

Uticaј padavina na kvalitativne i kvantitativne parametre karstnih izdanskih voda

Marina Čokorilo Ilić, Vesna Ristić Vakanjac, Petar Papić, Radisav Golubović, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Uticaј padavina na kvalitativne i kvantitativne parametre karstnih izdanskih voda | Marina Čokorilo Ilić, Vesna Ristić Vakanjac, Petar Papić, Radisav Golubović, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić | Zbornik radova nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem ekoremedijacija i ekonomska valorizacija vodnih resursa-modeli i primena | 2018 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007303>



UTICAJ PADAVINA NA KVALITATIVNE I KVANTITATIVNE PARAMETRE KARSTNIH IZDANSKIH VODA

Marina Čokorilo Ilić, Rudarsko geološki fakultet, marina.cokorilo@rgf.bg.ac.rs

Vesna Ristić Vakanjac, Rudarsko geološki fakultet, vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs

Petar Papić, Rudarsko geološki fakultet, petar.papic@rgf.bg.ac.rs

Radisav Golubović, Istraživačka stanica Petnica, golub@petnica.rs

Dušan Polomčić, Rudarsko geološki fakultet, dusan.polomcic@rgf.bg.ac.rs

Dragoljub Bajić, Rudarsko geološki fakultet, dragoljub.bajic@rgf.bg.ac.rs

IZVOD

Za potrebe vodosnabdevanja, u Srbiji preko 70% njenog stanovništva koristi podzemne vode, stim da se pojedini gradovi snabdevaju vodom isključivo na račun karstnih izdanskih voda. Razlog zašto se koristi ovaj vodni resurs je taj što ove vode predstavljaju jedne od najkvalitetnijih voda na planeti Zemlji. Kvalitet ovih voda je takav da se njihova distribucija do korisnika može vršiti direktno preuzimanjem vode od samog izvora bez prethodnih tretmana.

Ono što predstavlja najčešći problem kod eksploatacije karstnih izdanskih voda je pojava zamućenja voda u periodima intenzivnih padavina. Tokom ovih, uglavnom kratkih perioda sa povećanom mutnoćom, dolazi i do porasta ukupnog broja bakterija tako da tokom ovih perioda postojeća izvorišta se uglavnom isključuju iz sistema za vodosnabdevanje ili, ukoliko ove vrednosti ne prelaze u velikoj meri granične vrednosti, onda se određenim tretmanima vode dovode u stanje zadovoljavajućeg kvaliteta neophodnog za distribuciju do krajnjeg korisnika.

Ključne reči: *monitoring, padavine, karstne vode, kvalitativna svojstva, kvantitativna svojstva,*

THE EFFECT OF PRECIPITATION ON QUALITATIVE AND QUANTITATIVE PARAMETERS OF KARST GROUNDWATER

ABSTRACT

More than 70% of the population of Serbia uses groundwater for drinking water supply. Certain cities rely solely on karst groundwater and the reason for this is that the quality of such water resources is among the highest on Earth. This quality allows water distribution to users after direct extraction from the source and no prior treatment.

One of the biggest problems inherent in the use of karst groundwater is turbidity during periods of heavy rainfall. These generally short periods of elevated turbidity also exhibit increased bacterial counts, such that existing water supply sources are usually shut down for the duration or, if there is no substantial exceedance of threshold values, the water is treated to a satisfactory level, which meets quality requirements for distribution to end users.

Key words: *monitoring, precipitation, karst groundwater, qualitative properties, quantitative properties*



