kao i analizom sušne godine i za pomeraj 1 dan prelaze vrednost 0.15 a ovu vrednost koeficijent korelacije dostiže odnosno prevazilazi i za vremenski pomeraj od 11 dana. Drugi pik je najverovatnije uzrokovan snežnim padavinama koje su se desile u periodu od 16-21 marta (trajale ukupno 6 dana) a vodni ekvivalent ovih snežnih padavina je iznosio 45.6 mm. Nakon 21. marta došlo do laganog otapanja formiranog pokrivača od snega (slika 5).



Slika 4: Autokorelaciona analiza isticanja Gostiljskog vrela ukupnog osmatračkog perioda i za odabrane godine

Figure 4: Karst spring Gostilje's autocorrelated analyses for whole period and for selected years



Slika 5: Kroskorelaciona analiza isticanja Gostiljskog vrela ukupnog osmatračkog perioda i za odabrane godine

Figure 5: Karst spring Gostilje's crosscorrelated analyses for whole period and for selected years

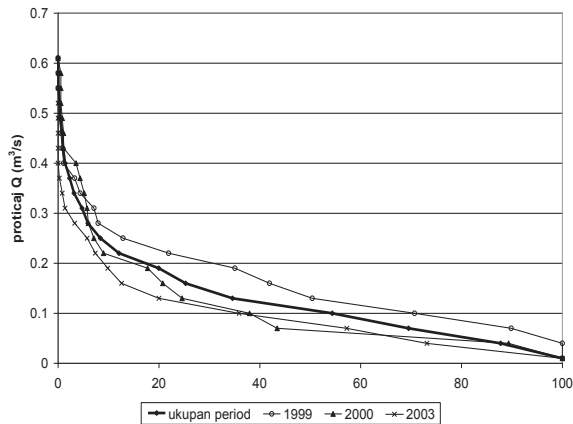
Za potrebe analize režima isticanja urađene su i krive trajanja i učestalosti za ukupan osmatrački period kao i za pomenute odabrane godine. Kriva trajanja dnevnih proticaja predstavlja procentualni (ili apsolutni izražen u danima) iskaz da će proticaj biti veći od neke vrednosti dok učestalost ukazuje koliko se puta vrednost proticaja našla u okviru nekog unapred zadatog klasnog intervala (Prohaska, 2003). Krive trajanja i učestalosti date su na slikama 6 i 7 i to za ukupni period i za odabrane analizirane godine (1999., 2000. i 2003. godina). Korišćenjem vrednosti dobijenih trajanja mogu se definisati vrednosti koje karakterišu male vode a to su apsolutno minimalni zabeleženi proticaj ($Q_{aps,min}$) i proticaj dobijen sa krive trajanja dnevnih proticaja koji odgovara 95%-noj obezbeđenosti (Q_{95}). Analogno malim vodama, za slučaj analize velikih voda takođe se može iskoristiti kriva trajanja, odnosno pored apsolutno zabeleženog maksimalnog proticaja ($Q_{aps,max}$), velike vode karakteriše i vrednost proticaja koji odgovara 5%-noj obezbeđenosti dobijene sa krive trajanja (Q_5). Prikaz ovih veličina za ukupan period kao i za odabrane godine dat u tabeli 1.

Tabela 1. Prikaz apsolutno minimalnih i maksimalnih dnevnih isticanja Gostiljskog vrela sračunatih za ukupni osmatrački period i za odabrane godine

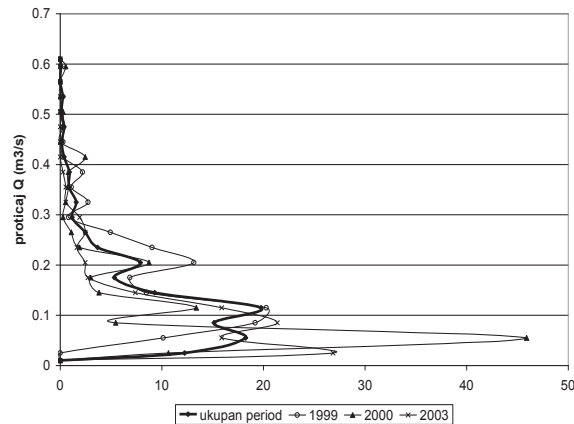
Table 1. The absolute minimum and maximum daily values of Gostilje karst spring discharge calculated for whole observation period and for selected years

vrela	period/godina	Velike vode		Male vode		odnosi	
		$Q_{aps,max}$	Q_5	$Q_{aps,min}$	Q_{95}	$Q_{aps,max}/Q_{aps,min}$	Q_5/Q_{95}
Gostiljsko	ukupni	610	305	10	22.5	61	14
	1999	545	333	40	55.1	14	6
	2000	610	347	20	22.4	31	15
	2003	380	259	10	15.5	38	17

Generalno, može se izvesti zaključak da su režimi apsolutno registrovanih ekstremnih proticaja (minimlanih i maksimalnih) promenljivi i da se njihov odnos Q_{max}/Q_{min} na nivou ukupnog perioda iznosi 61:1. Ako posmatramo analize svake godine ponaosob, ovaj odnos je najmanji kod vlažnih godina (14:1), dok kod sušnih je nešto veća vrednost (31:1 odnosno 38:1). Znatno blaži odnosi se dobijaju za odabrane karakteristične vrednosti velikih i malih voda određenog trajanja, odnosno Q_5/Q_{95} , gde se ovi odnosi kreću u intervalu od 6 (za kišne godine) pa do 15:1, odnosno 17:1 za sušne godine.



