

BRANISLAV ĐERKOVIĆ*

GENEZA I HEMIZAM VISOKOALKALNIH VODA SVIJETA

GENESIS OF THE MOST ALKALINE WATERS IN THE WORLD

Izvod

U svijetu postoji više alkalnih voda. Jedna od njih nalazi se u Jugoslaviji, druge u Omanu, Grčkoj, Kaliforniji i Novoj Kaledoniji. Vode ističu iz bazičnih i ultrabazičnih stijena, pH vrijednost veća je od 11 što se povezuje hidrolizom olivina i piroksena sa meteorskom vodom.

Sinopsis

It exist several very alkaline waters in the World. One of them is situated in Yugoslavia, other in Oman, Greece, California and New Caledonia. The waters spring up from basic and ultra — basic rocks. pH value is over 11, what conected hydrolise olivine and piroxene with meteoric water.

Termalne vode visokog alkaliteta veoma su rijetke i one su po svom sastavu specifične. O takvom tipu voda postoji malo literature i u ovom radu daću cjelokupan pregled stručne i naučne literature koja je do ovog trenutka objavljena. Do sada u čitavom svijetu otkriveno je nekoliko izvora jer ovakvi izvori predstavljaju pravu rijetkost. Jedan od prvih autora koji su pronašli ovaj tip vode jeste američki naučnik I. Barnes. On je 1967. god. obratio tri izvora u Kaliforniji. Prvi je Red Mountain, čija je vrijednost pH 11,78 a temperatura 15,6C; drugi je

* Branislav Đerković
Geoinženjering
Sarajevo

izvor u Oregonu sa pH 11,72 i temperaturom 31°C a treći u Ca-zaderu sa pH 11,72 i temperaturom 18°C.

Drugi autor, ne znajući za prednji rad, jeste B. Đerković. On je o visokoalkalnoj vodi iz Jugoslavije (Kulaši) objavio rad 1973. god. u Zagrebu. Nakon toga saopštenja časopis Water, Vol. 80 iz 1974. god. donosi kratak rezime o ovom novom tipu vode koju je B. Đerković nazvao hidroksidno-kalcijsko-natrijska termalna. U 1974. iz jezgra bušotina u Kulašima tri autora Stojanović D., Đorđević D. i Đerković B. zajednički su pronašli i odredili dva rijetka minerala i o tome objavili rad u Beogradu. Ti minerali su tobermorit $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ i suolunit $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Suolunit prije Kulaša nađen je samo u Mongoliji i opisan od kineskih naučnika 1965, 1966. i 1969. godine.

Nalazak suolunita u Kulašima pobudio je veliko interesovanje stručnih ljudi koji rade u oblasti ispitivanja sistema $\text{CaO}-\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (cementi materijal, autokalavirani građevinski materijal, autokalavirani izolacioni materijal).

U 1972. godini B. Đerković je, zajedno sa N. Dimitrijević, ispitivao gasonosnost termalne vode u Kulašima i konstatovali su da je ovo azotna terma i da sadrži CO_2 0,00%, O_2 1,50%, CH_4 11,00%, N_2 87,50, H_2S 2,05%. Takođe su prisutni i plemeniti gasovi $\text{He}+\text{Ne}$ 0,002% Ar (+ $\text{Kr} + \text{X}$) 1,2015%.

U 1974. god. na sastanku Srpskog geološkog društva, Lebedev S., kojeg je sa visokoalkalnom termalnom vodom upoznao B. Đerković, iznio je mišljenje da mineral larnit Ca_2SiO_4 ili monticelit Ca Mg SiO_4 otpušta CaO pod uticajem vode. To su ortosilikati kalcijuma Ca_2SiO_4 . Silikati su izloženi hidrolizi pošto je silicijumova kiselina jedna od najslabijih pa se stvaraju minerali sa hidroksidnom grupom OH. On takođe smatra da se ortosilikati stvaraju na kontaktu intruzija kao dolerita sa krečnjacima koji sadrže silicijum u odgovarajućoj razmjeri. Na kontaktu se vrši hemijski metamorfizam i stvara se kalcijski-ortosilikatni materijal. Takođe navodi primjer da portland cement sa viškom vode CaO i daje pH vrijednost oko 12, što je sasvim tačno. Inače portland cement je kalcijumov-ortosilikat.

