

# POTENCIJAL EKSPLOATACIJE GEOTERMALNE VODE NA PODRUČJU OPĆINE KUMROVEC

Borna-Ivan Balaz, mag. ing. geol., mr. sc. Daria Čupić, dipl. ing. geol., Nikola Škvorc, mag. ing. geol.

## 1. Uvod

Geotermalne i mineralne vode razlikuju se ostalih podzemnih voda prema količini otopljenih minerala i temperaturi. Na području Republike Hrvatske postoje brojna nalazišta geotermalnih voda na kojima se nalazi veliki broj toplica i rekreacijskih centara, a puno rjeđe se pronalaze izvorišta mineralnih voda (slika 1). Pritom se, prema geološkoj građi, ističu dva bitno različita područja: (1) Dinaridi s vrlo malim brojem pojava mineralnih voda i (2) područje Panonskog bazena sa znatno većim brojem pojava mineraliziranih voda različitog kemijskog sastava i temperature (Čupić et al. 2019.). U skladu s time postoje brojne perspektivne lokacije na kojima je utvrđena pojava geotermalne i mineralne vode, a koje bi se potencijalno mogle koristiti za različite turističke, rekreativne, zdravstvene i brojne druge namjene, ovisno o njihovom kemijskom sastavu i temperaturi.

Jedna od takvih lokacija nalazi se i na području općine Kumrovec gdje je izvedena geotermalna bušotina Kum-1 (slika 2). Izvođenje bušotine je financirala „INA-Naftaplin“ 1989. godine, međutim značajnijeg pomaka u eksploataciji ovog vrijednog resursa na toj lokaciji nije bilo.

## 2. Zagorsko geotermalno tijelo

Prema studiji „Delineacija i karakterizacija tijela geotermalnih podzemnih voda u Republici Hrvatskoj“ bušotina Kum-1 nalazi se na području Zagorskog



Slika 1: Lokacije toplica i rekreacijskih centara, izvora geotermalne i mineralne vode te geotermalnih voda iz bušotina (prilagođeno prema Šimunić 2008)



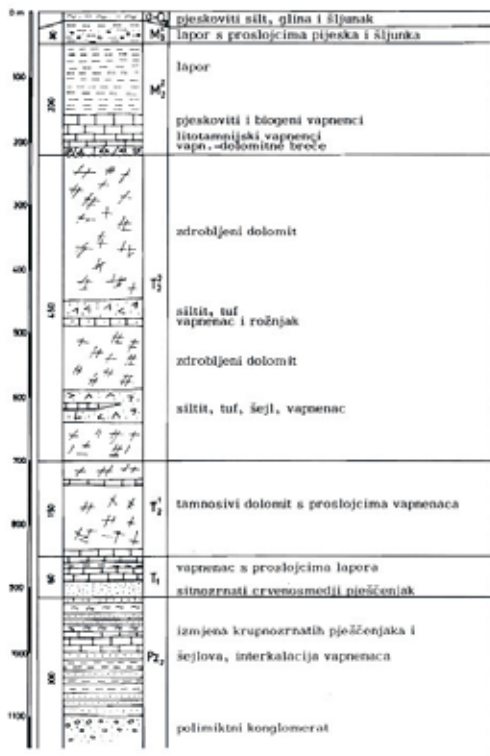
Slika 2: Sadašnji izgled bušotine Kum-1



Slika 3: Prikaz položaja bušotine Kum-1 i Zagorskog geotermalnog tijela na karti Republike Hrvatske

geotermalnog tijela (slika 3). Kako je navedeno u studiji, površina tijela pokriva 653,3 km<sup>2</sup>, a hidrokemijska obilježja geotermalnih voda posljedica su sastava stijena koje izgrađuju termalni vodonosnik.

Marković i suradnici (2020.) navode da, prema osnovnom ionskom sastavu, izvorske vode na ovom području pripadaju CaMg-HCO<sub>3</sub> hidrokemijskom facijesu, dok su pokazatelji antropogenog utjecaja ispod granice detekcije mjerenja, a pojava nitrata geogenog je podrijetla. Također, u studiji je s visokom razinom pouzdanosti utvrđeno kako se Zagorsko geotermalno tijelo nalazi u dobrom kemijskom i količinskom stanju te se prema ocjeni i načinu korištenja geotermalne vode u narednom planskom ciklusu od 2022. do 2027. godine ne nalazi u riziku.



