

CCA - 102

543.3(497.1):550.4

Prilog poznavanju bosanskih kiseljaka

Geokemijska studija

S. Miholić i K. Mirnik

Balneološko-klimatološki institut Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb

Primljeno 3. lipnja 1957.

Osim termalnih vrela javlja se u Bosni duž rasjeda i znatan broj kiseljaka. Njihova vodena komponenta vadoznog je podrijetla i ne prodire duboko u zemlju. Ugljikov dioksid naprotiv dolazi iz većih dubina, a postanak mu je vezan na erupcije diabaza, andezita i dacita, vjerojatno kredine starosti. Ugljikov dioksid stvoren reakcijom $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$ akumulira se u poroznim slojevima, koji leže pod nepropusnim naslagama, pa sad pomalo prodire na površinu stvarajući na mnogo mjesta kiseljake. Njihov radioaktivitet ovisan je o starosti sedimenta, iz kojih izviri, pa je znatno veći kod voda, koje dolaze iz karbonskih i kredinih slojeva. Detaljno istraženi su kiseljaci: Blažuj, Slatina Iliđza, Orahovica, Sočkovac, Bokarić, Jasenički kiseljak, Kuljenovci, Dabravine, Bogušići i Jabuka.

Bosanski se kiseljaci javljaju obično duž rasjeda. Na busovačkom rasjedu, koji u NW-SE smjeru prati podnožje bosanskog škriljavog gorja leže kiseljaci: Blažuj, Kiseljak, Bjelalovac, Klokoti i Busovača. Sjeveroistočni rub bosanske serpentinske zone obilježavaju kiseljaci: Slatina Iliđza, Vručica, Tešanjski kiseljak, Orahovica i Rječica. Iza poprečnog N-S rasjeda, koji ide dolinom Bosne, zahvaća serpentinska zona dalje prema sjeveru. Duž njenog sjeveroistočnog podnožja teče drugi paralelni rasjed sa kiseljacima Sočkovac, Bokarić i Jasenički kiseljak. Konačno se na poprečnim rasjedima nalaze: Kuljenovci, Dabravine, Prača, Bogušići i kiseljaci na Jabuci.

Osim Slatine Iliđe (40.9°C) i Vručice (29.4°C) temperatura svih ostalih kiseljaka ne prelazi srednju godišnju temperaturu mjesta, na kome izviri, pa moramo pretpostaviti, da se mineralizacija voda vrši u blizini površine i da samo ugljikov dioksid dolazi kroz rasjed iz većih dubina. Njegovo podrijetlo moramo tražiti u pojavama diabaza, za koje F. Katzer¹ drži, da su trijadički, te andezita i dacita dalje prema sjeveroistoku, koje E. Tietze² smatra terci-jarnim. Geokemijski momenti govore međutim za to, da bi jedni i drugi mogli biti kredine starosti (Cinak preteže nad olovom u metalizaciji mineralnih voda dotičnih područja, premda inače prema oskudnim podacima, koji su dosad objavljeni, i cinak i olovo u sedimentima dolaze u gotovo istoj količini t. j. oko 30 mg/kg³). Ti se eruptivi javljaju na mnogo mjesta i u bosanskom škriljavom gorju i u serpentinskoj zoni. Po svom karakteru ugljikov je dioksid freatičan t. j. nastao reakcijom $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$ u velikim dubinama i kod visoke temperature⁴.

Ako pretpostavimo kredinu starost spomenutih eruptiva, teško je zamisliti, da ta reakcija teče još danas. Ali ako uzmemo, da se stvoreni ugljikov dioksid nagomilao u poroznim slojevima (permski i donjo-trijadički pješčenjaci), koji leže pod teže propusnim slojevima, imali bi u tim akumulacijama izvor ugljikovog dioksida, koji i danas polako prodiere na površinu. Slični su odnosi naročito dobro proučeni i opisani u Njemačkoj, gdje stvaraju i tehnički važna nalazišta ugljikovog dioksida (K. Fricke⁵).