Svoj drugi rad I. Barnes, J. R. O. Neil i J. J. Treasures objavili su 1977. god., u kojem pominju 9 izvora, a takođe i Kulaše, zatim izvor u Omanu i Novoj Kaledoniji, što se vidi na tabeli br. 1.

Takođe 1977. god. A. Papastamatakis iz Atine objavljuje rad o jednoj visokoalkalnoj vodi Archani iz područja Eritreje. Taj izvor je posmatrala od 1970 — 1977. god. i te rezultate dala na tabeli br. 2. navodeći i vodu u Kulašima. Ona je u tom periodu ispitivala stabilnost tog izvora, i iz datih analiza vidi se da je voda u hemijskom pogledu stabilna, da ne podliježe hemijskim promjenama. Ovaj izvor u Grčkoj ima pH 11 do 11,70 a mineralizaciju 121 do 127,62 mg/l. Voda ističe iz periodita, dijabaza ili spilita i produkti hidrolize stvaraju alkalitet i dobija se jedan

specifičan hemizam. Pomenuta autorka posmatrala je stabilnost ove vode nekoliko godina i na osnovu tih ispitivanja vidi se da je voda nepromjenljivih hemijskih odlika. Temperatura vode Archani iznosi 27°C — 28°C . Kod ovog tipa voda ako je pH od 8—9, onda se Mg kreće oko 100 mg/l a ako je pH veći od 11, onda je Mg 0,2 mg/l vode sadrži grupu HCO_3 , a kada je pH visok, nema HCO_3 već je prisutna grupa OH.

U 1976. god. Pantazis T. sa Kipra objavljuje rad o termalnim vodama i navodi postojanje nekoliko izvora sa visokom vrijednošću pH 9,15 — 11,12. Temperatura vode kreće se od 15— $33,5^{\circ}\text{C}$. Vode izbijaju iz pilov lave, gabra i dijabaza na rasjedima upravo iz ofiolitskih kompleksa.

God. 1982. I. Barnes i T. S. Preser, radeći u Jordanu, navode da jedan izvor visokoalkalne vode pH 12,5 ističe iz karbonatno-bituminoznog lapora. Takođe I. Barnes je iz minerala zeolita u Jordanu otkrio izvore sa pH većom nego iz serpentina. Zeoliti mogu dati materijal za povećanu pH vrijednost. U nas se zeoliti javljaju u pukotinama dijabaza i splita, kod Banja Luke, Kulaša itd. Jedan od predstavnika kalcijjskih zeolita jeste laumontit, i hemijski sastav izgleda ovako:

	N. Zeland
SiO_2	50,63 %
Al_2O_3	22,07 „
Fe_2O_3	0,73 „
MgO	0,40 „
CaO	10,72 „
Na_2O	1,08 „
K_2O	0,45 „

1983. god. Neal C. i Stagner G. iz Engleske, radeći u Omanu, navode nekoliko izvora sa pH do 12,1. God. 1984. C. Neal i Stagner G., radeći u Omanu, objavljuju studiju u kojoj pominju vode sa visokim pH do 11,45 — 11,57 m i temperaturom od 23°C . Pomenuti autori C. Neal i G. Stagner (1984) pronašli su mineral suoluonit $\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$ u Omanu.

1984. god. Neal C. i Stagner G. pronašli su u Omanu više izvora iz ofiolita sa pH 11,8 i grupom OH do 104 mg/l navodeći da sve te vode izbijaju iz ofiolitskog kompleksa sa pojavom minerala, brucita i portlandita. Oni navode postojanje vode u dolini Wadi Semail sa pH 11,4 i temperaturom 37°C , kao i grupom OH, i voda sadrži 34 mg/l OH.

Stagner G. i Neal C. navode hemijsku analizu suolunita iz Omana i iz nje se vidi da ovaj mineral sadrži CaO 44,66%. Ostali podaci vide se iz sljedeće tabele.

