

SVJETSKI DAN VODA 2017.

**HIDROGEOLOŠKI FAKTORI UTICAJA
POVRŠINSKIH VODA NA IZVORIŠTA PITKE VODE**

Ferid Skopljak & Hazim Hrvatović

Zenica, mart 2017. godine

UVOD

- Površinske vode imaju veliki uticaj na kvantitativni i kvalitativni režim podzemnih voda u odgovarajućim hidrogeološkim i hidrološkim uslovima.
- Posebno je važno pitanje uticaja površinskih voda na podzemne vode ukoliko površinske vode imaju uticaj na izvorišta pitke vode.
- Uticaj površinskih voda na izvorišta pitke vode, u najvećoj mjeri, zavisi od:
 - Hidrogeoloških karakteristika terena,
 - Tipa akvifera,
 - Hidroloških odlika površinskih voda,
 - Klimatskih prilika, i
 - Ljudskih aktivnosti u slivnom području površinskih voda i zoni prihranjivanja izvorišta.
- U cilju definiranja uticaja površinskih voda na izvorišta pitke vode potrebno je definirati navedene prirodne i vještačke faktore, te kroz monitoring površinskih i podzemnih voda pozitivni uticaj održavati na optimalnom nivou, a svaki negativni uticaj smanjiti na najmanju moguću mjeru.
- U ovom radu su ukratko, i za bolje razumijevanje ove problematike, slikovito prikazani hidrogeološki faktori uticaja površinskih voda na izvorišta pitke vode; zatim je dato nekoliko primjera uticaja površinskih voda na izvorišta pitke vode, te naveden osnovni koncept monitoringa površinskih i podzemnih voda koji je potrebno obezbjediti u cilju definiranja i kontrole uticaja.

HIDROGEOLOŠKI FAKTORI

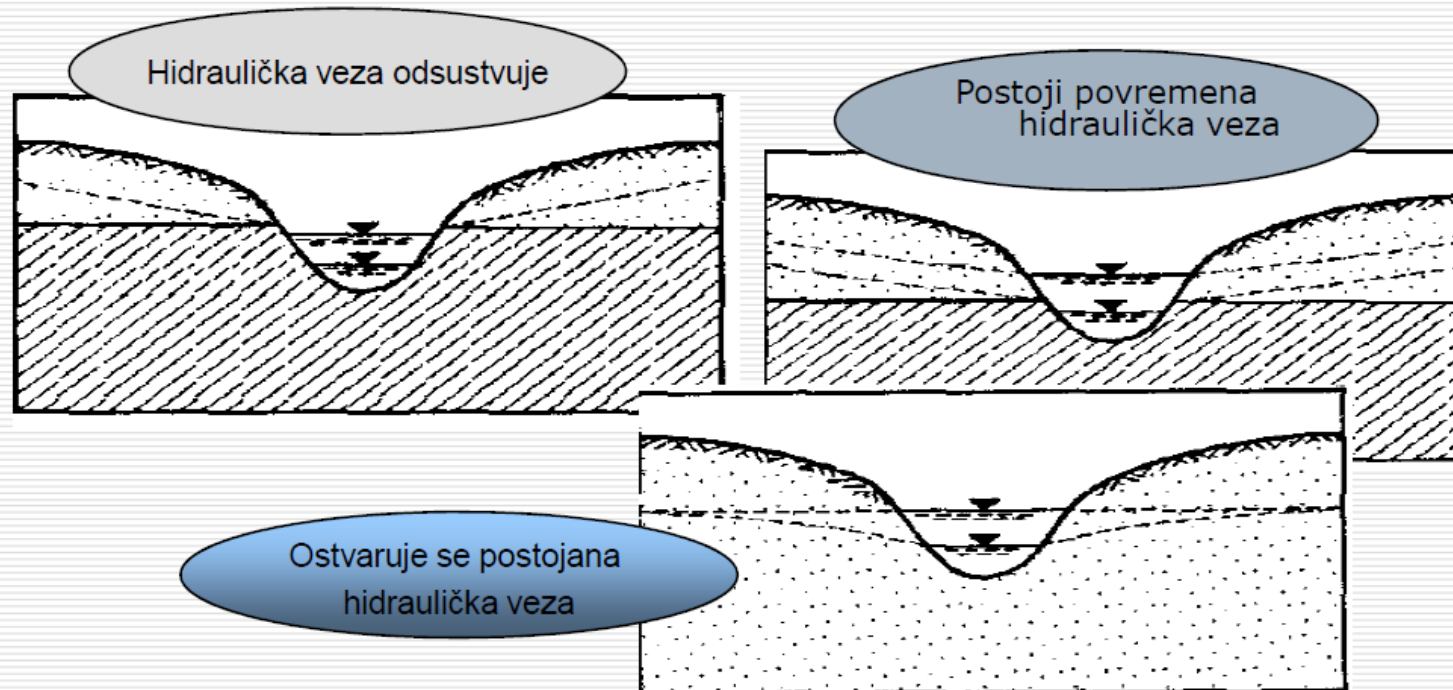
■ Hidrogeološke karakteristike terena

■ Hidrogeološke karakteristike terena imaju možda najveći značaj za definiranje uticaja površinskih voda na podzemne vode, odnosno izvorišta pitke vode. Tim prije što od hidrogeoloških karakteristika terena, odnosa propusnih i nepropusnih stijena, položaja akvifera u odnosu na atmosferske i površinske vode, uslova prihranjivanja, propusnosti i hidrogeoloških parametara zavisi egzistiranje akvifera, obnavljanja njegovih rezervi i stanje kvaliteta podzemnih voda. Također, kada je riječ o površinskim vodama, sa hidrogeološkog aspekta, veoma je važno u kakve stijene je rijeka usjekla svoje korito (propusne ili nepropusne), kakav je položaj rijeke u odnosu na akvifer, kakav je hidraulički odnos rijeke i akvifera, kakve su geomorfološke odlike korita (meandri, zavoji, i dr.), da li rijeka prihranjuje akvifer ili ga drenira, kako i pri kojim hidrološkim uslovima se to dešava, mijenja ili ne mijenja, i uolikoj mjeri ?