UVOD

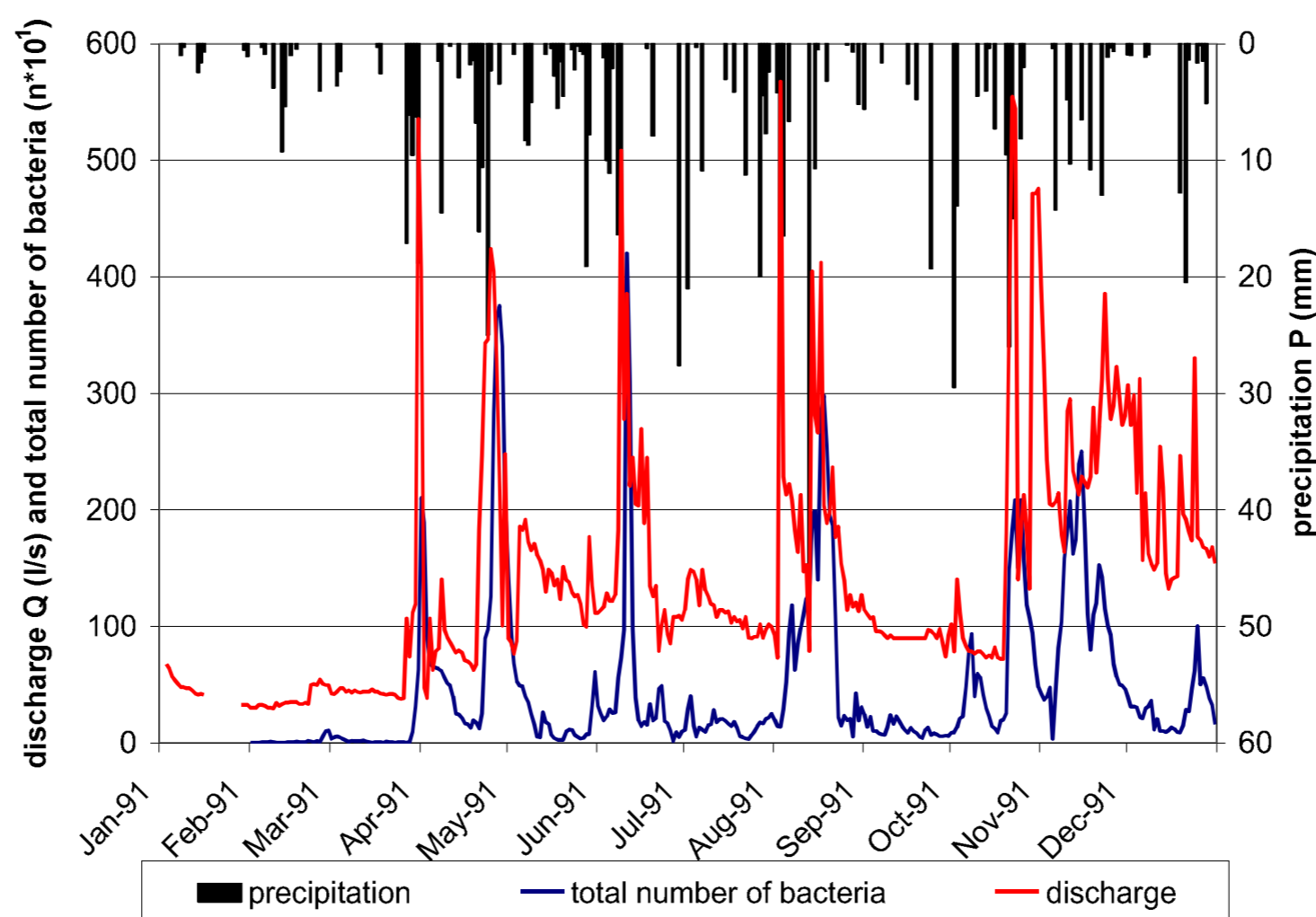
Kada govorimo o vodnom režimu bilo površinskih ili podzemnih voda, najčešće se misli na režim kvantitativnih parametara (vodostaji, proticaji, izdašnosti, nivoi podzemnih voda, ...). Pored praćenja kvantitativnih parametara koji su zaista jedni od bitnijih parametara režima karstnog tipa izdani, neophodno je, ukoliko je to moguće, uspostaviti praćenje promena nekih od kvalitativnih parametara a na prvom mestu mutnoće i ukupnog broja i vrste bakterija koje se mogu javiti u ovim vodama. Stim u vezi, u cilju što boljeg upravljanja jednim izvorištem koje koristi karstne izdanske vode, svakako je neophodno uspostaviti dobro osmišljen monitoring padavina kao i kvalitativnih i kvantitativnih parametara samog vrela. Dovoljno dugi osmotreni nizovi mogu nam pomoći kod razumevanja funcionisanja karstnog sistema, odnosno prihranjivanja, kretanja i dreniranja podzemnih voda, zatim mogu se odrediti parametri bilansa i rezerve podzemnih voda na koje možemo računati tokom dugotrajnih sušnih perioda koji su sve češći shodno novonastalim klimatskim promenama. Sa druge strane, dovoljno dugi nizovi mogu poslužiti kao ulaz kod primena hidroloških i hidrogeoloških modela sa ciljem simulacije pojedinih parametara od interesa ili kratkoročnih prognoza koje mogu biti od velike koristi kod upravljanja jednim izvorištem.

Ovde je potrebno napomenuti da režimi kvantitativnih i kvalitativnih parametara se prate uglavnom samo na kaptiranim karstnim vrelima. Međutim, kada su u pitanju nekaptirane vode, o njihovim režimima se uglavnom malo zna, iako ove vode često predstavljaju alternativna rešenja za vodosnabdevanja stanovništva, industrije, poljoprivredu, itd.