SiO ₂	41,91	%			
CaO	44,66	„			
MgO	0,29	„			
Al ₂ O ₃	0,72	„			
Na ₂ O ₃	0,39	„			
(H ₂ O + CO ₂)	14,14	„			
	102,11	„			
Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , K ₂ O	0,001	„			
Tragovi (ppm)					
Rb	1	Pb	6	Nb	
Sr	31	Ni	4	Gq	0
Y	0	Cu	5	Th	1
Zr	12	Zn	6		

Suolunit iz Kulaša, upoređen sa suolunitom iz Mongolije, po Stojanoviću D., Đorđeviću D. i Đerkoviću B. izgleda ovako:

	Kulaši	Mongolija
SiO ₂	43,35%	43,38%
CaO	42,22%	42,95%
H ₂ O ⁺	14,05%	13,17%

Spektralnom analizom u suolunitu iz Kulaša utvrđeni su Al, K, N, S, Ti, Cr, Mn, Fe, zatim Li, B, F, Na, P, Cl, V, Ni, Co, Zn, Sr, Ba i drugi. Ovo su minerali hidrotermalnog porijekla ali prvo je kristalizovao tobermorit na temperaturi 175°C, zatim suolunit na nešto nižoj temperaturi. Oba ova minerala su sekundarni i nalaze se u ofiolitskim stijenama.

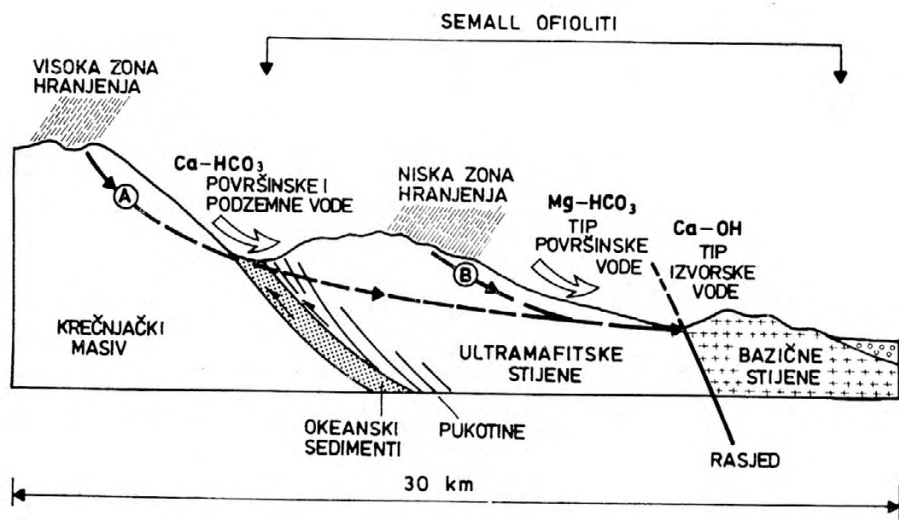
Visokoalkalni izvori u Omanu izbijaju iz ultramafita, odnosno iz ofiolitskog kompleksa. U ofiolitima dominiraju gabro, bazalti, zatim duniti, lerzolit i harzburgiti. Nekoliko izvora u Omanu javlja se na dugom potezu iz ofiolitskih stijenskih masa na rastojanju od nekih 500 km. Pomenuti autori dali su skice kojom objašnjavaju postanak alkalnih voda (sl. br. 1).

Prikaz postanka hidroksidno-kalcijskih voda u Omanu po Neal-u C. i Stagner-u G. 1984. god.

C. Neal i Stagner G., navode prisustvo minerala brucita Mg(OH)₂, kao i portlandita Ca(OH)₂.

Nešto ranije u Bugarskoj ispitana je jedna voda Gornja Banja sa pH od 9,50 — 9,70 i sa tim tipom vode oni su postigli vidne rezultate u liječenju. Vrijednost pH niža je od one u Kulašima a prema bugarskim hemijskim analizama voda ne sadrži grupu OH.

Zajednička osobina svih ovih voda jeste u tome što imaju visoku vrijednost pH a malu mineralizaciju. Neke vode imaju mineralizaciju i do 1 g/l.



Svi ovi izbori izbijaju iz ultramafita, odnosno ofiolit-skog kompleksa u kojima ima različitih vulkanskih stijena i serpentina. Znači da se samo u svježim ultramafitskim tijelima mogu naći ovakvi tipovi voda i u drugim stijenama ne mogu se naći.

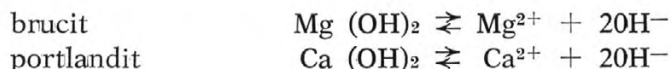
Ostale karakteristike jesu što su to termalni izvori mada se mogu pojaviti i hladni sa visokim sadržajem pH, koji su u hemijskom pogledu slični izvorima sa većom temperaturom. Većina ovih voda spada u oligomineralne sa temperaturom od 13–34°C.