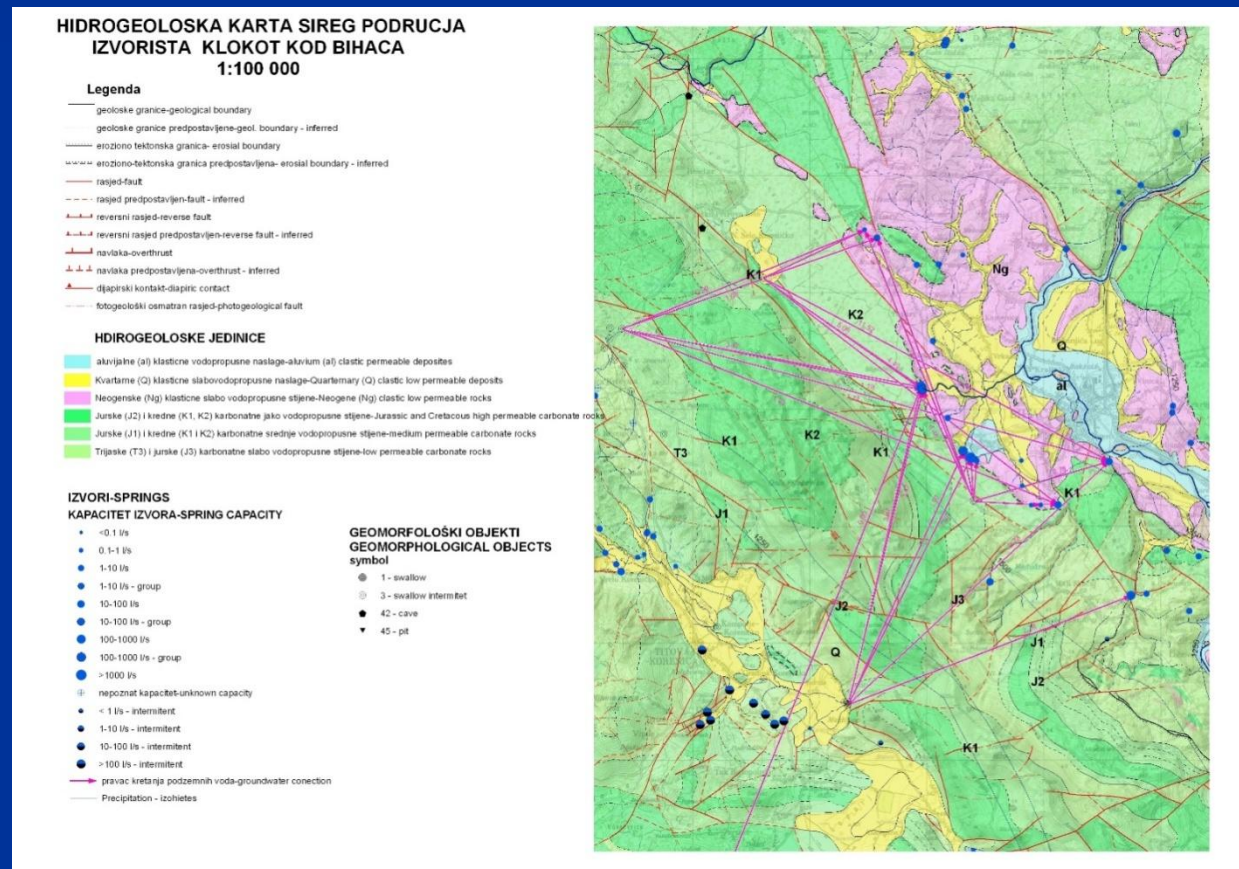
U osnovi se uticaj površinskih voda na podzemne vode zasniva na slijedećoj hidrogeološkoj šemi:

- 1) hidraulička veza ne postoji;
- 2) hidraulička veza povremeno postoji; i
- 3) postoji stalna hidraulička veza.

Osnovne šeme uzajamnog odnosa podzemnih i površinskih voda:



- Hidrogeološke karakteristike terena definiraju se na osnovu hidrogeološkog kartiranja terena.
- **Rezultati hidrogeološkog kartiranja prikazuju se na hidrogeološkoj karti** koja sadrži: litostratigrafske jedinice i formacije; hidrogeološka svojstva formacija (akviferi, barijere); propusnost i vrstu poroznosti, transmisivnost, okršenost i izdašnost; podatke o akviferima, hidrogeološke parametre, dubine do akvifera i prostiranje značajnijih akvifera; hidrogeološke i površinske vododijelnice, pretpostavljene pravce toka podzemnih voda, podzemno-vodne veze, hidroizohipse i hidroizopieze, hemijska svojstva podzemnih i površinskih voda, vodne objekte, bunare (kopane i bušene), istražne bušotine, vodozahvate podzemnih voda, vodne pojave, izvore, pištevine, geomorfološke pojave, ponore, pećine, jaruge, topografske podatke, reljef, naselja, ceste, rijeke, potoke, jezera, i drugo.



Tip akvifera

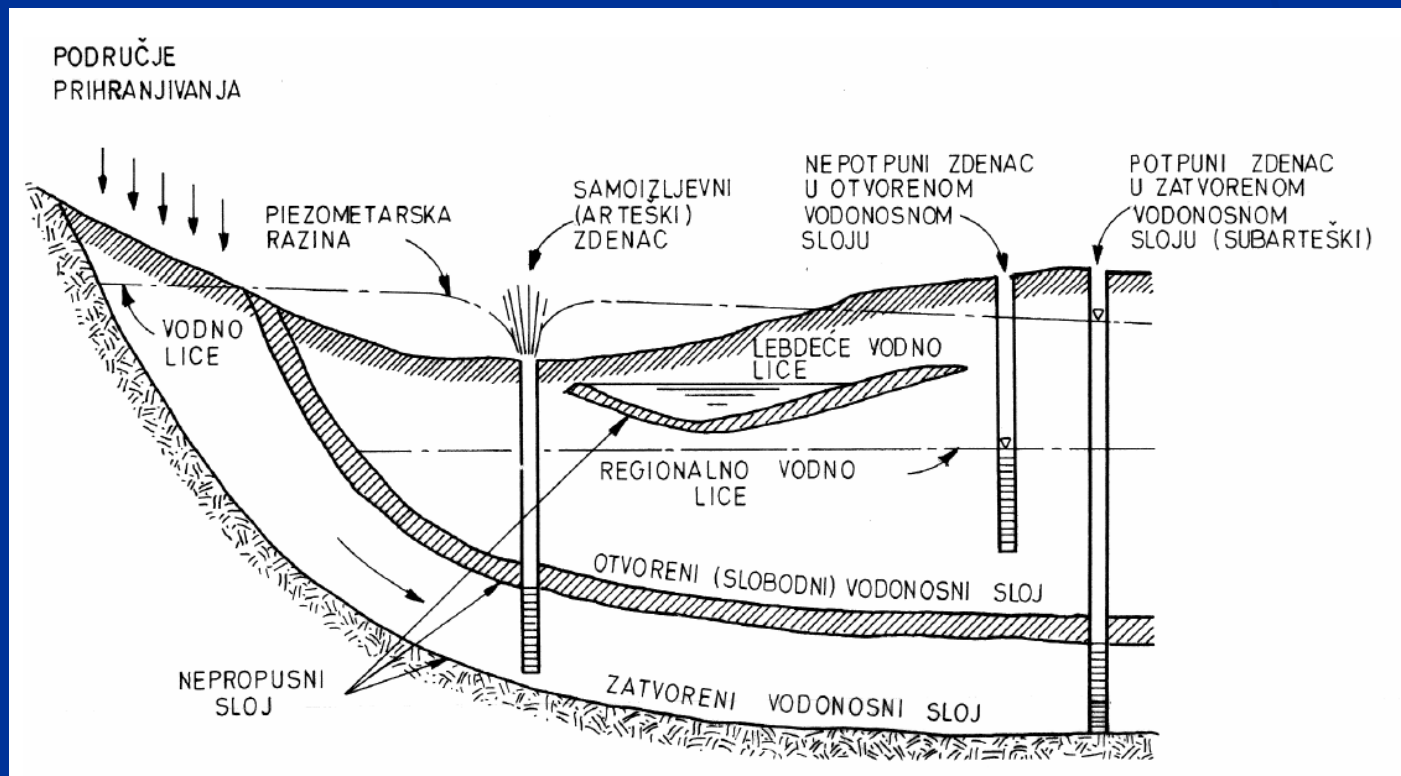
Uticaj površinskih voda na podzemne vode i izvorišta pitke vode u mnogome zavisi od tipa akvifera, a posebno:

- otkrivenosti akvifera prema atmosferi,
- hidrodinamičkog karaktera nivoa podzemnih voda, i
- tipa akvifera.

Na osnovu *otkrivenosti akvifera* u odnosu na atmosferu akviferi su, najčešće, podijeljeni na:

- otvorene, i
- zatvorene.

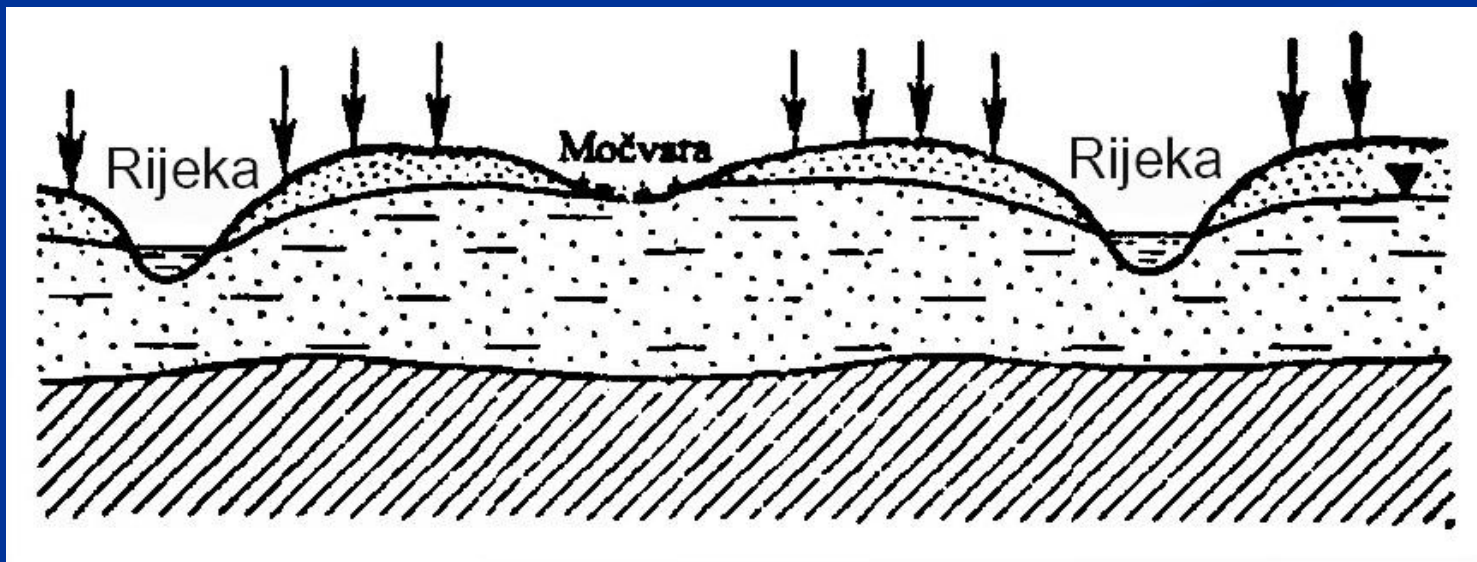
Uticaj površinskih voda na izvorišta pitke vode je značajno veći u otvorenim i znatno manji u zatvorenim tipovima akvifera.



Na osnovu *hidrodinamičkih karakteristika* nivoa podzemnih voda, akviferi se dijele na:

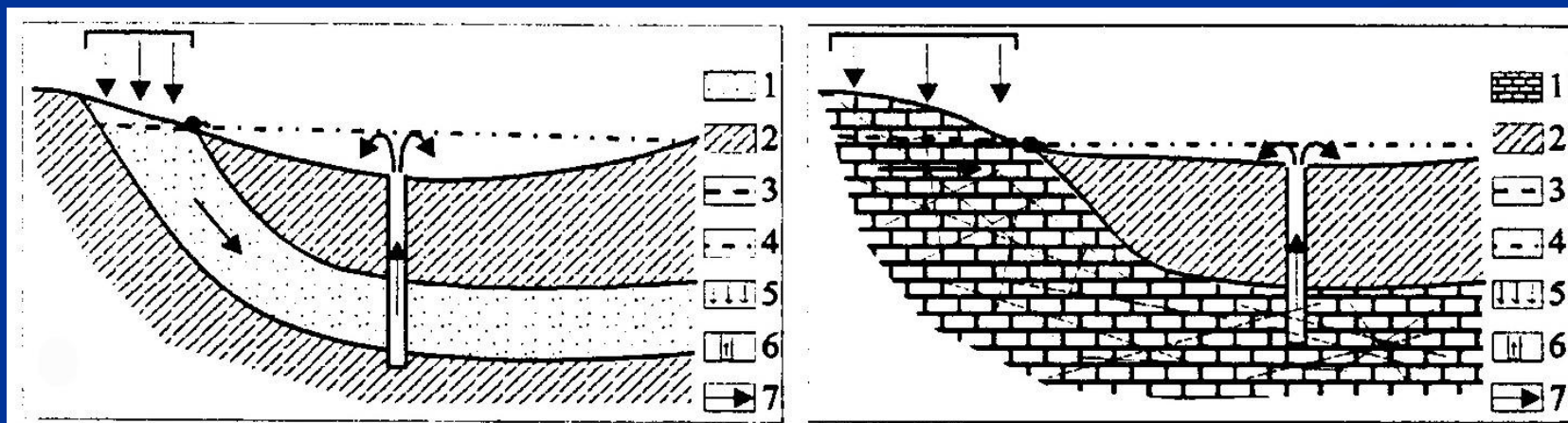
- akvifere sa slobodnim nivoom, i
- akvifere sa nivoom pod pritiskom.

Akviferi sa slobodnim nivoom su najčešće veoma podložni uticaju površinskih voda jer su preko zone aeracije povezani sa atmosferom. Široko su rasprostranjeni u prirodi, a najčešće su formirani u nevezanim kvartarnim naslagama, ali i u ispucalim i karstificiranim stijenama otkrivenih akvifera. Zbog neposredne veze sa atmosferskim i površinskim vodama akviferi sa slobodnim nivoom često podliježu hemijskom, radiološkom i bakteriološkom zagađenju.



