

CENTRALA – DEPARTAMENT A GEOLOGIEI
INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ

STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA E nr. 15

HIDROGEOLOGIE

București
1989



Institutul Geologic al României

Coperta : Cristian Vasile

**Responsabilitatea asupra conținutului acestor articole
revine în exclusivitate autorilor**



Institutul Geologic al României

CENTRALA – DEPARTAMENT A GEOLOGIEI
INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ

SERIA E

HIDROGEOLOGIE

Nr. 15

STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

BUCUREŞTI
1989



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

CUPRINS

1. Airinei St., Pricăjan A., Făco M. Contribuții la cunoașterea ritmicității dioxidului de carbon liber din apele carbogazoase din partea internă a curburii Carpaților Orientali	5
Contributions to the Knowledge of Rhythmicity of Free Carbon Dioxide in Carbogaseous Waters in the Inner Part of East Carpathians' Bend (Summary)	16
2. Crăciun P., Barnes I., Bandrabur T. Stable Isotopes in Hydrogeothermal Structures in Romania	17
Izotopi stabili în structuri hidrogeotermale din România (Rezumat)	39
3. Crăciun P., Polonic P. The Geothermal Conditions in the Central Part of the Olt–Argeș Intersystem	41
Condițiile geotermale din partea centrală a interfluviului Olt–Argeș (Rezumat)	55
4. Enăchescu D., Plaviță R. Numerical Simulation of the Production Patterns of the Oradea Geothermal Resource Area	57
Analiza variantelor de exploatare a zăcământului hidrogeotermal Oradea prin modelare numerică (Rezumat)	65
5. Enciu P., Grigorescu St. Considerații hidrogeologice privind aciferele din partea bazală a complexului cărbunos dacian în interfluviul Olteț–Bistrița	67
Hydrogeological Considerations Regarding Aquifers in the Basal Part of the Dacian Coal Complex in the Olteț–Bistrița Interstream (Summary)	76
6. Mihăilă N., Giurgea P. Apele subterane din zona Arad–Vinga–Pecica și hidrochimia lor	79
Ground Waters in the Arad–Vinga–Pecica Area and Their Hydrochemistry (Summary)	131
7. Plaviță R. Reservoir Model of the Oradea Geothermal Resource Area Deduced from the Geological, Chemical and Thermal Data	133
Modelul de zăcământ al perimetruului hidrogeotermal Oradea dedus pe baza datelor geologice, chimice și termometrice (Rezumat)	140
8. Plaviță R., Cohut I. Parametrii hidrodinamici ai unor sisteme geotermale din Câmpia de Vest a României	141
Hydrodynamic Parameters of Some Geothermal Systems in Romania's Western Plain (Summary)	148



9. Popescu O. Manifestări hidrominerale în flișul cretacic dintre valea Sabău și valea Bistra, Carpații Orientali—județul Neamț	149
Hydromineral Manifestations in the Cretaceous Flysch between the Sabău and Bistra Valleys, South Carpathians, Neamț District (Summary)	161
10. Vasilescu Gh. Hidrogeologia zăcământului de minereu de fier și cupru de la Iulia, județul Tulcea	163
Hydrogeology of Iron and Copper Ores at Iulia, Tulcea District (Summary)	172



CONTRIBUȚII LA CUNOAȘTEREA RITMICITĂȚII DIOXIDULUI DE CARBON LIBER DIN APELE CARBO- GAZOASE DIN PARTEA INTERNĂ A CURBURII CARPATILOR ORIENTALI¹

DE

ȘTEFAN AIRINEI², ARTEMIU PRICĂJAN,³ MARTA FACO⁴

Mineral waters. Emergence. Carbon dioxide emanation. Hydrochemistry. Springs. Time variations. Annual variations. Oscillations. East Carpathians — Inner flysch area — Baraolt Mountains — Outer flysch area — Oituz Mountains.

Abstract

Contributions to the knowledge of Rhythmicity of Free Carbon Dioxide in Carbogaseous Waters in the Inner Part of the East Carpathians Bend. Two rhythmicity levels of the quantitative content of the daily dosings of free CO₂ are presented, levels determined on yearly and monthly average values (Pl. I), as differences marked by a plus or a minus sign ($\pm \Delta \text{CO}_2$), compared with the average of the studied interval, as well as the day variation compared with the monthly average or that of the interval (Pl. II). The drawn graphics were mediated (the thick curves interrupted) in order to point out the oscillations of 20 months and ten days long average periods. The segments of these oscillations bear others, which are closely subordinated, maximum and minimum, 2 to 4 months long, 2 to 4 days respectively. Future researches regarding this phenomenon take into account the knowledge of internal and external causes that generate its complexity, the same in any point of emergency (in fact, in the Earth crust).

Résumé

Contributions à la connaissance de la rythmicité du dioxyde de carbon libre contenu dans les eaux carbogaseuses de la partie interne de la courbure des Carpathes Orientales. On présente deux classes de rythmicité du contenu quantitatif de CO₂ libre dosé journallement, qui sont

¹ Depusă la 16 aprilie 1987, acceptată pentru comunicare și publicare la 22 aprilie 1987.

² Facultatea de Geologie și Geografie, Bd. N. Bălceseu, 1, R. 70111, București.

³ Centrala — Departament a Geologiei, Inspecția Geologică de Stat, str. Mendeleev nr. 34—36, București.

⁴ Întreprinderea de Apă Minerale Biborjeni (județul Covasna).



déterminées à base des valeurs moyennes annuelles et mensuelles (Pl. I), comme des différences à signe plus et minus ($\pm \Delta CO_2$), par rapport à la moyenne de l'intervalle (Pl. II). Les graphiques redigés ont été médiés (les courbes grosses interrompues) pour mettre en évidence les oscillations à périodes moyennes de 20 mois et de 10 jours. Les segments de ces oscillations supportent d'autres oscillations immédiatement subordonnées, de maximum et de minimum, à périodes de deux-quatre mois, respectivement deux-quatre jours. Les recherches ultérieures concernant ce phénomène prennent en considération la connaissance des causes internes et externes qui provoquent sa complexité, la même dans tous les points d'émergence (en fait, dans l'écorce terrestre).

1. Introducere

Cuprinsul lucrării de față se încadrează în cimpul unor preocupări inițiate cu puțin timp înainte de unii dintre autori, privind pe de o parte, legăturile între distribuția manifestărilor postvulcanice și structura geologică adâncă a Carpaților Orientali (Airinei, Pricăjan 1970, 1975), iar pe de altă parte, evidențierea, urmărirea și studierea ritmicității dioxidului de carbon liber și uscat (Airinei et al. 1975) sau din apele minerale carbogazoase (Airinei et al., 1978, 1979). În esență, rezultatele obținute pînă în prezent dezvoltă caracterul complex al mișcării de tip ritmic al dioxidului de carbon din scoarța terestră, sub forma unei succesiuni ciclice suprapuse, cu perioade de mai mulți ani, de mai multe luni, de mai multe zile, de mai multe ore. Cauzele care le produc și întrețin nu sunt identificate, dar aparțin, după toate indicile, lanțurilor de mișcări interne și externe ale maselor terestre, acționate sau cel puțin inițiate și manevrate de forțe extraterestre. Simultaneitatea sau evazi-simultaneitatea producerii și derulării lor pe teritoriile de întinderi mari poate constitui unul dintre argumente.

În cele ce urmează sunt redate rezultatele obținute, într-o primă etapă, pe baza dozărilor de dioxid de carbon liber în apele carbogazoase de la cinci stații de îmbuteliere din județul Covasna : Biborjeni (4 foraje), Vâlcele (sursa principală), Covasna (2 foraje), Vârghiș (2 foraje) și Poiana-Nemere (sursă). Toate cele cinci zăcăminte cu ape minerale carbogazoase în exploatare se găsesc în zona internă a curburii Carpaților Orientali.

2. Date experimentale, prelucrări și înțelesuri

Intervalul de timp investigat este de patru ani și cinci luni (1978—1982). Dozările dioxidului de carbon liber s-au făcut zilnic, în principiu la aceeași oră în cursul dimineții. Numărul de dozări este variabil de la an la an și de la stație la stație de îmbuteliere ; în medie circa 5 000 de dozări de CO_2 liber la fiecare sursă cercetată. Prelucrările se referă la calcularea de valori medii lunare și anuale ; pe baza acestor valori s-au calculat : variația diurnă față de media lunară, variația lunară față de media anuală, precum și variația anuală față de media intervalului. Deci, trei tipuri de ritmicități ale gazului CO_2 liber în apele carbogazoase cercetate.

În tabelul 1 sunt înregistrate, pentru fiecare sursă selectată (în principiu, sursa principală), următoarele date : numărul de dozări pe sursă,



TABELUL 1

Date experimentale privind variațiile dioxidului de carbon liber din apele minerale carbogazoase exploatare prin sursele principale din stațiunile menționate

Anul	Număr dozări	Media anuală (g/l)	Media intervalului (g/l)	ΔCO_2 (g/l)
Biborțeni (F1B)				
1978	292	1,945	1,988	- 0,043
1979	227	1,938		- 0,007
1980	296	2,069		+ 0,081
1981	270	2,001		+ 0,013
Covasna (F pr.)				
1978	190	1,192	1,208	+ 0,016
1979	186	1,170		- 0,038
1980	239	1,215		+ 0,007
1981	178	1,255		+ 0,043
Vâlcelele (sursa principală)				
1978	234	2,723	2,784	- 0,061
1979	230	2,760		- 0,024
1980	291	2,765		- 0,019
1981	258	2,884		+ 0,100
Vârghis (F2)				
1978	285	1,923	1,940	- 0,017
1979	234	1,926		- 0,014
1980	305	1,954		+ 0,014
1981	240	1,954		+ 0,014
Poian-Nemere (sursa)				
1978	238	2,638	2,508	+ 0,130
1979	163	2,613		+ 0,105
1980	302	2,400		+ 0,108
1981	298	2,390		- 0,118

media anuală a gazului CO₂ liber (în g/l), media intervalului (idem) și abateri (variația ca ritmicitate) ale gazului CO₂ ca medii anuale față de media intervalului (notate ΔCO_2). Din analiza cifrelor ultimei coloane din acest tabel rezultă că se poate vorbi de o simultaneitate a variației gazului CO₂ la nivelul mediilor anuale (ritmicitatea cu o perioadă de mai mulți ani, evidențiată doar). Excepție de la această comportare o fac mediile anuale de la sursa Poian-Nemere, care prezintă un decalaj și o inversare aparentă a maximului și minimului variației gazului CO₂ față de valoarea medie a intervalului considerat.

În tabelul 2 sunt înregistrate valorile medii lunare ale gazului CO₂, liber din apele carbogazoase ale surselor selectate (pentru Biborțeni,



TABELUL 2

Date experimentale privind variațiile dioxidului de carbon liber din apele minerale carbogazoase exploatare prin sursele principale menționate: cu variații lunare față de mediile anuale, precum și față de media intervalului

Anul	Luna	Număr dozări	Media lunară (g/l)	Media anuală (g/l)	ΔCO_2 (g/l)	Media interval (g/l)	ΔCO_2 (g/l)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Biborțeni (P. pr.)							
1978	I	8	1,617	1,607	-0,010	1,470	+0,147
	II	24	1,588		-0,019		+0,118
	III	27	1,635		+0,128		+0,159
	IV	23	1,572		-0,033		+0,106
	V	26	1,589		-0,018		+0,117
	VI	27	1,571		-0,036		+0,101
	VII	26	1,787		-0,020		+0,117
	VIII	26	1,619		+0,012		-0,129
	IX	25	1,591		-0,016		+0,121
	X	24	1,716		-0,109		+0,246
	XI	26	1,745		+0,138		+0,275
	XII	20	1,260		-0,307		-0,210
1979	I	27	1,362	1,602	-0,232		-0,108
	II	25	1,370		-0,224		-1,100
	III	27	1,575		-0,027		+0,105
	IV	25	1,698		+0,096		+0,228
	V	21	1,854		-0,252		+0,384
	VI	26	1,977		+0,375		+0,507
	VII	25	1,628		+0,026		+0,158
	VIII	25	1,643		-0,041		+0,173
	IX	26	1,537		-0,065		+0,067
	X	26	1,484		-0,118		+0,014
	XI	27	1,492		-0,110		+0,022
	XII	21	1,604		-0,002		+0,134
1980	I	24	1,617	1,564	-0,053		+0,147
	II	25	1,547		-0,017		+0,077
	III	26	1,538		-0,028		+0,066
	IV	27	1,702		-0,138		+0,232
	V	23	1,769		+0,205		+0,299
	VI	26	1,619		+0,065		+0,129
	VII	26	1,510		-0,054		+0,040
	VIII	24	1,538		-0,028		+0,068
	IX	19	1,520		-0,044		+0,050
	X	27	1,500		-0,064		+0,039
	XI	24	1,485		-0,079		+0,015
	XII	25	1,448		-0,118		-0,032
1981	I	24	1,467	1,190	+0,277		-0,003
	II	24	1,381		+0,191		-0,089
	III	27	1,232		+0,042		-0,236
	IV	26	1,308		+0,118		-0,162
	V	16	1,177		-0,013		-0,295
	VI	25	1,056		-0,124		-0,404
	VII	24	0,984		-0,208		-0,486 *



(Continuare tab. 2)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1981	VIII	16	1,145	1,190	-0,045	1,470	-0,325
	IX	26	1,150		-0,040		-0,320
	X	27	1,116		-0,076		-0,354
	XI	25	1,133		-0,057		-0,347
	XII	26	1,093		-0,097		-0,387
1982	I	9	1,222	1,380	-0,178		-0,248
	II	—	—		—		—
	III	—	—		—		—
	IV	26	1,380		0,000		-0,090
	V	24	1,417		+0,037		-0,057
	VI	25	1,395		+0,015		-0,075

Vâlcele (sursă)

1978	I	—	—	0,723	—	2,800	—
	II	21	2,902		+0,179		+0,102
	III	27	2,656		-0,067		-0,144
	IV	26	2,747		+0,044		-0,053
	V	25	2,626		+0,002		-0,174
	VI	16	2,680		-0,043		-0,120
	VII	26	2,933		+0,111		+0,133
	VIII	23	2,929		+0,106		+0,129
	IX	26	2,654		-0,065		-0,146
	X	18	2,599		-0,324		-0,201
	XI	26	2,702		-0,021		-0,098
	XII	—	—		—		—
1979	I	—	—	2,760	—		—
	II	24	2,855		+0,095		+0,055
	III	27	2,793		+0,033		-0,007
	IV	25	2,496		-0,264		-0,304
	V	25	2,803		+0,048		+0,003
	VI	26	2,815		+0,055		+0,015
	VII	25	2,880		+0,120		+0,080
	VIII	25	2,718		+0,042		-0,092
	IX	25	2,720		-0,040		-0,090
	X	27	2,666		-0,096		-0,134
	XI	26	2,626		-0,134		-0,174
	XII	—	—		—		—
1980	I	10	2,726	2,765	-0,039		-0,074
	II	25	2,557		-0,208		-0,283
	III	26	2,714		-0,051		-0,086
	IV	24	2,729		-0,036		-0,071
	V	24	2,821		+0,056		+0,021
	VI	25	2,821		+0,056		+0,021
	VII	27	2,809		+0,045		+0,009
	VIII	25	2,748		-0,017		-0,052
	IX	26	2,839		+0,074		+0,039
	X	27	2,798		+0,033		-0,002
	XI	25	2,785		+0,019		-0,015
	XII	27	2,840		+0,075		+0,045
1981	I	—	—	2,884	—		—
	II	10	2,938		+0,054		+0,138
	III	26	2,868		-0,016		+0,068
	IV	26	2,881		-0,003		+0,081
	V	24	2,886		+0,002		+0,086
	VI	24	2,885		+0,001		+0,085



(Continuare tab. 2)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1981	VII	27	2,887	2,884	+0,003	2,800	+0,087
	VIII	25	2,848		-0,036		+0,048
	IX	26	2,872		-0,012		+0,072
	X	25	2,848		-0,036		+0,048
	XI	25	2,940		+0,044		+0,140
1982	I	—	—	2,869	—		—
	II	12	2,840		-0,029		+0,040
	III	27	2,867		-0,002		+0,067
	IV	26	2,838		-0,031		+0,038
	V	25	2,924		+0,055		+0,124
	VI	25	2,875		+0,006		+0,075

Covasna (F3)

1978	I	—	—	1,698	—	1,960	—
	II	7	1,794		+0,104		-0,166
	III	27	1,900		+0,202		-0,060
	IV	19	1,507		-0,191		-0,453
	V	28	1,505		-0,195		-0,255
	VI	26	1,835		+0,209		-0,053
	VII	23	1,907		+0,158		-0,104
	VIII	25	1,856		+0,109		-0,153
	IX	13	1,807		+0,158		-0,106
	X	27	1,856		+0,164		-0,104
	XI	2	1,914		+0,216		-0,046
	XII	—	—		—		—
1979	I	—	—	1,863	—		—
	II	8	2,051		+0,188		+0,091
	III	27	1,929		+0,056		-0,031
	IV	25	1,842		-0,015		-0,118
	V	25	1,848		-0,009		-0,112
	VI	26	1,818		-0,041		-0,138
	VII	25	1,822		-0,031		-0,134
	VIII	25	1,832		-0,033		-0,122
	IX	25	1,809		-0,058		-0,155
	X	27	1,805		-0,064		-0,152
	XI	3	1,848		-0,015		-0,112
	XII	23	1,886		+0,023		-0,056
1980	I	—	—	1,777	—		—
	II	9	1,828		+0,051		-0,132
	III	27	1,776		-0,001		-0,184
	IV	27	1,782		+0,005		-0,178
	V	25	1,776		-0,001		-0,184
	VI	25	1,781		+0,004		-0,179
	VII	27	1,712		-0,065		-0,248
	VIII	26	1,770		+0,008		-0,190
	IX	26	1,785		+0,012		-0,165
	X	27	1,782		+0,005		-0,158
	XI	20	1,773		-0,004		-1,159
	XII	—	—		—		—
1981	I	—	—	2,270	—	—	—
	II	—	—		—		—
	III	20	2,231		+0,051		+0,361
	IV	15	2,186		-0,164		+0,226



(Continuare tab. 2)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1981	V	24	2,271	2,270	+0,001	1,960	+0,346
	VI	17	2,306		+0,036		+0,372
	VII	26	2,338		+0,068		+0,287
	VIII	25	2,147		-0,123		+0,187
	IX	22	2,313		+0,043		+0,353
	X	16	2,223		-0,047		+0,263
	XI	15	2,378		+0,108		+0,418
	XII	—	—		—		—
1982	I	—	—	2,173	—		—
	II	—	—		—		—
	III	14	1,940		-0,243		-0,020
	IV	26	2,122		-0,051		+0,162
	V	25	2,316		+0,183		+0,356
	VI	20	2,316		+0,184		+0,356

Vârghis (F2 vechi)

1978	I	—	—	1,923	—	1,880	—
	II	24	1,800		-0,123		-0,080
	III	28	1,870		-0,053		-0,010
	IV	26	1,944		+0,021		+0,064
	V	23	1,940		+0,017		+0,060
	VI	24	1,955		+0,032		+0,075
	VII	27	1,975		+0,052		+0,095
	VIII	27	1,940		+0,017		+0,060
	IX	27	1,924		+0,001		+0,044
	X	28	1,987		-0,030		+0,017
	XI	26	1,924		+0,010		+0,044
	XII	25	1,987		+0,054		+0,107
1979	I	25	1,907	1,933	0,024		+0,027
	II	24	1,926		-0,009		+0,046
	III	28	1,945		+0,012		+0,065
	IV	28	1,953		+0,020		+0,073
	V	26	1,960		+0,027		+0,080
	VI	26	1,916		-0,019		+0,034
	VII	25	1,937		+0,004		+0,057
	VIII	26	1,848		-0,095		-0,032
	IX	26	1,942		-0,009		+0,062
	X	26	1,943		+0,010		+0,063
	XI	25	1,951		+0,018		+0,071
	XII	16	1,983		+0,050		+0,103
1980	I	17	1,762	1,705	-0,033		-0,175
	II	26	1,555		-0,160		-0,325
	III	26	1,621		-0,084		-0,249
	IV	29	1,724		+0,019		-0,156
	V	27	1,693		0,012		-0,187
	VI	26	1,716		+0,009		-0,164
	VII	27	1,709		+0,004		-0,171
	VIII	25	1,720		+0,015		-0,016
	IX	26	1,876		+0,171		-0,004
	X	27	1,986		+0,191		+0,016
	XI	25	1,934		+0,229		+0,054
	XII	24	1,841		+0,136		-0,039
1981	I	25	1,925	1,495	-0,024		+0,045



