

CCA-24

550.4:543.3(497.1)

## Termalno vrelo Sutinskih toplica Geokemijska studija

S. Miholić i K. Mirnik

*Balneološko-klimatološki institut Jugoslavenske akademije znanosti  
i umjetnosti, Zagreb*

Primljeno 21. lipnja 1956.

Na termalnoj liniji, koja prolazi Slovenijom i sjeverozapadnom Hrvatskom, i na kojoj se javlja niz termalnih vrela, ispitano je termalno vrelo Sutinskih toplica. Od teških metala pretežu cink i olovo, što upućuje na alpinsku metalizaciju, te što je u skladu sa svim dosadašnjim istraživanjima na tom području. Ima međutim i dosta niklja, pa bi tako bio pružen i geokemijski dokaz za postojanje arhajskog hrvatskog masiva, što su ga geolozi već davno naslućivali, samo što mu se granice pomiču nešto više prema sjeverozapadu, no što se to dosad mislilo.

U Sloveniji i sjeverozapadnoj Hrvatskoj javlja se jedan tektonski rasjed, koji se u smjeru istok-zapad proteže u duljinu od kojih 110 km i koji zbog termalnih vrela, što se duž njega javljaju, dobiva karakter termalne linije. Ta linija siječe uglavnom dolomite, koji pripadaju srednjem trijasu i koji su zbog svojega malog plasticiteta — tektonskim pokretima nastalim u kredi i tercijaru — razlomljeni, te predstavljaju danas vodonosni sloj, to više, što su uklopljeni između dva relativno nepropusna sloja: karbonskih glinenih škriljavaca u podini i oligocenskih i miocenskih lapora i glina u povlati. Slojevi padaju uglavnom prema jugu, ali su u sredini jače uleknuti, pa tvore žlijeb, pa vadozne vode u sredini termalne linije prodiru dublje i javljaju se s većom temperaturom, nego na krilima. Teren se na jugu rasjeda spustio pa su se tako mogla pojaviti uzlazna termalna vrela. Radioaktivitet tih voda neznatan je, što je redovita pojava na tom terenu.

Kod ispitivanja izvorišta vadoznog uzlaznog vrela, o kakvima je ovdje riječ, valja imati na umu, da postoje dva kraka, jedan duži, silazan i položit, a drugi kraći, uzlazan i više ili manje okomit. Za mineralizaciju odnosne vode važniji je prvi krak. Tako se može dogoditi, da jedno vrelo izlazi na površinu kroz mlađe slojeve, a da mu voda ipak najdulje prolazi kroz trijas.

Samo na dva mjesta (Rimske Toplice i Harina Zlaka) čine konglomerati i pješčenjaci karbona vodonosni sloj i daju terme sa znatnim radioaktivitetom, što ponovno potvrđuje već prije istaknutu pravilnost<sup>1</sup>. Pregled termalnih vrela na toj liniji daje tablica I.

Južno od te termalne linije ide druga kraća smjerom WSW-ENE, koja prema sjeveroistoku konvergira s prvom. Na njoj se nalaze Tuheljske, Krapinske i Sutinske toplice. Ovdje vodonosni sloj predstavljaju svagdje srednetrijadički dolomiti, premda je kod prva dva vrela površina pokrita pliocenskim kongerijskim slojevima.

TABLICA I

|                         | Geološka starost | Temperatura °C | Radioaktivitet    |        |
|-------------------------|------------------|----------------|-------------------|--------|
|                         |                  |                | Macheove jedinice | nC/l   |
| Medijske Toplice        | trijas           | 23.6           | 1.09              | 0.397  |
| Rimske Toplice          | karbon           | 32.6           | 9.87              | 3.59   |
| Laško                   | trijas           | 37.4           | 0.646             | 0.235  |
| Harina Zlaka            | karbon           | 33.5           | 11.24             | 4.09   |
| Topličica kod Gotalovca | trijas           | 28.4           |                   |        |
| Kamena Gorica           | trijas           | 22.8           | 1.357             | 0.4941 |

Vrelo leži u sutjesci među trijadičkim masivima Ostrugače na zapadu i Komora na istoku na 46°7'2" sjev. širine i 16°0'42" ist. dužine od Greenwicha. Visina nad morem iznosi 175 m (isp. specijalnu kartu 1 : 75.000 br. 5556). Voda izvire iz udubine u pećini, koja je zatvorena horizontalnom betonskom pločom. Voda ističe nešto niže i utječe u basen za kupanje.

TABLICA II

|                   | Geološka starost | Temperatura °C | Radioaktivitet    |       |
|-------------------|------------------|----------------|-------------------|-------|
|                   |                  |                | Macheove jedinice | nC/l  |
| Tuheljske Toplice |                  |                |                   |       |
| Dadino vrelo      | trijas           | 32.4           | 1.234             | 0.448 |
| Vrelo u bari      | trijas           | 31.0           | 1.227             | 0.448 |
| Krapinske Toplice |                  |                |                   |       |
| Jakobova kupelj   | trijas           | 39.1           | 0.563             | 0.205 |
| Pučka kupelj      | trijas           | 41.4           | 0.696             | 0.253 |
| Šemnica           | trijas           | 31.0           | 3.792             | 1.097 |
| Sutinske Toplice  | trijas           | 35.9           | 1.296             | 0.472 |

Istraživanja su izvršena 13. svibnja 1952. Temperatura vode bila je 35.9° C, a njezin radioaktivitet 1.296 Macheove jedinice = 0.472 nC/l.