Akviferi pod pritiskom imaju dvije bitne karakteristike: a) znatno **stabilniji režim** podzemnih voda je u odnosu na akvifere sa slobodnim nivoom i znatno manje podložan hidrološkim promjenama, i b) podzemne vode akvifera pod pritiskom, u odnosu na akvifere sa slobodnim nivoom, imaju **povoljnije prirodne uvjete zaštite** jer u krovini imaju nepropusne stijene.

Uticaj površinskih voda na podzemne vode akviferu pod pritiskom je skoro zanemarljiv, jer se prihranjivanje vrši samo u izdanačkoj zoni koja je, uglavnom, iznad erozionog basisa rijeke.

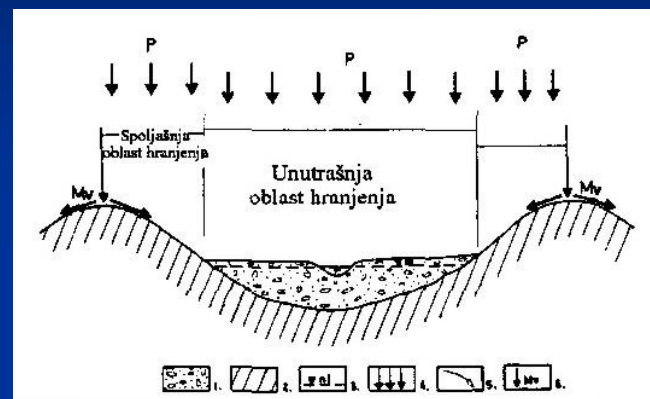


Akviferi se na osnovu *preovlađujuće strukture poroznosti* dijele na tri osnovna tipa:

- akvifere međuzrnske poroznosti,
- akvifere pukotinske poroznosti, i
- akvifere kavernozone poroznosti.

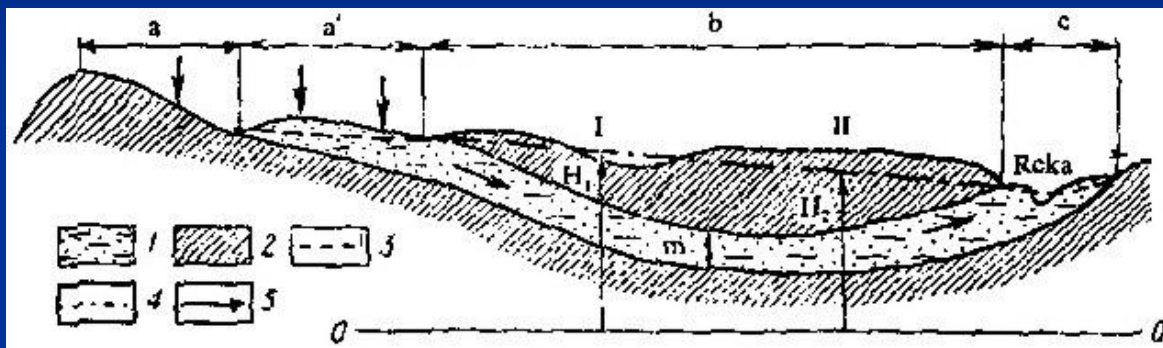
Akviferi međuzrske poroznosti formiraju se u nevezanim stijenama sa preovlađujućom međuzrnskom strukturom poroznosti. To su uglavno stijene kvartarne (aluvijalne), a dijelom neogene starosti. Akviferi mogu biti sa slobodnim nivoom i pod pritiskom.

▪ Akviferi međuzrske poroznosti sa slobodnim nivoom se **najčešće foriraju u širokim riječnim dolinama ispunjenim aluvijalnim nanosom** (šljunak i pijesak).



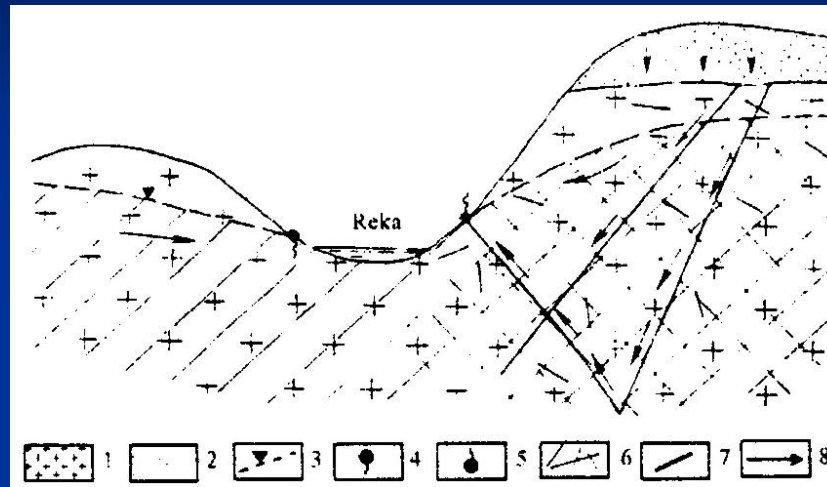
- Prihranjivanje aluvijalnog akvifera ovog tipa je uglavnom od strane površinskih voda, a karakter prihranjivanja je različit, ne samo u zavisnosti od klimatskih i hidrografskih karakteristika regiona, već i različit od sezone do sezone.
- Važno je napomenuti da podzemne vode ovih akvifera, zbog plitkog zalijeganja nivoa i dobre hidrauličke povezanosti sa površinskim vodama, **često podliježu zagađenjima**.
- S druge strane, velika površina rasprostranjenja akvifera, debljina i često dobre filtracione karakteristike aluvijalnih naslaga, kao i dobra hidraulička veza sa površinskim vodama, omogućava formiranje akvifera sa **znatnim rezervama podzemnih voda**.
- Brojni su primjeri ovakvih izvorišta u aluvionu naših rijeka Bosne (izvorišta Sarajevsko polje, Misurići u Maglaj, Havdine i Rudanka u Doboju, Okanovići u Gradačcu, i dr.); Spreče (izvorište Krušik Kalesija, Sprečko polje), Usore (izvorište Kalošević, Jelah i Kraševo); Šibošnice (izvorište Brana u Čeliću); Zujevine (izvorišta flaširane vode Coca-Cola, Akova, Sinalco) i dr.;

- Uticaj površinskih voda na podzemne vode **akvifera međuzrske poroznosti pod pritiskom** je znatno manji nego na akvifere međuzrske poroznosti sa slobodnim nivoom iz razloga što je prihranjivanje u izdanačkoj zoni, a prihranjivanje iz rijeke često otežano zbog pritiska u akviferu.