Usku povezanost kiseljaka sa geološkim slojevima, koji su blizu površini, pokazuje i njihov kemijski sastav. Dok vrela, koja izvire iz trijadičkih vapnenaca i dolomita sadrže u glavnom kalcijev hidrokarbonat (Kiseljak $3.296 \text{ g/kg Ca(HCO}_3)_2 = 55.4\%$ ukupne mineralizacije, Dabravina $1.891 \text{ g/kg Ca(HCO}_3)_2 = 88.7\%$ u. m.), dotle vrela iz serpentina sadrže pretežito ili magnezijev hidrokarbonat (Bokarić $1.348 \text{ g/kg Mg(HCO}_3)_2 = 60.1\%$ u. m.) ili željezni hidrokarbonat (Sočkovac $0.3488 \text{ g/kg Fe(HCO}_3)_2 = 67.4\%$ u. m.).

Ponovno je potvrđena i veza, koja postoji između radioaktiviteta voda i starosti slojeva, iz kojih one izvire.⁶ Pokazalo se i ovdje, da vode, koje izvire iz karbonskih ili kredinih slojeva imaju veći radioaktivitet od onih, koje dolaze iz slojeva, koji pripadaju drugim geološkim formacijama, kako se to vidi iz tabele I. Kako je stratigrafski položaj serpentina još uvijek prijeporan, dan je on u tabeli kao takav.

TABLICA I

Vrelo	Geološka starost izvorišta	T C°	Slobodan CO ₂ g/l	Radioaktivitet	
				Mache-ove jedinice	nC/l
Blažuj	Trijas	16.5	1.390	1.672	0.6085
Kiseljak	Trijas	12.2	1.918	0.278	0.101
Klokoti	Karbon	17.8	0.7427	10.26	3.74
Busovača	Oligocen	12.8	1.346	0.6702	0.2497
Slatina Ilidža	Kreda	40.9	1.616	9.519	3.465
Vrućica	Serpentin	29.4	1.107	0.7609	0.2770
Orahovica	Serpentin	17.3	1.830	0.1940	0.0723
Rječica	Serpentin	15.1	1.276	0.3720	0.1354
Sočkovac	Serpentin	16.1	1.962	0.3503	0.1274
Bokarić	Serpentin	13.2	1.346	0.6412	0.2334
Jasenički kiseljak	Eocen	7.5	1.540	1.358	0.4943
Kuljenovci	Oligocen	14.0	1.144	1.174	0.4273
Dabravina	Trijas	17.1	1.542	0.4050	0.1474
Prača	Karbon	14.5	1.439	3.929	1.430
Bogušići	Karbon	15.2	2.077	13.52	4.920
Jabuka	Karbon	9.9	1.361	3.473	1.264

Kod analize upotrebljene su klasične metode⁷. Hidrokarbonat-ion izračunan je iz diferencije zbroja kationa i zbroja ostalih analizom određenih aniona. Metoda za određivanje slobodnog ugljikovog dioksida opisana je na drugom mjestu⁸. Na istom mjestu prikazana je i metoda, po kojoj je određen radioaktivitet mineralnih voda.

Detaljno istraženi su slijedeći kiseljaci:

1. *Blažuj*. Vrelo leži kod mjesta Blažuj, ispod planine Igman, sjeverno od željezničke pruge na 43°50'22" sjev. širine i 18°16'11" ist. dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 495 m (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6460). Vrelo je kaptirano drvenom okruglom kaptažom nalik na badanj. Kaptaža je pokrivena drvenim poklopcem, a taj zemljom i travom. Iz kaptaže ističe voda na cijev.

Istraživanja izvršena su 22. rujna 1955. Temperatura vode bila je 16.5°C, a njezin radioaktivitet 1.672 MJ = 0.6085 nC/l.

Voda je bistra, bez boje i mirisa, okusa kiselo-slana. Reakcija jako alkalična (lakmus); pH = 8.5.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza I na str. 447.

ANALIZA I.

Blažuj

Spec. težina: 1.00440 (kod 0°/0°C)

Temperatura: 16.5°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postocima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na')	0.1111	4.833	4.833	Na 6.351
Kalija (K')	0.005643	0.1443	0.1443	K 0.322
Kalcija (Ca ⁺⁺)	0.3826	9.545	19.090	Ca 21.84
Magnezija (Mg ⁺⁺)	0.1064	4.375	8.750	Mg 6.080
Aniona:				
Klora (Cl')			32.82	Cl 7.897
Sulfata (SO ₄ ^{''})	0.1382	3.898	3.898	SO ₄ 16.97
Hidrokarbonata (HCO ₃ ')	0.2969	3.091	6.182	CO ₃ 38.97
	1.388	22.74	22.74	SiO ₂ 1.039
Koloidno otopljenih oksida:			32.82	Al ₂ O ₃ 0.400
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.01818	0.3026		Fe ₂ O ₃ 0.126
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00699	0.0686		100.00
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.00220	0.0138		Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Ukupno:	2.456	49.01		1.750
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	1.750			
Isparni preostatak:	1.836			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	2.209			
Nađeno analizom:	2.239			
Slobodan CO ₂	1.390			

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav: kalcij, magnezij, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija N/1000 = 65.6; Ca 19.1; Mg 8.8; HCO₃ 22.7. Reakcija alkalična.