Voda je bistra, bez boje, mirisa i okusa, reakcije slabo alkalične (lakmus).

\* Teški metali određeni su na ovaj način:

**Olovo.** Olovo je ovaj put određeno gravimetrijski<sup>2</sup> jer nismo više raspolagali reagencijama potrebne čistoće. Kalijev-natrijev tartarat Pliva pro analysi sadrži toliko sulfata, da je neprikladan za polarografsko određivanje olova. Ostali teški metali određeni su polarografski.

**Bakar.** Polarograf po Heyrovskom (Československá zbrojovka, Brno) baždaren je otopinom, koja je sadržavala 1 mg Cu u 10 ccm 0.3 M otopine kalijeva-natrijeva tartarata. Kod osjetljivosti aparata 10 dobivena je, kod — 0.21 V, stepenica visoka 47.2 mm, a kod osjetljivosti 11 stepenica visoka 33.6 mm. Pod istim uvjetima i s istim osjetljivostima polarografirana je i otopina uzorka, pa je kod osjetljivosti 10 dobivena stepenica visoka 10.4 mm, a kod osjetljivosti 11 stepenica visoka 8.2 mm, što odgovara 0.2204 mg, odnosno 0.2440 mg Cu u 39982.9 g vode. Prosječna je vrijednost 0.2322 mg u 39982.9 g vode ili 0.0058 mg Cu u 1000 g vode.

*Nikalj.* Za određivanje niklja baždaren je aparat otopinom, koja je sadržavala 1 mg Ni u 10 ccm smjese od 17 g NH<sub>3</sub> i 53.5 g NH<sub>4</sub>Cl u litri, te 0.005% želatine kao supresor. Kod osjetljivosti aparata 16 dobivena je, kod — 1.13 V, stepenica visoka 7.2 mm. Pod istim uvjetima polarografirana je i otopina uzorka, pa je za Ni dobivena stepenica visoka 5.0 mm, što čini 0.6944 mg Ni u 39982.9 g vode ili 0.0174 mg Ni u 1000 g vode. Kobalt nije nađen.

*Cinak i mangan.* Za određivanje cinka i mangana baždaren je aparat otopinom, koja je sadržavala 0.5 mg Zn i 0.5 mg Mn u 20 ccm smjese jednakih dijelova destilirane vode i zasićene otopine kalijeve klorida. Kod osjetljivosti aparata 7 dobivena je, kod — 1.06 V, stepenica visoka 43.0 mm za Zn, a kod — 1.53 V stepenica visoka 38.8 mm za Mn, kod osjetljivosti aparata 9 dobivena je za Zn stepenica visoka 24.0 mm, a za Mn stepenica visoka 21.0 mm. Pod istim uvjetima polarografirana je i otopina uzorka, pa je kod osjetljivosti 7 dobivena za Zn stepe-