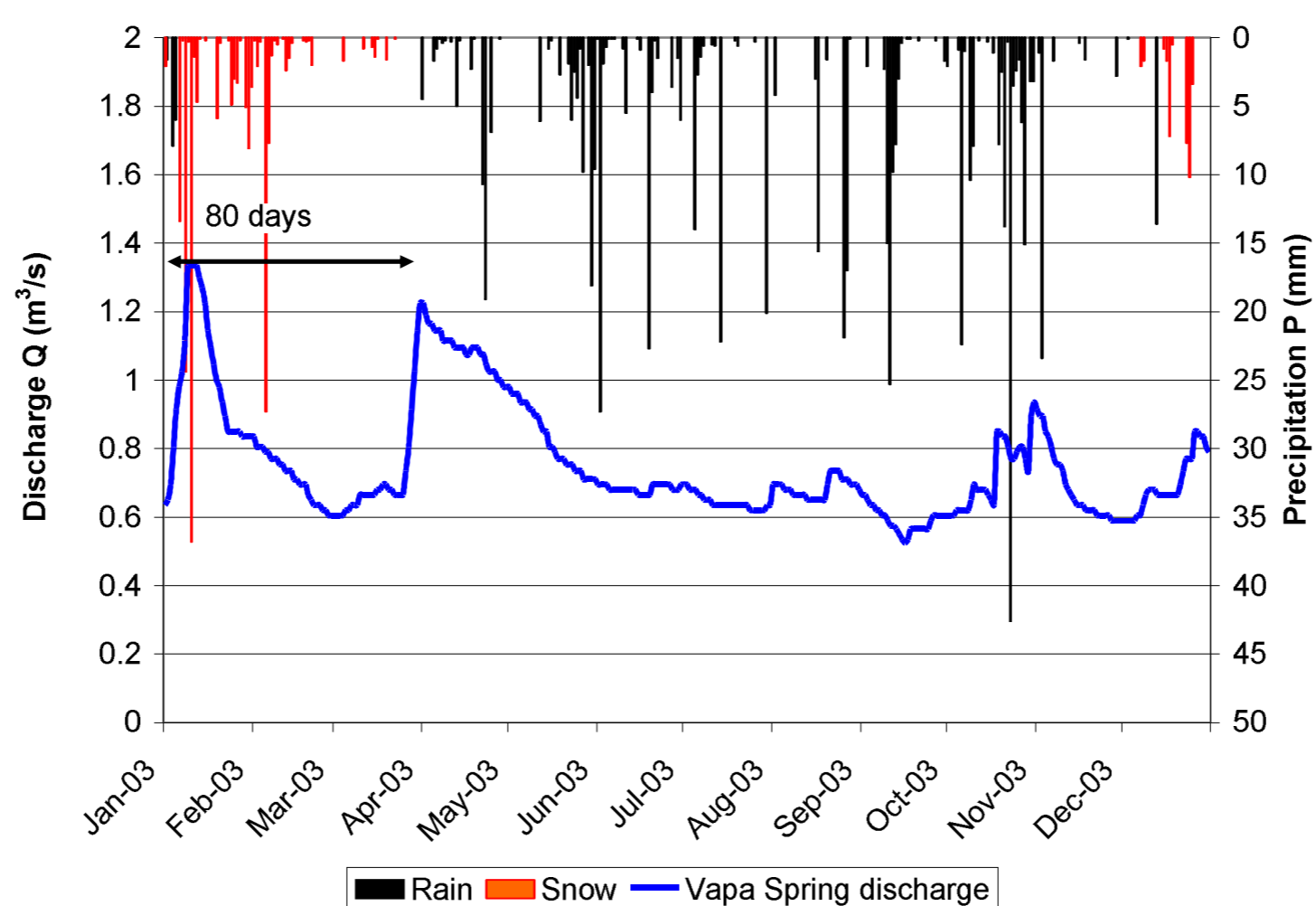
UTICAJ PADAVINA NA KVANTITATIVNE PARAMETRE KARSTNIH IZDANSKIH VODA

U okviru karstnih masiva, u delovima gde je razvijena intenzivna karstifikacija i gde imamo odsustvo vegetacije ("goli karst") infiltracija padavina može dostići pa čak i prevazići vrednost od 80% ukupno zabeleženih padavina. Rezultat ovoga je veliki uticaj padavina na režim podzemnih voda u karstnim terenima. Tako na primer "*U vlažnom periodu brzina reakcije izdani na padavine je veoma izražena. Petar Milanović [1] navodi da pri naglim i obimnim padavinama oscilacije nivoa u bušotinama mogu da se prate jedino permanentnim merenjima. Brzina porasta nivoa zavisi od inteziteta padavina. Na ovo ukazuju i rezultati dobijeni osmatranjima nivoa podzemnih voda u bušotinama lociranim u zaleđu Omble. Kao podatak se navodi da u toku 24h može nivo izdani da poraste i do 42 m, odnosno pri velikim padavinama maksimalno registrovani porast iznosio je 89 m, odnosno u proseku 3.70 m svakog sata*" [2]. Porast nivoa podzemnih voda svakako da uzrokuje i porast proticaja karstnog vrela (slika 1).

Dakle, intenzivne padavine na slivu nekog vrela mogu izazvati porast isticanja na samom vrelu. Da bi se ova veza utvrdila i potvrdila i da bi se sračunalo vreme potrebno za propagaciju padavina u karstnom masivu, svakako da je neophodno uspostaviti monitoring isticanja na samom vrelu kao i da se uspostavi monitoring pluviografskog režima na slivu. Monitoring isticanja je lakše uspostaviti od osmatranja padavina. Razlog su nenaseljeni karstni masivi koji su tokom većeg dela godine (deo jesenjeg, deo prolećnog i zimski deo godine) nedostupni tako da je osmatranja padavina na slivu teško uspostaviti. Najčešće imamo informacije o padavinama koje su zabeležene po obodima karstnih masiva što ne daje pravu sliku o količinama padavina koje su se desile na slivu kao i pravu sliku o količinama snega koje su pale i koliko dugo su se zadržale, odnosno kada je trenutak kada dolazi do otapanja snežnog pokrivača i prihranjivanja izdani na račun ovih voda. Sa druge strane, uspostavljanje monitoringa isticanja je relativno lakše ali ne i jednostavnije. Na samom vrelu mogu se postaviti odgovarajući prelivni i senzori koji mogu u svakom trenutku dati informaciju o visini prelivnog mlaza a uz pomoć jednačine preлива sračunati o kojoj količini vode je reč. Na slici 2 dat je uporedni dijagram isticanja vrela Vape i količine padavina koje su zabeležene na najbližoj meteorološkoj stanici Sjenica.