2. *Slatina Iliđža*. Vrelo leži u dolini potoka Slatine na 44°49'39" sjev. širine i 17°17'56" ist. dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 206 m. (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6058). Vrelo kaptirano je kao okrugao bunar promjera 6 m. Dubina

iznaša 4 m. Nivo vode je 1.80 m ispod razine terena. Nad bunarom podignut je otvoren drveni paviljon. Kapacitet vrela je 5.6 l/sek.

Istraživanja izvršena su 20. rujna 1954. Temperatura vode bila je 40.9°C, a njezin radioaktivitet 9.519 MJ = 3.465 nC/l.

Voda je bistra, slabo žućkasta i bez mirisa, okusa slabo lužnato-slana. Reakcija jako alkalična (lakmus); pH = 9.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza II na str. 448.

ANALIZA II.

Slatina Iliđža

Spec. težina: 1.00197 (kod 00/00°C)
Temperatura: 40.9°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na')	0.1297	5.640	5.640	Na 6.176
Kalija (K')	0.03455	0.8837	0.8837	K 1.645
Kalcija (Ca'')	0.4151	10.36	20.72	Ca 19.76
Magnezija (Mg'')	0.08767	3.605	7.210	Mg 4.175
				Cl 3.212
Aniona:				
			34.45	SO ₄ 44.82
				CO ₃ 18.52
Klora (Cl')	0.06746	1.903	1.903	SiO ₂ 1.647
Sulfata (SO ₄ '')	0.9409	9.795	19.59	Al ₂ O ₃ 0.029
Hidrokarbonata (HCO ₃ '')	0.7908	12.96	12.96	Fe ₂ O ₃ 0.019
Koloidno otopljenih oksida:			34.45	100.00
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.03459	0.5748		
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.000600	0.0059		Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.000400	0.0025		2.100
Ukupno:	2.502	45.73		
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	2.100			
Isparni preostatak:	2.092			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	2.357			
Nađeno analizom:	2.374			
Slobodan CO ₂	1.616			

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav: kalcij, magnezij, sulfat, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija N/1000 = 68.9; Ca 20.7; Mg 7.2; SO₄ 19.6; HCO₃ 13.0. Reakcija alkalična.

3. *Orahovica*. Vrelo leži u mjestu Orahovica, desno od ceste Žepče—Zavidovići na 44°25'11" sjeverne širine i 18°4'17" istočne dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 230 m (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6260). Voda izlazi iz četverouglatog betoni-ranog bunara uz burno razvijanje plinova i otiče na željeznu cijev. Cijeli okoliš bunara močvaran je, pa se iz močvare na nekoliko mjesta dižu mjehurići plinova i izlučuje željezni hidroksid. Kapacitet vrela je 1.3 l/sek.

Istraživanja su izvršena 22. kolovoza 1954. i 28. rujna 1955. Prvi put mjerena je temperatura vode od 17.5°C, a drugi put 17.3°C. Radioaktivitet vode bio je 0.1940 MJ = 0.0723 nC/l.

Voda je bistra, bez boje i mirisa, okusa kiselo-slana i nešto po željezu. Reakcija alkalična (lakmus); $pH = 8$.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza III na str. 449.

ANALIZA III.