S obzirom na tako visok sadržaj pH vode, nisu ugljikis-ele jer ne sadrže CO_2 već su azotne i zato se još nazivaju slabo mineralnim azotnim termama. Sadržaj CO_2 ravan je nuli jer visok sadržaj pH ne dozvoljava da se on pojavi i zadrži u takvom tipu voda.

Još jedna bitna komponenta jeste prisustvo grupe OH jer je HCO_3 disociran na OH i CO_3^{2-} . Kod nekih urađenih nama dostupnih analiza i ako voda ima visok pH, na njima je naznačen sadržaj HCO_3 , ali to zavisi od tačnosti same hemijske analize. Obrađivači ovog tipa voda smatraju da je to atmosferska voda $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ili $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ tipa koja prolazeći kroz ultramafitske stijene prolazi dublje i duž rasjeda se ponovo javlja kao tip hidroksidno-kalcijske vode.

Hemizam vode ne zavisi od geografskog položaja niti klime. Tako, padavine su u Omanu od 100–200 mm/godišnje a u Casaderu 1580 mm. a nalaze se visoko alkalne vode na oba lokaliteta. Iz dosadašnjeg izlaganja vidi se da je ovaj tip vode vezan za određene litološke sredine. Smatram da je ovakav tip vode nastao u procesu serpentinizacije, što znači da se iz tih slojeva pod uticajem vode izdvaja u kalcijev oksid koji je dao hidroksidnu gru-

pu a time i visoki alkalitet. Minerali brucit $\text{Mg}(\text{OH})_2$ i portlandit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ takođe pod uticajem vode stvaraju hidroksidnu grupu, i to ide po sljedećoj šemi:



Inače portlandit sadrži CaO 75,64%, H_2O 24,31%. Čitav ovaj problem jeste u tome koji mineral pod uticajem vode otpušta kalcijev oksid. Poznato je, na primjer, da serpentin u sebi ima Mg i Ca , odakle površinska i hidrotermalna voda izvlači elemente i tako dolazi do stvaranja novih minerala kao što je torbermorit i suolunit koje smo već pomenuli i opisali u predhodnom tekstu.

Ima i drugih minerala koji raspadanjem mogu da daju hidroksidnu grupu a time i visoki alkalitet a ti su iz grupe zeolita, kao i već pomenuti minerali.

Prilikom analiziranja izdašnosti izvora veću količinu vode imaju oni izvori koji su manje alkalni, sa pH 8,3 — 8,6, i to su $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ tipa, a oni sa manjom količinom vode, sa pH 11,2 — 11,8, jesu OH-Ca tipa i vezani su za serpentinizaciju piroksena i olivina. U Americi su pojave vezane za svježiju masu i to na mjestima parcijalno-serpentinisanih periodita i dunita i javljaju se u grupi duž rasjeda. Vode imaju obično nisku temperaturu. Svježiji perioditi i pirokseniti sadrže 0,037 do 169% CaO . Pri serpentinizaciji u ultramafitnih stijena dolazi do gubitka CaO koji odaje O i stvara vodu sa grupom OH . Na primjer, portland cement sa vodom gubi CaO 20% u vodi prelazi kao $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pa daje pH preko 12. Pri visokim temperaturama CaCO_3 kao krečnjak kada se peče stvara $\text{CaO} + \text{CO}_2$, a $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$.

Na kraju može se zaključiti na osnovu cjelokupne literature o visoko alkalnim vodama, kao i ličnih opažanja, da su visoko alkalne vode vezane sa ofiolitske stijene i to za manje tektonske rasjede. Površinske vode prolazeći kroz ofiolitske stijene rastvaraju određene minerale koji lako gube grupu CaO , stvarajući tako OH grupu a time i visoku vrijednost pH. Duž rasjeda voda silazi dublje, dobija temperaturu i izlazi na površinu. Takođe alkalni tip može nastati, kako navodi I. Barnes, od olivina ili piroksena. Za olivin daje sljedeću formulu:



Takođe ovdje iznosim moje mišljenje koje uprošćuje postanak visoko alkalnih voda. Naime, pošto se one javljaju na rasjedima, moguće da je u trenutku nastajanja rasjeda, kao i trenja, stvorena temperatura koja je pogodovala stvaranju kalcijuma oksida iz karbonatnih stijena. To se dešavalo u momentu bez prisustva površinske i podzemne vode. Kasnije površinska voda silazi duž takvih tektonskih lomova, rastvara kalcijum oksid stvarajući hidroksidnu grupu OH a time i visoku vrijednost pH. Neki

minerali, kao što je brucit ili portlandit, vjerovatno da su stvoreni u takvom jednom ambijentu, uz veću temperaturu i pritisak. Sada ih voda rastvara i stvara osoben tip visoko alkalne slabo mineralne vode.

Ovaj tip oligomineralnih voda veoma je ljekovit i voda se može piti. U Omanu se voda pije a u Bugarskoj se flašira. U Americi do sada nije urađena ni jedna medicinska studija jer je taj tip vode skoro pronađen. Voda je efikasna u liječenju kožnih oboljenja, zatim vrlo je efikasna za otporne psorijaze, kao i za ispiranje kamena iz bubrega. S. Đukić navodi da je voda efikasna za liječenje ostranjivanjem kamenica i da bi je trebalo kao takvu intenzivnije koristiti u balneološko-medicinske svrhe.

Bilo bi veoma značajno ako bi se radilo na iznalaženju mogućnosti za flaširanje ovakvog tipa vode u Kulašima, kao i na široj primjeni u medicinske i ljekovite svrhe.

	U.S.A.	O M A N			NEW CALEDONIA YUGOSLAVIA				
	Cazadero Calif	Hahwalah Wadi Jizi	Rustaq	Khafitah	La Coulee	La Coulee	Dumbea Riviere Bleue	Prony Ruisseau Des Koaris	Kulaši Bosna
pH	11,54	11,5	11,3	11,2	10,8	10,7	9,2	10,8	11,75
Temp. °C	20	25	28	28	23	23	23	34	29
Ca ⁺²	40	60	120	62	14,2	10,8	9	23	29
Mg ⁺²	0,3	0,1	0,2	0,2	2,3	5,9	—	—	7
Na ⁺¹	30	230	110	110	14,6	26,1	7,7	12,8	35
K ⁺¹	1,1	8	6,0	4,8	3	—	—	1,4	1,5
Cl ⁻¹	63	280	170	140	22	16,3	8,5	30	20
SO ₄ ⁻²	0,4	9	5	3	0,75	—	5,8	—	—
HCO ₃ ⁻¹	0	0	0	0	0	0	49	0	0
CO ₃ ⁻²	0	0	0	0	24	20	7,2	22	—
F ⁻¹	0	<0,1	<0,1	<0,1	—	—	—	—	0,34
Li ⁺¹		0,01	0,02	0,03	—	—	—	—	0,06
NO ₃ ⁻¹	0,1	—	—	—	—	—	—	—	0,05
SiO ₂ (total)	0,4	0,1	0,2	0,1	0,4	2,8	1,2	3,7	1,9
B	0,02	0,01	0,1	—	—	—	—	—	0
δ 18 _o	-6,45	-1,10	-1,69	+0,43	—	—	—	—	—
δ B	-40,6	-6,1	-7,8	-0,6	—	—	—	—	—

1. Tabela po J. Barnes 1977.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Archani Feb. 1971.	Archani Jun 1977.	Kulaši 1973.	Calif. Red. Mount A	Calif. Oregon B	Calif. Cazadero Sonoma C	Calif. Santai Clara	Calif. Monterey N, W.
T°C	27,0	28	29,30	15,6	31	18	10,6	20
Ca±	34,67	34,47	28,60	48	35	53	51	40
Mg±	0,48	0,24	7,00	0,4	0,1	0,1	0,06	0,3
Na+	24,84	22,08	35,0	40	33	50	22	19
K+	0,78	0,39	1,5	1,1	2,3	1,2	0,54	1,1
NH ₄ —	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,01	0,21	0,19
CO ₃ — ²	12,00	22,20	18,0	0	0	0	0	0
OH—	33,67	25,84	40,8	—	50,5	62,3	54	42,8
HCO ₃ —	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	17,02	15,96	19,5	32	19	55	26	0,8
SO ₄ — ²	2,88	0,96	1,69	1,4	0	0	0,5	0,4
SiO ₂	3	4,5	5,2	5,2	5,9	0,3	3,2	0,4
Fe	0	0	0,1	0,03	0	0,01	0,05	0
B	0	0	0	0,1	0,08	0,01	0,06	0,02
NO—	0	0	0,05	0,2	0,4	1	0,1	0,1
Al+ ³	—	—	0,05	0,4	0,7	0	0,1	0,2