(Continuare tab. 2)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1981	II	25	1,926	1,954	-0,036	1,880	+0,038
	III	21	1,998		+0,044		0,118
	IV	20	1,950		+0,004		+0,070
	V	16	1,984		+0,030		+0,104
	VI	26	1,947		-0,007		+0,064
	VII		1,945		-0,009		+0,065
	VIII		1,960		+0,004		+0,080
	IX		1,955		+0,001		+0,055
	X		1,945		-0,009		+0,065
	XI		1,951		-0,003		+0,059
	XII		1,984		+0,030		+0,104
1982	I	10	1,848	1,895	0,037		-0,032
	II	-	-		-		-
	III	17	1,902		+0,007		+0,022
	IV	26	1,897		+0,002		+0,017
	V	25	1,909		+0,014		+0,029
	VI	26	1,919		+0,024		+0,039

Poian-Nemere (sursă)

1978	I	-	-	2,638	-	2,490	-
	II	22	2,694		+0,056		+0,204
	III	26	2,516		-0,178		+0,026
	IV	23	2,523		-0,171		+0,033
	V	21	2,676		0,038		+0,186
	VI	22	2,646		+0,008		+0,156
	VII	23	2,607		-0,031		+0,117
	VIII	24	2,690		+0,052		+0,200
	IX	25	2,597		-0,059		+0,107
	X	25	2,731		+9,093		+0,241
	XI	27	2,695		+0,028		+0,205
	XII	-	-		-		-
1979	I	-	-	2,600	-	-	-
	II		2,512		-0,088		+0,022
	III		2,526		-0,074		+0,032
	IV	26	2,548		-0,052		+0,058
	V	26	2,497		-0,107		+0,007
	VI	26	2,667		+0,067		+0,157
	VII	26	2,680		+0,080		+0,170
	VIII	24	2,797		+0,197		+0,307
	IX	25	2,678		+0,068		+0,168
	X	27	2,600		0,000		+0,101
	XI	25	2,642		+0,042		+0,152
	XII	21	2,370		-0,230		-0,120
1980	I	24	2,398	2,400	-0,012		-0,092
	II	25	2,455		+0,055		-0,035
	III	23	2,452		+0,052		-0,038
	IV	24	2,438		+0,038		-0,052
	V	25	2,356		-0,044		-0,134
	VI	25	2,390		-0,010		-0,100
	VII	27	2,431		+0,031		-0,059
	VIII	25	2,393		-0,007		-0,097
	IX	26	2,333		-0,067		-0,157
	X	26	2,384		-0,016		-0,106
	XI	25	2,393		-0,007		-0,097
	XII	27	2,384		-0,016		-0,106



(Continuare tab. 2)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1981	I	24	2,368	2,390	-0,022	2,490	-0,122
	II	24	2,421		+0,921		-0,069
	III	26	2,399		+0,009		-0,109
	IV	26	2,379		-0,011		-0,129
	V	24	2,376		-0,014		-0,132
	VI	26	2,423		+0,023		-0,043
	VII	25	2,407		+0,017		-0,083
	VIII	24	2,403		+0,013		-0,086
	IX	27	2,404		+0,014		-0,083
	X	21	2,361		-0,029		-0,129
	XI	26	2,404		+0,014		-0,086
	XII	25	2,372		-0,018		-0,118
1982	I	23	2,370	2,421	-0,051		-0,120
	II	23	2,391		-0,030		-0,099
	III	25	2,640		+0,219		+0,150
	IV	25	2,390		-0,031		-0,100
	V	25	2,368		-0,053		-0,122
	VI	26	2,370		-0,051		-0,120

Covasna și Vârghiș au fost considerate alte surse decât în situația precedentă), diferențele relative ale dioxidului de carbon (ΔCO_2) făță de fiecare medie anuală, dar și față de media intervalului (1978—1982).

Pe baza datelor din tabelul 2 s-au întocmit graficele reproduse în planșa I, cu scopul punerii în evidență a variației dioxidului de carbon în medii lunare, față de valoarea medie a aceluiasi interval. Medierea variației gazului CO₂ (curba groasă întreruptă) a dus la evidențierea unei oscilații (armonice) cu perioadă medie de 20 de luni, cu amplitudini diferite de la sursă la sursă și cu aspect de evazi-simultaneitate între maximele și minimele de la graficul unei surse la altul etc. Se disting două grupe de surse în care sunt aproape simultane ciclurile de pe graficele de variație a gazului CO₂ liber: Biborțeni și Poian-Nemere pe de o parte, și Vâlcele, Covasna și Vârghiș, pe de altă parte. Observăm că perioada considerată este mult prea scurtă pentru argumentarea unei explicații satisfăcătoare a situației relevante. Este foarte probabil că un rol important îl joacă condițiile fizico-hidrogeologice ale fiecărei surse, care pot constitui cauze locale de frânare sau accelerare în propagarea dioxidului de carbon în scoarța terestră, cu producere de evazi-simultaneitate în ritmicitatea sa.

Abaterile cu plus sau cu minus față de graficele mediatoare din planșa I, reprezintă oscilații (armonice) subordonate, cu lungimi de undă de 2—4 luni. Ele însele suportă oscilații (armonice) subordonate, cu lungimi de undă de ordinul mai multor zile. Un asemenea exemplu este redat în planșa II, în care sunt reproduse grafice cu variația gazului CO₂ pentru aceleași surse, corespunzător intervalului martie—aprilie 1978. Graficele au fost mediate și în acest caz (curba întreruptă groasă). Ansamblul diagramelor din planșa II ne îngăduie să formulăm următoarele observații:

- în succesiunea valorilor obținute prin dozarea gazului CO₂ liber se distinge înșiruirea alternantă de maxime și minime cu perioade între 8 și 13 zile (în medie 10 zile);

— amplitudinea maximelor și minimelor este diferită în timp pentru aceeași sursă de apă carbogazoasă, dar și de la sursă la sursă; sunt înregistrate amplitudini mai mari pentru sursele Biborteni, Vârghiș și Poian-Nemere, amplitudini mai mici pentru cele de la Vâlcele și Covasna (caz ce sugerează tendință de constantă a dioxidului de carbon la sursă);

— pe intervalul fiecărui maxim și minim mediat (linia groasă întreruptă) sunt prezente 2—4 maxime subordonate, separate de minime, cu perioade de la 2 la 4 zile, ca efecte ale unei ritmicități subordonate celei cu perioadă medie de 10 zile;

— procesul de derulare a suitelor de maxime și minime la sursele studiate, situate unele față de altele pînă la distanțe de 50 km, nu este riguros simultan: pentru cele cu perioadă medie de 10 zile diferența de timp este de pînă la 5 zile, fapt ce sugerează importanța factorilor locali ai structurii geologice, specifici fiecărei surse, precum și natura sursei de apă carbogazoasă (emergență naturală sau foraj), adincimea forajului, și

— că maximele și minimele cu perioade medii de 10 zile sunt, la rîndul lor, suprapuse pe maxime și minime cu perioade mai lungi de timp, determinate pe medii lunare, acestea, la rîndul lor suprapuse pe maxime și minime determinate pe medii anuale ș.a.m.d.

La fel ca în lucrările precedente (Airinei et al., 1970, 1975, 1978), nu deținem suficiente argumente pentru a susține care anume cauze stau la baza ritmicității cu perioade de mai mulți ani, de mai multe luni, de mai multe zile, de mai multe ore, precum și a subordonatelor lor immediate. Calea de a le obține este acumularea de date experimentale cît mai multe, care să acopere perioade cît mai lungi de timp.

3. Înloc de concluzii

Lucrarea deplasează cercetarea variației în timp a dioxidului de carbon liber din apele carbogazoase studiate anterior (Borsec, Sîncrăieni, Boholt, Buziaș), la alte surse de pe teritoriul țării, în cazul de față la cinci surse din județul Covasna, toate situate în zona internă a curburii Carpaților Orientali (Biborteni, Vâlcele, Covasna, Vârghiș și Poian-Nemere). Rezultatul fundamental obținut este că fenomenul investigat se prezintă la fel, oriunde. Constatăm astfel că prezența cantitativă a gazului CO_2 la oricare sursă, manifestă o variație continuă care, observată pe intervale lungi de timp, se înscrie pe o curbă complexă formată din oscilații succesive de maxime și minime cu perioade de mai mulți ani, de mai multe luni, de mai multe zile, de mai multe ore. Toate acestea se suprapun; cele cu perioade mai scurte pe cele cu perioade mai lungi ș.a.m.d.

Rezultatele considerate demne de a fi prezentate specialiștilor, chiar în acest stadiu preliminar, se referă la ritmicitatea gazului CO_2 determinată pe valori medii anuale și lunare (pl. I), ca diferență (ΔCO_2) cu semn plus sau cu semn minus, față de media intervalului studiat, precum și variația diurnă față de media lunată sau a intervalului (pl. II). Graficele întocmite au fost mediate (curbele groase întrerupte) în vederea evidențierii oscilațiilor (armonicelor) cu perioade medii de 20 de luni și de 10 zile. Pe intervalele acestor oscilații se suprapun altele imediat subordonate, de maxim și de minim, cu perioade de 2—4 luni, respectiv de 2—4 zile. În

atenția cercetărilor viitoare ale fenomenului, se află problema cunoașterii cauzelor interne și externe care provoacă complexitatea prezenței cantitative variabile a gazului CO₂ în oricare punct de emergență (de fapt, în scoarța terestră).

BIBLIOGRAFIE

- Airinei St., Pricăjan A. (1970) Corelații între structura geologică adâncă și aureola mofetică din județul Covasna, cu privire la zonele de apariție a apelor minerale carbogazoase. *Bul. Soc. Ști. Geol. Rom.*, XII, p. 173—185, București.
- Pricăjan A., Ștefănescu M., Setel M. (1975) Variația manifestării bioxidului de carbon mofetic la Băile Pucioasa—Sintimbru și Harghita. *Stud. cerc. geol., geoiz., geogr., (Geologie)*, Academia R. S. România 20, 1, p. 59—73, București.
 - Pricăjan A. (1975) Some Geological Connections between the Mineral Carbon and Thermal Waters and the Post-Volcanic Manifestations Correlated with the Deep Geological Structure in the East Carpathians Territory — Romania. *St. tehn. econ., E. 12 (Hidrogeologie)* Inst. Geol., Geoiz., 12, p. 7—19, București.
 - Demontis G., Pricăjan A., Simuț O.D. (1978) Rhythmicity of the Carbon Dioxide content in the Carbogaseous Mineral Waters of Buziaș Spa (Timiș District, Romania). *Rev. roum. géol., géophys., géogr., Serie (Géophysique)*, Acad. R. S. România, 22, p. 113—137, București.
- Pricăjan A., Airinei St. (1979) Ape minerale de consum alimentar în România. Edit. științ., encicl., Seria „Știința pentru toți”, p. 74, 136, București.

CONTRIBUTIONS TO THE KNOWLEDGE OF FREE CARBON DIOXIDE IN CARBOGASEOUS WATERS IN THE INNER PART OF THE EAST CARPATHIANS BEND

(Summary)

Preliminary results obtained regarding the quantity variation of free carbon dioxide in mineral carbogaseous waters from five sources in the inner part of the East Carpathians bend (Covasna county) are presented. Dosings of free CO₂ have been made once a day, in the morning, for almost 4.5 years (1978—1982). The revealed fundamental phenomenon is the same one with any other source of moffetic or free CO₂ in carbogaseous waters on Romanian territory, studied up to now. This phenomenon occurs in the following way : the daily dosing of quantity (preferably for as long as possible) is inscribed on a complex curve made up of successive oscillations of maximums and minimums having periods of many years, many months, many days, many hours (in the case of interval having dosings at least once at every hour). All those oscillations overlap one another: shorter periods ones on longer periods ones, and so on.

The presented results refer to the CO₂ rhythmicity determined on annual and monthly average values (Pl. I), as differences with a plus or a minus sign ($\pm \Delta \text{CO}_2$), as against the average of the studied interval, as well as the day variation as against the monthly average or that of the



interval (Pl. II). The drawn graphics were mediated (the thick curves interrupted) in order to point out the oscillations (in harmonic mean) having average periods of 20 months or 10 days. The segments of these oscillations are overlapped on others which are closely subordinated, maximum and minimum, having 2–4 months periods, or 2–4 days respectively. Future researches of this phenomenon concentrate on the problem of knowing the internal and external causes that generate the complexity of the presence of CO₂ quantitative variable in any point of emergency (in fact in the Earth crust).

EXPLANATION OF PLATES

Plate I

Graphics of monthly average variation of free CO₂ content, daily dosing the carbogaseous mineral waters extracted from one of the sources of five hydromineral deposits in the Covasna county, as against averages of the interval covered with observations (1978–1982). Mediating graphics (the interrupted thick curves) point put maximum and minimum oscillations, 20 months long as an average, on whose segments closely subordinated 2–4 months long oscillations overlap.

Plate II

Daily variation graphics of free CO₂ content, determined on the basis of the same daily dosings, at sources of the same hydromineral deposits, as against monthly averages of the interval (March–April 1978). Mediating graphics (the interrupted thick curves) point out maximum and minimum oscillations which are 10 days long as an average, on whose segments closely subordinated 2–4 days long oscillations overlap. Vertical hatches mark the days when dosings were not performed while curves pointed by the minimum apexes from the first diagram (Biborțeni) to the last (Poian–Nemere) defined the simultaneity degree of the rhythmicity with a 10 days period as an average.



GRAFICE DE VARIATIE MEDIE LUNARĂ A CONȚINUTULUI DE GAZ CO₂ LIBER

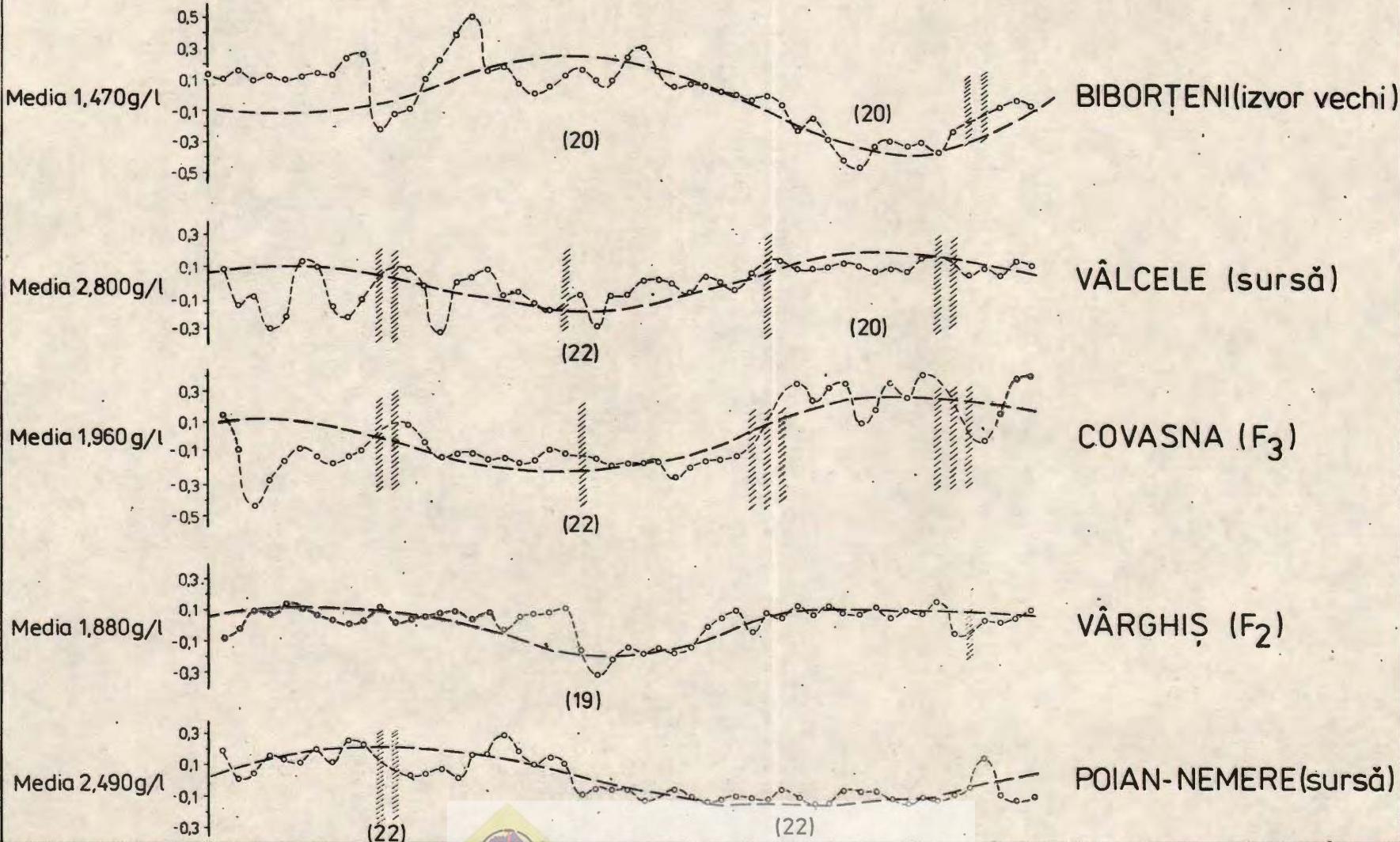
1978

1979

1980

1981

1982

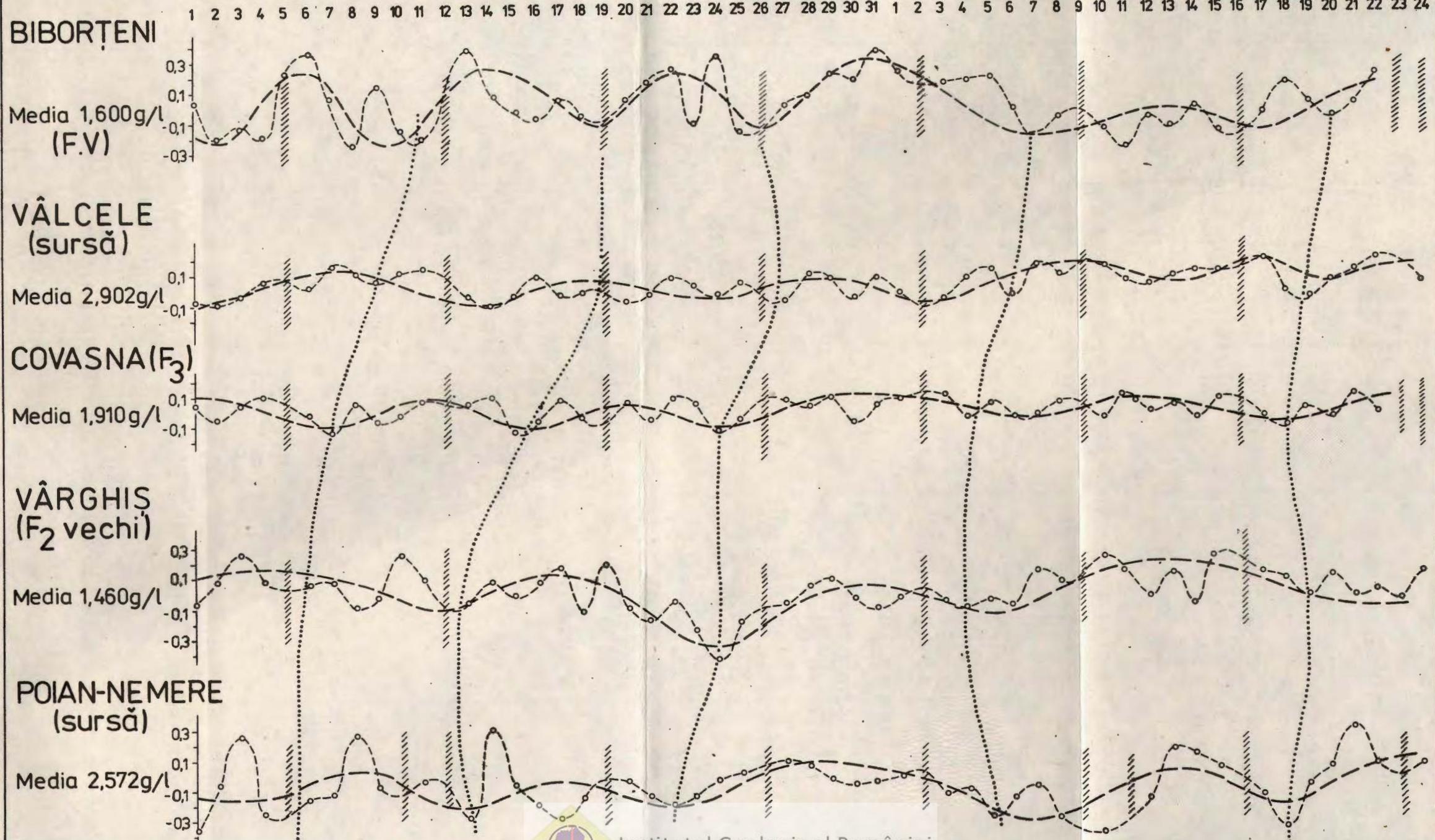


GRAFICE DE VARIATIE DIURNĂ A CONȚINUTULUI DE GAZ CO₂ LIBER

MARTIE 1978

APRILIE 1978

BIBORTENI



STABLE ISOTOPES IN HYDROGEOTHERMAL STRUCTURES IN ROMANIA¹

BY

PETRE CRĂCIUN², IVAN BARNES³, TODERITĂ BANDRABUR²

Geothermal systems. Aquifers. Stable isotopes. C¹³; D; O¹⁸.