Slika 1 Uporedni dijagram isticanja i ukupnog broja bakterija u vodama karstnog vrela Banja i padavina zabeleženih na slivu za 1991. godinu [3]

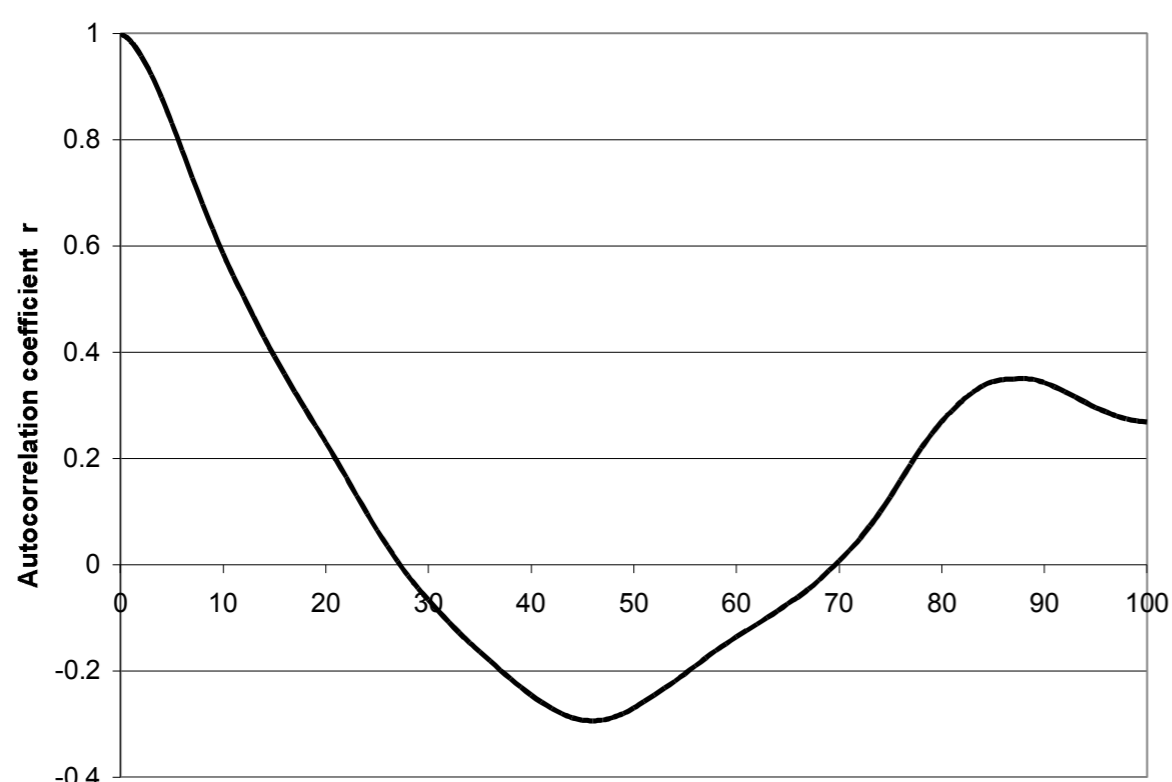


Slika 2: Uporedni dijagram isticanja vrela Vape i sumarnih dnevnih padavina zabeleženih na met. st. Sjenica za 2003. godinu [4]

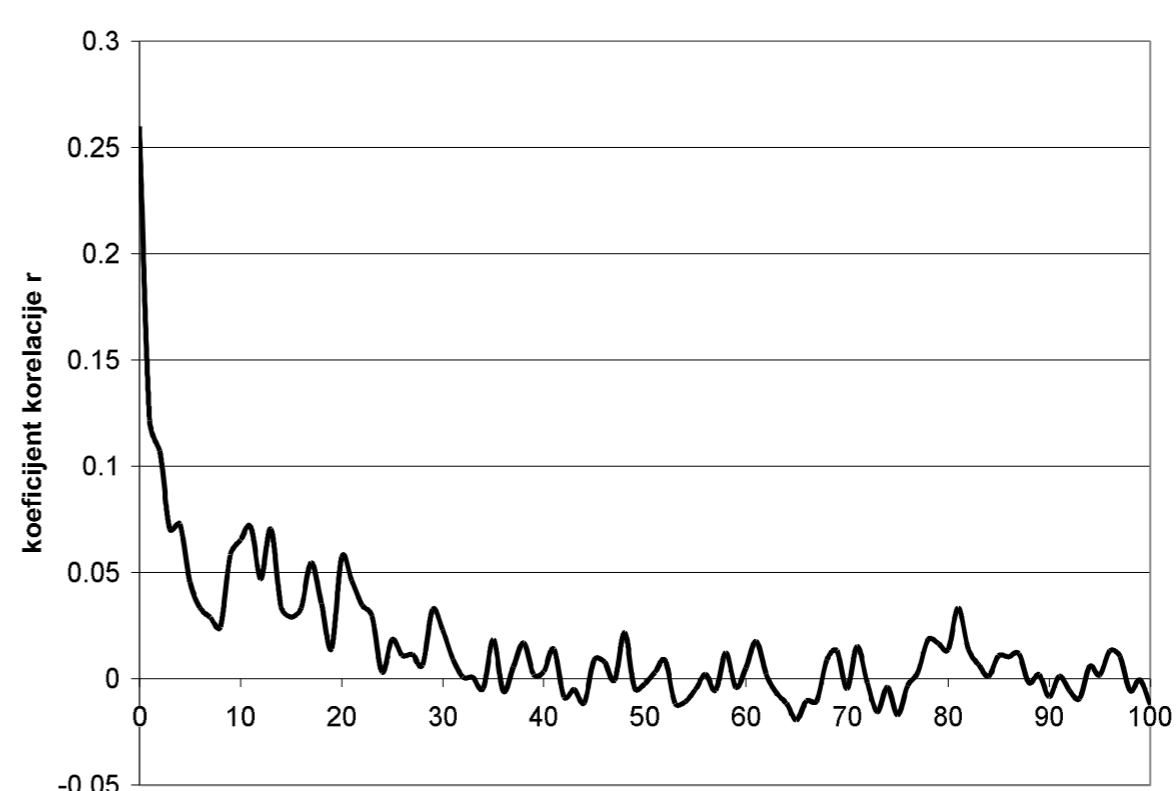
Sa slike 2 može se jasno videti da porast hidrograma vrela Vape je karakterističan za prolećne mesece kada dolazi do naglog otapanja snega. Histogram padavina takođe ukazuje da je porast hidrograma upravo vezan za trenutak kada je otpočelo otapanje snega. Kod ovih analiza, za slučaj da nemamo u blizini merodavnu pluviografsku ili meteorološku stanicu već samo imamo uspostavljen monitoring isticanja vrela, mogu se primeniti autokorelacione analize. Radi pojašnjenja urađena je autokorelaciona analiza isticanja vrela Vape za 2003. godinu čiji hidrogram je prikazan na slici 2 (slika 3). Sa autokorelograma (slika 3) se vidi da sistem gubi memoriju nakon 20 dana, odnosno da međusobna uslovljenost isticanja vrela Vape za 2003. godinu gubi na značaju nakon 20 dana. Sa druge strane nakon 85 dana primetna je povećana autokorelisanost podataka. Ovo je uslovljeno porastom hidrograma koji nije rezultat kiše već rezultat otapanja snežnog pokrivača koji na osnovu histograma prikazanog na slici 2 iznosi oko 80 dana što je približno jednako vrednosti trajanja snežnog pokrivača na slivu vrela Vape tokom 2003. godine.