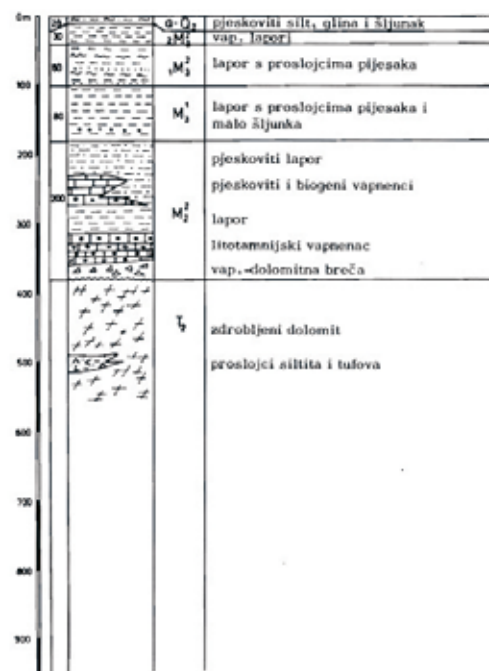
Slika 4: Prognozni profil bušotine na lokaciji broj 1 (Šimunić 1988.)

### 3. Pregled geoloških istraživanja u svrhu pronalaska geotermalne vode

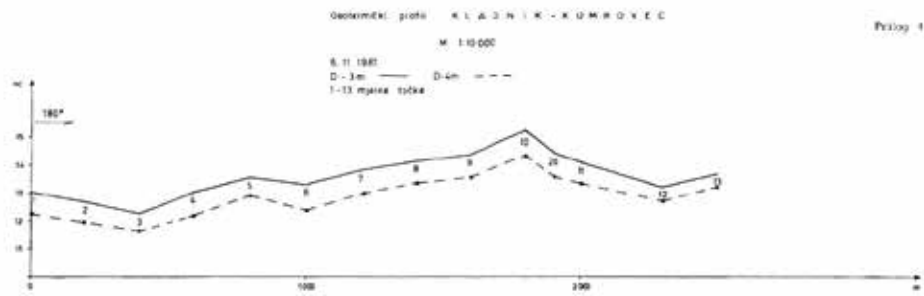
Prema Šimuniću (2008.), bliža okolica Kumrovca do 1980. godine nije detaljnije istraživana, već su sva geološka istraživanja bila vezana uz izradu regionalnih geoloških karata. Tako su geološka istraživanja na ovom području prvotno vezana uz Geološku kartu, list Rogatec-Kozje 1:75 000 (Gorjanović-Kramberger 1904.) te Osnovnu geološku kartu, list Rogatec 1:100 000 (Aničić i Juriša 1985.).

Detaljnija geološka istraživanja s tendencijom lociranja geotermalne bušotine nastavljena su 1981. i 1988. godine, a rezultati su objavljeni u izvještajima „Strukturno-geološka istraživanja područja Kumrovca i Tuhlja s posebnim osvrtom na mogućnost nalaza termomineralne vode“, (Šimunić i Hećimović 1981.) te „Detaljno geološko istraživanje bliže okolice Kumrovca u svrhu lociranja bušotine za termalnu vodu“ (Šimunić 1988.).

Šimunić (2008.) daje detaljan pregled povijesti istraživanja, a iznimno su interesantna laboratorijska i terenska istraživanja kojima su izdvojene potencijalne lokacije za bušenje. Kako navodi Šimunić (1988.) istraživano područje se sastoji od dvije antiklinale i dvije sinklinale, čije osi b imaju pravac istok-zapad. Područje Kumrovca je ispresijecano mnogobrojnim rasjedima, a posebno su izraženi rasjedi duž kojih je došlo do spuštavanja kumrovečkog polja i izdizanja Cesarskog brda (Šimunić 1988.). Autor navodi kako su vrlo važni i poprečni rasjedi koji presijecaju plikativne strukture budući je duž njihovih ploha došlo do postepenog izdizanja antiklinale Kumrovec-Krapinske toplice. U istom se izvještaju također navodi kako su na istraživanom području



Slika 5: Prognozni profil bušotine na lokaciji broj 2 (Šimunić 1988.)