Orahovica

Spec. težina: 1.00332 (kod $0^{\circ}/0^{\circ}C$)
Temperatura: $17.3^{\circ}C$

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postocima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na')	0.02269	0.9868	0.9868	Na 1.025
Kalija (K')	0.000451	0.0115	0.0115	K 0.020
Kalcija (Ca')	0.2478	6.183	12.366	Ca 11.19
Magnezija (Mg')	0.3952	16.67	33.34	Mg 17.88
			46.70	Cl 3.070
Aniona:				
Klora (Cl)	0.06796	1.917	1.917	SO ₄ 3.235
Sulfata (SO ₄ '')	0.07153	0.7457	1.491	CO ₃ 58.64
Hidrokarbonata (HCO ₃ '')	2.642	43.30	43.30	SiO ₂ 4.349
			46.70	Al ₂ O ₃ 0.108
				Fe ₂ O ₃ 0.478
Koloidno otopljenih oksida:				100.00
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.09628	1.603		Salinitet (u
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00240	0.0235		1000 dijelova
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.01059	0.0663		vode):
				2.214
Ukupno:	3.557	71.51		
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	2.214			
Isparni preostatak:	2.216			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	2.983			
Nađeno analizom:	2.915			
Slobodan CO ₂	1.830			

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav: magnezij, kalcij, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija $N/1000 = 93.4$; Mg 33.3; Ca 12.4; HCO₃ 43.3. Reakcija alkalična.

4. *Sočkovac*. Vrelo leži u dolini potoka Sočkovac kod ciglane u mjestu Sočkovac na $44^{\circ}39'48''$ sjv. širine i $18^{\circ}18'9''$ ist. dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 163 m. (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6160). Vrelo je kaptirano kao okrugao kamenom obzidan bunar promjera 1.5 m. Nivo vode je 4 m ispod razine terena. Iz vode dižu se mjehurići plinova. Nad bunarom podignut je jednostavan drven paviljon.

Istraživanja su izvršena 31. kolovoza 1954. Temperatura vode bila je $16.1^{\circ}C$, a njezin radioaktivitet 0.3503 MJ = 0.1274 nC/l.

Voda je bistra, žućkaste boje, bez mirisa, okusa kiselo-slana, te jako po željezu. Reakcija slabo alkalična (lakmus); $pH = 7$.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza IV na str. 450.

ANALIZA IV.

Sočkovac

Spec. težina: 1.00078 (kod 0°/0°C)
Temperatura: 16.1°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na ⁺)	0.004320	0.1878	0.1878	Na 1.140
Kalija (K ⁺)	0.0009028	0.0231	0.0231	K 0.238
Kalcija (Ca ⁺⁺)	0.007294	0.1820	0.3640	Ca 1.924
Magnezija (Mg ⁺⁺)	0.006449	0.2652	0.5304	Mg 1.702
Željeza (Fe ⁺⁺)	0.1114	1.994	3.988	Fe 29.39
Aniona:				
Klora (Cl ⁻)	0.009559	0.2635	0.2635	Cl 2.522
Sulfata (SO ₄ ⁼⁼)	0.003049	0.0317	0.0634	SO ₄ 0.804
Hidrokarbonata (HCO ₃ ⁻)	0.2908	4.766	4.766	CO ₃ 37.73
Koloidno otopljenih oksida:			5.093	Al ₂ O ₃ 13.52
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.04182	0.6963		100.00
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.05123	0.5025		Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Ukupno:	0.5268	8.912		0.3790
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	0.3790			
Isparni preostatak:	0.3674			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	0.3244			
Nađeno analizom:	0.3181			
Slobodan CO ₂	1.962			

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav: željezo, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija $N/1000 = 10.2$; Fe 4.0; HCO₃ 4.8. Reakcija alkalična.

5. Bokarić (Ševar kod Tuzle). Vrelo nalazi se u dolini rijeke Spreče na 44°29'30" sjev. širine i 18°34'9" ist. dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 210 m (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6261). Vrelo je kaptirano kao bunar, iz kojeg voda teče na željeznu cijev u prostoriju, u koju se sa dvije strane silazi stepenicama. Bunar je betoniran, četverouglat (1×1 m), dubok 3.5 m, a voda dopire do 1.5 m ispod razine terena. Iz vode dižu se mjehurići plinova. Kapacitet vrela je 1 l/sek.

Istraživanja su vršena 1. rujna 1954. Temperatura vode bila je 13.8°C, a njezin radioaktivitet 0.6412 MJ = 0.2334 nC/l.

Voda je bistra, bez boje i mirisa, okusa kiselo-slana. Reakcija jako alkalična (lakmus); pH = 8.5.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza V na str. 451.

ANALIZA V.