Thermal waters. Ground water. Rain fall. Provenance. Romania.

Abstract

On the basis of the analysis of data on stable isotopes (D, O¹⁸ and C¹³) determined on fluids in Romanian geothermal structures, the meteoric provenance of waters accumulated in them is established. Carbon isotopes, both from bicarbonates dissolved in ground waters and from free CO₂, indicate some C¹³ values close to those in carbonate rocks, and others to those in the mantle.

Résumé

Isotopes stables dans des structures hydrothermales de la Roumanie. À base de l'analyse des données d'isotopes stables (D, O¹⁸ et C¹³) déterminés dans des fluides des structures géothermales de la Roumanie on établit l'origine météorique des eaux y accumulées. Les isotopes de charbon, tant des bicarbonates dissolus dans les eaux souterraines que du CO₂ libre indiquent certaines valeurs pour C¹³ proches des celles de roches carbonatiques et d'autres proches de celles du manteau.

Introduction

While studying geothermal structures, the problem of different hydrogeochemical types origin and forming conditions has been a main concern for a long time.

Among the present successfully used methods in this matter, the criterion of stable isotopes has known a wide development, being applied to a series of aqueous systems.

¹ Received May 3, 1984, accepted for communication and publication May 5, 1984.

² Institutul de Geologie și Geofizică, Str. Caransebeș 1, R-79678 București 32.

³ US Geological, Menlo Survey Park, California, USA.



In order to reach the goal we pursue in this paper we mention that by the isotopic method, problems of genesis have been touched, among others, for deep aquifers in sedimentary basins (Hitchon and Friedman, 1969; Gutsalo et al., 1974; White et al., 1973; Maliuk and Artemchuk, 1974), in orogenic systems to which volcanic formations are associated or not (Barnes, 1974; White et al., 1973; Dowgiallo, 1974, 1978, Buachidze and Buachidze, 1974, etc.) as well as in active geothermal systems (Gutsalo and Vetshtain, 1974; Panichi et al., 1974; Craig, 1963; Clayton, Steiner, 1974, etc.).

In Romania, during the last two decades drilling investigations were developed for the identification and the outlining of geothermal areas, which discovered many thermal and mineral water sources. (Ghenea et al., 1981; Bandrabur et al., 1984).

The wells that produce waters or gas water mixture present favourable conditions for performing hydrochemical and isotopic analyses carried out during the last years. Thus determinations have been made, especially for Deuterium, in mineral or thermal waters in local structures (Blaga et al., 1981, 1984).

As a result of a collaboration between I.I.R. — Italy and I.M.H. Bucharest measurements on O^{18} have been extended, which referred to thermal waters in Oradea — Satu Mare and Arad areas and, partially, on C^{13} in waters coming from the last mentioned area (Tenu et al., 1981).

In order to obtain certain indicator genetic elements regarding fluid accumulations, a first set of samples from the main geothermal systems in Romania have been collected, which have been analysed isotopically by one of the authors in the laboratories of U.S.G.S. — Menlo Park, California — USA.

In this paper we present the results of the isotopic analyses of water samples and some CO_2 samples, preceded by some hydrogeological characteristics.

Spatial Distribution and Hydrogeological Characterization of the Analysed Sources

The drilling investigations, performed almost to the last by an exploration enterprise pointed out important thermal waters accumulations in four major structural units of the Romanian territory, namely : the Pannonian Depression, the Getic Depression, the Orogenic Carpathian System and the Moesic Platform.

Large geothermal areas were outlined only in the Pannonic Depression, while in the rest the sources of thermal waters have a local distribution.

The geographic distribution of the water samples is the following (Fig. 1, Tab. 1) : the Pannonian Depression — the Oradea — Săcuieni area — 12 thermal water samples and one CO_2 sample (free gas) in water ; the Getic Depression — Căciulata — Călimănești area — 4 water samples ; 12 water samples were collected from the Carpathian system and the intra-mountain region, of which 7 from the East Carpathians area, 3 from the Southern Carpathians and 2 from the Apuseni Mountains.



Two CO_2 samples were collected from the East Carpathians. Finally, a single water sample was taken off from the Moesic Platform.

In the Pannonian Depression the main geothermal reservoirs belong to the Triassic, the Cretaceous and the Pannonian formations.

The Triassic and the Cretaceous are characterized by a carbonatic facies (limestones and dolomites), spreading in the Felix—Oradea—Borș area.

The Triassic thermal waters have been identified at depths below 2000 m, have an artesian character and have temperatures between 80 and 130°C; the Cretaceous (Barremian) ones are coming from the depths varying between 100 and 1280 m, are artesian and have temperatures between 29 and 49.50°C.

The Pannonian thermal waters are accumulated in granular deposits at a depth below 1200 m and are spread in the West Plain; the waters are under pressure owing to both the structural conditions and the presence of the gases (especially methane) and have temperatures between 50 and 93°C.

From a chemical point of view, the waters in mesozoic carbonatic rocks usually have reduced mineralizations, varying between 0.5 and 2.0 gr/l, excepting the waters in the Borș (Triassic) area, where owing to the structural conditions, these are metamorphosed, and present mineralizations up to 15 gr/l, the Triassic waters belong to two hydrochemical facies: calcic sulphated (Oradea area) and sodic chloride (the Borș area), and the Cretaceous ones take part in the calcium — bicarbonate, calcium — sulphate — bicarbonate or sodium — bicarbonate types.

The thermal waters in the Pannonian sands present mineralizations of 0.24—5.71 gr/l, mainly belonging to the sodium — bicarbonate type and, more rarely, in the sodium — chlorine — bicarbonate type.

In the Getic Depression the collecting formations of thermal waters belong to the Upper Cretaceous (Senonian) and to the Miocene (the Burdigalian, the Helvetian and the Badenian).

The Senonian is represented by sandstones and microconglomerates, making up the northern wing of the depression, which comes into tectonic contact with the crystalline of the Southern Carpathians. The Senonian has been explored at Căciulata a 3250 m thickness, the crystalline basement being situated at even a larger depth.

The Senonian thermal waters are artesian, circulated by methane, its superior homologous, sulphide hydrogen and have temperatures varying between 25 and 90°C.

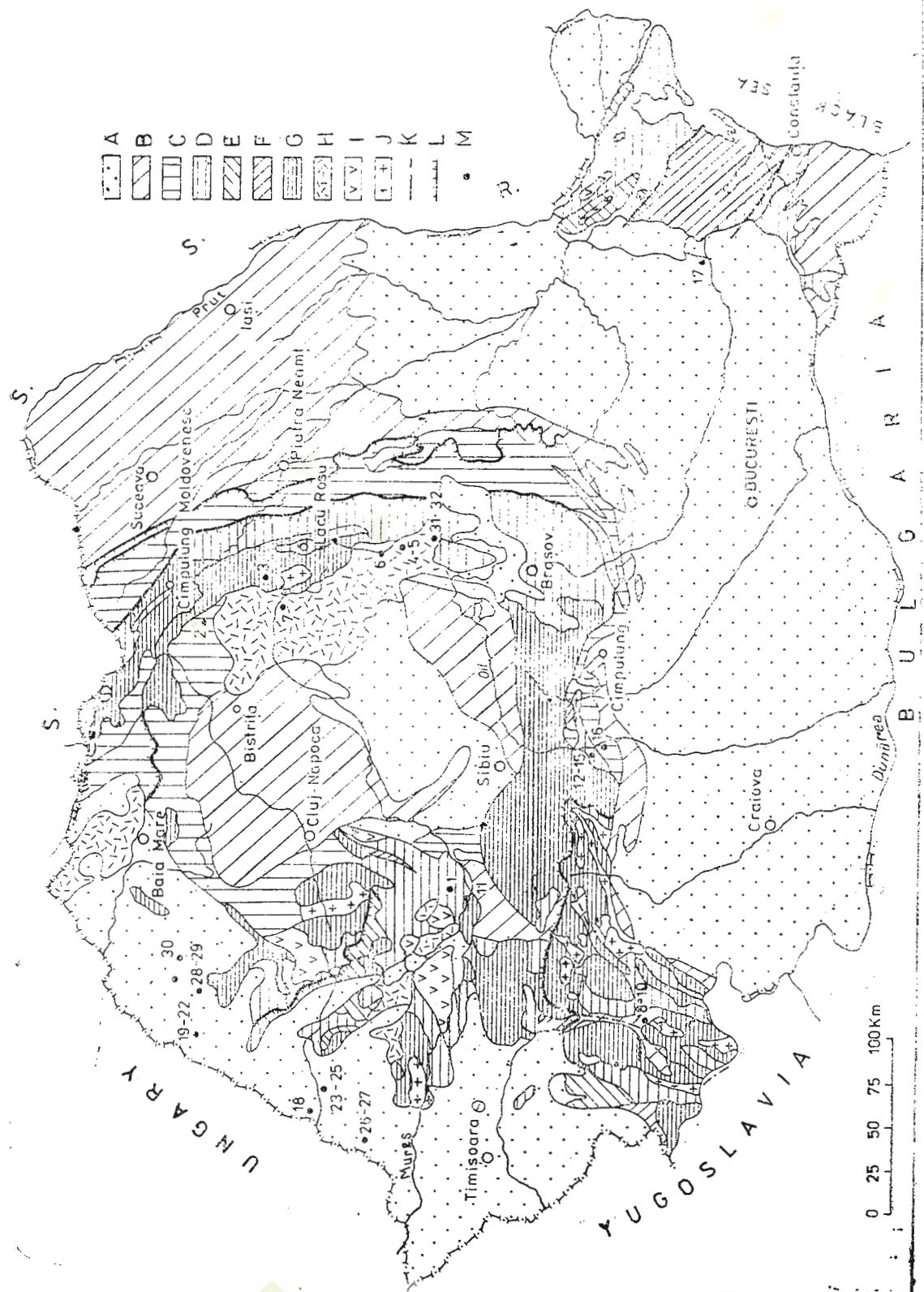
The water mineralization varies between 2.5—20 gr/l, being identified with the sulphur — chlorine — sodium — bromine-iodine type.

In the Carpathian Orogen, the analysed thermal waters are accumulated, to the greatest extent, in the volcano — sedimentary complex, exceptionally in Triassic limestones (the Toplița area). The volcano — sedimentary complex mainly develops in intramontane depressions and is made up of agglomerates, microagglomerates, andesitic tuffs and lavas, and these are underlain by cretaceous marlstones.

Thermal waters come from depths varying between several tens meters and 800 m; they are artesian, usually accompanied by carbon dioxide, with temperatures between 20—64°C .



Fig. 1



Generally their mineralization is low varying between 0.9 and 6 gr/l, as for the hydrochemical type, the bicarbonate-sodium and calcium ones prevail, which turn into the bicarbonate — chlorine — sodium type and the chlorine — sodium one as the depth increases. Almost all sources that appear in the moffete aureola have a relatively high CO₂ gas content.

Among isotopically analysed waters there are some cold waters too (8–10°C), coming out from crystalline limestones outcropping at Borsec and the ones at Poiana Coșnei accumulated in Paleogene sandstones belonging to the trans-Carpathian flysh. They usually have a low mineralization, rarely reaching 5.5 gr/l. and are rich in bicarbonate, calcium and CO₂.

The samples from the South Carpathians that are available come from the Herculane Spa; Here thermal waters are accumulated either in limestones and Neojurassic dolomites, or in the Cerna granite, both affected by systems of directional and transversal faults. Some of these waters are from springs (7 warm springs), while others are collected in flowing boreholes which produce from depths varying between 200 and 600 m. The water temperature varies between 40° and 61°C, and are artesian, containing CH₄ and SH₂. In their chemical composition chlorine and sodium ions prevail, while mineralization varies between 0.5—8.5 gr/l.

In the Apuseni Mountains 2 water samples were collected: a thermal one, at Geoagiu — Băi and a cold one, at Băciia, where also a free CO₂ sample was taken off (Fig. 1).

At Geoagiu — Băi thermal waters are accumulated in Karstified and faulted crystalline limestones, in sandstones and Cretaceous limestones, and in Quaternary travertines: these waters come from the 15—150 m interval. The measured water temperature values are between 23 and 32°C, while from a chemical point of view it belongs to the bicarbonate type being rich in calcium and sodium; sometimes with carbon dioxide and sulphur hydrogen, the mineralization exceeding 1 gr/l.

The second sample is from the Băciia zone and is situated north of Geoagiu Băi; the water comes from Jurassic limestones, at a depth below 40 m and has a 4—4.7 gr/l mineralization, being rich in bicarbonate and calcium with a 1—3 gr/l free CO₂ content.

The Moesian Platform is a large structural unit, where a series of important geothermal anomalies were outlined, while only one was verified by drillings, situated in the eastern part of it, on the Hirșova —

Fig. 1 — Sketch of emplacements of isotopically analysed samples on Romanian territory.
 A) Pliocene + Quaternary; B) Miocene; C) Paleogene; D) Mesozoic; E) Paleozoic; F) Upper Proterozoic; G) Crystalline formations; H) Neogene volcanic rocks; I) Old alpine volcanic rocks; J) Hercynian alpine intrusions; K) fault; L) drifting; M) sample emplacement (No). 1, Băciia; 2, Poiana Coșnei; 3, Borsec; 4—5, Ciuc Mts.; 6, Mădăraș; 7, Toplița; 8—10, Herculane Spa; 11, Geoagiu Spa; 12—15, Căciulata; 16, Călimănești; 17, Piua Petrii; 18 Bors; 19—22, Săcuieni; 23—25, Oradea; 26—27, Ciumeghiu; 28—29 Marghita; 30 Tășnad; 31—32, Tușnad.

TABLE
Physical and Chemical Data of Isotopically Analysed Water Samples

No	Locality	Mineralization mg/l	Formula of ionic composition m.eq %	Gas [mg/l] constituents	Temperature °C	Formation	
						6	7
1	Băcia	4300—4700	$\text{HCO}_3 = 75.9; \text{Cl} = 19.8; \text{SO}_4 = 4$ $\text{Ca} = 60; \text{Na} = 20.5; \text{Mg} = 8.9$	$\text{CO}_2 = 1178—3060$	10	$\text{HCO}_3—\text{Ca}—\text{Na}$	Limestones (J)
2	Poiana Coșnei	690—5550	$\text{HCO}_3 = 92.6$ $\text{Ca} = 69.02; \text{Mg} = 27$	$\text{CO}_2 = 90$	6.5—9	$\text{HCO}_3—\text{Ca}—\text{Mg}$	Sandstones (Pg)
3	Borscă	1600—5000	$\text{HCO}_3 = 96.4$ $\text{Ca} = 55.06; \text{Mg} = 29.02$	$\text{CO}_2 = 1248—2424$	8—11	$\text{HCO}_3—\text{Ca}—\text{Mg}$	Crystalline limestones (Pc)
4	Miercurăciuc	921—2016	$\text{HCO}_3 = 88.9$ $\text{Na} = 41.8; \text{Mg} = 31.06$	$\text{CO}_2 = 119.4$	8—21	$\text{HCO}_3—\text{Na}—\text{Mg}$	Volcano-sedimentary complex (N ₂)
5	Mirecurea-Ciuc	5021	$\text{HCO}_3 = 86.2$ $\text{Na} = 60.6; \text{Mg} = 25$	$\text{CO}_2 = 767.5$	27—28	$\text{HCO}_3—\text{Na}—\text{Mg}$	—, —
6	Mădăraș	1780—4000	$\text{HCO}_3 = 96.6$ $\text{Ca} = 40.4; \text{Mg} = 43.6$	$\text{CO}_2 = 1325—3177$	20—22	$\text{HCO}_3—\text{Na}—\text{Mg}$	—, —
7	Toplita	1220—1800	$\text{HCO}_3 = 72.8$ $\text{Ca} = 44.7; \text{Na} = 32.8$		26.5	$\text{HCO}_3—\text{Ca}—\text{Mg}$	Limestones + volcanic agglomerates (T + N ₂)
8	Băile Herculane	8580	$\text{Cl} = 97$ $\text{Na} = 69.04$	$\text{H}_2\text{S} = 0.8—68$	60	$\text{Cl}—\text{Na}$	Limestones + granite (J+P _G)



9	Băile Herculane	3852	$\text{Cl} = 93.08$ $\text{Na} = 62.08; \text{Ca} = 36.4$	$\text{H}_2\text{S} = 40.5$	61.5	$\text{Cl}-\text{Na}$	Marly limestones (K)
10	Băile Herculane	686	$\text{Cl} = 60; \text{SO}_4 = 2688$ $\text{Na} = 78; \text{Ca} = 20.2$		56	$\text{Cl}-\text{Na}$	Granite (P ₂)
11	Grenagu	1200—1600	$\text{HCO}_3 = 98.2$ $\text{Ca} = 72.2; \text{Mg} = 28.2$		23—32	$\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}$	Crystalline limestone (P ₁)
12	Căciulata	150106	$\text{Cl} = 96$ $\text{Na} = 68; \text{Ca} = 28.4$		90	$\text{Cl}-\text{Na}$	Sandstones, concretions (K)
13	Căciulata	3329	$\text{Cl} = 92.3$ $\text{Na} = 94.6$	$\text{H}_2\text{S} = 2-4.6$	47	$\text{Cl}-\text{Na}$	Sandstones, conglomerates (K)
14	Căciulata	5924	$\text{Cl} = 48.3$ $\text{Na} = 40.07; \text{Ca} = 7.05$	$\text{H}_2\text{S} = 30.7$	46.7	$\text{Cl}-\text{Na}$	Sandstones, Conglomerates (K)
15	Călimănesti	17243	$\text{Cl} = 97$ $\text{Na} = 82.9; \text{Ca} = 12.0$	$\text{H}_2\text{S} = 4.4$	43	$\text{Cl}-\text{Na}$	Conglomerates (Pg)
16	Piuia Pietrii	2280	$\text{Cl} = 80$ $\text{Na} = 77.04$	$\text{H}_2\text{S} = 44.2$	40.5	$\text{Cl}-\text{Na}$	Limestones (J)
17	Bors	9000—14400	$\text{Cl} = 80; \text{HCO}_3 = 13$ $\text{Na} = 94; \text{Ca} = 4.4$		132	$\text{Cl}-\text{Na}$	Limestones + marls (T)
18	Săcueni	3820			84	$\text{Cl}-\text{Na}$	Sands Pn



(continuare tabel)

	1	2	3	4	5	6	7	8
20	Săcuieni	5370					HCO ₃ —Na	Sands (Pn)
21	Săcuieni	4000	HCO ₃ ≈ 66; Cl ≈ 33 Na = 99.3			80	HCO ₃ — —Cl—Na	—, —
22	Săcuieni	4225				85	HCO ₃ —Na	—, —
23	Oradea	1000—1200	SO ₄ ≈ 69.8; HCO ₃ ≈ 29 Ca = 58; Mg = 24; Na = 17			83	SO ₄ — —HCO ₃ —Ca	Limestones (T)
24	Oradea	1200—1260	SO ₄ ≈ 83.4; ClO ₃ ≈ 14 Ca = 75.6; Mg = 23.12	CO ₂ ≈ 57.2	87	SO ₄ —Ca	—, —	
25	Oradea	1143			101	SO ₄ —Ca	—, —	
26	Ciumeghiu	6650	Cl ≈ 88.4; HCO ₃ ≈ 10.10 Na = 94.2		97	Cl—Na	Sandstones (K)	
27	Ciumeghiu				95			
28	Marghita	3049					Sands (Pn)	
29	Marghita	3000	HCO ₃ ≈ 55.8; Cl = 44.2 Na = 98.7		60	HCO ₃ — —Cl—Na	Sands (Pn)	
30	Tășnad	10804			85	Cl—Na	Sands (Pn)	
31	Tușnad	6129	Cl = 78.8; HCO ₃ = 20.8 Na = 62.2; Ca = 20.7	CO ₂ = ≈ 1505	23	Cl—Na	Volcano-sedimentary complex-Sinai (N ₂)	

The water samples come from boreholes, except samples no. 3, 10, 11 that were collected from springs.