2. Tabela po A. Papastamatakis 1977.

PREGLEDNA TABELA TRI NAJALKALNIJE VODE U EVROPI

Jugoslavija B. Kulaši		Bugarska Gor. Banja		Grčka Arhani	
Ca	28,6 mg/l	Ca	2,73 mg/l	Ca	34,47 mg/l
Mg	7,0	Mg		Mg	0,24
Na	35,0	Na	39,02	Na	22,54
K	1,5	K		K	0,39
Cl	19,5	Cl	3,00	Cl	15,96
SO ₄	1,69	SO ₄	21,10	SO ₄	0,96
NH ₄	<0,1	CO ₃	24,00	CO ₃	22,20
CO ₃	18,0	NH ₄		NH ₄	0,10
OH	40,8	OH		OH	25,84
SiO ₂		SiO ₂		SiO ₂	25,5
pH	11,75	pH	9,50	pH	11,70
T°C	30	T°C	42	T°C	28
F	0,34	F	0,14	F	
Br	0,16	Br		B ₁	
J	0,00	J		J	
HCO ₃		HCO ₃	24,41	HCO ₃	
HSiO ₃		HSiO ₃	4,18	HSiO ₃	
HS		HS	1,76	HS	
Fe	<0,1	Fe	0,17	Fe	
Al	0,38	Al		Al	
Mn	0,1	Mn		Mn	
H ₂ SiO ₃	5,2	H ₂ SiO ₃	38,41	H ₂ SiO ₃	
HBO ₂	0,0	CO ₂		CO ₂	
CO ₂	0,0	CO ₂		CO ₂	
H ₂ S	0,05	H ₂ S	0,02	H ₂ S	
NO ₁	0,05	NO ₁		NO ₁	
NPO ₄	0,0	HPO ₄		HPO ₄	
S	0,50	S		S	
Eh	30	Eh		Eh	
UKUPNA MIN.					
162 mg/l		159,82 mg/l		127,2 mg/l	

Gasnosnost:	Bugarska Gor. Banja	Grčka Arhani
Banja Kulaši		

N ₂	87,50‰	N ₂	N ₂
----------------	--------	----------------	----------------

CH ₄	11,00‰	CH ₄	CH ₄
-----------------	--------	-----------------	-----------------

O ₂	1,50	O ₂	O ₂
----------------	------	----------------	----------------

CO ₂	0,0‰	CO ₂	CO ₂
-----------------	------	-----------------	-----------------

He (Helijum+neon)			
	0,0025‰		

Argon, Kripton,			
-----------------	--	--	--

Ksenon	1,2015‰		
--------	---------	--	--

MIKROELEMENTI:

U mikro gramima

Li	4
----	---

Sa	44
----	----

Sr	110
----	-----

Cr	6
----	---

Cu	2
----	---

Radioaktivnost:

6,797 pc/l

Ispitna 1973.

Izbija iz amfibiolita
i serpentinita

1971.

Iz andezita

1977. god.