Bokarić

Spec. težina: 1.00206 (kod 0°/0°C)
Temperatura: 13.8°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na')	0.1427	6.205	6.205	Na 9.855
Kalija (K')	0.008120	0.2077	0.2077	K 0.561
Kalcija (Ca'')	0.06130	1.529	3.058	Ca 4.233
Magnezija (Mg'')	0.2420	9.951	19.902	Mg 16.73
			29.37	Cl 9.082
Aniona:				
Klora (Cl')	0.1315	3.709	3.709	SO ₄ 0.185
Sulfata (SO ₄ '')	0.002673	0.0278	0.0556	CO ₃ 53.11
Hidrokarbonata (HCO ₃ '')	1.563	25.61	25.61	SiO ₂ 6.095
			29.37	Al ₂ O ₃ 0.069
Koloidno otopljenih oksida:				
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.08825	1.469		Fe ₂ O ₃ 0.076
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00100	0.0098		
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.00110	0.0069		
Ukupno:	2.242	48.73		100.00
Hidrokarbonati preračunani u karbonate:	1.448			Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Isparni preostatak:	1.478			
Sulfatna kontrola:				1.448
Računom:	1.955			
Nađeno analizom:	2.018			
Slobodan CO ₂	1.346			

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav magnezij, natrij, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija $N/1000 = 58.7$; Mg 19.9; Na 6.2; HCO₃ 25.6. Reakcija alkalična.

6. *Jasenički (Vitinački) kiseljak*. Vrelo leži u mjestu Jasenice 6.5 km zapadno od Kozluka na 44°32'0" sjv. širine i 19°4'1" ist. dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 190 m (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6162). Postoji osam izvora, od kojih je ispitan najistočniji (Begova česma). Vrelo je kaptirano u obronku brda, a voda ističe na željeznu cijev. Kapacitet vrela je minimalan (0.0042 l/sek).

Istraživanja izvršena su 13. travnja i 8. rujna 1954. Prvi put bila je temperatura vode 7.5°C, dok je drugi put iznašala 13.0°C.

Voda je bistra, bez boje i mirisa, okusa lužnato-slana. Reakcija alkalična (lakmus); pH = 8.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza VI na str. 452.

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav natrij, kalcij, hidrokarbonat, klorid. Ukupna koncentracija $N/1000 = 111.9$; Na 36.0; Ca 11.4; HCO₃ 32.2; Cl 23.6. Reakcija alkalična.

7. *Kuljenovci*. Vrelo se nalazi u mjestu Kuljenovci ispod brda Markovca (kota 297) 6 km NW od Dervente na 45°0'40" sjv. širine i 17°52'16" ist. dužine od Greenwicha (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 5960). Vrelo je kaptirano kao okrugao ka-

ANALIZA VI.
Jasenički kiseljak
Begova česma

Spec. težina: 1.00396 (kod 0°/0°C)
Temperatura: 7.5°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na ⁺)	0.8286	36.03	36.03	Na 27.20
Kalija (K ⁺)	0.08212	2.100	2.100	K 2.696
Kalcija (Ca ⁺⁺)	0.2292	5.719	11.44	Ca 7.525
Magnezija (Mg ⁺⁺)	0.07768	3.194	6.388	Mg 2.551
			55.96	Cl 27.47
Aniona:				
Klora (Cl ⁻)	0.8338	23.60	23.60	SO ₄ 0.237
Sulfata (SO ₄ ⁼⁼)	0.007225	0.0752	0.1504	CO ₃ 31.73
Hidrokarbonata (HCO ₃ ⁻)	1.965	32.21	32.21	SiO ₂ 0.541
			55.96	Al ₂ O ₃ 0.003
Koloidno otopljenih oksida:				Fe ₂ O ₃ 0.043
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.01647	0.2742		100.00
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.0000998	0.0010		Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.00130	0.0081		3.046
Ukupno:	4.044	103.2		
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	3.046			
Isparni preostatak:	3.386			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	3.905			
Nađeno analizom:	4.264			
Slobodan CO ₂	1.540			

menom obzidan bunar promjera 0.80 m, dubine 2 m. Nivo vode je 1.30 m ispod razine terena.

Istraživanja su izvršena 1. listopada 1955. Temperatura vode bila je 14.0°C, a njezin radioaktivitet 1.174 MJ = 0.4273 nC/l.

Voda je bistra, bez boje i mirisa, slaba kiselo-slana okusa. Reakcija jako alkalna (lakmus); pH = 8.5.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza VII na str. 453.