Insurătei line, in the continuation of the Ovidiu – Capidava fault. The water sample was taken off from a flowing borehole at Piua Petrii, out of Jurassic limestones situated at depth between 544 and 812 m. The water temperature is 40.5°C and the aquifer is artesian, having a 2.2–2.8 gr/l mineralization, belonging to the sulphur and sodium chloride type ($H_2S = 44.2 \text{ mg}r/l$).

Results of Isotopic Analyses and Their Significance

The determinations of stable isotopes upon fluid samples took into account Deuterium and O^{18} of the water molecule composition and C^{13} mainly in dissolved bicarbonates, while in the case of three samples also C^{13} of free CO_2 in water was analysed.

The isotopic values for D and O^{18} are given as deviations in parts per thousand of the D/H reports and the O^{18}/O^{16} ones respectively as compared with the standard average ocean water (SMOW), thus :

$$\delta D = \left(\frac{(D/H) \text{ sample}}{(D/H) \text{ SMOW}} - 1 \right) \times 1000$$

$$\delta O^{18} = \left(\frac{(O^{18}/O^{16}) \text{ sample}}{(O^{18}/O^{16}) \text{ SMOW}} - 1 \right) \times 1000$$

The C^{13} contents are expressed in comparison with PDB standard.

The D and O^{18} isotopic composition in waters can reflect the nature of primary sources or of the resources which supplied the aquifer formation as well as certain processes of mixture between various genetic water types.

Important variations in the D and O^{18} content of waters rather long residing in the aquifer formation can appear under the influence of isotopic exchange between water and rock processes.

From the point of view of the origin of subterranean waters, one's attention is frequently focussed upon three main categories of sources : oceanic (marine), meteoric and magmatic water. Each of the mentioned primary types is characterized by a special ratio between average contents of Deuterium and O^{18} . Moreover, for the same water main types (oceanic, meteoric or to a smaller extent magmatic) variations of the $\delta D/\delta O^{18}$ ratio compared with the geographical position of the respective source were noticed. Anyway, in a global graphic representation of the $\delta D - \delta O^{18}$ correlation a separation between three distinct areas of isotopic contents is obvious (Fig. 2).

In Figure 2 the median line of meteoric waters is drawn, having the equation $\delta D = 8 \delta O^{18} + 10$ (Craig, 1961), (AB line) as well as the line of meteoric waters characteristic of SE Europe regions, with the $\delta D = 8 \delta O^{18} + 22$. (Nir, 1967). At the same time we have to point out the wide domain of δD spatial variation for surface flowing waters, on Romania's territory ($\delta D = 37 \div 101\%$) (Blaga, 1984).

If the median point of the local meteoric waters (A) is linked to the point of the central area of the magmatic waters point (C) the mixing line of the two genetic types (AC) is obtained. Similarly, one can confi-



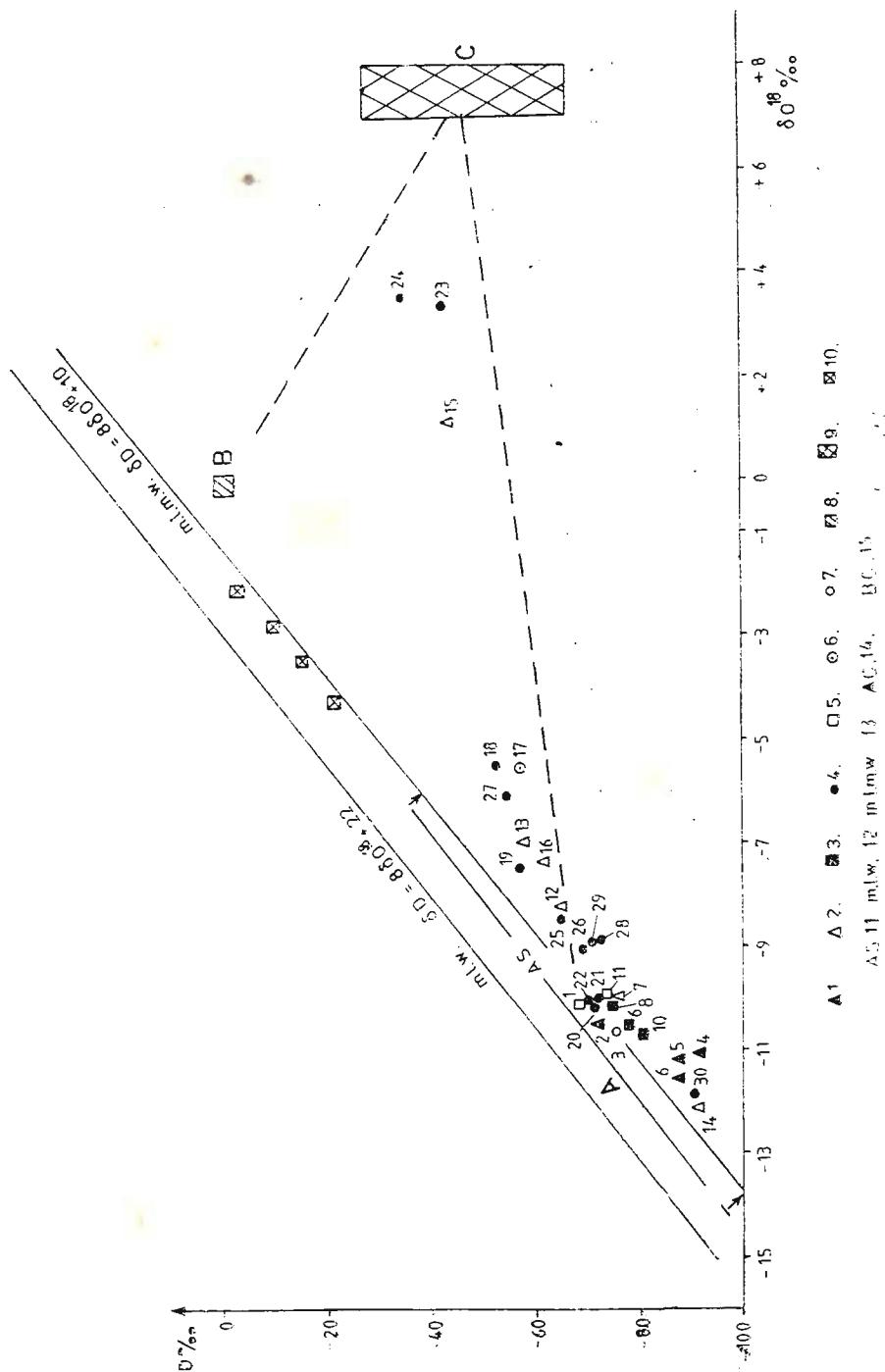


Fig. 2

garate the mixing line between subterranean waters of oceanic origin, with waters of magmatic origin (BC line), (Gutsalo and Vetstein, 1974).

Although in nature there appear such categories of subterranean waters, as a direct result of two genetic types mixture, we have to point out the fact that in great sedimentary basins or orogenic systems also aqueous accumulations with metamorphosed waters are found. In explaining the forming conditions of those we take into account geochemical processes, while mixing phenomena may lack.

Barnes and O'Neil (1974) analysed such metamorphism processes of some subterranean waters located in Northern California and in orogenic regions in Chekoslovakia.

In the case of geothermal systems, genesis problems of aquifer accumulations become more complex, as in those, besides some of the mentioned phenomena, also specific processes can take place, the most frequent being the isotopic exchange between water and rock (Barnes, and O'Neil, 1974, fide Craig, 1956). As a consequence of this fact, in some samples, an enrichment in O^{18} appears, although they are of meteoric origin.

Some of the above described criteria will be applied to the explanation of the origin of thermal waters from which isotopically analysed samples were taken off. For thermal waters in the Pannonian Depression, $\delta D - \delta O^{18}$ correlation presents different characters between representative aquifer formations in different regions and even within the same formation (Fig. 3). The most part of water samples is plotted in the proximity of average meteoric water line and along a segment parallel to these, which suggests the meteoric origin of the respective thermal waters.

In the mentioned category we include a part of the waters located in the Upper Pannonian (samples 28, 29, 30, Marghita — Tăşnad area), in Cretaceous sandstones (sample 26, Ciumeghiu area) and partially, in the Triassic carbonate facies (sample 25, Oradea area). One remarks the fact that the most of these samples are situated at the lower part of the meteoric water line, having δO^{18} content below 7‰. Unlike the discussed samples, a part of the waters located in the Cretaceous sandstones and carbonate rocks present a relative enrichment in δO^{18} ,

Fig—2 The $\delta D - \delta O^{18}$ correlation for subterranean waters in geothermal areas on Romanian territory. 1, Harghita—Călimani area; 2, Căciulata—Călimăneşti area; 3, the Herculane Spa area; 4, The Pannonian Depression area; 5, the Geoagiu Spa — Băcia area; 6, the Mecesic Platform area; 7, Borsec area : The numbers of samples are those in the table: 8, oceanic water; 9, "juvenile" water; 10, Black Sea water (Veststein et al. 1974.); 11, AS Variation domain of D in surface flowing waters on Romania's territory (Blaga, 1981); 12, m.w. I meteoric waters line (SE Europe) (Nir, 1967); 13, m.l.m.w. — median line of meteoric waters (Craig, 1961); 14, A.C. — water line coming from the meteoric waters metamorphosis or mixture between the "meteoric and "juvenile" types; 15, B.C. — water line coming from the mixture between the oceanic and juvenile types.



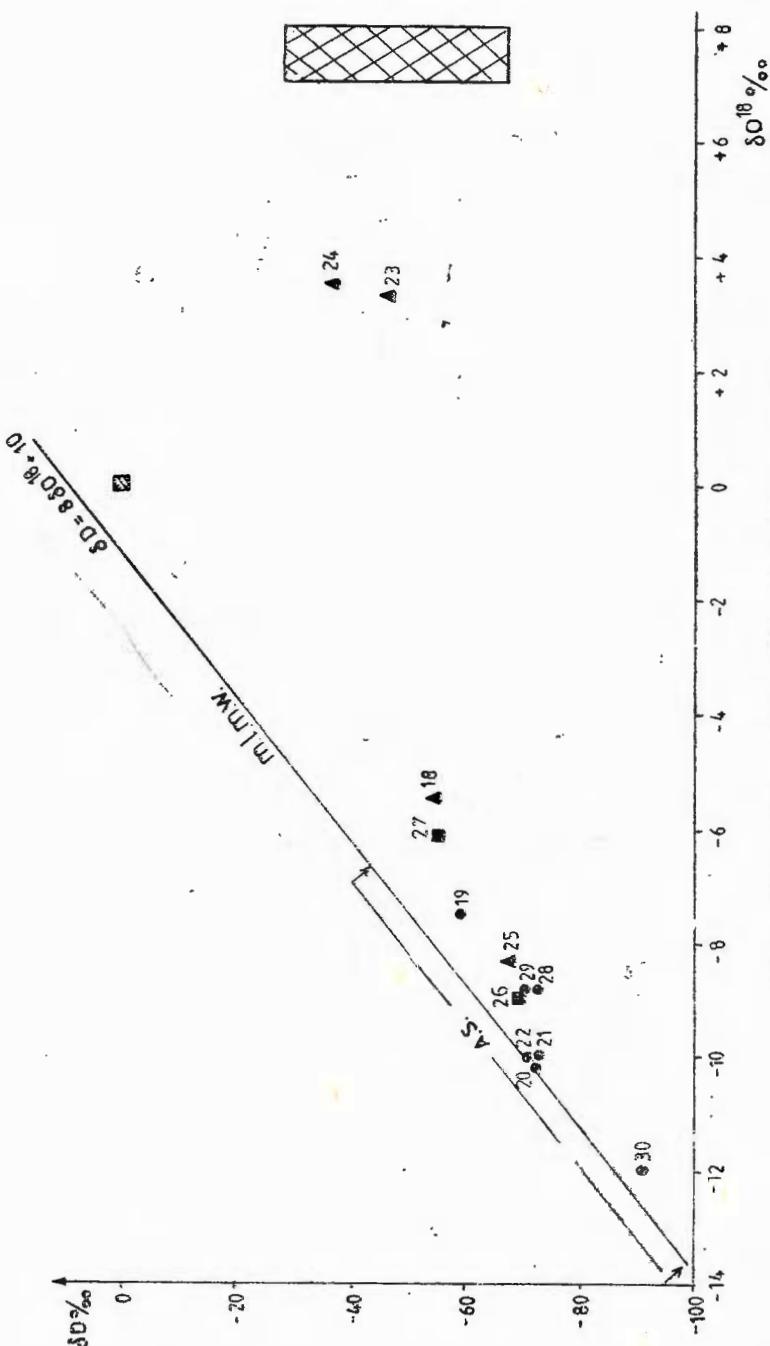


Fig. 3. — The $\delta D - \delta O^{18}$ correlation for geothermal waters in the Pannonian Depression. 1, Upper Cretaceous (sandstones); 2, Triassic (limestones + dolomites); 3, Upper Pannonian; 4, oceanic water; 5, magmatic water; 6, A. S. Variation domain in D of flowings waters on Romania's territory (Blaga, 1984); 7, m.l.m.w. = median line of meteoric waters (Craig, 1901).

(Borș and Ciumeghiu areas, with $\delta O^{18} = -5.5\text{\textperthousand}$). A common chemical characteristic of these waters is their belonging to the same type, namely rich in Cl – Na. As it was remarked in the case of Northern Carpathians (Dowgiallo, 1974) it seems that the increase in O¹⁸ isotopic content with marine component waters has a direct relationship with the mineralization degree. This tendency seems to be observed also in the conditions of the sunk tectonic blocks – Borș and Ciumeghiu – an aspect which can be seen in Figures 4, 6. Above a certain degree of mineralization, corresponding to a high Cl content (probably over 100 m.eq./l), the heavy isotope content (O¹⁸) becomes richer. Not the same situation is suggested by the δD – HCO₃⁻ correlation, where an oscillation of the representative line appears (Fig. 6). Instead, δD – Cl correlation can come in support of this idea, if we take into account only thermal waters in the Borș and Ciumeghiu tectonic structures.

A similar aspect is presented by the correlation between δO¹⁸ – aquifer temperature, where over the approximate reservoir temperature of 90°C, and δO¹⁸ ‰ increase up to a 5.5 ‰ value is outlined. This dependence can be noticed only in Borș – Ciumeghiu thermal waters which have temperatures higher than 90°C. For low-temperature aquifers, an influence of temperature upon isotopic exchange is not obvious since on the δD – reservoir temperature plot, no clear correlation is found (Fig. 8).

In the δD – O¹⁸ representation (Figs 2,3), a special case is presented by the Oradea fluid samples, characterized by a large deviation towards positive δO¹⁸ values. They are markedly separated from the rest of the samples taken off on Romanian territory. This O¹⁸ enrichment reaches for δO¹⁸ = +3.5 ‰, which corresponds to a +9 ‰ deviation from linear regression of meteoric waters by this position, the respective waters would be closer by origin to the magmatic water area. This fact is hardly acceptable as we know that the aquifers are located in Triassic limestones situated in an up-lifted block. Besides, it is known that these formations are continued towards the East with the same deposits cropping out in the Pădurea Craiului Mountains. The only explanation of this isotopic anomaly that we suggest refers to the existence of an intense process of isotopic exchange between waters and Triassic carbonatic rocks. In support of this hypothesis there are also the analyses results for the δC¹³ isotope that indicate the carbonate rocks as source of the carbon in HCO₃ ($\delta C^{13} = -0.6 \pm 2\%$).

The O¹⁸ isotopic content in the aquifer generated in Pannonian, sequence analysed in this paper generally belongs to the interval found by Tenu et al. (1981). For the other aquifers in the Pannonian Depression the isotopic analyses discussed here, show a greater enrichment in O¹⁸ than the ones published in the mentioned paper.

Regarding the carbon isotope (C¹³) we present comparatively in Figure 9 the isotopic composition for some natural carbon sources and the contents determined in certain thermal waters in Romania. For detailing, in Figure 10 analytical data on individual C¹³, on geothermal structures, are plotted.