**Analiza**  
*termalnog vrela Sutinskih Toplica*

Spec. težina: 1.00073 (kod 0°/0° C)  
Temperatura: 35.9° C

| 1 kg sadržava  |           |           |           | Proračunano u postocima krute tvari: |                  |       |
|--|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|------------------|-------|
| iona:  | grama:    | milimola: | milivala: |                                      |                  |       |
| <b>Kationa:</b>                                      |           |           |           |                                      |                  |       |
| Natrija (Na <sup>+</sup> )                           | 0.01192   | 0.5183    | 0.5183    | Na                                   | 3.950            |       |
| Kalija (K <sup>+</sup> )                             | 0.002993  | 0.0766    | 0.0766    | K                                    | 0.992            |       |
| Kalcija (Ca <sup>2+</sup> )                          | 0.05492   | 1.370     | 2.740     | Ca                                   | 18.23            |       |
| Magnezija (Mg <sup>2+</sup> )                        | 0.02891   | 1.189     | 2.378     | Mg                                   | 9.579            |       |
| Stroncija (Sr <sup>2+</sup> )                        | 0.001842  | 0.0210    | 0.0420    | Sr                                   | 0.610            |       |
| Barija (Ba <sup>2+</sup> )                           | 0.0000909 | 0.0007    | 0.0014    | Ba                                   | 0.030            |       |
| Mangana (Mn <sup>2+</sup> )                          | 0.0000017 |           |           | Mn                                   | 0.001            |       |
| Cinka (Zn <sup>2+</sup> )                            | 0.0000132 | 0.0002    | 0.0004    | Zn                                   | 0.004            |       |
| Olova (Pb <sup>2+</sup> )                            | 0.0000205 | 0.0001    | 0.0002    | Pb                                   | 0.007            |       |
| Bakra (Cu <sup>2+</sup> )                            | 0.0000058 | 0.0001    | 0.0002    | Cu                                   | 0.002            |       |
| Niklja (Ni <sup>2+</sup> )                           | 0.0000174 | 0.0003    | 0.0006    | Ni                                   | 0.006            |       |
| <b>Aniona:</b>                                       |           |           |           | 5.758                                | Cl               | 1.017 |
| Klora (Cl <sup>-</sup> )                             | 0.003069  | 0.0866    | 0.0866    | SO <sub>4</sub>                      | 11.61            |       |
| Sulfata (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )             | 0.03500   | 0.3644    | 0.7288    | CO <sub>3</sub>                      | 49.08            |       |
| Hidrokarbonata (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )      | 0.3016    | 4.942     | 4.942     | SiO <sub>2</sub>                     | 4.410            |       |
| Koloidalno otopljenih oksida:                        |           |           |           | 5.758                                | TiO <sub>2</sub> | 0.010 |
| Silicijeva oksida (SiO <sub>2</sub> )                | 0.01331   | 0.2216    |           | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 0.133            |       |
| Titanova oksida (TiO <sub>2</sub> )                  | 0.0000314 | 0.0004    |           | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 0.331            |       |
| Aluminijeva oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 0.00040   | 0.0039    |           | 100.00                               |                  |       |
| Željeznog oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )   | 0.00100   | 0.0063    |           |                                      |                  |       |
| Ukupno:  | 0.4551    | 3.802     |           |                                      |                  |       |
| Hidrokarbonati preračunani u karbonate:              | 0.3018    |           |           | Salinitet (u 1000 dijelova vode):    |                  |       |
| Isparni preostatak:                                  | 0.2919    |           |           |                                      |                  |       |
| Sulfatna kontrola:                                   |           |           |           |                                      | 0.3018           |       |
| Računom:   | 0.3920    |           |           |                                      |                  |       |
| Nađeno analizom:                                     | 0.3878    |           |           |                                      |                  |       |

nica visoka 40.5 mm, a za Mn stepenica visoka 5.0 mm, što čini 0.4710 mg Zn i 0.06443 mg Mn u 39982.9 g vode. Kod osjetljivosti 9 dobivena je za Zn stepenica visoka 28.0 mm, a za Mn stepenica visoka 3.0 mm, što čini 0.5833 mg Zn i 0.07143 mg Mn u 39982.9 g vode. Prosječna vrijednost iznosi 0.5273 mg Zn i 0.06793 mg Mn u 39982.9 g vode ili 0.0132 mg Zn i 0.0017 mg Mn u 1000 g vode.

Kemijski sastav vode prikazuje analiza na str. 165.

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizira sastav: kalcij, magnezij, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija:  $N/1000 = 11.5$ ; Ca 2.7; Mg 2.4;  $HCO_3$  4.9. Reakcija alkalična.

Od teških metala pretežu cinak i olovo. Pritom je atomska koncentracija cinka dvaputa veća od atomske koncentracije olova, što odgovara svima dosad istraženim mineralnim vodama toga područja.<sup>3</sup>

Neobično je velika koncentracija niklja. Kako je nikalj nađen u tragovima i u termalnoj vodi Stubičkih toplica, bio bi to geokemijski dokaz za postojanje starog hrvatskog masiva, što su postulirali još E. v. Mojsisovics i E. Suess,<sup>4</sup> masiva koji bi se, prema rezultatima naših istraživanja, na sjeverozapadu protezao do pod Ivančicu.

#### LITERATURA

1. S. Miholić, *Econ. Geol.* **47** (1952) 543.
2. S. Miholić, *Apotekarski Vjesnik* **19** (1937) 589 i 629.
3. S. Miholić, *Geol. Vjesnik* **1** (1947) 111.
4. E. Suess, *La face de la Terre*. Trad. E. de Margerie. Tome I. Paris 1921. p. 353.

#### ABSTRACT

##### The Thermal Source of Sutinsko A Geochemical Study

S. Miholić and K. Mirnik

In Slovenia and NW Croatia a fault stretches for 110 kilometers in a W-E direction cutting Middle Triassic dolomites, which being strongly faulted during the Alpine orogeny and sandwiched between the dark schists of the Carboniferous and the Oligocene and Miocene marls, serve now as a water-bearing horizon. Only at two places the fault cuts Carboniferous conglomerates and sandstones. A shorter, parallel fault to the South cuts Triassic strata only.

The radioactivity of waters from the Triassic is generally low, while the waters from the Carboniferous show a marked radioactivity.

The thermal source of Sutinsko, being the easternmost spring on the second thermal line has been investigated in detail. The analysis of the water is given on p. 165.

The heavy metal content of the water shows a preponderance of zinc and lead, which are characteristic of the Alpine orogeny. It contains, however, a remarkable amount of nickel. This fact would offer a geochemical proof for the existence of an old Precambrian mass which has been postulated long ago by E. v. Mojsisovics and E. Suess in this part of Croatia.

INSTITUTE OF BALNEOLOGY AND CLIMATOLOGY  
THE YUGOSLAV ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS  
ZAGREB, CROATIA, YUGOSLAVIA

Received June 21, 1956