Pored autokorelacionih analiza, mogu se primeniti i kroskorelacione analize koje nam pomažu da bolje shvatimo na koji način padavine utiču na režim isticanja vrela. Za ovu potrebu na slici 4 dat je kroskorelogram vrela Banje i to za hidrogram koji je prikazan na slici 1. Sa slike 4 može se zaključiti da uticaj padavina na vrelo Banje je istog dana (koeficijent korelacije za vremenski pomeraj od 0 dana je najveći i iznosi 0.26). Nakon toga koeficijenti korelacije za vremenske pomake od 1, 2, 3, ... 100 opadaju ili beznačajno rastu pa nastave sa opadanjem. Razlog ovome je

veličina sliva koja je oko 17 km² [5] i uspostavljena direkta veza između ponora Pećurine i samog vrela Banje [5] koja omogućuje brzu propagaciju padavina (u vremenskom intervalu manjem od 24 časa).



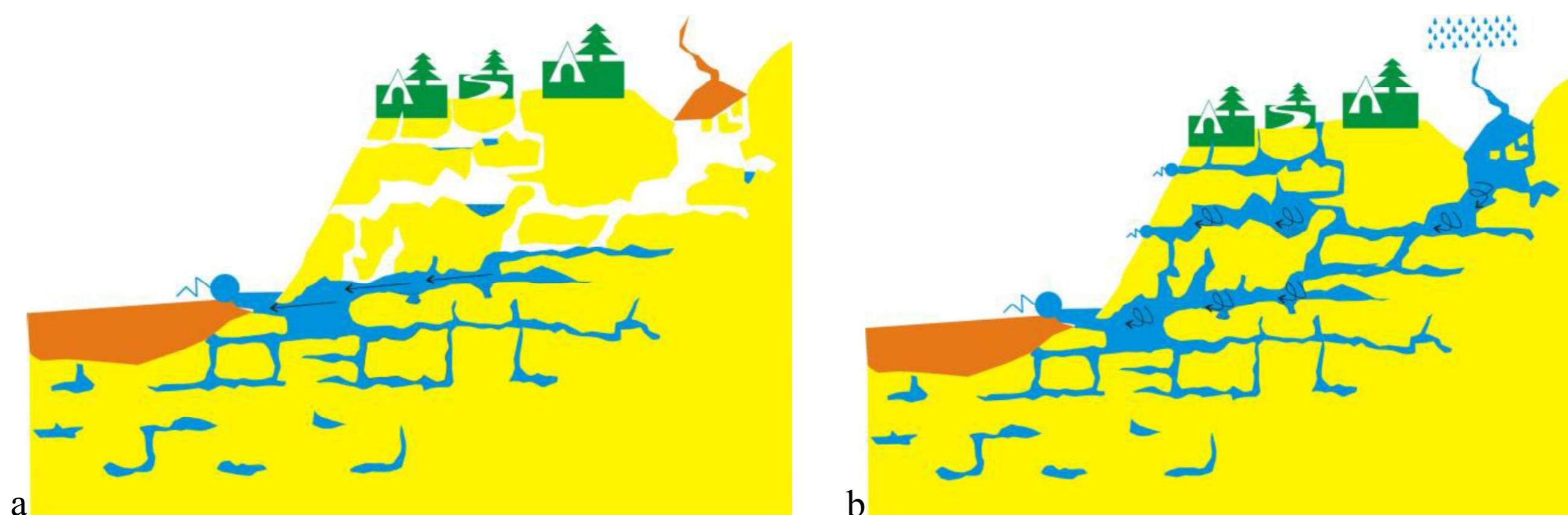
Slika 3: Autokorelogram vrela Vape za 2003. god. [4]