In Figure 9 it is pointed out the fact that carbonate deposits could represent a possible carbon source for the thermal waters in the Panno-

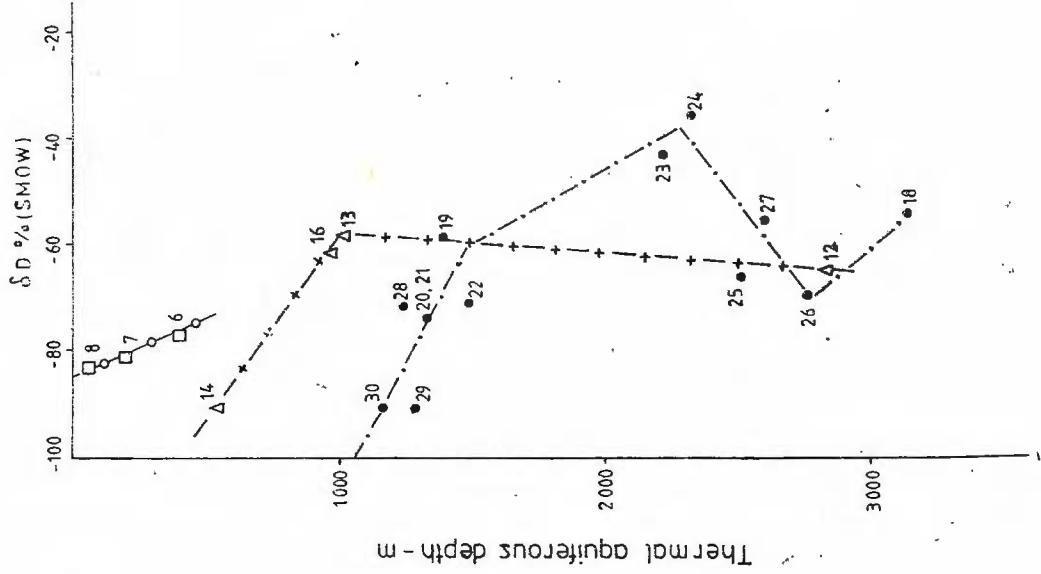
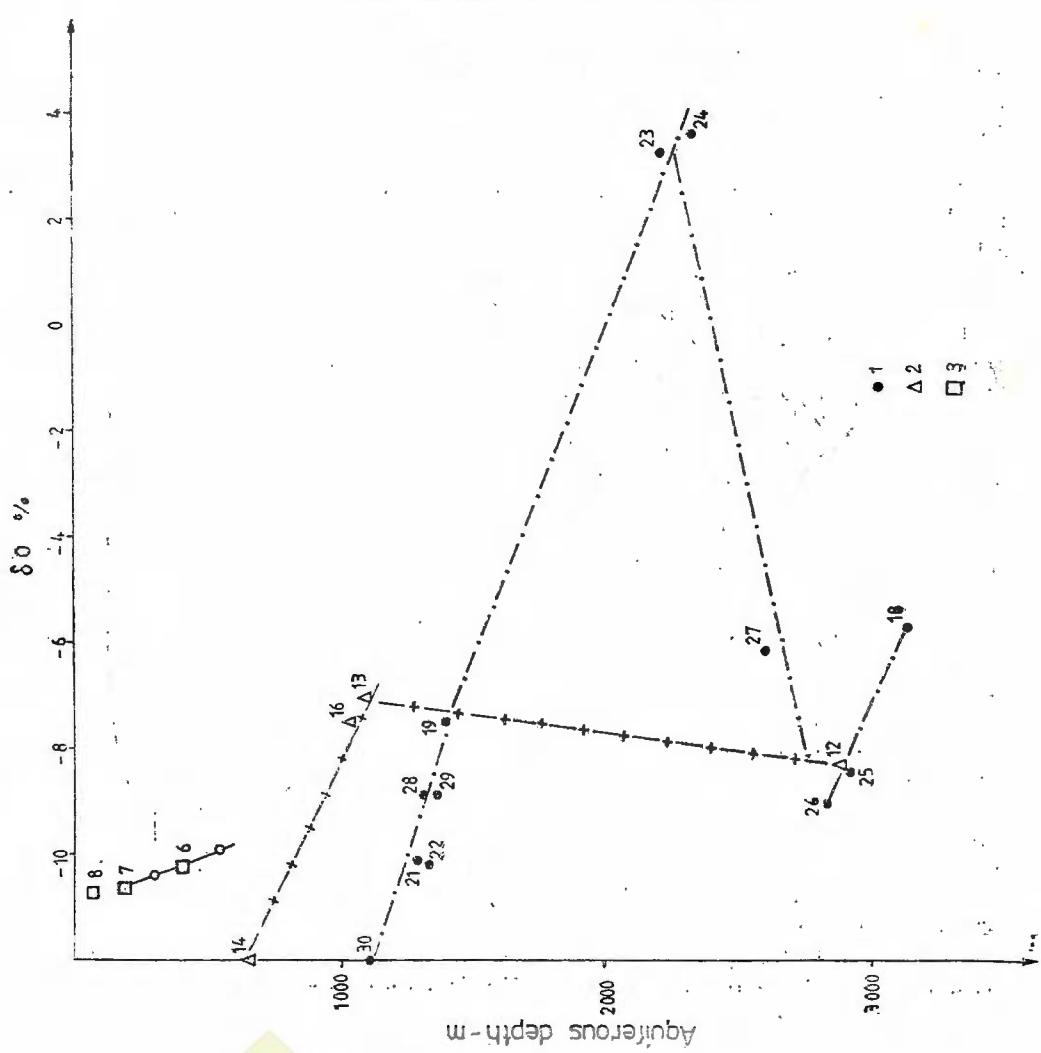


Fig. 4



Institutul Geologic al României

nian Depression. Within the geothermal system in Mesozoic formations, such deposits are widely developed in the Oradea — Borș area. In the case of thermal waters in Pannonian sands, calcite in these deposits could constitute the carbon source.

On Figure 10 one can notice that thermal waters in the Săcuieni — Marghita area have a wider variation for δC^{13} , symmetrical as to the zero point of the value axis. However, the value frequency is higher in the $0 \div + 2 \text{ ‰}$ interval. For the water samples with a slighter C^{13} content ($\delta C^{13} < 5 \text{ ‰}$ PDB), the latter source is part in assigned to the organic matter proved by the presence of certain hydrocarbons in the Pannonian deposits.

The thermal water samples taken off in the Căciulata — Călimănești area are usually plotted close to the same segment mentioned in the case of the Pannonian Depression, namely parallel to, and close to the median line of meteoric waters (Fig. 2). As for the variation domain of isotopic composition, it belongs to the interval corresponding to the Deuterium content established for river waters on Romania's territory (Blaga, 1984), an exception being sample 15. Consequently it can be supposed that meteoric waters could represent the origin source of thermal aquifers located on the Northern slope of the Getic Depression, affected by a O^{18} enrichment as a result of isotopic exchange.

The isotopic content plotted against the depths (Fig. 4) shows that up to an average depth of 1000 m a quasilinear increase of the isotopic composition (D and O^{18}) is outlined, followed by the disappearance of this dependence. The same aspect is reflected also in Figures 5, 7, where are plotted mineralizations — O^{18} , $Cl - O^{18}$ and the same for δD (Fig. 5—7), a fact explained if we take into account the positive dependence between aquifer depths and the mineralization degree of thermal waters.

The δC^{13} isotopic composition variation, in the dissolved bicarbonates, is placed on the $-10 \div + 1,2 \text{ ‰}$ interval. For the samples with a rich C^{13} content, we consider the calcite from sediments as a carbon source or the cementation matrix of sandstones or conglomerates.

In the case of thermal waters with a slighter content ($\delta C^{13} < 5 \text{ ‰}$) in a mixed origin is possible, carbonates and organic matter, taking into consideration the existence of methane gas in the area.

The water samples taken off in the area of the volcanic system Harghita — Călimani are plotted in the lower part of the meteoric water line (Fig. 2). This position corresponds to slighter O^{18} contents, for δO^{18} respectively, lower than 10 ‰ , and similarly for Deuterium, $\delta D < -70 \text{ ‰}$. The isotopic contents plotted in the proximity of the meteoric water line and in the lower part of the latter suggests the fact that the respective thermal aquifers were formed as a result of water infiltrations of rainfall in mountain areas, in close regions. Due to relatively small shifts ($\sim 0.5\%$) of certain samples plots (No 4, 5, 7) in the positive sense of

Fig. 4 — Correlation between the isotopic composition of D and O^{18} and the average depth of aquifers. 1, Pannonian Depression ; 2, Căciulata—Călimănești area ; 3, Herculane Spa area.



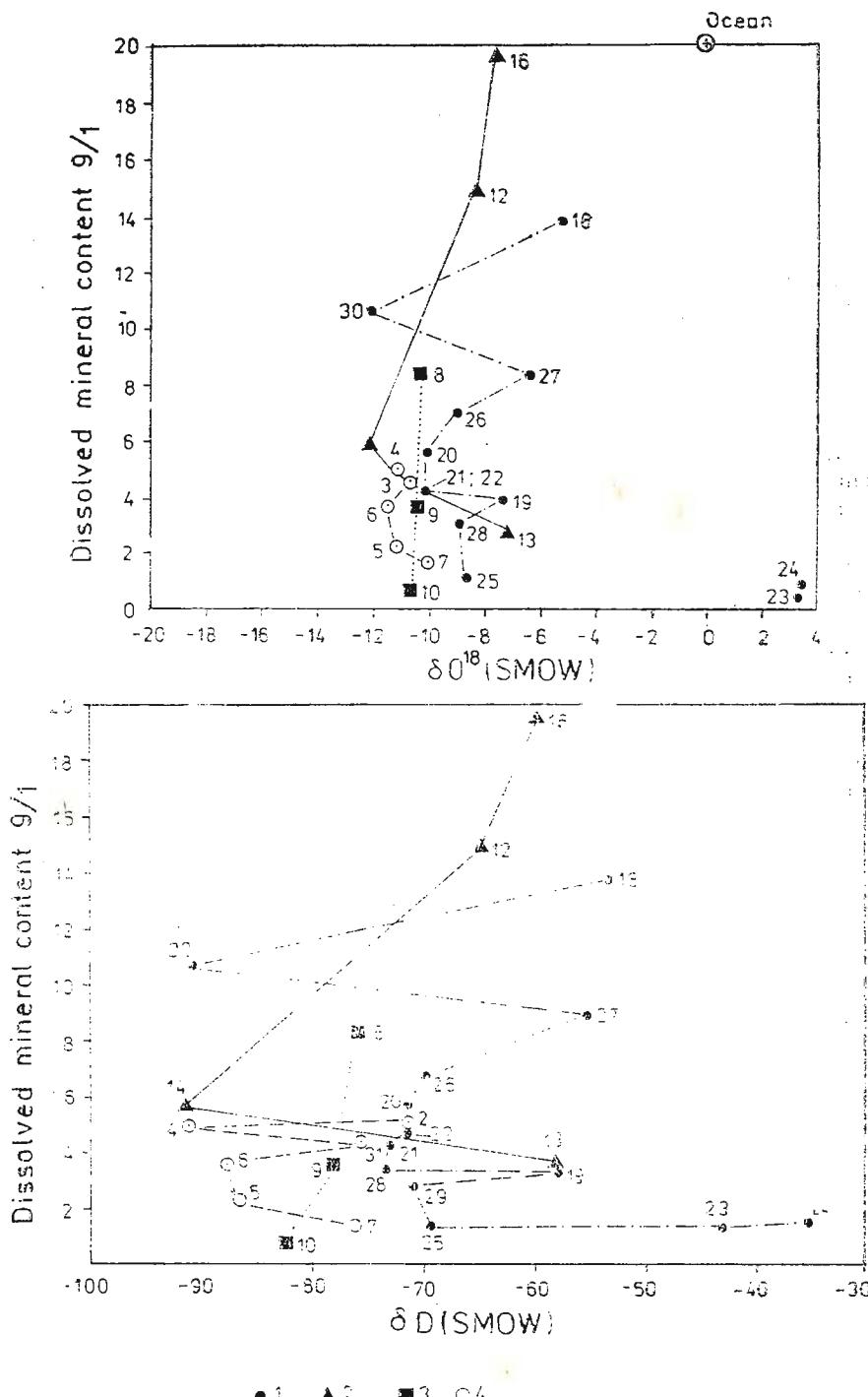


Fig. 5 — Correlation between the isotopic composition (D and O¹⁸) and the mineralization of thermal waters. 1, Pannonian Depression; 2, Getic Depression (Găciușia—Călmănești); 3, Herculane Spa; 4, Harghita—Călimani.

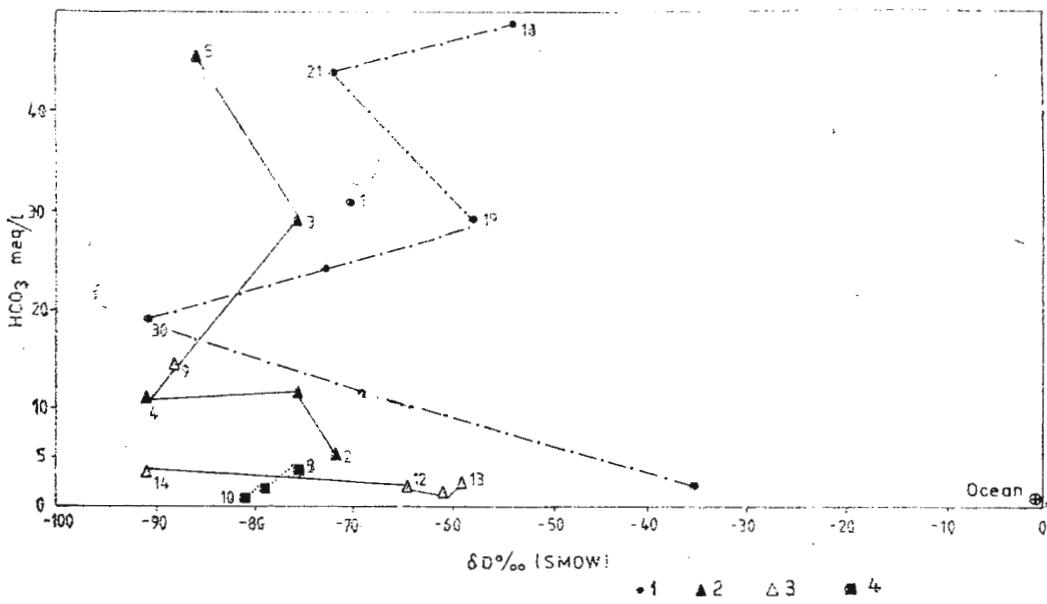
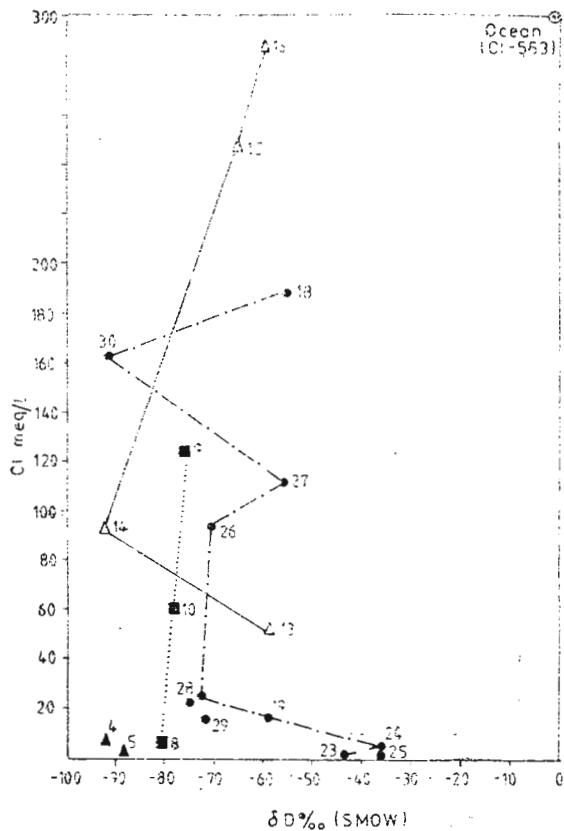


Fig. 6 — Correlation between the D content and HCO₃⁻; Cl⁻ 1, Panonian Depression; 2, Harghita—Călimani Mountains; 3, Căciulata—Călimănești area; 4, Herculane Spa; The numbers of samples correspond to those in the table.



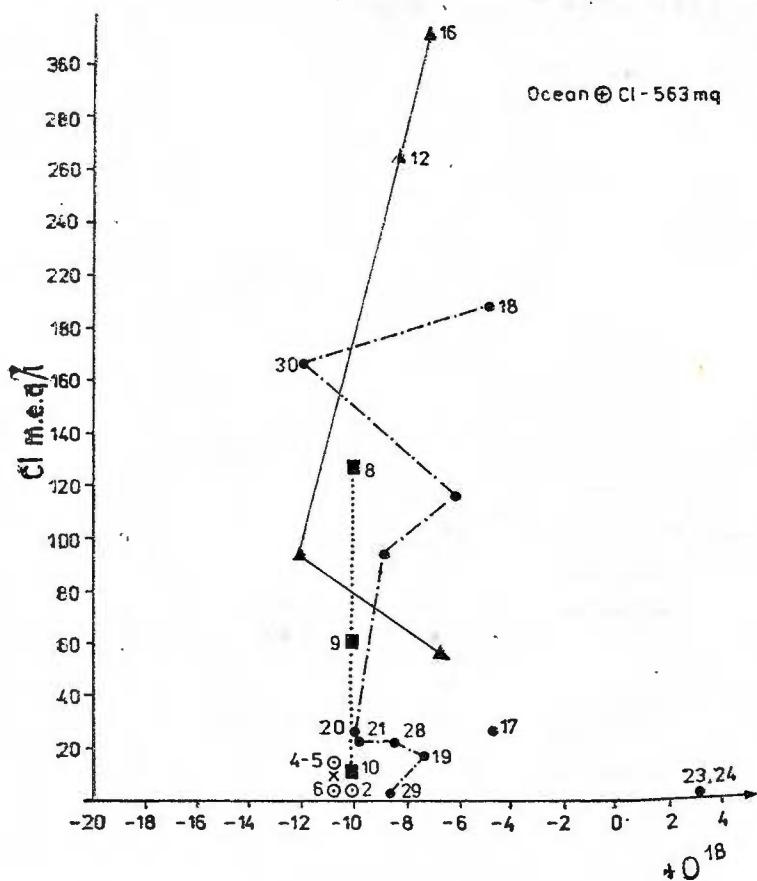
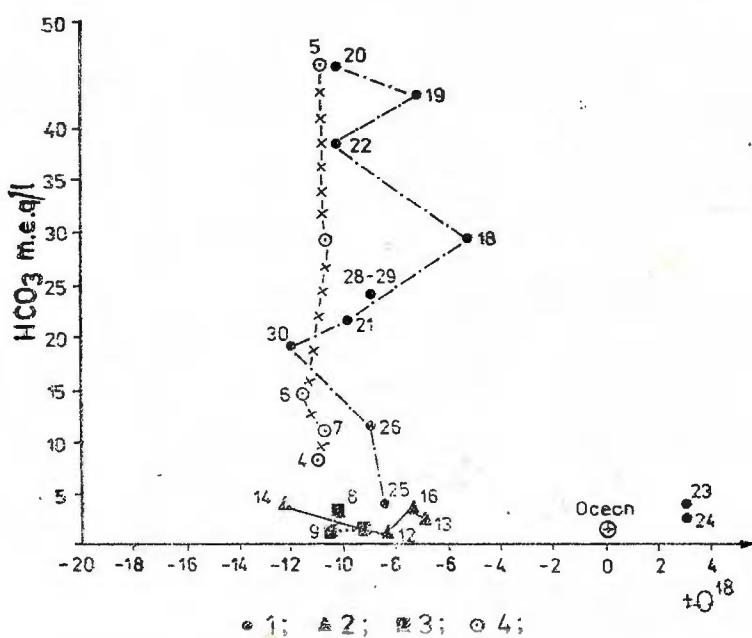


Fig. — 7 Correlation between the isotopic composition of O^{18} and the content in HCO_3 and Cl.
 1, Pannonian Depression;
 2, Getic Depression; 3
 Herculane Spa; 4, Marghita — Câlimani area;
 Numbers correspond to
 those in the table.



the abscissa, it can be supposed that in the respective aquifer systems there took place some isotopic exchange between rock (carbonates) and infiltration water, resulting in a relative O¹⁸ enrichment. This aspect reflects uniform isotopic conditions as to the genesis of HCO₃⁻ — Na⁺ and HCO₃⁻ — Ca⁺² rich waters in the area.

In the Borsc and Poiana Cosnei zones, the isotopic contents of analysed cold water samples are approximately plotted on the median line of meteoric waters, which in fact constitute the supplying source of the respective aquifers.

As for the origin of the carbon in waters, the three performed analyses show that both C¹³ in HCO₃⁻ and C¹³ in free gas CO₂ (Tușnad area), at least in part come from the (probably thermal) transformation of some marine carbonates or of some carbonatic mineral associations (Fig. 9, 10).

An alternative explanation for free CO₂ gas would be a mixed origin, namely of carbonatic and magmatic (in mantle) reactions, respectively. But even in the latter hypothesis, an estimation of participation of the two sources shows a 1:3 ratio in the favour of the metainorphic (of carbonatic rocks) component. As for the thermometamorphic mechanism itself, additional studies are needed to provide new data.

In the case of the Herculane Spa geothermal structure, the isotopic data are plotted in the proximity of the meteoric water line and the central area river corresponding to water (Fig. 2). One can notice a relative O¹⁸ uniformity for the analysed samples. It is possible that analysed waters in the Herculane area would not have undergone important metamorphic processes in their way from the surface to the aquifer.

In the Southern part of the Apuseni Mountains the Geoagiu Băi and Băciua water samples have an isotopic composition similar to rain waters, corresponding to some median points on the meteoric water line (Fig. 2). Carbon isotope (HC¹³O₃) presents a value ($\delta\text{ C}^{13} = +2.2 \leq$) that also suggests reactions in some marine limestones. C¹³ determined in the gas CO₂, could come from two sources : first, the calcite in some carbonatic rocks and out of organic matter decomposition, and second, from the first source combined with a magmatic component (Fig. 10).

A thermal water sample in the Moesian Platform (Piua Petrii) indicates a meteoric source, but with a relatively high degree of metamorphism; that is, since the plotted point shows an increase in δO^{18} , with approximately $+3.5\%$ value.