- Rezerve podzemnih voda su zbog uslova prihranjivanja i dreniranja dosta manje u odnosu na tip ovog akvifera sa slobodnim nivoom, ali je **kvalitet vode najčešće dobar** i stabilan tokom hidrološke godine.
- Odlični primjeri izvorišta ovog tipa su u Doboj Istoku (Klokotnica, Brijesnica Velika i Brijesnica Mala, izvorište Stanari, izvorište Dubošnica kod Lukavca, i dr.).

Akviferi pukotinske poroznosti su razbijenog tipa formirani u čvrstim stijenama (sl.8). Pojavljuju se u različitim intruzivnim i efuzivnim stijenama, metamorfnim stijenama i čvrstim sedimentnim stijenama (pješčari, konglomerati, karbonatne stijene koje nisu karstificirane).

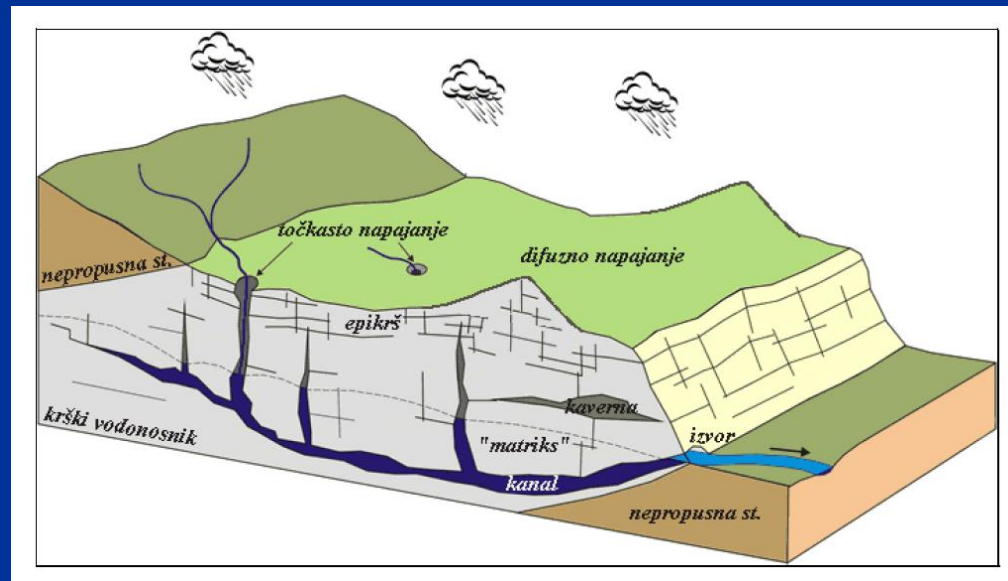


Uticaj površinskih voda na podzemne vode u akviferu pukotinske poroznosti je nešto manji zbog nešto lošijih filtracionih karakteristike akvifera i najčešće anizotropnog rasporeda pukotina u stijenskom masivu gdje često rijeka prihranjuje akvifera samo u određenim dijelovima terena pojačane ispucalosti. **Rezerve podzemnih voda su relativno manje** u odnosu na druge tipove akvifera ali je kvalitet često stabilan tokom cijele hidrološke godine.

Primjeri ovakvih izvorišta su brojni, posebno jer su uglavnom izvorišta relativno male izdašnosti (rijetko više od $Q_{min}=3$ l/s) i dobrog kvaliteta vode kao što su izvorišta manjih vodovodnih sistema u ofiolitnim stijenama na planinama Konjuh, Ozren i Borja; paleozojskog kompleksa Srebrenice, i dr.

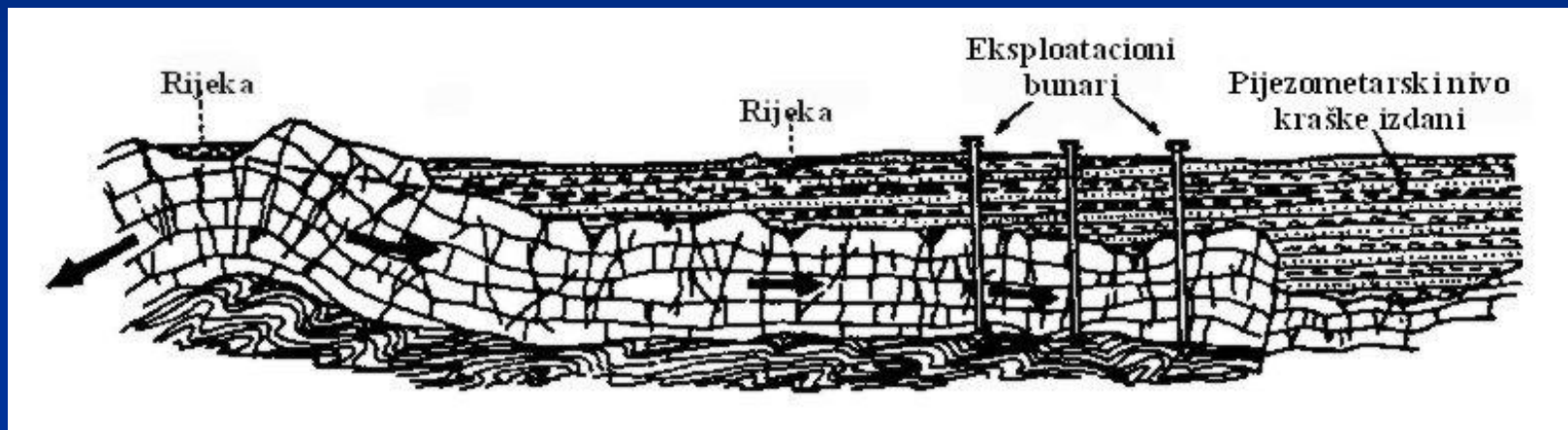
Akviferi kavernozne poroznosti se formiraju u karstificiranim stijenama i, najčešće, u kraškim terenima. U njima se voda sakuplja po šupljinama, kanalima i pukotinama do određenog nivoa čija je gornja granica vodna ploha sa slobodnim nivom, i ističe na kraškim izvorima.

lako je nivo podzemnih voda ovog akvifera često i na dubinama 100 do preko 500 m **uticaj površinskih voda na podzemne vode može biti jako izražen**, a posebno ako se rijeke pojavljuju visoko u kršu. Npr. Rijeka Zalomka u Nevesinjskom polju direktno ponire u Biogradski ponor i pojavljuje se na vrelu Bunice; jezero Salakovac ima veliki uticaj na Salakovačka vrela i izvorišta Studenac u Mostaru; u ponore u Krbavskom polju (Hrvatska) ponire rijeka Krbavica i pojavljuje se na vrelu Klokot u Bihaću, i drugi brojni primjeri.



Akviferi kavernozne poroznosti sa slobodnim nivoom **često podliježu zagađenju**, posebno ukoliko se u zaleđu, koje je uglavnom planinski teren, provode ljudske aktivnosti (Bjelašnica, Igman, Plješevica, Vlačić, Velež, i dr. planine dinarskog krša).