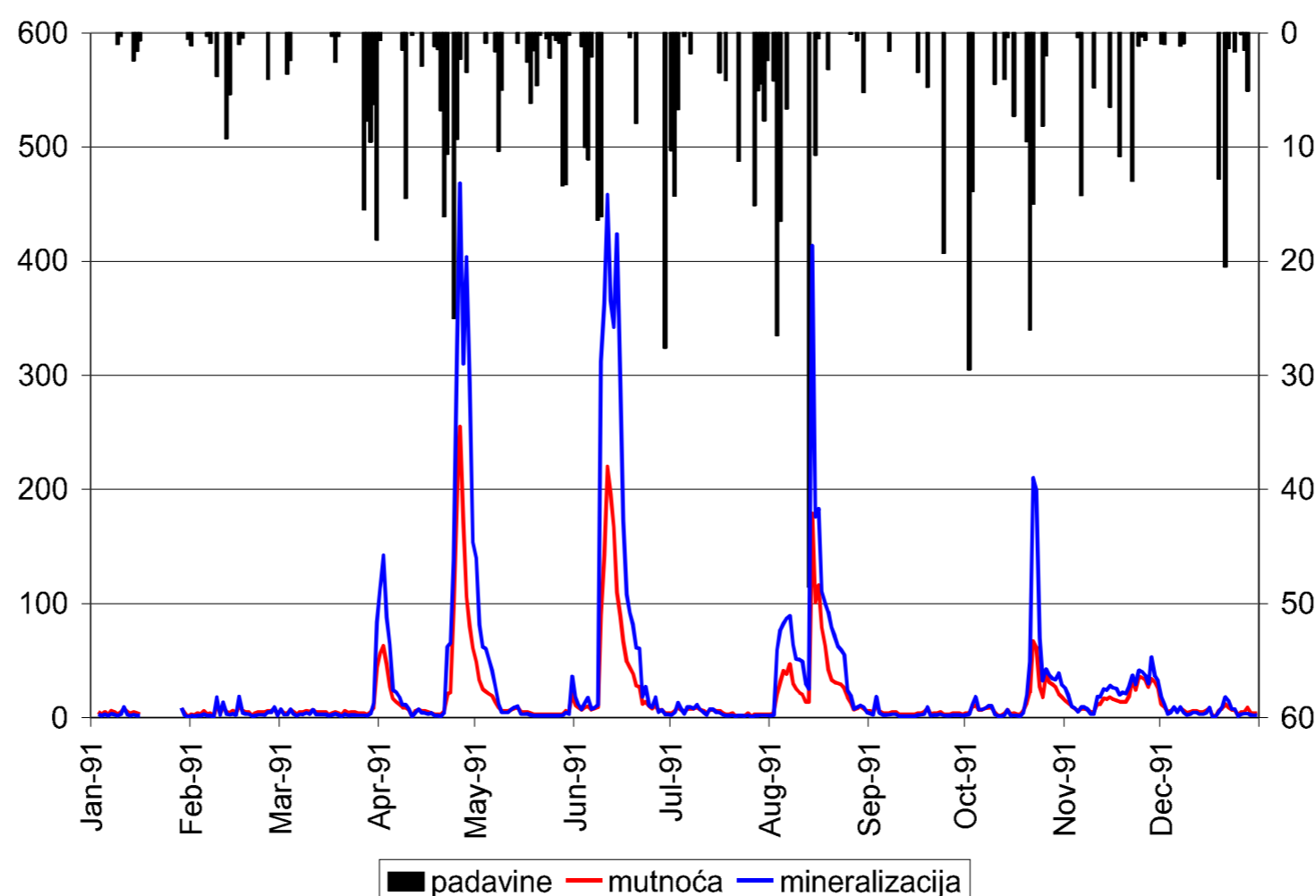
Slika 4: Kroskorelogram vrela Banje [6]

UTICAJ PADAVINA NA KVALITATIVNE PARAMETRE KARSTNIH IZDANSKIH VODA

Slična situacija je i sa pojedinim kvalitativnim parametrima podzemnih voda čiji režim je uslovljen takođe pluviografskim režimom koji je karakterističan za slivno područje koje drenira karstno vrelo. Dakle, tokom padavina jakog intenziteta ili dugotrajnih padavina jačih ili srednjih intenziteta dolazi do intenzivnijeg prihranjivanja podzemnih voda pa samim tim i do porasta nivoa podzemnih voda čime se stvara veći hidrostatički pritisak. Kao posledica ovoga duž predisponiranih pravaca kretanja (kaverni, kanala, pukotina) voda u podzemlju dobija turbulentni tok tečenja. Ovako kretanje podzemnih voda pokreće istaloženi suspendovani nanos koji je u prethodnom periodu voda unela u podzemlje ali zbog malih brzina kretanja tokom sušnog perioda je došlo do istaložavanja ovog materijala u kavernama i kanalima (slika 5a). Ovo pokretanje istaloženog materijala usled padavina jačeg intenziteta izaziva pokretanje istaloženog materijala koja uzrokuje pojavu замуćenja karstnih vrela (slika 5b). Ako su vrela kaptirana, tokom ovog perioda kada dolazi do замуćenja, vode ovih karstnih vrela se izbacuju iz sistema za vodosnabdevanje dok mutnoća voda ne opadne na dozvoljeni nivo (slika 6).