Conclusions

The isotopic research on subterranean fluids included the main geothermal structures on Romania's territory lying both within the Carpathian orogenic system and in sedimentary basins (depressions and platforms).

The general characteristic of the analysed thermal waters, pointed out by the D and O¹⁸ isotopes indicate, with rare exceptions a meteoric origin, no matter whether these fluids are accumulated in structures associated with more recent volcanic formations or not.



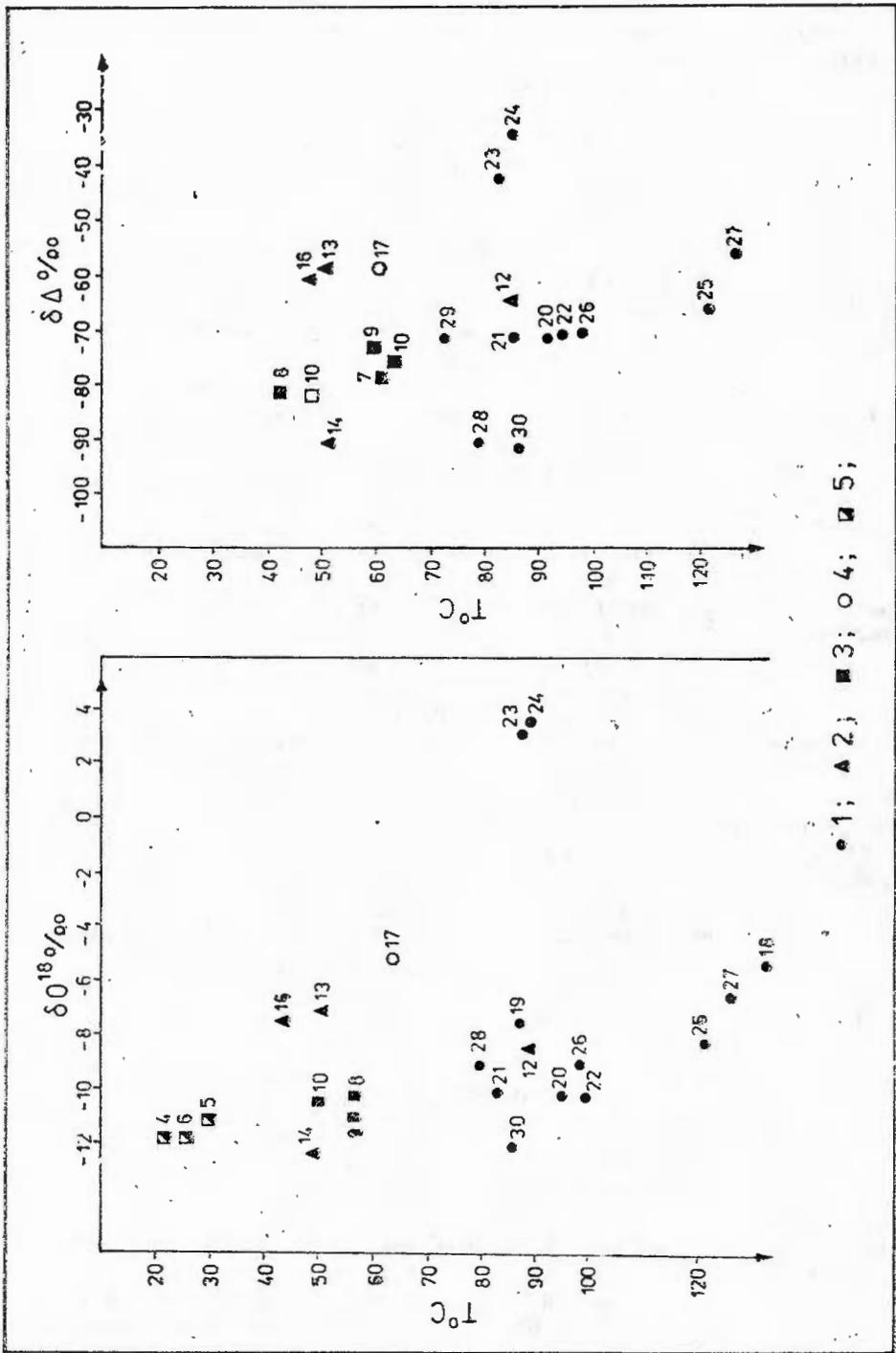


Fig. 8 – Dependence between the isotopic composition ($D-O^{18}$) and the temperature of the aqueous formation. 1, Pannonian Depression; 2, Gelic Depression (Căciulața–Călimănești); 3, Herculane Spa; 4, Moesian Platform; 5, Harghita–Călimani; Numbers correspond to those in the table.

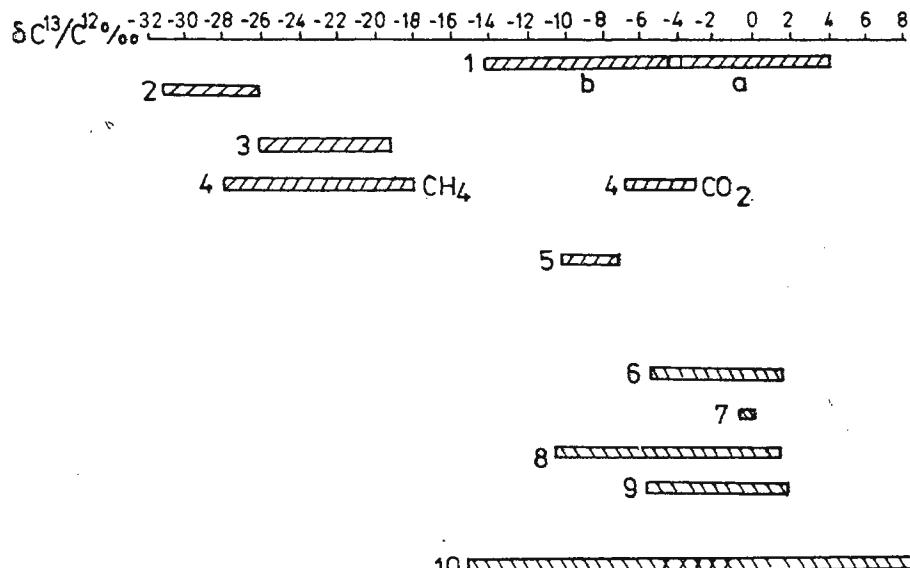


Fig. 9 — Variation of isotopic composition of carbon ($\delta\text{C}^{13}/\text{C}^{12}\text{ \% PDB}$) in different natural sources. The $\delta\text{C}^{13}/\text{C}^{12}\text{ \%}$ variation in different sources of carbon (Craig, 1961); 1, carbonates: a) marine; b) others; 2, sediments; 3, igneous rocks (fluid inclusions); 4, gas emergences (Yellowstone Park); 5, atmospheric CO_2 ; Isotopic contents of carbon in bicarbonates and CO_2 in thermal waters (Romania); 6, Harghita—Călimani igneous area; 7, Borsec Crystalline area; 8, Getic Depression — sandy conglomerate deposits, Căciulata—Călimănești area; 9, Pannonic Depression — carbonatic rocks, Oradea area; 10, Săcuieni—Marghita area.

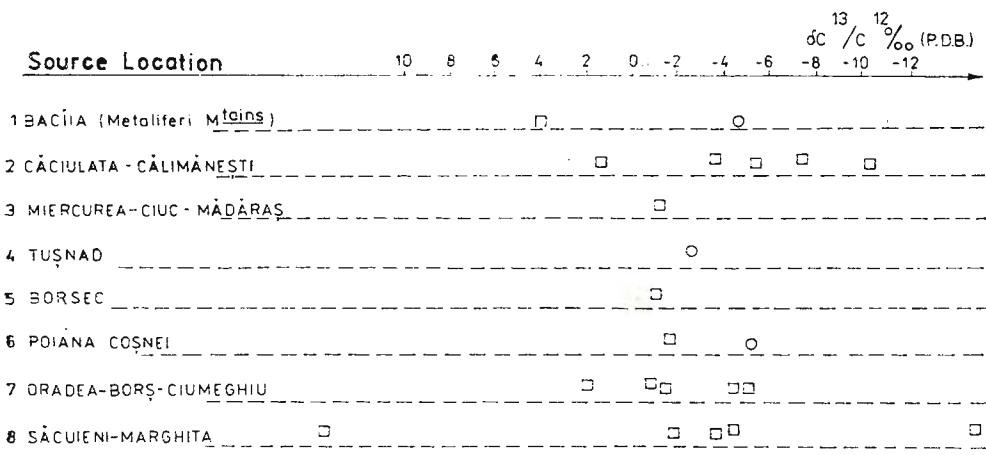


Fig. 10 — The isotopic composition of carbon in ground fluids. 1, C^{13} in ground waters bicarbonates; 2, C^{13} in ground waters CO_2 (free gas).

In deep thermal aquifers, located in sedimentary basins, like the Panhonic Depression, the Getic Depression and the Moesian Platform, a differentiated O¹⁸ enrichment is found as a result of an isotopic exchange between rock and water.

As for the C¹³ isotope from the analysis of data obtained in this paper, in comparison with the main natural sources, it is obvious that great part of free gas CO₂ comes from some carbonatic rocks as a consequence of a thermometamorphic process.

Taking into account that this isotopic research is developing for the first time at the scale of the entire Romanian territory, we consider that the obtained results have a preliminary value, necessitating detailed researches.

REFERENCES

- Bandrabur T., Crăciun P., Ghenea C. (1984) Considerații privind răspândirea și condițiile hidrogeologice ale structurilor geotermale din R.S.R., I.M.H. Consfătuirea privind fundamentearea meteorologică și hidrologică a resurselor energetice, București.
- Blaga L., Blaga L., Cicbotaru T. (1975) The Origin and Evolution of Some Mineral Water Sources Estimated from their Deuterium Content. *Isotopenpraxis* 11/9, p. 297, Berlin.
- (1984) Metodă izotopică de evaluare a zăcămintelor de ape subterane mineralizate. *St. tehn. econ., E 14, Inst. Geol., Geofiz.*, p. 116–124, București.
- Barnes I., O'Neil I. R. (1974) Metamorphic Reaction in Flysch Rocks. *Proceedings. International Symposium on Water—Rock Interaction*, Praha.
- Buachidze G. I., Buachidze I. M. (1974) Formation Conditions of Different Types of Ground Waters in Mountain Folding Areas Studied by Isotopic Composition of Oxygen and Carbon. *Proceedings, International Symposium on Water—Rock Interaction*, Praha.
- Clayton R. N., Steiner A. (1974). In A. Steiner: The Wairakai Thermal Area, New Zealand. *New Zealand Geol. Survey Bull. 90*.
- Craig H. (1961) Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133 : 1702–1703.
- (1963) The isotopic geochemistry of water and carbon in geothermal areas. In: Nuclear Geology in geothermal Areas. Spoleto Conference on Nuclear Geology in Geothermal Areas.
- Dowgiallo I. (1974) Problems of the Origin of Cl—HCO₃—Na Mineral Waters of the Polish Flysch Carpathians. *Proceedings, International Symposium on Water-Rock Interaction*, Praha.
- Ghenea C., Bandrabur T., Crăciun P., Ghenea A. (1980) Contributions to the Knowledge of the Hydrogeothermal Structures in Romania and of the Prospective zones. *Ann. Inst. Géol. Géophys.*, LVII, București.
- Gutsalo L. K., Veltstein V. E. (1974). Isotopes of Hydrogen and Oxygen as Criteria of the Origin of Natural Waters, *Proceedings. International Symposium on Water—Rock Interaction*, Praha.
- Hitchon B., Friedman I. (1969) Geochemistry and Origin of Formation Waters in Western Canada sedimentary Basin. I. Stable Isotopes of Hydrogen and Oxygen. *Geochim. Cosmochim. Acta* 33, 1321–1349.
- Maliuk G. A., Artenechuk V. G. (1974) D/H and O¹⁸/O¹⁶ Ratios of Formation Water as Indicators of Water-Rock Interaction. *Proceedings. International Symposium on Water-Rock Interaction*. Praha.



- Nir A. (1967) Development of isotope methods applied to ground water hydrology. *Proc. Symp Isotope Technology in Hydrology. Am. Geophys. Union, Monogr. Ser.*, 11 109–122.
- Panichi C., Celati R., Noto P., Squarci P., Taffi L., Tongiorgi E. (1974) Oxygen and Hydrogen isotopic studies of the Larderello (Italy) Geothermal system. *Isotope Techniques in Groundwater. Hydrology II, IAEA*, Vienna, 3–28.
- Tenu A., Constantinescu T., Davidescu F., Nuti S., Noto P., Squarci P. (1981) Research on the Thermal Waters of the Western Plain of Rouânia. *Geothermics*, 10/1, p. 1–28.
- White D. E., Barnes I., O'Neill I. R. (1974) Therinal and Mineral Waters of Nonmeteoric Origin, California Coast Ranges. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 84, 547–560.

IZOTOPI STABILI ÎN STRUCTURI HIDROGEOTERMALE DIN ROMÂNIA

(Rezumat)

Cercetarea izotopică pe probe de fluide geotermale de pe teritoriul României se referă la determinarea deuteriului, O^{18} și C^{13} în ape și gaze dizolvate. Probele de fluide analizate provin din structuri geotermale situate în cadrul sistemului orogenic (Carpații Orientali, Carpații Meridionali și Munții Apuseni), precum și din bazine de sedimentare de la exteriorul acestuia (depresiunea pannonică, depresiunea getică și plat-forma moesică).

Caracteristica principală a apelor termale analizate evidențiată de izotopii D și O^{18} , cu rare receptii, o reprezintă originea lor meteorică. Pentru apele din bazinile sedimentare se remarcă o îmbogățire diferențiată în O^{18} față de apele meteorice.

Măsurările izotopice de carbon indică unele valori δC^{13} apropriate de cele ale rocilor carbonatice; totodată apar și conținuturi pentru acest izotop, similare celor determinate în CO_2 provenit din manta.





Institutul Geologic al României

THE GEOTHERMAL CONDITIONS IN THE CENTRAL PART OF THE OLT — ARGEŞ INTERSTREAM¹

BY

PETRE CRĂCIUN², PAMFIL POLONIC²

Geothermal systems. Geothermal gradient. Aquifers. Carbonate rocks. Neocomian. Malm. Simulation. Mathematical method. Water wells. Thermal circulation. Hydrogeologic maps. Getic Plateau—Cotmeana Platform — Romanian Plain — Western Romanian Plain — — Arca between Olt and Argeş.

Abstract

The analysis of structural geological characteristics of the Olt — Argeş area led to the identification of certain permeable complexes lying at depths greater than 1500 m in the Moessian Platform and between 1000 and 2000 m in the South of the Getic Depression. In the platform, where thermal anomalies are more important (average geothermal gradients being between 3.5° and 4.5°C), Malm — Neocomian carbonate complex is the main water-bearing collector developed in a relatively large thermal field (85°—130°C). Three geothermal areas are outlined, one of which, the Cieşti — Buzoescu — Vultureanca in the northern part of the platform being the most developed. On the basis of the numerical simulation of the thermal transfer in the geothermal wells a temperature approximation is obtained at the surface for thermal water, in the case of the conventional discharge of 5 l/s. For the mentioned geothermal structure a surface temperature interval of 70°—90°C resulted.

Résumé

Les conditions géothermiques de la partie centrale de l'intraveine Olt—Argeş. L'analyse des caractéristiques géologiques structurales de la région entre l' Olt et l' Argeş a mené à l'identification des complexes perméables situés à des profondeurs de plus de 1500 m dans la plate-forme Moesienne et entre 1000—2000 m au sud de la dépression Gétique. Dans la plate-forme, où les anomalies thermiques sont plus importantes (gradients géothermiques moyens de 3,5—4,5°C) le complexe calcaire malm-néocomien est le collecteur aquifère principal développé en champ thermique élevé (85°—130°C). Sont délimitées trois zones géothermales, desquelles la structure Cieşti—Buzoescu—Vultureanca, de la bordure nord de la plate-forme a

¹ Received June 2, 1988, accepted for communication and publication June 15, 1988.

² Institutul de Geologie și Geofizică, Str. Caransebeș, nr. 1, R 79678, București 32.



le plus grand développement. À base de la simulation numérique du transfert thermique aux puits géothermaux, on obtient l'écart de température à la surface pour l'eau thermale, au cas du débit nominal de 5 l/s. Pour la structure géothermale mentionnée a résulté un intervalle thermique de 70°—90°C.

1. Introduction

The study area is lying between the Olt and Argeș rivers, throughout an area that belongs to the Getic Depression and the Moessic Platform.

Researches started from finding hypothermal waters in the northern sections of the Getic unit and from recording positive anomalous temperatures in a series of drilled wells on the depression and platform areas.

In order to determine some presumed geothermal structures that probably develop to depth throughout this area it was necessary to provide additional information about structural conditions, the thermal field parameters, as well as that of the existence of some favourable water-bearing formations.

Further on we are going to present a part of our results regarding the location of geothermal anomalies, a contouring of their related area according to the criterion of the thermal characteristics of the recoverable energy source.

2. Geological Setting

The area is rather well known geologically due to the research of Olteanu et al. (1953), Popescu (1954), Moldovan et al. (1961), Motaş et al. (1966) for the Getic Depression and those of Grigoraş et al. (1963), Pătruț et al. (1961), Popescu et al. (1967), Paraschiv (1966, 1979) and Visarion et al., (1981) for the platform.

The Getic Depression appears as a premontane depression lying between the crystalline nucleus of the Southern Carpathians and the Moessic Platform, formed by the sinking of those areas belonging to the flysch and melasse (sandstone) units of the Carpathian Orogen.

In the Getic Depression Cretaceous, Paleogene and Miocene formations folded and thrust southwards over the platform are developed. These are found covered by Neo-Sarmatian-Pliocene rocks common to the depression and the platform.

Information about pre-Neogene formations was given by drilling. Thus in the Stilpeni area the section crossed by some drillings indicated the presence of the Valanginian — Hauterivian (Sinaia strata), the Aptian sandstone, Vraco — Cenomanian (Dumbrăvioara strata) and of the Senonian (red marls of gura Beliei).

On the northern part of the unit there are only final terms of the Cretaceous, a conglomerate complex and an upper complex, made up of alternations of marls and sandstones, both reaching a 2000 m thickness.

The Paleocene — Eocene is known under two facies: a carbonate one, mostly reefal on the edge of the Făgăraș crystalline and another one, a flysch southern one — Șotriile facies.



The Oligocene is generally made up of a gritty conglomerate lower part that contains conglomerates (Cheia conglomerates), marl clays and the Corbi sandstone, and a marl-clayey upper part with intercalations of sands and sandstones similar to the facies of the Pucioasa strata. East of the Tîrgului river, the Oligocene covers an exclusively pelitic facies, known as the Valea Caselor facies.

The Lower Miocene contains a series of conglomerates in the basis that gradually passes to the sands towards the upper part. The succession is continued by a marly complex that on the northern part contains gravel intercalations.

The Middle Miocene (Badenian) is disposed discordantly, on the flanks of the depression. On the inner flank, the Badenian is characterized by the presence of globigerine tuffs and marls, followed by the upper salt-bearing formation (with salt lenses), radiolarian schists and *Spirialis*-bearing marls. On the outer flank, where the Badenian has directly fallen on the Cretaceous, the latter is represented by marls, sandstones, marly limestones, anhydrite and limy sandstones.

The Moesian Platform. Its basement is known in its area of maximum rising — Bâls — Optasi, where it appears made up of epimetamorphic schists pervaded by granitic, granodioritic intrusions, gabbros and Hercynian diorites.

The sedimentary cover contains Paleozoic, Triassic, Jurassic, Cretaceous and Neogene rocks and have variable thicknesses, more reduced on risings (about 3000 m), while in sinking areas reach 6000 m.

The Paleozoic is represented by predominately detrital and carbonate, complexes, like the lower detrital series (Cambrian — Lower Devonian), dolomitic limy (Middle Devonian — Dinantian) and the upper detrital one (Namurian — Lower Westphalian). These series continue the sedimentation and a general exposure throughout the platform follows.