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav kalcij, magnezij, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija N/1000 = 55.2; Ca 20.1; Mg 6.6; HCO₃ 24.6. Reakcija alkalna.

8. *Dabravine*. Vrelo leži na lijevoj obali rijeke Stavnjice pod obronkom niskom šumom obrasla brda na 44°3'46" sjv. širine i 18°17'35" ist. dužine od Greenwicha (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6360). Teren oko vrela je nasut i ograđen. Postoje dva vrela. Gornje ističe neposredno ispod obronka. Njegov je kapacitet 0.0384 l/sek. Donje vrelo kaptirano je u jednom betonskom bloku 2.10 × 2.26 m ispod kojeg ističe voda na jednu 1 metar dugačku željeznu cijev u prostor 1.75 × 2.58 m, dubok 0.65 m, u koji se silazi stepenicama. Njegov kapacitet je 0.100 l/sek. Poblježe je ispitano donje vrelo.

ANALIZA VII.

Kuljenovci

Spec. težina: 1.00252 (kod 0°/0°C)
Temperatura 14.0°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postocima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				Na 1.331
Natrija (Na')	0.01923	0.8364	0.8364	K 0.148
Kalija (K')	0.002144	0.0549	0.0549	Ca 27.89
Kalcija (Ca ⁺⁺)	0.4031	10.06	20.12	Mg 5.550
Magnezija (Mg ⁺⁺)	0.08020	3.298	6.596	Cl 3.251
			27.61	SO ₄ 5.522
Aniona:				CO ₃ 51.11
Klora (Cl')	0.04697	1.325	1.325	SiO ₂ 2.617
Sulfata (SO ₄ ^{''})	0.07980	0.8307	1.6614	Al ₂ O ₃ 2.383
Hidrokarbonata (HCO ₃ ['])	1.502	24.62	24.62	Fe ₂ O ₃ 0.277
			27.61	100.00
Koloidno otopljenih oksida:				Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.03772	0.6280		1.445
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.03443	0.3377		
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.002994	0.0188		
Ukupno:	2.209	42.01		
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	1.445			
Isparni preostatak:	1.479			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	1.905			
Nađeno analizom:	1.882			
Slobodan CO ₂	1.144			

Istraživanja su izvršena 20. rujna 1955. Temperatura vode bila je 17.1°C, a njezin radioaktivitet 0.4050 MJ = 0.1474 nC/l.

Voda je bistra, bez boje i mirisa, okusa kiselo-slana i nešto po željezu. Reakcija jako alkalična (lakmus); pH = 8.5.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza VIII na str. 454.

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizuje sastav: kalcij, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija N/1000 = 52.8; Ca 23.3; HCO₃ 26.0. Reakcija alkalična.

9. *Bogušići*. Vrelo izvire u dolini potoka Odske oko 4 km zapadno od ceste Gorazde—Foča ispod jednog brežuljka na 43°38'27" sjv. širine i 18°55'7" ist. dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 420 m (isp. specijalnu kartu 1:75.000 br. 6562). Vrelo je kaptirano kao vrlo uzak bunar 0.67 × 0.76 m, dubine 1.60 m, koji je na dnu proširen i u koji sa strane pritječe voda iz prvotnog vrela, koje je udaljeno 19.20 m.

Istraživanja su izvršena 10. rujna 1954. i 15. rujna 1955. Prvi put bila je temperatura vode 16.2°C, kapacitet vrela 0.0408 l/sek, slobodni ugljikov dioksid 2.077 g/l, a radioaktivitet 11.87 MJ = 4.323 nC/l, dok je drugi put temperatura iznašala 15.2°C, kapacitet vrela 0.05 l/sek, slobodni ugljikov dioksid 1.459 g/l, a radioaktivitet 13.52 MJ = 4.920 nC/l.