Slika 6: Geotermički profil Kladnik-Kumrovec (Kovačić 1988.)

uočene dvije geotermalne anomalije: (1) sjeverna – koja se poklapa s osi b prethodno navedene antiklinale te (2) druga anomalija, koja se nalazi u jarku ispod nekadašnjeg „Doma boraca i omladine“. Nastavno na to, autor u izvještaju izdvaja dvije potencijalne lokacije kako je opisano u nastavku:

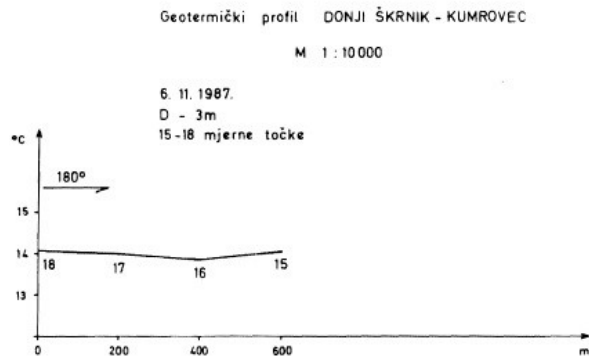
- Lokacija broj 1:
  - nalazi se u jarku na 300 m od bivše „Političke škole“ pri čemu se predlaže bušotinu postaviti u tjeme antiklinale Kumrovec-Krapinske toplice-Strugača budući se na toj antiformi nalaze tri izvorišta,
  - očekuje se pojava termalne vode na granici gornjeg badena i trijasa, a vjerojatno i u nižim dijelovima trijasa,
  - dubina bušenja do prvog vodonosnog horizonta mogla bi varirati od 200 do 300 m,

- pretpostavljena je temperatura vode od 20 do 30 °C u plićem vodonosniku, dok se u dubljim dijelovima profila očekivala i veća temperatura.
- Lokacija broj 2:
  - nalazi se u jarku, između nekadašnje „Političke škole“ i „Doma boraca i omladine“,
  - bušotinu je potrebno postaviti na južno krilo antiforme i to na sjecište poprečnog i uzdužnog rasjeda,
  - dubina bušenja do prvog vodonosnog horizonta očekivana je na dubini od 300 do 400 m,
  - pretpostavljena je temperatura kao i na lokaciji broj 1.

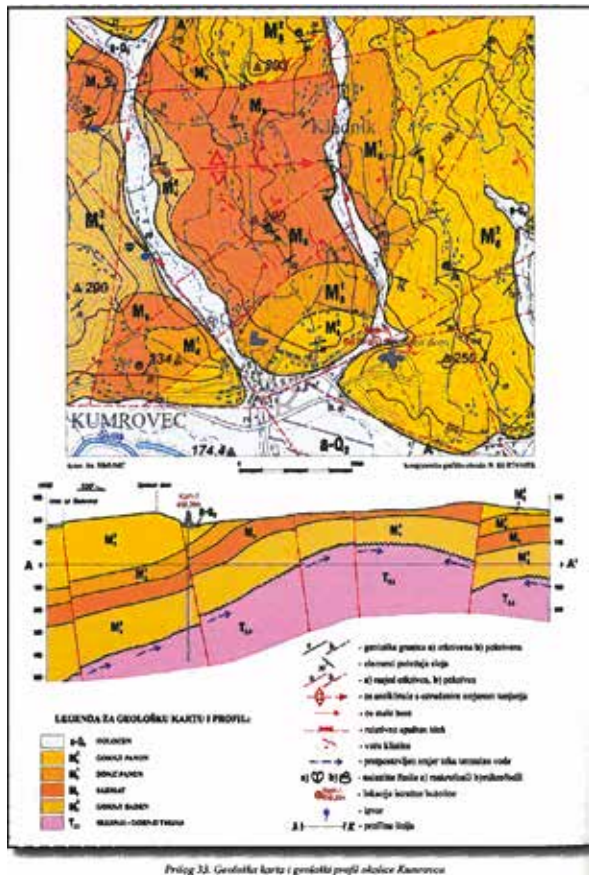
Tablica 1: Rezultati mjerenja temperature vode u bunarima i izvorima u području Kumrovca (Kovačić, 1988.)