The Permian — Triassic. It includes three distinct lithofacial complexes :

- the lower red series represented by an alternation of marly clays, sands and sandstones intercepted by drillings (Slatina) and which has a basal part attributed to the Permian ;
- the dolomitic series bearing evaporites at the upper part (Middle Triassic) ;
- the upper red series predominately clayey marly bearing intercalations of anhydrite, gypsum and basic volcanic rocks.

An interruption of the sedimentation follows the Triassic, and it is resumed in the Middle Jurassic — by a detrital section — followed in the Upper Jurassic and the Lower Cretaceous by a carbonates sedimentation. In the Upper Cretaceous a sandstone, limestone and marl series follows.

At the end of the Cretaceous, the area, as in the entire platform undergoes an extended rising, entering into a long continental stage. As the sedimentation is continued in the Badenian in deep areas and in the Sarmatian in higher parts of the platform.



Beginning with the Middle Sarmatian, the Neogene cover that overlaps a molasse facies, sandy to a great extent, becomes common to the platform and to the Carpathian foredeep. The Upper Miocene and Pliocene deposits present a southwards-northwards thickening, reaching a 3000 — 4000 m peak before contacting the Getic Depression.

Structural Considerations. In the platform, the structure of Mesozoic and Neogene formations is dominated by the Balş — Optaşi rising whose flanks fall northwards forming the Carpathian foredeep and towards SE in order to be linked to the Alexandria Depression. Within the Neogene there is a series of structural forms resulted from moulding the existent relief at the surface of older Cretaceous formations. This structure is affected by many faults, differently orientated, but presenting two main directions; an East — West one which seems to reflect an effect of the Carpathian foldings and a NV — SE one which is probably linked to older tectonic directions.

The E — W orientated fractures form nearly parallelly disposed alignments that separate structural compartments descending in stages northwards.

The structural assemblage and the formations taking part in the composition of the two close units are illustrated in two geological cross sections (Pl. I).

3. Geothermal Considerations

Studies regarding the geothermal regime of different structural units in our country began in 1970 when Negoita presented the temperature distribution at 2000 m deep on the basis of data concerning existent measurements. Similarly, we mention the papers of Cristian et al. (1971) and Paraschiv and Cristian (1976 a). Interesting data for geothermic flux appear in the papers of Veliciu (1977) and Veliciu and Demetrescu (1979), Neguţ (1982). Different problems regarding geothermal aspects of depth water-bearing systems are discussed by Crăciun and Bandrabur (1976), Ghenea et al. (1980) and Bandrabur et al. (1984).

In order to point out the characteristics of the geothermal field, in this paper we have used mainly the thermal recordings³ in the hydrocarbon wells taking into account also the observations regarding the indications of thermal waters. The thermal recordings were carried out in production wells, at reservoir depths, which in our opinion, reflects stationary thermal conditions at the level of the reservoir.

The stratigraphic levels where the measurements have been made are generally variable north — southwards, given the diversity of reservoir formations in the two structural units. In this way, the great number of thermal measurements belong to the Lower Miocene, the Sarmatian and the Meotian stages in the area of the Getic Depression and to the Triassic, the Jurassic, the Upper Cretaceous, the Sarmatian stages for the areas of the Moesian Platform.

³ Temperature stage measurements have been recorded by ICPPG Cîmpina

As a consequence of the reservoir formations being varied, the depth intervals of measurements appear diverse enough, namely starting from several hundred meters corresponding to the fluid collectors in the Sarmatian, in the central south part of the Moessic Platform down to about 4000 m, corresponding to the Triassic collectors, in the north of the Platform.

In order to illustrate the extension of the geothermal field areas we have drawn up a map showing the distribution of the vertical medium geothermal gradient. Generally, only one measurement of the temperature in the well has been made; the cases of more measurements were rare.

Knowing that generally in sedimentary basins the vertical gradient decreases with the depth (Crăciun and Bandrabur, 1975), it follows that by the applied procedure of averaging certain systematic errors are being made. Due to the fact that the necessary physical data are lacking (thermal conductivity, heat flow), it is difficult to quantify these errors of method at the present stage. However, using this method of approximating the gradient one can point out the positive anomalies of the thermal field in comparison with the subnormal or normal values of the latter. However we notice that the use of the vertical medium gradient for extrapolating the values of the thermal field to relatively great depth can lead to errors that affect the interpretation of the geothermal regional characteristics. According to our observations, the rule of the temperature decreasing to the depth in sedimentary basins is not linear, at least on a certain depth interval from the surface, due to the thermoconductive nonhomogeneity of the deposits.

By examining the gradient maps (Pl. II) one can notice certain positive abnormal areas as well as that of minimal values ones.

On the depression area, one can notice the tendency of the medium gradients increase, starting from the north southwards, with a quasiuniformity of the values south of the unit. A similar aspect has been remarked also west of Olt (Crăciun and Bandrabur, 1976).

In most cases, on the depression area the values of gradients oscillate around an average of $3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, its maximum deviation being about $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. The values lower than the average are generally met in the northern part, while to the south also areas with $3.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ gradients appeared. Among local maximum values we mention the following areas: Leordeni — Goleşti, Oarja — Siliştea and Cocu — Poiana Lacului. The first area has already been remarked by Neguț (1982) as having a greater extension southwards. These small anomalies have narrow areas and are disposed NW — SE approximately. One can notice that their development coincides mainly with the hydrocarbon structures extension (Crăciun and Bandrabur, 1976).

On the Moessic Platform, the values of average gradients in the northern part are distributed on a large interval, between $3-5.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, respectively.

Viewing it as a whole, this part of the platform appears crossed by a thermal field having a higher intensity, in comparison with the areas south of the Getic Depression. This differentiation is possibly more marked actually, if we take into account that in the northern parts of the platform, the values of medium gradients have been calculated on the basis of cer-



tain temperatures measured at great depths, often more than 2000 m, sometimes reaching 4000 m (the Mitrofani area).

Within the platform area one can emphasize the existence of three main areas of positive thermal anomalies. From north to the south these are : Ciești — Buzoesti — Vultureanca, Ciurești — Strîmbeni — Tătarăști and Siliștea — Videle — Clejani.

The first anomaly on the platform appears under the form of a W—E orientated band and it develops close to the Bibesti — Tinisu regional fault. This anomaly presents a large extension in comparison with the others and reaches such values of medium gradients like $4.2 - 4.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. The second anomaly, although it contains in it some gradients that surpass $4.5^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ maximum, is of a narrower area, while the temperatures are controlled only above 2000 m deep (Triassic, Jurassic and Lower Cretaceous).

The anomaly in the southern part within the Siliștea — Videle — Clejani area, is characterized by gradient values higher than $4.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ which reflects the variation of the thermal field in an upper section or deposits, above 1200 m respectively. Because up to the present day we do not have temperature data available for much greater depths, as in the northern part of the platform, the problem of the existence of a depth geothermal anomaly in the third mentioned area remains unclear.

4. Water-Bearing Complexes with Potential Geothermal Conditions

In analysing the conditions of existing certain geothermal structures, besides geothermal and geological structural factors, a special role is given to the hydrogeological aspects that make complete the main characteristics of the thermal system.

The development of a geothermal structure in a basin area requires the existence of the following conditions :

- there must be a source of heat or a high thermal field ;
- a water-bearing system must develop that should be under the influence of the said field underlain by an impermeable bed ;
- there must be a relatively wide section of deposits practically impermeable, that should cover the thermal water-bearing system.

Both on the platform and in the depression it is not known the existence of relatively recent magnetic bodies, that could constitute potential sources of heat.

By means of several deep boreholes in the northern part of the platform basaltic and granitoid intrusions were however intercepted which are several hundred meters wide and more than 2500 m deep (the Oporelu, Gliganu, Mitrofani, Ciești and Strîmbeni structures). This magmatic mass is unlikely to constitute significant sources of heat for adjacent rock volumes, as they were emplaced in early stages. (Permo-Triassic).

In cases when an intrusive body took place within a sedimentary sequence including impermeable sections slightly thermoconductive (marls, clays, etc.), magmatites can play an important role in the increase of the heat flow density within the volumes occupied by them.

Another factor which has a good influence upon the thermal field is represented by the major and regional tectonic elements that affect the depth deposits from under the thermal water-bearing system. Such crustal



fractures are possible in the northern part of the platform, an example being given by the alignment of the Bibesti-Tinosu fault, controlled by means of drillings at the level of the Mesozoic. Along such a fault hotter fluids from great depths can circulate upwards.

The obvious similarity between the fracture orientation and the main anomaly Ciești — Buzoesti — Vultureanca suggests the possibility of displaying such a process (Pl. II).

In the Getic Depression, among the drilled formations that include aquifer horizons at depths where temperatures are over 50°C, we mention the Sarmatian, the Lower Miocene and the Paleogene.

The Sarmatian deposits, although include some water-bearing horizons made up mainly of sandstones, from a thermal point of view on the depression area the reservoir temperatures are probably between the interval of 50—60°C. Due to the low temperature the Sarmatian aquifers do not present a geothermal interest.

Within the Paleogene formation there are potential permeable layers which collect fluids (sandstones and conglomerates), but developed only in the northern part of the depression, where the temperature is low. In the central southern part they are substituted by semi-permeable deposits.

In the basal Miocene sequence, there are permeable complexes with the potential collectors in the northern sections of the foredeep area (the conglomerate series) of several hundred meters wide (Galicea, Tutaua, Domnești, Musetești). Southwards where the Lower Miocene succession develops much more reaching 2000 m sometimes, although the water-bearing complexes reduce their thicknesses, they become themselves again by dense intercalations of sands, grit stones and limestones. These aquifers are located in a slightly thermal field varying between 60 and 95° C.

On the Moesian Platform the most representative depth water-bearing complex is located in the Malm-Neocomian carbonatic formations. According to the well data this complex acquires a very large thickness (more than 1000 m) in the southern part of the platform (south of Roșiorii de Vede — Videle) and diminishes northwards reaching 400—350 m near the Bibesti — Tinosu fault. Southwards these deposits rise near the surface bearing an ever thinner cover of Neogene deposits (Pl. I). As a consequence of this structural configuration the thermal field in limestones increases from the south to the north.

Further on we mention the existence of other two series of permeable fissured rocks. One of them lies in the Middle Devonian — the Lower Carboniferous, while the other in the Middle Triassic, about which we do not have sufficient thermal data available. Besides, the said collectors were met deep down (excepting risen areas, Slatina — Oporelu — Optași), which does not justify the opportunity of investigating them by boreholes in the present stage.

The accumulation capacity of heat in water-bearing collectors is mainly determined by the heat flow that influences it and by the thermo-physical properties of the permeable rock (specific heat and thermal conductivity). At the same time the heat flow from the aquifer system to the surface is influenced, in the sense of its reduction, by the thermoresistive characteristics of the covering deposits. It can be associated with this process an indicator of geothermal closing degree that is quantified as



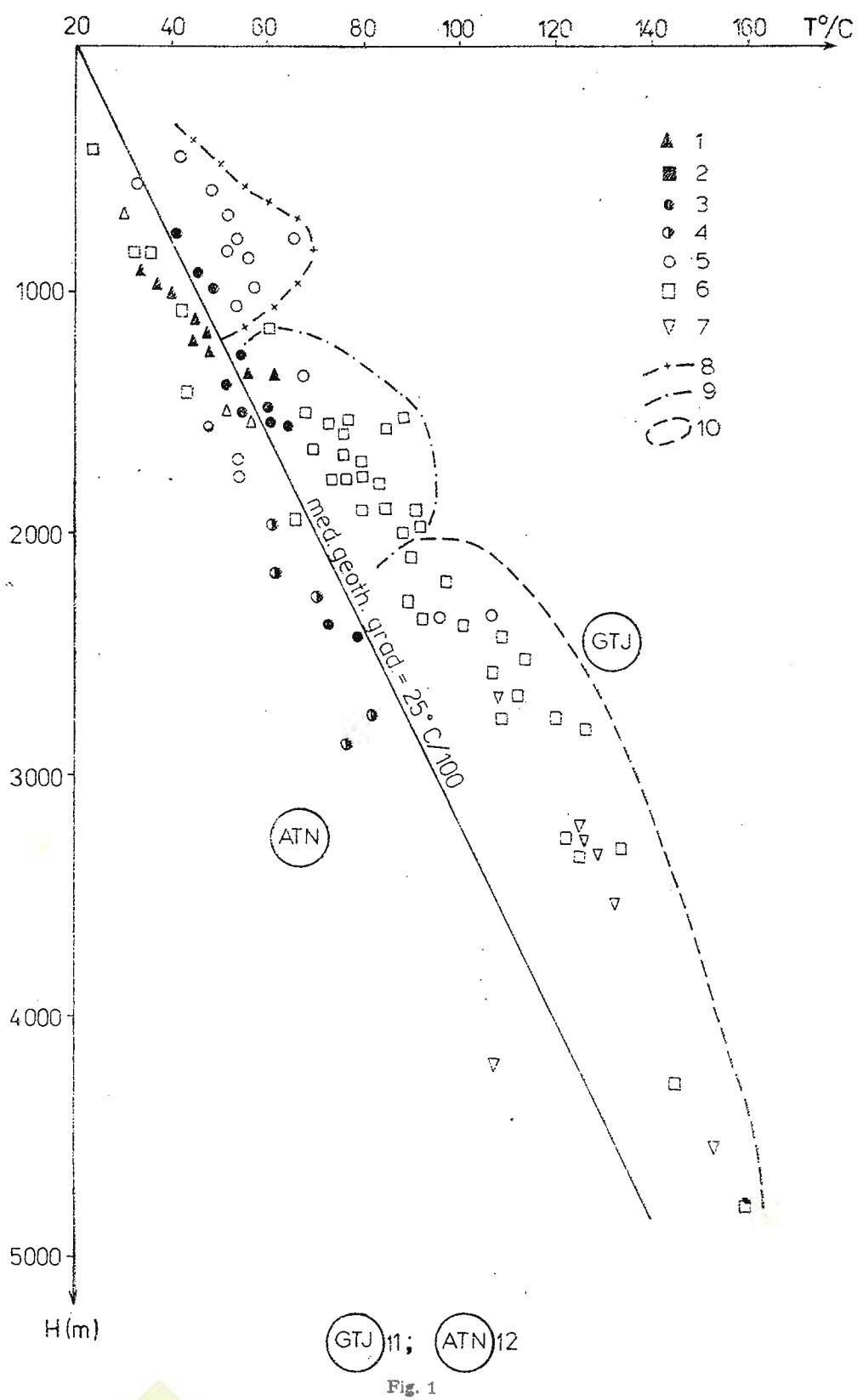


Fig. 1



Institutul Geologic al României

being the combination between the average thermal resistivity or the reciprocal of thermal diffusivity, and the thicknesses of the said deposits. The parametric expression of this property is thus : $I = M/K$, where :

I_g = the geothermal closing degree of the thermal water-bearing system,

K and M are the average thermal diffusivity and the total thicknesses of the covering deposits. If one applies this criterion to the situation of thermal water-bearing complexes in the platform area one can obtain some interesting results. As we at present do not have available physical data necessary for the quantitative evaluation of this indicator, we only note that, on a N-S profile, the Malm-Neocomian water-bearing complex appears to have a maximum closing degree in the northern boundary of the platform and registers significant reductions to the south, where the water-bearing complex is close to the surface. In conclusion, the Ciești—Buzoesti — Vultureanca geothermal structure has a relatively high geothermal closing degree, when compared to an aquifer at the same depth developed in the southern part towards the Danube.

We further on refer to the criterion of the temperature gradient in order to characterize geothermal areas in sedimentary basins.

According to Reed (1982), a geostructure is of a low temperature if it lies in the upper proximity of the rectilinear segment that represents the temperature depending on the depth, for an average geothermal gradient of $2.5^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ (Fig. 1). The respective line starts from a surface point corresponding to a temperature 10°C higher than the air yearly average. In the case of our area this minimal temperature on the graph is $+20^{\circ}\text{C}$. The water-bearing structures plotted under the mentioned straight line represents normal temperature aquifers according to this criterion.

The upper limit of low temperature structures is conventionally considered to be 90°C (Reed, 1982). In our country one could include in the mentioned category those thermal systems with which the water produced by surface sources does not exceed 100°C .

By plotting a set of data regarding the collector temperatures versus their depths, one can obtain a clarifying image concerning their geothermal character. On Figure 1 there is a preferential group of the points representing the aquifers in the two structural units. Thus the Getic Depression wells are lined up close to the median line, while the data concerning the Malm-Neocomian carbonate complex are separated on a band lying at a great distance from the former in the positive sense. Also within the same structural unit, one can outline, by means of the mentioned graphic, the areas where the identified permeable structures have a low temperature. Thus, for the Moessic Platform the outlining of the two deep geothermal structures located in Mesozoic formations (Fig. 1) is confirmed, because

Fig. 1 — Location of geothermal structures of low temperature (after Reed, 1982). Permeable structures ; Getic Depression : 1, Meotian ; 2, Sarmatian ; 3, Lower Miocene ; 4, Paleogene ; Moessic Platform : 5, Sarmatian ; 6, Jurassic — Lower Cretaceous ; 7, Triassic ; 8, Silistra — Videle — Clejani anomalous area ; 9, Ciuresti — Strîmbeni — Tătărăști ; 10, Ciești—Buzoesti — Vultureanca geothermal structure ; 11, Geothermal structures of low temperature ; 12, Water-bearing structures of normal temperature.

the plotted points are situated on the right side of the drawn geothermal gradient line.

In order to point to what extent certain parameters defining the geothermal structure determine the conditions of heat transfer from the reservoir to the surface a numerical simulation of this hydrogeothermal process was carried out (Crăciun, 1987). In this way it was established that the main physical factors directly influencing the heat losses are: the depth of the geothermal aquifer, the fluid velocity in the wellbore and the geothermal gradient in the surrounding rocks. In Figures 2—3 there are the examples of the numerical simulation for wells of 1000 m depth.,

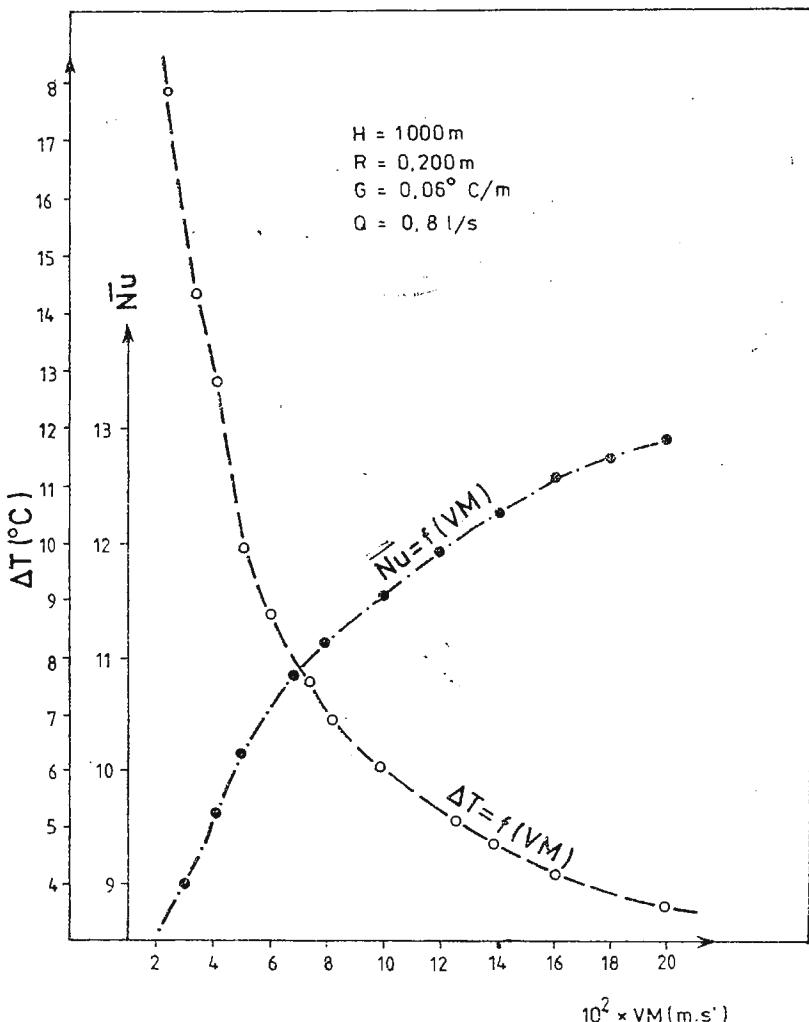


Fig. 2 — Variation of the thermal transfer versus the average rate of water.
 H , depth of the well (m); R , radius of the well (m); G , average geothermal gradient;
 Q , water flow rate of the well (l/s); \bar{Nu} , average heat transfer coefficient.

for a conventional thermal aquifer in order to illustrate the correlation between the losses of heat, expressed as ΔT (the difference between water temperature in the reservoir and that at the surface) and the mentioned factors.