Slika 6: Krive trajanja sračunate za ukupan osmatrački period i za odabrane godine
Figure 6: Duration curves calculated for whole period and for selected years



Slika 7: Krive učestalosti sračunate za ukupan osmatrački period i za odabrane godine
Figure 7: Frequency curves calculated for whole period and for selected years

BILANS VODA KARSTNOG VRELA

Da bi se definisali/sračunali parametri jednačine vodnog bilansa na prvom mestu je bilo neophodno definisati slivnu površinu Gostiljskog vrela. Treba imati u vidu da Gostiljsko vrelo je vrelo koje tokom godine ne presušuje, za razliku od Ljubiškog vrela i ostalih manjih vrela koje se nalaze u neposrednoj blizini Gostiljskog vrela i koja se javljaju na hipsometrijski višim kotama. U trenutku kada neka od povremenih vrela izgube svoju hidrogeološku funkciju, Gostiljsko vrelo, koje se nalazi na hipsometrijski nižim kotama sigurno da preuzima deo njihove slivne površine. Sa druge strane, tokom vlažnih godina kada povremena vrela dobijaju svoju hidrogeološku funkciju i dreniraju određenu površinu sliva, površina sliva Gostiljskog vrela je znatno manja. Dakle, slivna površina Gostiljskog vrela je dinamička veličina i zavisi od meteoroloških odnosno hidroloških uslova same godine (sušna ili vlažna godina).

Generalno, predpostavljena maksimalna površina sliva tokom sušnih godina bi iznosila 12.9 km², dok minimalna površina sliva tokom vlažnih godina bi iznosila 6.3 km². Neka srednja površina sliva vezana za površinu koju drenira Gostiljsko vrelo bi iznosila oko 8.1 km². Sve tri predpostavljene vododelnice prikazane su na slici 1.

Imajući u vidu sve gore navedeno u tabelama 2, 3 i 4 prikazani su rezultati obrade osnovnih elemenata jednačine vodnog bilansa na navedenom području i to za slučaj višegodišnjeg proseka (period 1995-2006) i za slučaj kišne i sušne godine. Kao reprezent sušne godine uzeta je 2000. godina kada je zabeležena godišnja suma padavina u iznosu od 848.7 mm, a kada je srednje godišnja količina isteklih voda na Gostiljskom vrelu iznosila 0.103 m³/s. Sa druge strane kao predstavnik vlažne godine izabrana je 1999. godina kada su zabeležene godišnje sume padavina u iznosu od 1282.3 mm a srednje godišnji proticaj vrela 0.157 m³/s. Elementi u pomenutim tabelama su: površina sliva F (km²), prosečna višegodišnja izdašnost - proticaj Q (m³/s), zapremina otekle vode W (10⁶ m³), prosečni višegodišnji moduo oticaja q (l/s/km²), sloj oticanja h (mm), prosečne godišnje padavine P (mm), prosečna godišnja evapotranspiracija E (mm) i prosečni višegodišnji koeficijent oticanja φ.

Tabela 2. Pregled proračuna bilansa voda u karstnoj izdani vrela Gostilje za višegodišnji period 1995-2006. godine.

vrelo	F	P	E	h	Qsr	q	W	φ
	km ²	mm	mm	mm	m ³ /s	l/s/km ²	10 ⁶ m ³	
Gostilje	8.1	1081.9	591.8	490.1	0.126	15.56	3.97	0.453

Tabela 3. Pregled proračuna bilansa voda u karstnoj izdani vrela Gostilje za sušnu godinu (2000)

vrelo	F	P	E	h	Qsr	q	W	φ
	km ²	mm	mm	mm	m ³ /s	l/s/km ²	10 ⁶ m ³	
Gostilje	12.9	848.7	596.8	251.9	0.103	7.98	3.25	0.297

Tabela 4. Pregled proračuna bilansa voda u karstnoj izdani vrela Gostilje za vlažnu godinu (1999)

vrelo	F	P	E	h	Qsr	q	W	φ
	km ²	mm	mm	mm	m ³ /s	l/s/km ²	10 ⁶ m ³	
Gostilje	6.3	1282.3	496.6	785.7	0.157	24.92	4.95	0.613

ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenih analiza može se zaključiti da je režim karstnog vrela Gostilje uslovljen pluviografskim režimom. Relativno je neravnomeran tokom prve polovine godine kada su zabeležene maksimalne vrednosti isticanja dok tokom letnjih meseci režim postaje znatno ujednačeniji a formira se na račun preostalih dinamičkih rezervi. Tokom osmatračkog perioda maksimalni zabeleženi proticaj iznosio je 610 l/s dok je najniža vrednost iznosila svega 10 l/s, tako da možemo reći da odnos $Q_{max}:Q_{min}$ iznosi preko 60:1. Sa područja karstne izdani vrela Gostilje prosečno godišnje istekne ukupno: 0.126 m³/s, odnosno istekne ukupno 3.97 miliona m³ vode. Tokom vlažnih godina proticaj je za oko 25% veći dok tokom sušnih je manji za oko 12%.