Nešto manji uticaj površinskih voda je na akvifere kavernozone poroznosti pod pritiskom, jer se prihranjivanje vrši samo u izdanačkoj zoni, dok je u zoni zahvatanja bunarima taj uticaj anuliran prisustvom nepropusnih stijena u krovini.



Instruktivni primjeri izvorišta ovog tipa su izvorišta Povelich, Srđevići i Dabrac u općinama Prnjavor i Srbac; izvorišta Vrela i Domažić u Gradačcu, izvorišta oboda Majevice u Brčko distriktu (Islamovac, Zovik, Rahić), izvorište u Sapni, izvorište Sarajevska pivara i Olimpia-Coca Cola u Sarajevu; gdje su zahvaćene podzemne vode pod pritiskom **izuzetno dobrog kvaliteta**.

Za oba tipa akvifera kavernozone poroznosti karakteristično je da sadrže **velike rezerve podzemnih voda** koje su našle veliku primjenu u vodosnabdijevanju i flaširanju.

PRIMJERI UTICAJA POVRŠINSKIH VODA NA IZVORIŠTA PITKE VODE

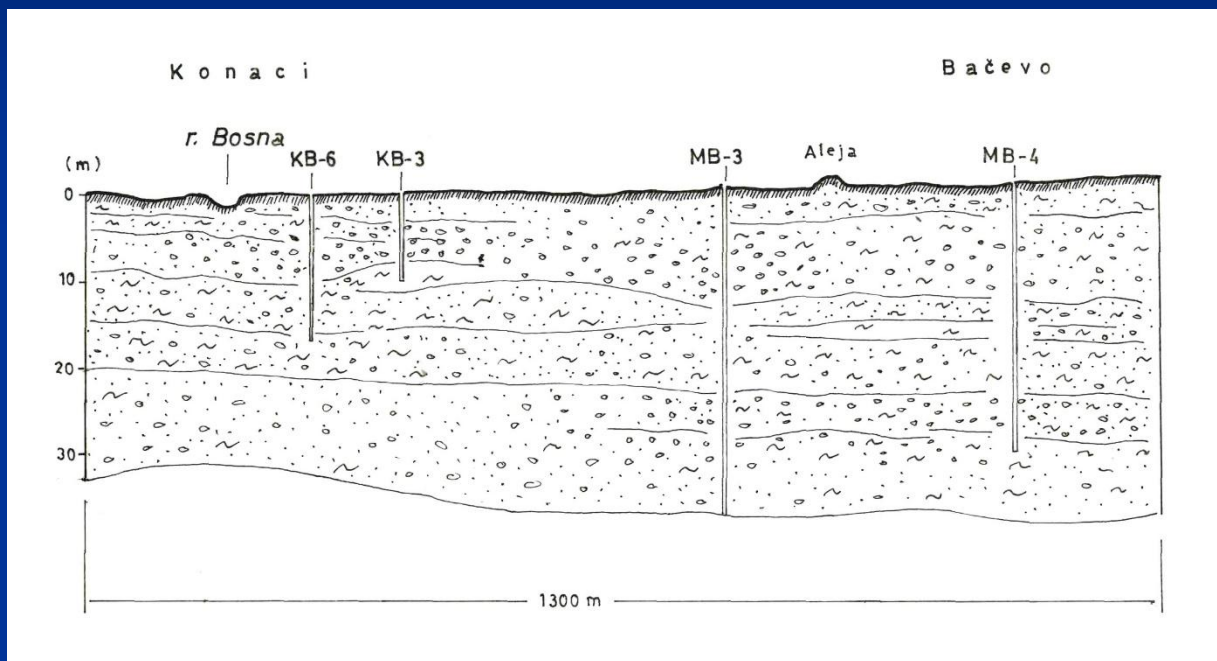
- U Bosni i Hercegovini se nalazi nekoliko većih izvorišta pitke vode koja su pod uticajem površinskih voda. U ovom radu data su dva primjera izvorišta pod uticajem površinskih voda; jedno je „Sarajevsko polje“ najveće izvorište u Bosni i Hercegovini koje se koristi za vodosnabdijevanje Sarajeva, i drugo izvorište u dolini Zujevine koje se koristi za flaširanje pitke vode.

Izvorište Sarajevsko polje

- Izvorište Sarajevsko polje je formirano u aluvionu rijeke Željeznice i Bosne. Prihranjivanje izvorišta vrši se od strane rijeke Bosne, Željeznice i „ranije“, prije regulacije, od strane rijeke Večerice.
- Izvorište Sarajevsko polje obuhvata tri eksploatacione zone: Bačevo-Konaci, Sokolović Kolonija i Stup, u kojima su u funkciji 36 bunara.

a) Bačevo-Konaci

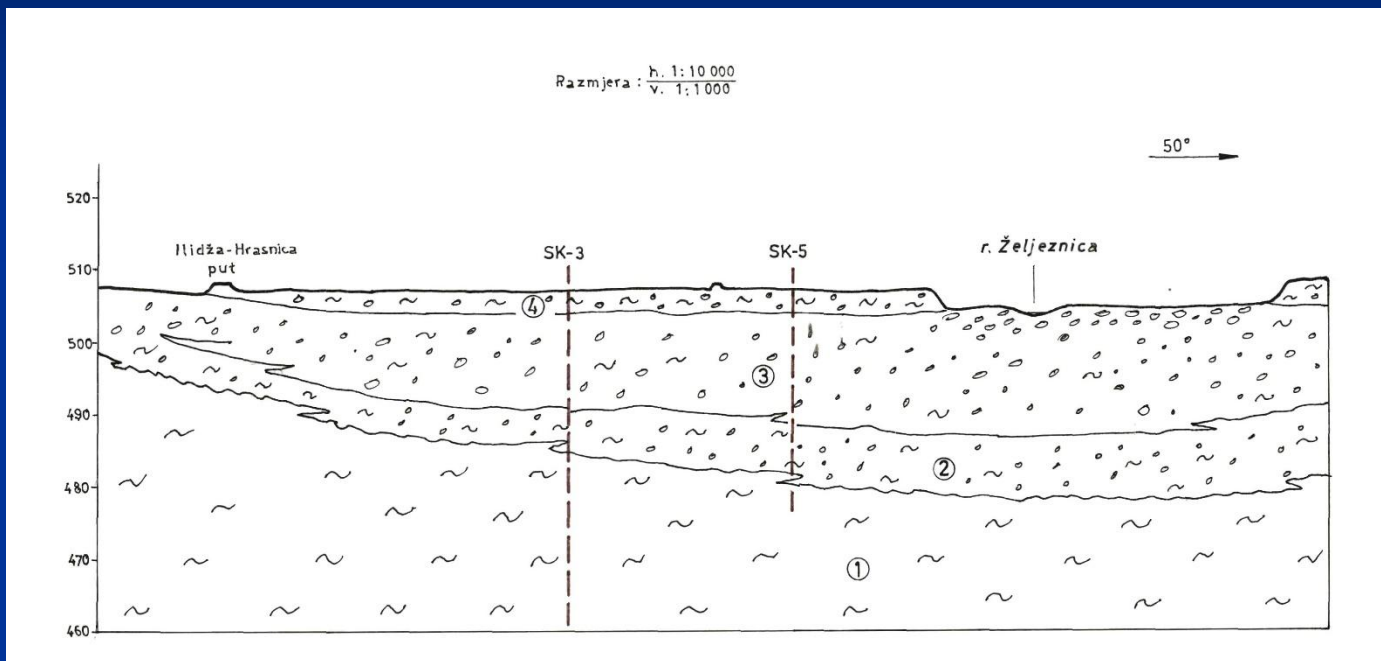
- U rejonu Bačevo-Konaci nalazi se 29 eksploatacionih bunara dubine 9,5 - 43,0 m. Prema podacima iz 2013.godine **ukupna izdašnost aktivnih bunara u ovoj zoni je oko 1.800 l/s**.