Slika 5: Šematski prikaz kretanje vode kroz kaverne i kanalski sistem u karstnom masivu: a - tokom sušnog perioda kretanje je sporo laminarno (dolazi do istaložavanja u kanalima suspendovanog materijala), b - tokom kišnog perioda kretanje je turbulentno (pokreće istaložen materijal koji uzrokuje pojavu замуćenja voda karstnog vrela) (prerađeno [9])

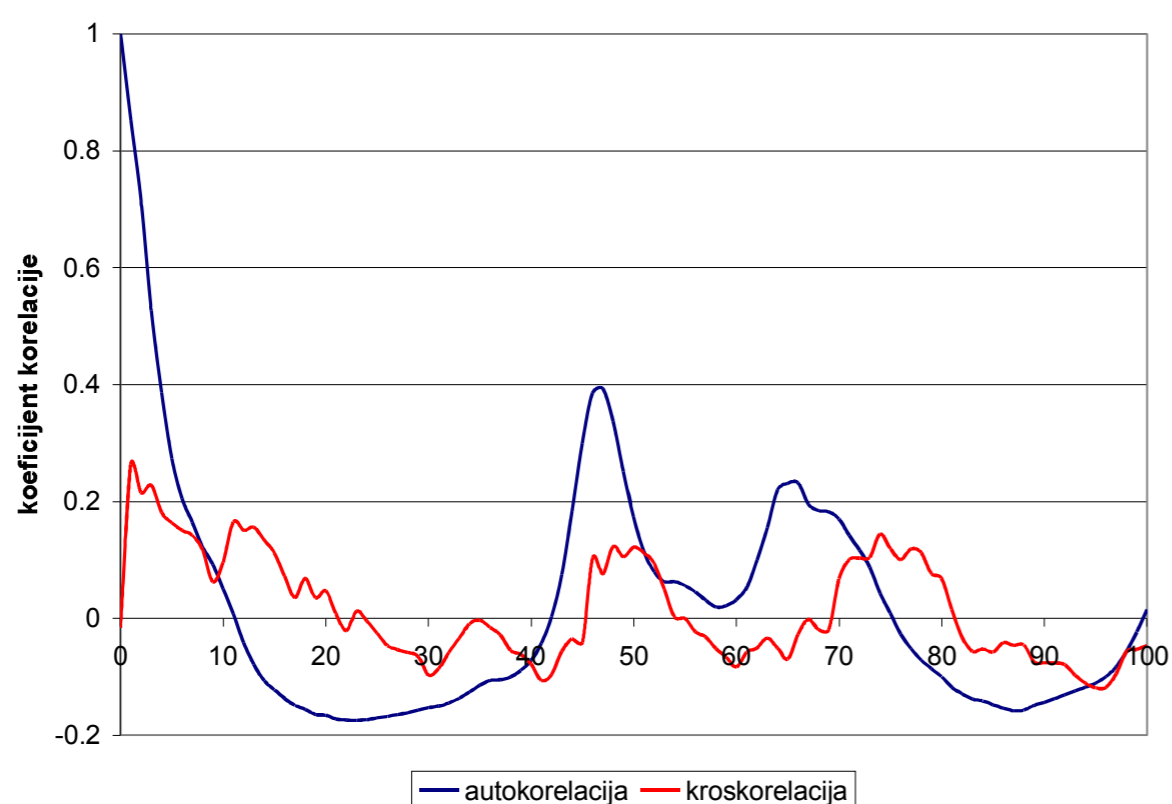


Slika 6 Uporedni dijagram mutnoće u vodama karstnog vrela Banja i padavina zabeleženih na slivu za 1991. godinu

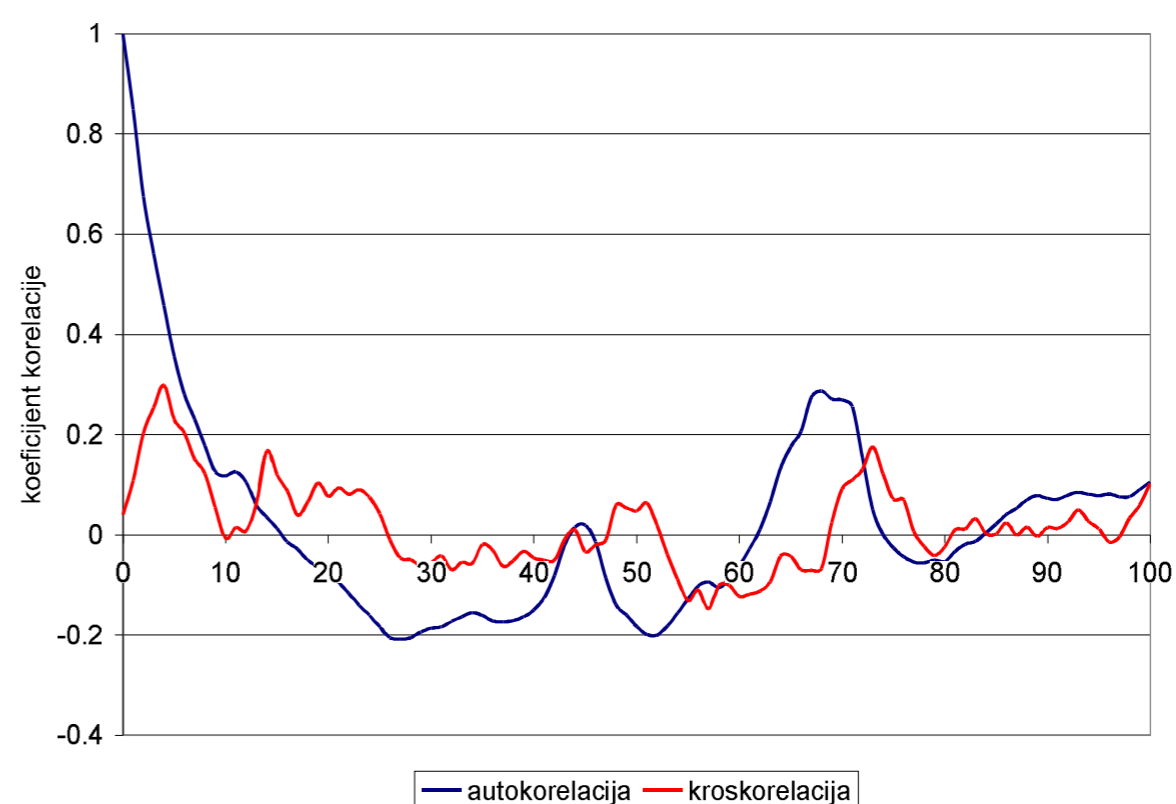
Ukoliko na slivnoj površini postoji kontaminacija, tokom perioda sa padavinama, voda prispela na površinu terena dolazi u kontakt sa zagađivačima, pokreće mikročestice i/ili rastvara zagađivače i odnosi ih sa sobom u podzemlje. Na ovaj način mogu dospeti i bakterije u podzemlje. U kojoj meri je ukupan broj bakterija uslovljen pluviografskim režimom govori slika 1. O režimu mutnoće i ukupnog broja bakterija u karstnim vodama i njihovoj uslovljenosti režimom padavina takođe nam mogu pomoći auto i kroskorelacione analize. U ovu svrhu na slikama 7 i 8 dati su uporedni dijagrami auto i kroskorelacionih analiza mutnoće i ukupnog broja bakterija.