broj točke	datum	temperatura °C	napomena
1	10.11.1987.	10,1	bunar
2	11.11.1987.	10,7	kaptirani izvor
3	11.11.1987.	10,8	kaptirani izvor (voda s H <sub>2</sub> S)
4	11.11.1987.	12,1	bunar
5	11.11.1987.	11,8	bunar
6	11.11.1987.	11,9	bunar
7	11.11.1987.	9,0	bunar
8	11.11.1987.	10,6	bunar
9	11.11.1987.	10,5	bunar
10	11.11.1987.	10,7	bunar
11	11.11.1987.	12,2	bunar
12	11.11.1987.	12,6	bunar
13	12.11.1987.	12,2	kaptirani izvor (navodno stalna temperatura) – izvan karte
14	12.11.1987.	12,0	kaptirani izvor velikog kapaciteta (izvan karte)
15	12.11.1987.	10,7	bunar
16	12.11.1987.	11,2	kaptirani izvor
17	12.11.1987.	10,4	bunar (navodno nikad ne presušuje)





Slika 7: Geotermički profil Donji Škrnik-Kumrovec (Kovačić 1988.)



Slika 10: Geološka karta i geološki profil okolice Kumrovca (Šimunić 2008.)



Slika 8: Karta geotermičkih sondi, izvora i bunara (Kovačić 1988.)

Prognozni profili na lokaciji broj 1 i lokaciji broj 2 prikazani su na slici 4 i 5.

U okviru geoloških istraživanja s ciljem lociranja geotermalne bušotine izvedena su i geotermička mjerenja. Rezultati plitkog geotermičkog sondiranja i mjerenja temperature na izvorima i bunarima prikazani su u izvještaju „Geotermičko profiliranje u području Kumrovca“ (Kovačić 1988.). U izvještaju se navodi kako je za potrebe mjerenja izbušeno 14 bušotina dubine 4 m, a na profilu Donji Škrtnik-Kumrovec (slika 6) 4 bušotine dubine 3 m.

Udaljenost između točaka iznosila je 200 m, a na profilu Kladnik-Kumrovec (slika 7) temperatura je mjerena u dva nivoa na dubini od 3 i 4 m (Kovačić 1988.). Točnije, obavljeno je 30 sondiranja i mjerenja temperature u 22 izbušene bušotine te 17 mjerenja temperature na izvorima i bunarima (tablica 1). Sve prethodno navedeno, prikazano je na karti na slici 8, a rezultati mjerenja temperature vode prikazani su u tablici 1.

#### 4. Bušotina Kum-1

Na temelju prethodno prikazanih istraživanja, 1989. godine pristupilo se izradi geotermalne bušotine. Prema Šimuniću (2008.), predstavnici „Ina-Naftaplina“ odabrali su lokaciju broj 2 za postavljanje bušotine (slika 9).

Bušotina Kum-1 locirana je uz reversni rasjed što je povećalo debljinu naslaga zbog njihovog ponavljanja, međutim zdrobljenost stijena značajno je povećala izdašnost (Šimunić 2008.). Položaj lokacije bušotine na geološkoj karti i geološki profil s navedenim rasjedom prikazani su na slici 10.

U „Izvještaju o izvedbi istražno-geotermalne bušotine u Kumrovcu (Kum-1)“, se navodi kako dubina bušotine iznosi 630,20 m uz stalnu temperaturu vode od 25 °C. Također se navodi kako statička razina vode u bušotini iznosi između 24 i 28 m, dok je pokusnim crpljenjem dobiveno 47 l/s uz sniženje od 26,50 m i dinamičku razinu od 50,69 m (tablica 2).