- S obzirom da kapacitet eksploatacije izvorišta premašuje prirodno obnovljive rezerve iz rijeka, deficit u količinama se nadoknađuje **vještačkim prihranjivanjem** vodom iz rijeke Bosne (cca 1,2 m³/s) putem infiltracionih kanala i upojnih bunara. **Kvalitet vode ovog izvorišta približno odgovara kvalitetu rijeke Bosne u izvorišnom dijelu i podzemnih voda iz kraškog akvifera Igmana**, ali je primjetno njegovo pogoršanje nakon intenziviranja ljudskih aktivnosti na Igmanu i Bjelašnici.

b) Sokolović Kolonija

- U Sokolović Koloniji se nalazi 4 eksploataciona bunara, dubine 18,0 - 32,0 m ukupne izdašnosti oko 240 l/s.



- Prema raspoloživim podacima postoji jaka zavisnost promjene nivoa podzemnih voda u akviferu od vodostaja Željeznice. Shodno tome rijeka Željeznica u značajnoj mjeri utiče i na bilans vode u izvorištu Sokolović Kolonija (infiltracija u prosjeku oko $1\text{m}^3/\text{s}$), a što se direktno može odraziti i na kvalitet podzemnih voda. Kvalitet vode rijeke Željeznice je veoma loš što pokazuju višegodišnja ispitivanja. Kvalitet podzemnih voda u izvorištu, prema rezultatima ispitivanja iz 2011. godine, je dobar i bez bakteriološkog zagađenja.

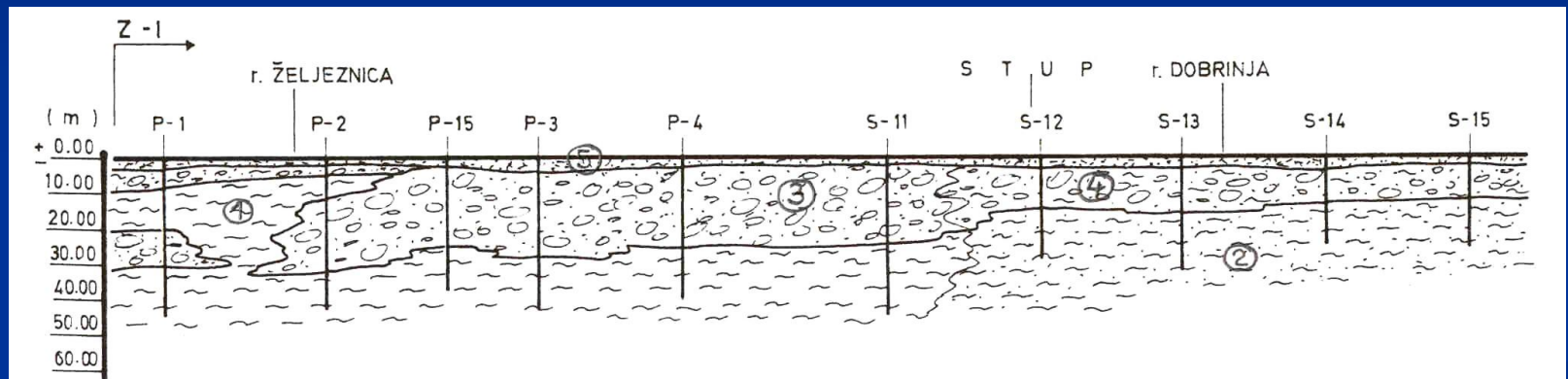
Tabela 1.: Osnovni parametri kvaliteta vode rijeke Željeznice 1996.-2003. godine

Vrelo	Hidr. period	Kondukt. $\mu\text{S/cm}$	pH	KMnO_4	NH_3	NO_2	NO_3	Cl	SO_4	Mn	Fe
				mg/l							
Vrelo Željeznice	01.08.96 sušni	380	7,7	1,18	0,01	0,00	1,20	3,16	11,0	0,00	0,00
Vrelo Željeznice	10.10.96 sušni	382	7,69	1,94	0,19	0,001	1,24	5,19	12,0	0,00	0,00
Vrelo Željeznice	05.06.97 kišni	392	7,70	2,18	1,04	0,001	1,48	6,67	11,0	0,00	0,00
Vrelo Željeznice	11.09.99 kišni	383	7,72	2,10	1,43	0,001	1,56	5,34	11,0	0,00	0,00
Vrelo Željeznice	21.11.03 kišni	380	7,70	2,14	1,03	0,001	1,24	6,19	12,0	0,00	0,00
r.Željeznica Krupac	05.06.97	395	7,74	3,14	5,03	0,001	3,24	8,19	12,0	0,00	0,00
r.Željeznica Krupac	11.09.99 kišni	393	7,89	7,80	10,53	0,023	11,90	12,7	19,59	0,00	1,23
r.Željeznica Krupac	21.11.03 kišni	386	7,94	43,19	34,04	0,043	28,4	67,9	17,0	0,01	5,82
r.Željeznica Sokolovići	05.06.97 kišni	396	7,76	7,18	6,04	0,001	3,48	8,67	12,0	0,00	0,00
r.Željeznica Iliđa	11.09.99 kišni	387	7,80	7,82	10,92	0,023	9,65	11,3	16,8	0,00	1,23
r.Željeznica Iliđa	21.11.03 kišni	389	7,82	44,0	31,77	0,035	21,78	69,6	17,65	0,00	3,42

- Kako se vidi jako je izražena tendencija **zagađivanja rijeke Željeznice** od izvorišta do Iliđe, a posebno nizvodno od Krupca. Slična je situacija i prema rezultatima ispitivanja iz 2011. godine. To može predstavljati i **predstavlja stalnu opasnost za narušavanje kvaliteta vode izvorišta Sokolović Kolonija**, te je shodno tome potrebno pravovremeno preduzeti odgovarajuće mjere zaštite, između ostalog i odgovarajući monitoring.

c) Izvorište Stup

- U rejonu Stupa nalazi se izvorište sarajevskog vodovodnog sistema koje se prihranjuje vodom rijeke Željeznice i Dobrinje. Debljina aluvijalnih naslaga na Stupu je oko 22 m. Eksploatacija vode se vrši na 3 bunara ukupne izdašnosti oko 75 l/s.