Izbija iz amfibolita
и серпентинита

LITERATURA

- Barnes I., V. C. Lamarche, Jr. Glen Himelberg. Geochemical Evidence of Present — Day Serpentinization. Science vol. 156 California 1967.
- Barnes I., J. O. Neil J. J. Trescases. Present day Serpentinization in New Caledonia, Oman and Yugoslavia. Geological Survey Menlo park U.S.A. 1977.
- Barnes J., Presser T. S., Saines Marvin, Dickson Peter, Koster VAN Groos. A. F. Geochemistry of highly basic calcium hydroxide groundwater Jordan. Chemical geology 35 — 1982. Amsterdam.
- Баћ Ј. Извештај о бањи Кулаши. Сарајево 1954.
- Циглар М. Извештај о бањи Кулаши. Сарајево 1954.
- Челебиев А. Горња Бања Софије 1985.
- Димитријевић Н. Прилог познавању гасног састава минералних вода Босне, Б. Зборник радова Рударско геолошког металуршког факултета св. 17, Београд, 1974. год.
- Берковић Б. Нови тип врло алкалне хидроксидно-натријско-калцијске воде Кулаши — Босна, III Симпозијум за хидрогеологију и инжењерску геологију, Опатија 1974. године.
- Берковић Б. Нови тип врло алкалне хидроксидно-натријско-калцијске воде Кулаши — Босна, Југославија. Bulletin scientifique. Tome 18 №. 7—9 Zagreb 1983. god. A new type of strongly hydroxide — sodium — calcium water at Kulaši — Bosna, Yugoslavia.
- Букић С. Могућности постоје треба их искористити. Терма Кулаши, у лековите сврхе. Часопис Минералне воде 36, Београд, 197.
- Берковић Б. Гасоносност неколико термалних и термоминералних вода БиХ. Трећи симпозијум за хидрогеологију и инжењерску геологију књ. 1, 1974. Опатија.
- Берковић Б. Терма Кулаши, природни феномен. Симпозијум о истраживању, експлоатацији и господарењу подземним водама, Загреб, 29 — 31 март 1978. год.
- Букић С. Могућности постоје треба је искористити. Терма Кулаши. Здравствени информатор бр. I Сарајево 1981. год.
- Едрева В. Проучавања неких аспеката, механизма дјеловања софијске слабоминералне термалне воде. Софија 1970. год.
- Лебедев С. Једно мишљење о генези хидроксидне минералне воде у Кулашима. Записник С.г. друштва Београд 1975. год.
- Милић Јб. Бања Кулаши. Физичко-хемијске особине природне топле воде Кулаши. Прџавор 1954. год.
- Министарство здравља Софија: Упутство о примјени нове методе пића и лијежења минералне воде са Софијских извора. Софија 1981. год.
- Müller Ph. W. A report on the possibilities for the development of spa springs of Cyprus Giessen university. Bad Nauheim 1963.
- Neal C., Stagner G. Past and present serpentinisation of ultramafic rocks an example from the Semail ophiolite nappe of northern Oman. Oxon 1984.
- Neal C., Stagner G. Hydrogen generation from mantle source rocks in Oman, Amsterdam 1983.
- Neal C., Stanger G. Calcium and magnesium hydroxide precipitation from alkaline groundwaters in Oman, and their significance to the process of serpentinization. Mineralogical magazine, june 1984. Oxon.
- Stagner G., Neal C. A new occurrence of suolunite, from Oman. Mineralogical magazine 1984. Oxon.
- Стојановић Д., Борђевић Д., и Берковић Б. Суолунит и тоберморит у дијабазним стенама Кулаша код Добоја, Босна, Југославија. Гласник природњачког музеја, књ. 29, Београд 1974.

- Pantazis T. Thermal mineral waters of Cyprus. Int. Congr. on Thermal Waters, Geothermal Energy and Volcanism, Mediterranean Area, Athens, 1976.
- Papastamatakis A. The alkalinity and the chemical composition of springs issuing from peridotites. Annales geologiques des pays Helleniques, Athènes 1977.
- Петров П., Мартинов С., Лимонадов К. и Старка Ј. Хидрогеолошко проучавање минералних вода Бугарске Софија 1970.
- Taylor H. F. W. The calcium Silicate Hydrates. Proc. the fifth International Symposium on the chemistry of cement Tokyo 1968.
- Шчерев К. Минералне воде. Софија 1964.
- Water. Prikaz vrlo alkalne vode Kulaši. Vol. 80 California 1974.

BRANISLAV ĐERKOVIC

Summary

GENESIS OF THE MOST ALKALINE WATERS IN THE WORLD

The waters with high alkalinity were discovered few years ago. They are very rare and up to this date are known only few localities where they occur. Their occurrence is not connected with special areas and they are found in Yugoslavia and in Oman. They are bounded for layers of ofiolites, diabase, serpentine, dunite and alike. Their temperature ranges from 13°C to 42°C, and pH value is up to 12.

The origin of such waters can be explained in such way that the surface water goes down very deep along the faults dissolving various minerals such as larnite or portlandite, in the same time liberating CaO and the group OH which creates high pH value.

This type of water is very healing and can be used for medical treatment. In this time the necessary tests for medical treatment are under the way, on the basis that experience shows that such waters are very good in healing various sicknesses.