Tablica 2: Rezultati pokusnog crpljenja (prilagođeno prema Britvić 1989)

Količina crpljenja Q (l/s)	Dinamička razina (m)	Sniženje (m)	Trajanje crpljenja (h)	Napomena
0,00	24,19	-	-	približno ustaljena
15,00	29,00	4,81	24	povratak razine
0,00	25,30	1,11	2	približno ustaljena
24,00	33,65	9,46	24	približno ustaljena
34,00	41,10	16,91	24	približno ustaljena
0,00	27,70	3,51	22	povratak razine
47,00	50,69	26,50	8	približno ustaljena

Detaljnije geokemijske karakteristike vode iz bušotine Kum-1 dane su u izvještaju „Geološko i geokemijsko praćenje istražno-eksploatacijske bušotine Kum-1 u Kumrovcu“. Prema izvještaju, voda je prvi put uzorkovana na 428 m sa sljedećim rezultatima:

- izmjerena temperatura vode iznosila je 22 °C,
- prema tipu je voda kalcijsko-magnezijsko-hidrogenkarbonatna,
- mineralizacija iznosi 473 mg/l,
- genetski pripada dolomitima.

Drugim uzorkovanjem vode na krajnjoj dubini od 630 m utvrđeno je sljedeće:

- izmjerena temperatura vode iznosila je 25 °C
- prema tipu je voda kalcijsko-magnezijsko-hidrogenkarbonatna,
- mineralizacija iznosi 419 mg/l,
- genetski pripada dolomitima.

Također izmjerena je i radioaktivnost konačnog uzorka vode pa tako aktivnost tricija ( $^3\text{H}$ ) iznosi 0,21 Bq/l (Dumančić, 1989.). Prema „Pravilniku o izmjenama i dopunama pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe“ (NN 39/2020.) i „Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe“ (NN 125/2017), propisana je vrijednost od 100 Bq/l, a u napomeni piše kako vrijednost za parametar tricij može biti i viša od 100 Bq/l, ali mora biti niža od 1000 Bq/l. Uzimajući to u obzir, jasno je kako izmjerena vrijednost tricija u bušotini Kum-1 ima značajno manju vrijednost od navedenih. Kemijska analiza vode za određene parametre prikazana je u [tablici 3](#).

Tablica 3: Kemijske analize vode iz bušotine Kum-1 (prilagođeno prema Dumančić 1989.)

Parametar	Jedinica	15.12.1988.	27.5.1989.
pH		7,2	7,85
$\text{CO}_3^{2-}$	(mg/l)	40,3	31,0
$\text{HCO}_3^-$		274,6	234,9
$\text{Cl}^-$		3,5	10,6
$\text{SO}_4^{2-}$		28,6	31,9
$\text{SiO}_2$		9,2	14,5
$\text{Ca}^{2+}$		32,1	40,1
$\text{Mg}^{2+}$		29,2	22,4
Fe		0,1	0,1
Al		0,1	0,1
Na		49,7	23,9
K		4,4	7,9
mineralizacija		473,7	419,1
$\text{CO}_2$		0,0	0,0
$\text{H}_2\text{S}$		1,9	1,6
Utrošak $\text{KMnO}_4$		40,9	7,1

## 5. Zaključak

Na području općine Kumrovec 1989. godine izvedena je geotermalna bušotina u kojoj se na 448 m dubine pojavila termalna voda. Prema različitim klasifikacijama temperature (Miholić 1952.; Kovačić i Perica 1998.; Ivanišević i Čepelak 2003.) riječ je o hipotermalnoj vodi, a uzimajući u obzir klasifikacije kemijskog sastava (Vargazon 1968. i Novak 1968.) dominiraju kalcijevi, magnezijevi i hidrogenkarbonatni ioni. Iako je izvođenje geotermalne bušotine Kum-1 bilo uspješno, svakako treba naglasiti kako je Šimunić (1988.) izdvojio i drugu lokaciju za izvođenje bušotine za koju navodi da je možda moguće dobiti termalnu vodu i veće temperature od 33 do 41 °C (Šimunić 2008.).