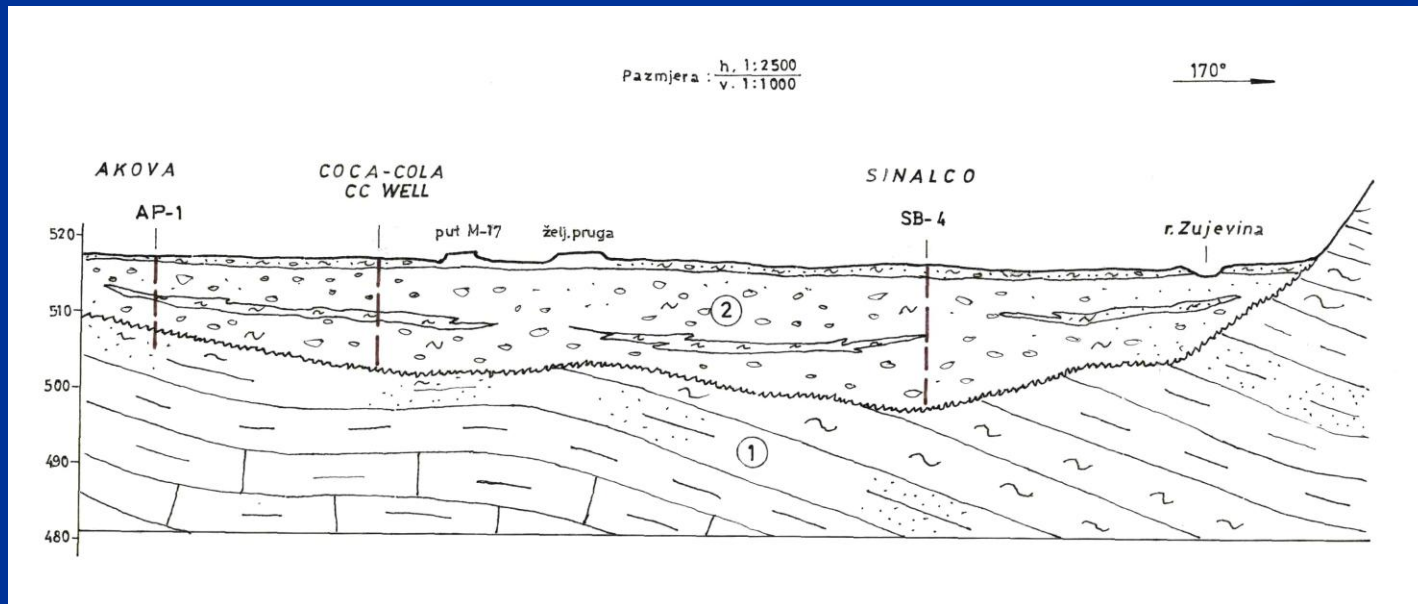
- Kvalitet površinskih voda Željeznice i Dobrinje je veoma loš, što može imati loše posljedice na kvalitet podzemnih voda u izvorištu Stup.

Kako se vidi iz izloženog, uticaj površinskih voda na podzemne vode izvorišta Sarajevsko polje je veoma izražen, kako kvantitativno, tako i kvalitativno, što je potrebno imati u vidu u narednom periodu i ukazuje da urgentno treba početi provoditi mjere zaštite i odgovarajući monitoring.

Izvorišta u dolini Zujevine

•Izvorište pitke vode relativno manjih razmjera formirano je u aluvionu u dolini Zujevine, između Hadžića i Blažuja. Akvifer debljine 7 - 16 m izgrađuju šljunak, pijesak i drobina, u čijoj podini su nepropusne stijene fliša gornje krede. Ležište se prihranjuje infiltracijom vode iz rijeke Zujevine. Nivo podzemnih voda u izvorištu (akviferu) je slobodan.

•Eksploatacija podzemnih voda vrši se na nekoliko bušenih bunara, dubine 14-20 m, izvedenih za potrebe Općine Hadžići, te kompanija "Coca-Cola", "Sinalco" i "Akova-Ovako". Pojedinačna izdašnost bunara je 15-20 l/s. **Kvalitet podzemnih voda je zadovoljavajući**, iako, zbog pripovršinskog položaja ležišta, postoji mogućnost njihovog zagađenja.



- Voda rijeke Zujevine i podzemne vode u izvorištu "Ovako" imaju veoma sličan sastav, a prisutne su određene razlike u sadržaju hidrokarbonata i sulfata .

Tabela 2. Uporedna analiza vode rijeke Zujevine i izvorišta Ovako

Joni	Bunar OB-1 Ovako			Rijeka Zujevina		
	mg/l	mg.ekv./l	%mg.ekv.	mg/l	mg.ekv./l	%mg.ekv.
Kationi						
Ca	84	4,19	70,65	85	4,24	70,08
Mg	21,2	1,74	29,34	22,0	1,81	29,91
Suma:	105,2	5,93	99,99	107,0	6,05	99,99
Anioni						
HCO ₃	273	4,47	79,25	235	3,85	57,63
SO ₄	45,0	0,93	16,50	125	2,60	38,92
Cl	8,5	0,24	4,25	8,1	0,23	3,44
Suma:	326,5	5,64	100,0	368,1	6,68	99,99

Voda u izvorištima je bakteriološki ispravna !! Bakteriološka ispravnost podzemnih voda u izvorištu, i pored otežanih uvjeta zaštite je, najvjerojatnije, rezultat odsustva stalnog izvora zagađenja (urađen kanalizacioni sistem), izuzetno malih brzina toka podzemnih voda, te dugog vremena zadržavanja vode u podzemlju i mogućeg razvoja procesa autopurifikacije.

MONITORING POVRŠINSKIH I PODZEMNIH VODA

U cilju definiranja i kontrole uticaja površinskih voda na izvorišta pitke vode potrebno je uraditi i kroz monitoring provoditi slijedeće:

- 1) Definirati hidrogeološke karakteristike terena (hidrogeološka karta, definiranje akvifera u planu i profilu, definiranje graničnih uslova, uslova prihranjivanja i dr.),
- 2) Izvršiti i kontinuirano provoditi hidrološka mjerenja i osmatranja površinskih voda,
- 3) Definirati optimalni kapacitet izvorišta uz optimalna sniženja i radijuse depresije, i dr.),
- 4) Kontinuirano provoditi hidrogeološka osmatranja nivoa podzemnih voda,
- 5) Definirati i kontinuirano pratiti fizičko-hemijske, bakteriološke, hidrobiološke i radiološke karakteristike površinskih i podzemnih voda, i
- 6) Izvršiti izbor odgovarajuće opreme za monitoring.

Ciklus kruženja vode u prirodi