Autokorelogrami dobijeni autokorelacionim analizama daju generalni zaključak da za ukupni osmatrački period, memorija serije ide do 47 dana. Za kišne godine dužina perioda do kog postoji memorija serije, je znatno kraća i ide do 23 dana. Nasuprot ovome, tokom sušnih godina memorija serije je znatno duža i traje do 63 dana (za 2000. godinu), odnosno ide i do preko 100 dana kod 2003. godine.

Kroskorelogram dobijen analizom uticaja padavina na ukupni period osmatranja isticanja Gostiljskog vrela ukazuje da je za vremenski pomeraj od jednog dana najbolja veza ove dve slučajno promenljive veličine. Analiza sušne godine ukazuje da koeficijenti kroskorelacije imaju niže vrednosti u odnosu na dobijene analizom ukupnog perioda, dok tokom kišnih godina, koeficijenti kroskorelacije imaju veće vrednosti.

Proračun parametara bilansne jednačine takođe je urađen za ukupni period, kišnu i sušnu godinu. Za ove potrebe prvo je bilo neophodno sračunati površine sliva, odnosno odrediti predpostavljene hidrogeološke vododelnice za sva tri slučaja. Treba imati u vidu da slivna površina Gostiljskog vrela je dinamička veličina i zavisi od meteoroloških odnosno hidroloških uslova same godine (sušna ili vlažna godina). Razlog je svakako hipsometrijski položaj ovog vrela koji je niži u odnosu na druga koja se nalaze u neposrednoj blizini. Dakle ovo vrelo predstavlja glavni dren tokom sušnih godina i preuzima delove ili cele slivove hipsometrijski viših vrela, dok tokom vlažnih godina kada sva vrela imaju svoju funkciju, površina sliva Gostiljskog vrela se znatno smanjuje. Imajući ovo u vidu, na osnovu sprovedenih proračuna, koeficijenti oticaja se kreću u dijapazonu od 0.30 (sušna godina) pa do 0.61 (vlažna godina), stim da je koeficijent oticaja sračunat za višegodišnji period (1995-2006) iznosi 0.45. Slična situacija je i sa specifičnim oticajem. Vrednost specifičnog oticaja sračunata ja na nivou osrednjenih vrednosti za osmatrački period i iznosi 15.6 l/s/km², stim da za sušne godine ona pada znatno ispod 10 l/s km² a tokom kišnih godina prelazi vrednost od 20 l/s/km².

Generalno ove vrednosti zaista treba uzeti sa rezervom. Kao prvo, iz razloga što detaljna hidrogeološka istraživanja na ovom području nisu rađena, vrednosti dobijenih površina sliva treba uzeti sa rezervom pa samim tim treba uzeti sa rezervom i vrednosti sračunatih parametara. Takođe, u proračun nisu uključene vrednosti promene zapremine voda u okviru dinamičkih rezervi. Ovo je naročito izraženo kod analiza sušnih i kišnih godina. Tokom sušnih godina isticanje iz karstog masiva vrši se generalno na račun formiranih postojećih dinamičkih rezervi u karstnom masivu koje su možda formirane tokom prethodne godine. Ove količine vode sigurno da nisu ušle u proračun parametara bilansne jednačine. Takođe, tokom kišnih godina, deo padavina se svakako troši za potrebe nadoknađivanja dinamičkih rezervi.

LITERATURA

- KRESIC, N., STEVANOVIĆ, Z., 2010: *Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability*, Amsterdam, Boston, Butterworth-Heinemann, 573p.
- MANGIN, A., 1984: *Pour une meilleure connaissance des systemes hydrologiques a partir des analyses correlative et spectrale*. Journal of Hydrology, v. 67, pp. 25-43
- MILENIĆ, D., 2009: *Ocena resursa i mogućnosti višenamenskog korišćenja podzemnih voda na teritoriji opština Čajetina*, Beograd
- RISTIĆ VAKANJAC, V., 2015: *Forecasting Long-Term Spring Discharge, In Monography: Karst Aquifers – Characterization and Engineering (Stevanović Z. ed)*, Series: Professional Practice in Earth Science, pp 435-454. Springer International Publishing Switzerland
- RISTIĆ VAKANJAC, V., ČOKORILO ILIĆ, M., VOJVODIĆ N., u štampi: *Režim Gostiljskog vrela*, VIII Simpozijum o zaštiti karsta, ASAK
- PROHASKA, S., 2003: *Hidrologija I Deo*, Beograd, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
- STEVANOVIĆ, Z., RISTIĆ VAKANJAC, V., MILANOVIĆ, S., VASIĆ, Lj., PETROVIĆ, B., 2011: *Značaj monitoringa podzemnih voda u karstu Srbije*, 7 Simpozijum o zaštiti karsta, pp 21-28. Bela Palanka