S obzirom na mogućnost revitalizacije postojeće infrastrukture i turistički potencijal, eksploatacija

geotermalne vode može dodatno doprinijeti širenju turističke ponude vezane uz ljepote zagorskog kraja i kulture. Međutim, ako se isključi zdravstveni i rekreativni potencijal, termalna voda prema Šimuniću (2008.) ima isti kemijski sastav kao i izvor Svete Jane te bi se mogla koristiti za piće, a postoji i potencijal flaširanja mineralne izvorske vode.

Uzimajući u obzir napredak tehnologije i istraživačkih metoda, svakako je potrebno nastaviti s geološkim, hidrogeološkim i geofizičkim istraživanjima na ovome području s ciljem efikasne eksploatacije geotermalne vode i pronalaska odgovarajućeg način korištenja. Nastavak istraživanja geotermalnih i mineralnih voda na području općine Kumrovec nesumnjivo će doprinijeti razvoju ne samo općine već i cijelog kraja.

## Literatura:

- Aničić B., Juriša M. 1985. Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000, list Rogatec. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Britvić V. 1989. Izvještaj o izvedbi istražno-geotermalne bušotine u Kumrovcu (Kum-1). *Fond stručne dokumentacije*, Geotehnika, Zagreb.
- Čupić D., Larva O., Vlašić A. 2019. Pristup upravljanju geotermalnim i mineralnim vodama u Republici Hrvatskoj. *Zbornik radova 7. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA S ME,RODNIM SUDJELOVANJEM*, 523-536.
- Dumančić E. 1989. Geološko i geokemijsko praćenje istražno-eksploatacijske bušotine Kum-1 u Kumrovcu. *Fond stručne dokumentacije*, INA-Projekt, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. 1904. Geologijska prijegledna karta Hrvatske i Slavonije, Rogatec-Kozje, 1:75 000. Zona 21, Col.XIII, Naknada Kralj.zemalj.vlade, Odjel za unutarnje poslove, Zagreb.
- Ivanišević G., Čepelak R. 2003. Prirodne mineralne vode u Hrvatskoj. *Hrvatske vode* 11, 251-261.
- Kovačić M. 1988. Geotermičko profiliranje u području Kumrovca. *Fond stručne dokumentacije*, *Hrvatski geološki institut*, Zagreb.
- Kovačić M., Perica R. 1998. Stupanj korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj. *Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo*, 6(25), 355-361.
- Malešević D. 1981. Izvještaj o rezultatima kemijskih analiza na području Kumrovca i Tuheljskih tuplica. *Fond stručne dokumentacije*, *Hrvatski geološki institut*, Zagreb.
- Marković T., Sladović Ž., Larva O., Brkić Ž., Karlović I., Mikić Z., Martić Z. 2020. Delineacija i karakterizacija tijela geotermalnih podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. *Hrvatski geološki institut*, Zagreb.
- Miholić S. 1952. Kemijski sastav i svojstva mineralnih voda. *Godišnjak Balneol.-klimat. instit. NR Hrvatske* 1, 7-18.
- Ministarstvo zdravstva 2017. Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe. NN 125/2017.
- Ministarstvo zdravstva 2020. Pravilniku o izmjenama i dopunama pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe. NN 39/2020.
- Novak, R. 1968. Osvrt na klasifikaciju termomineralnih voda. *Radovi Medicinskog fakulteta u Zagrebu* 1968. 16(1), 63-70.
- Šimunić A. 2008. *Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske*. Geološka monografija, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- Šimunić A. 1988. *Detaljno geološko istraživanje bliže okolice Kumrovca u svrhu lociranja bušotine za termalnu vodu*. *Fond stručne dokumentacije*, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- Šimunić A., Hećimović I. 1981. *Strukturno-geološka istraživanja područja Kumrovca i Tuhlja s posebnim osvrtom na mogućnost nalaza termomineralne vode*. *Fond stručne dokumentacije*, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- Vargazon B. 1968. Naša prirodna lječilišta za liječenje reumatskih bolesti. *Simpozij o reumatskim bolestima*, Ljubljana, 323-331.