Oba autokorelograma (slika 7 i 8) nam govore da memorija je relativno kratka, odnosno da autokorelisanost podataka ide do 8, odnosno 9 dana (memorija sistema se smatra da postoji do trenutka do kada koeficijent korelacije ima vrednost iznad 0.2 [7] dok po Jukiću [8] sistem ima memoriju sve dok je koeficijent korelacije ima pozitivnu vrednost $r > 0$).

Sa druge strane kroskorelogrami ukazuju da uticaj padavina na porast mutnoće karstnog vrela Banje je nakon 1 dana dok pik bakterija u ovom karstnom vrelu se javlja nakon 4 dana. Jedna od razloga je svakako činjenica da nakon obilnih padavina dolazi do povećanja nivoa podzemnih voda, odnosno stvaranja većeg hidrostatičkog pritiska usled čega dolazi do formiranja turbulentnog kretanja vode u podzemlju i pokretanja istaloženog materijala u kavernama i pukotinama. Sa druge strane, bakterijama koje je pokrenuo površinski tok i koje su dospele u podzemlje, potrebno je više vremena da pređu put u podzemlju i da dospeju do karstnog vrela.



Slika 7: Auto i kroskorelogram mutnoće vode vrela Banje za 1991. godinu



Slika 8: Auto i kroskorelogram ukupnog broja bakterija u vodi vrela Banje za 1991. godinu



LITERATURA

- [1] Milanović, P., 1979: Hidrogeologija karsta i metode istraživanja, izd. HE "Trebišnjica", Institut za korišćenje i zaštitu voda na kršu, Trebinje.
- [2] Ristić Vakanjac, V., Stevanović, Z., Čokorilo Ilić, M., 2015: Monitoring karstne izdani, Prvo savetovanje sa međunarodnim učešćem Informacione tehnologije razvoj i primena u unapređenju životne sredine, "IT EKO 2015" (ed. Tanasijević LJ. i Cokić Z.), pp 140-152, Beograd, ISBN: 978-86-80464-00-8, Izdavač: Udruženje klaster komora za zaštitu životne sredine i održivi razvoj, Beograd
- [3] Ristić Vakanjac, V., Golubović, R., Polomčić, D., Čokorilo Ilić, M., Štrbački, J., Bajić, D., Ratković, J., 2017: "Autocorrelation and cross-correlation analyses of total bacteria: Case study of Banja karst spring in Valjevo, Serbia", Proceedings of the national conference with international participation „Geosciences 2017“ pp.145-146. Bulgarian Geological Society Sofia
- [4] Ristić Vakanjac, V., Čokorilo Ilić, M., Milanović, S., Jovanov, K., Vasić, Lj., 2016: Autocorrelation analyses of karst spring discharges regimes, III Congres of geologist of Republic Macedonia with international participant, (ed Sonja Lepitkova and Blažo Boev), Macedonia, Struga, pp. 85-92.
- [5] Ristić Vakanjac, V., Papić, P., Golubović, R., Vakanjac, B., Čokorilo Ilić, M., Jokić, M., 2015: Karst groundwater budget and discharge regime of Banja Spring near Petnica, Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijic", SANU, Vol. 65/1, pp 19-32, ISSN 0350-7599, DOI:10.2298/IJGI1501019R
- [6] Čokorilo Ilić, M., Ristić Vakanjac, V., Milanović, S., Vasić, Lj., Jovanov, K., 2016: Cross-correlation analyses of karst spring discharges, III Congres of geologist of Republic Macedonia with international participant (ed S. Lepitkova and B. Boev), Struga, Macedonia, book 1, pp 77-84
- [7] 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
- [8] Jukic D., 2005: The Role of Transfer Functions in Karst Water Budgeting and Runoff Modeling (in Croatian), Doctoral Thesis, University of Split, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Croatia
- [9] <http://www.iowadnr.gov/Environmental-Protection/Water-Quality/Private-Well-Program/Private-Well-Testing/Contamination-in-Karst>