ANALIZA IX.
Bogušići

Spec. težina: 1.00383 (kod 0°/0°C)
Temperatura: 16.2°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na')	0.1411	6.135	6.135	Na 11.28
Kalija (K')	0.01609	0.4115	0.4115	K 1.286
Kalcija (Ca'')	0.2410	6.013	12.026	Ca 19.26
Magnezija (Mg'')	0.05494	2.259	4.518	Mg 4.392
Aniona:				
Klora (Cl')			23.09	Cl 12.56
Sulfata (SO ₄ '')	0.1571	4.431	4.431	SO ₄ 11.15
Hidrokarbonata (HCO ₃ '')	0.1395	1.452	2.904	CO ₃ 37.80
	0.9617	15.76	15.76	SiO ₂ 1.550
Koloidno otopljenih oksida:			23.09	Al ₂ O ₃ 0.575
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.01939	0.3228		Fe ₂ O ₃ 0.144
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00720	0.0706		100.00
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.00180	0.0113		Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Ukupno:	1.740	36.87		1.251
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	1.251			
Isparni preostatak:	1.317			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	1.590			
Nađeno analizom:	1.555			
Slobodan CO ₂	2.077			

LITERATURA

1. F. Katzer, *Geologie Bosniens und der Hercegovina*. Sv. 1. Sarajevo 1925. Str. 230.
2. E. Mojsisovics, E. Tietze i A. Bittner, *Grundlinien der Geologie von Bosnien-Herzegovina*. Wien 1880.
3. V. M. Goldschmidt, *Geochemistry*. Oxford 1954.
4. V. M. Goldschmidt, *Videskapselskapets-Skrifter, I. Mat.-naturv. Kl. Kristiania, 1922, No. 11. Str. 21.*
5. K. Fricke, *Geol. Jb.*, 69 (1954) 491.
6. S. Miholić, *Econ. Geol.* 47 (1952) 543.
7. W. D. Treadwell, *Quantitative Analyse*. 11. Aufl. Wien 1949.
8. S. Miholić, *Geol. Vjesnik*, 8/9 (1956) 225.

ABSTRACT

Contribution to the Knowledge of the Acidulated Waters in Bosnia

S. Miholić and K. Mirnik

Along with many thermal waters that line the faults stretching through Bosnia there is also a number of acidulated waters. With the only exception of two (Slatina Ilidža 40.9°C and Vrućica 29.4°C) the temperatures of all the others do not rise above the average yearly temperature of the place where they issue. Moreover,

ANALIZA X.

Jabuka

Spec. težina: 1.00287 (kod 00/00°C)
Temperatura 9.90°C

1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
iona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				
Natrija (Na ⁺)	0.01023	0.4450	0.4450	Na 0.424
Kalija (K ⁺)	0.001014	0.0265	0.0265	K 0.042
Kalcija (Ca ⁺⁺)	0.6486	16.18	32.36	Ca 26.89
Magnezija (Mg ⁺⁺)	0.05140	2.113	4.226	Mg 2.131
Zeljeza (Fe ⁺⁺)	0.02874	0.5151	1.0302	Fe 1.193
Aniona:				
Klora (Cl ⁻)	0.003213	0.0906	0.0906	Cl 0.133
Sulfata (SO ₄ ^{''})	1.334	13.89	27.78	SO ₄ 55.31
Hidrokarbonata (HCO ₃ ['])	0.6236	10.22	10.22	CO ₃ 12.72
Koloidno otopljenih oksida:			38.09	SiO ₂ 1.002
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.02416	0.4023		Al ₂ O ₃ 0.157
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00379	0.0372		
Ukupno:	2.729			100.00
Hidrokarbonati prera- čunani u karbonate:	2.412			Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Isparni preostatak:	2.426			
Sulfatna kontrola:				2.412
Računom:	2.560			
Nađeno analizom:	2.589			
Slobodan CO ₂	1.361			

yearly oscillations in temperature, yield and composition which are in close relation to weather conditions point to the surface origin of the water in the springs. The mineralisation of the acidulated waters obviously takes place at a small depth, which is shown also by the close connection between the character of the sediments near the surface and the chemical composition of the water.

The carbon dioxide of the waters, however, comes from greater depths and is obviously connected with the intrusion of diabases, andesites and dacites, probably of Cretaceous age. Owing to the heat evolved, carbon dioxide was freed from the sediments which came in contact with the igneous mass according to the reaction $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$. It is not very likely that the process is still going on, but quantities of the carbon dioxide may have been stored in the porous sediments (Permian and Triassic sandstones) that occur in Bosnia in many places and which now slowly reach the surface through the faults.

Some of the acidulated waters are distinctly radioactive. The rule that has already been put forward [S. Miholić, *Econ. Geol.*, 47 (1952) 543] that waters issuing from Carboniferous and Cretaceous sediments show a higher radioactivity than those issuing from sediments belonging to other formations has been confirmed once more (Table I). Ten acidulated waters have been analysed in detail. (Analyses I—X).