The simulation method was applied to a series of boreholes that intercepted thermal permeable formations within the two major structural units. The obtained results allowed a contouring of areas where low temperature geothermal structures were identified. For the Getic Depression this analysis of the water temperature at the surface was extended also to the areas without anomalies, in order to observe the very differences that are obtained.

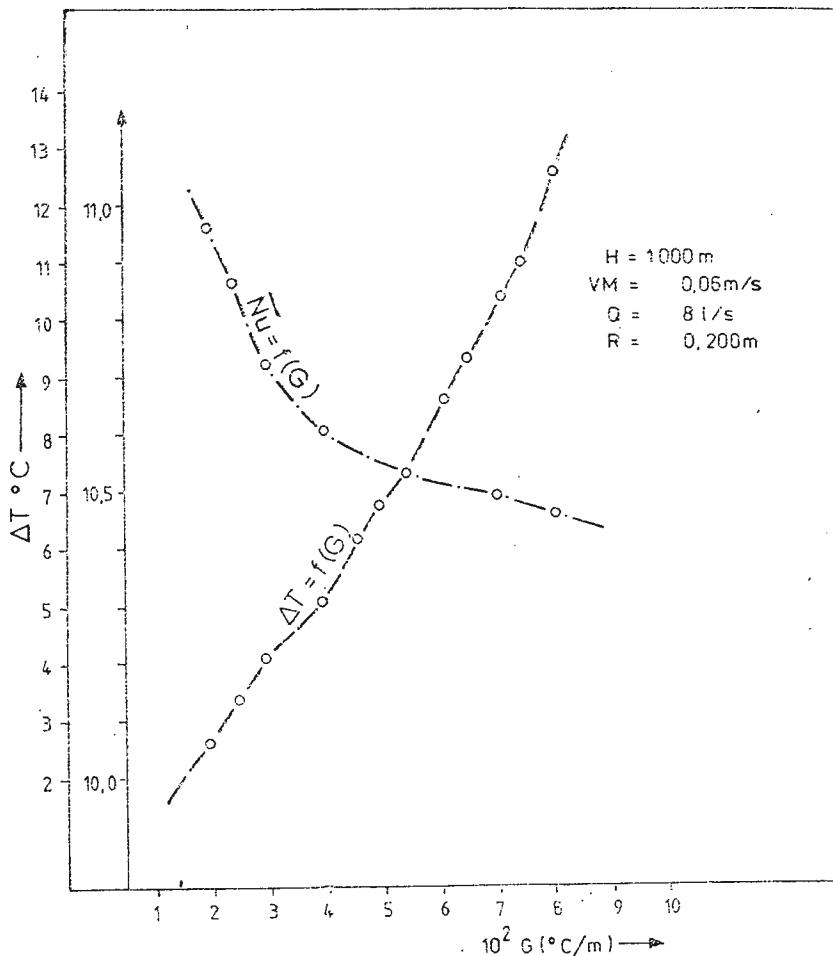


Fig. 3 — Variation of the thermal transfer at geothermal wells versus thermal gradient. VM , average rate of water in the well (m/s); ΔT , decrease of the water temperature from deposit to surface ($^\circ\text{C}$); \bar{N}_u , average coefficient of transversal thermal transfer.

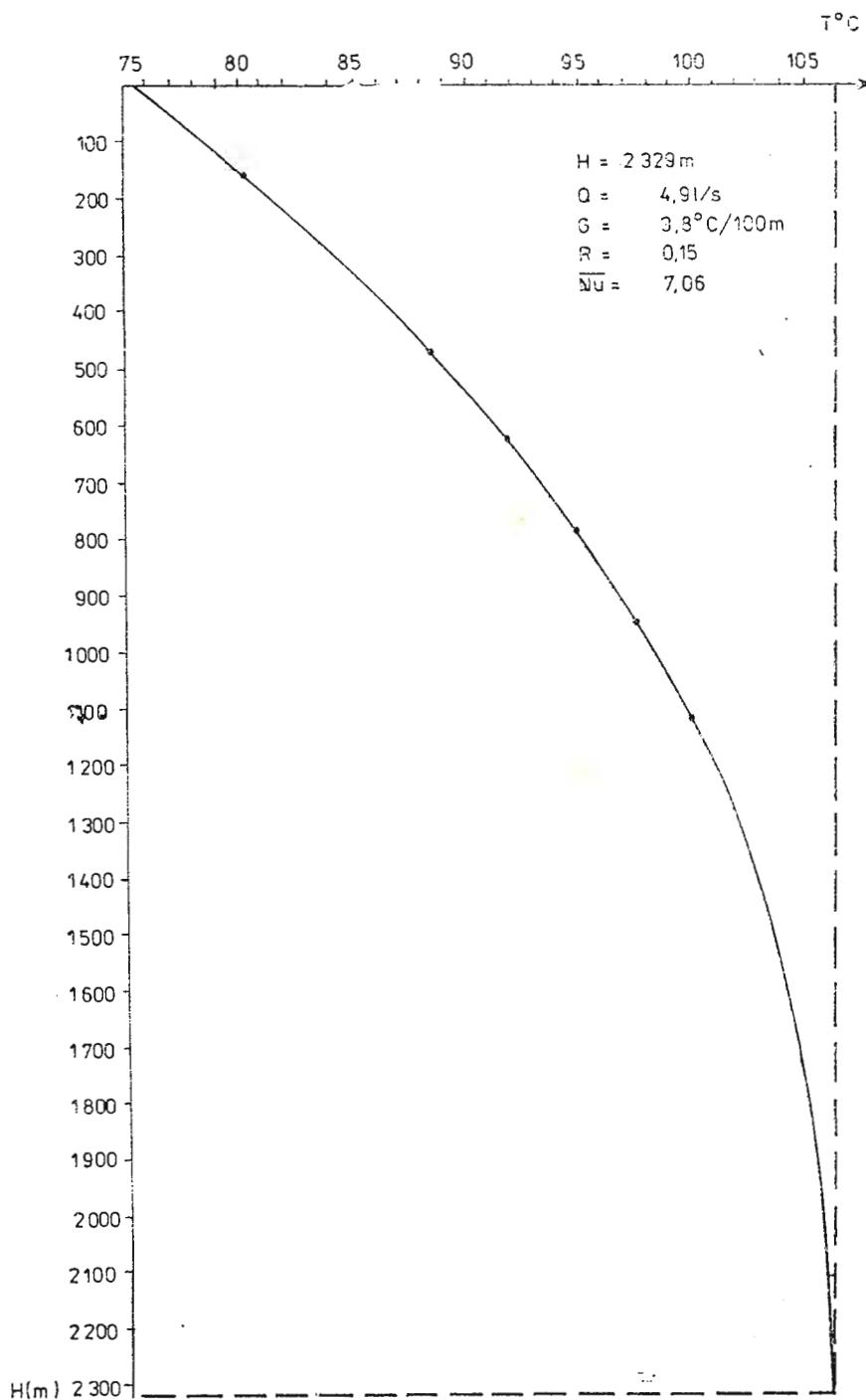


Fig. 4 — Simulated thermal profile in Vultureanca well no 1739.



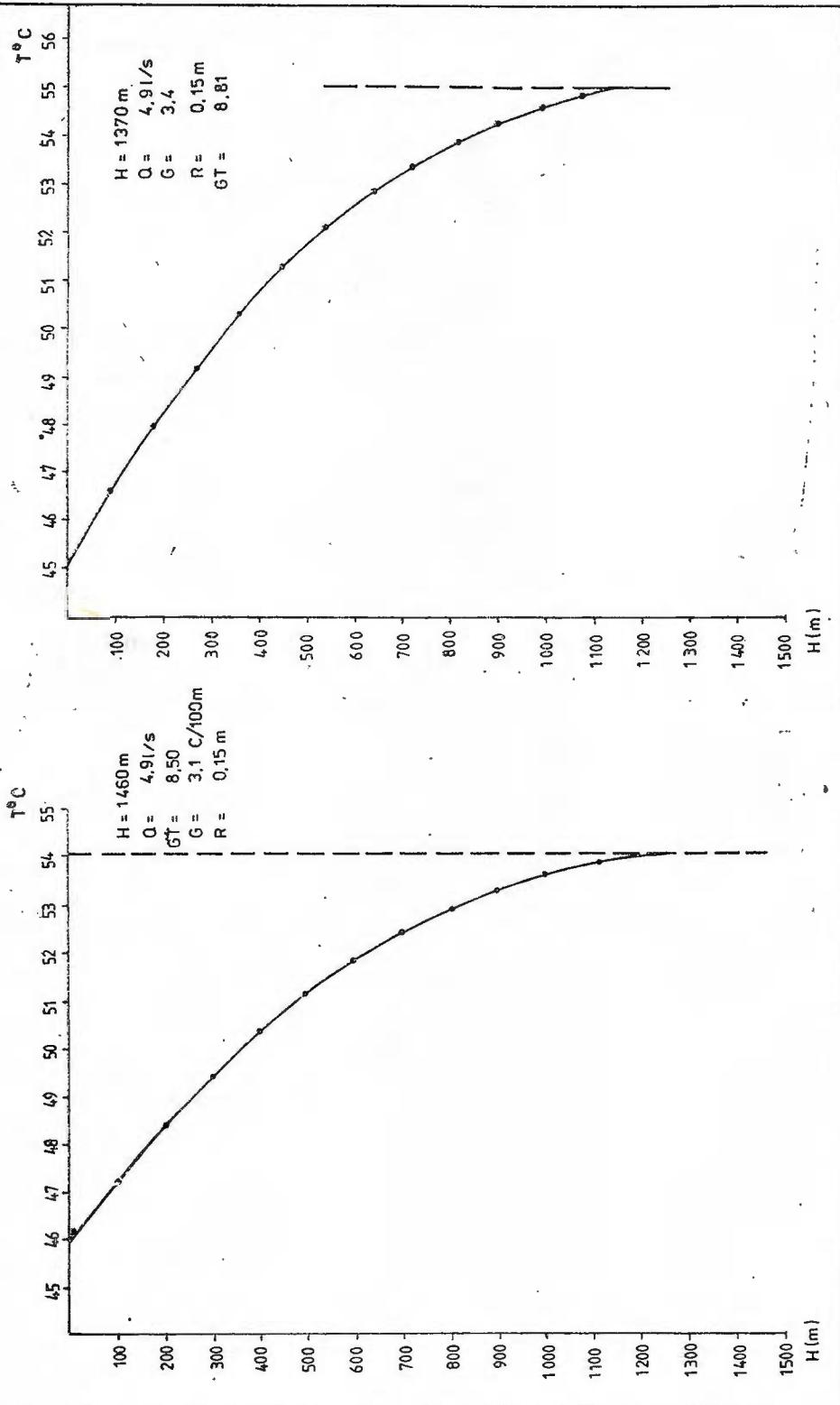


Fig. 5 — Simulated thermal profiles in Bogati and Strimbu wells no 1725 and 2979.

The geothermal zoning represented in Plate III for the Moesian Platform is an attempt at characterizing the geothermal waters areas not explored yet, taking into account both the geostructural and thermal conditions and the loss of heat phenomenon taking place at some supposed geothermal sources. In Figures 4—5 there are simulated thermal profiles for areas in the two structural units.

According to the results of the heat transfer simulation, the surface water temperature for the Lower Miocene formations (the Getic Depression), in the case of the chosen flow rate, 5 l/s, present variations on the 40—75°C interval. The higher temperatures areas are located in the southern part of the depression, for which we give as examples the Siliștea — Gălăbocata — Nord Găești and the Cîmpu Mare — Ciobotă areas. On the Moesian Platform area there is a gradual increase, from the south to the north of a surface temperature level for the thermal water, in accordance with both the gradual sinking of the fissure water-bearing system and the variation of the heat flow where it is located. In conclusion one can consider that the Ciești — Buzoescu — Vultureanca geothermal structure, in the northern limit of the platform, is characterized by a structural position of the water-bearing system cover between 2000 and 4000 m, placed in a high thermal field, between 90—135°C (Pl. III) respectively. As a consequence of the great depth of the Malm-Neocomian water-bearing system, the heat losses by means of the vertical sources are higher in comparison with the Getic Depression. Consequently, the surface water temperature in the case of Malm — Neocomian aquifer for a well discharge of 5 l/s, is approximated to range between 78—90°C.

REFERENCES

- Bandrabur T., Craciun P., Ghenea C. (1984) Considerații privind răspândirea și condițiile hidrogeologice ale structurilor geotermale din România. *IMII — St. Cercet.*, Inst. Meteor. Hidrol., p. 343—353, București.
- Craciun P. (1986) A numerical model for heat transfer in flowing boreholes. *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr. (Géophysique)*, 30, p. 65—71, București.
- Bandrabur T. (1976) Some Geothermal Aspects of the Deep-Seated Aquifer System in the Getic Depression. *Intern. Congr. on Thermal Waters, Geothermal Energy and Volcanism on the Mediterranean Area*, Athens.
- Cristian M., Dogaru L., Mocuța St. (1971) Considerații asupra regimului termic al sondelor de mare adințime din R.S.R. *Petrol, Gaze*, 9, p. 522—527, București.
- Ghenea C., Bandrabur T., Craciun P., Ghenea A. (1980) Contributions to the knowledge of the hydrogeothermal structures in Romania and of the perspective zones. *Ann. Inst. Géol. Géophys.*, LVI, București.
- Grigoraș N., Pătruț I., Popescu M. (1963) Contribuții la cunoașterea evoluției geologice a Platformei Moesice de pe teritoriul R.S.R. *Asoc. Geol. Carpațo-Balcanică, Congr. V.*, 1961, IV, *Tectonica*, București.
- Neguț A. (1982) Rezumatul tezei de doctorat. Univ. București.
- Paraschiv D., Cristian M. (1976) Cu privire la regimul geotermic al unităților structurale de interes petrolifer din România. *St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria Geofizică*, 14, 1, p. 65—73, București.



- (1979) Platforma Moesică și zăcămintele ei de hidrocarburi. Ed. Academiei R.S.R. București.
- Pătruț I., Popescu M., Teodorescu C., Molnar M., (1961) Contribuții la cunoașterea geologică a Platformei Moesice. *Rev. Petrol., Gaze*, 11, p. 181–195. București.
- Popescu M., Pătruț I., Paraschiv D. (1967) Stadiul actual de cunoaștere a Platformei Moesice de pe teritoriul României. *Rev. Petrol., Gaze*, 1, p. 6–15, București.
- Reed M. (1982) Assessment of Low-Temperature Geothermal Resource of the United States 1982. *Geological Survey Circular* 892, p. 1–8.
- Veilciu S., Demetrescu C. (1979) Heat flow in Romania and some relations to geological and geophysical features. In V. Čermák and L. Ryback (Editor). *Terrestrial Heat Flow in Europe*. Springer, Berlin—Heidelberg, New-York, p. 253–260, Berlin.
- Veilciu S. (1977) Some results on the mantle heat flow investigations in Romania. *Acta Geol. Sci. Hung.*, p. 256–258, Budapest.

CONDIȚIILE GEOTERMALE DIN PARTEA CENTRALĂ A INTERFLUVIULUI OLT-ARGEŞ

(Rezumat)

Analizând caracteristicile geologice structurale ale regiunii a reieșit existența unor complexe permeabile situate la adâncimi mai mari de 1500 m, (înălțind 4000 m) în platforma moesică și între 1500–2000 m în sudul depresiunii getice.

Prin prelucrarea datelor termice existente privind temperatura diferențelor colectoare de fluide traversate de sondele de hidrocarburi s-au conturat cîteva anomalii pozitive atât în partea nordică a platformei moesice cât și în depresiunea getică, în regiunea dintre Valea Oltului și Valea Argeșului. Anomaliiile din platforma moesică se caracterizează prin gradienți geotermici medii între 3,5°–4,5°C/100 m, estimări pe baza înregistrărilor termice la adâncimea între 1600–4000 m.

În depresiunea getică gradienții medii s-au estimat pe baza înregistrărilor termice la adâncimi variind între 1000–2000 m. Din harta distribuțiilor gradienților reiese tendința de creștere a valorilor de la nord către sud respectiv de la 2,5°–3,5°C/100 m. În sudul depresiunii se configuraază cîteva zone pozitiv anomală cu arii restrânse dintre care menționăm: Leordeni-Golești și Oarja-Siliștea.

Datele hidrogeologice disponibile arată că există condiții favorabile pentru acumulări acvifere în complexul carbonatic malm-neocomian care are o extindere largă în arealul platformei. Corelind aspectele hidrogeologice cu particularitățile termice se ajunge la conturarea a trei structuri geotermale și anume: Ciești-Buzoești-Vultureanca, Ciurești-Strîmbeni-Tătărăști și Siliștea-Clejani-Videle. Dintre acestea numai primele două se plasează în cîmpuri termice potențiale la adâncimi mari controlate.

Conform criteriului gradientului geotermic mediu, colectoarele acvifere termale din platforma moesică se reprezintă grafic în zona structurilor geotermale de temperatură joasă, sensibil distanțate de linia mediană a gradientului.



Simulînd transferul termic de la acvifer la suprafață în vederea estimării treptei termice pentru apă termală la suprafață, se obține o zonare geotermală a colectoarelor de adincime. În platforma moesică rezultă un ecart termic de 70° – 90°C pentru zona din nord și 60° – 70°C pentru cea de a doua zonă.

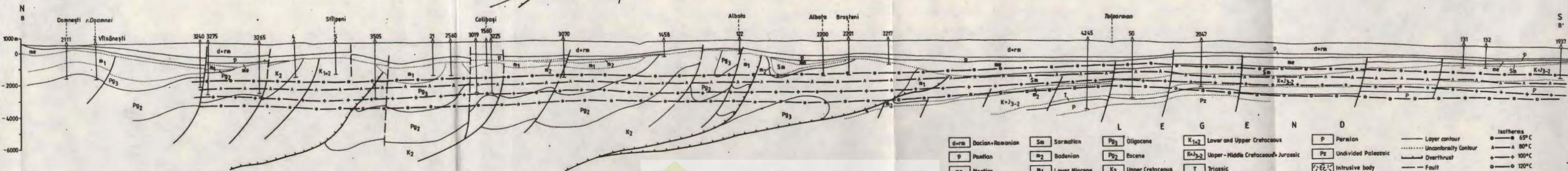
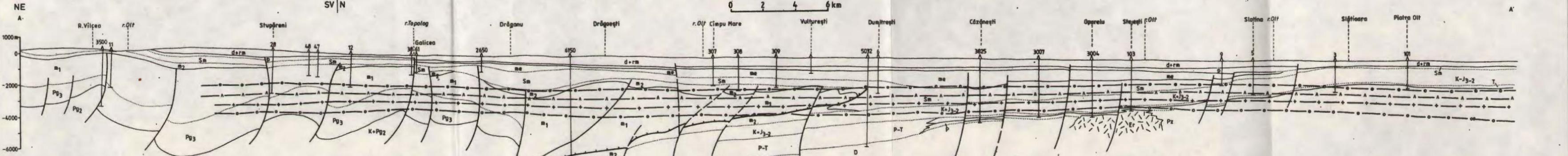
În sudul depresiunii getice pentru colectorii acviferi termali localizați în Miocenul inferior se estimează temperaturi de suprafață pentru apă în intervalul 55° – 68°C .



P. CRĂCIUN, P. POLONIC

GEOLOGICAL CROSS SECTIONS WITH ISOTHERMS

0 2 4 6 km



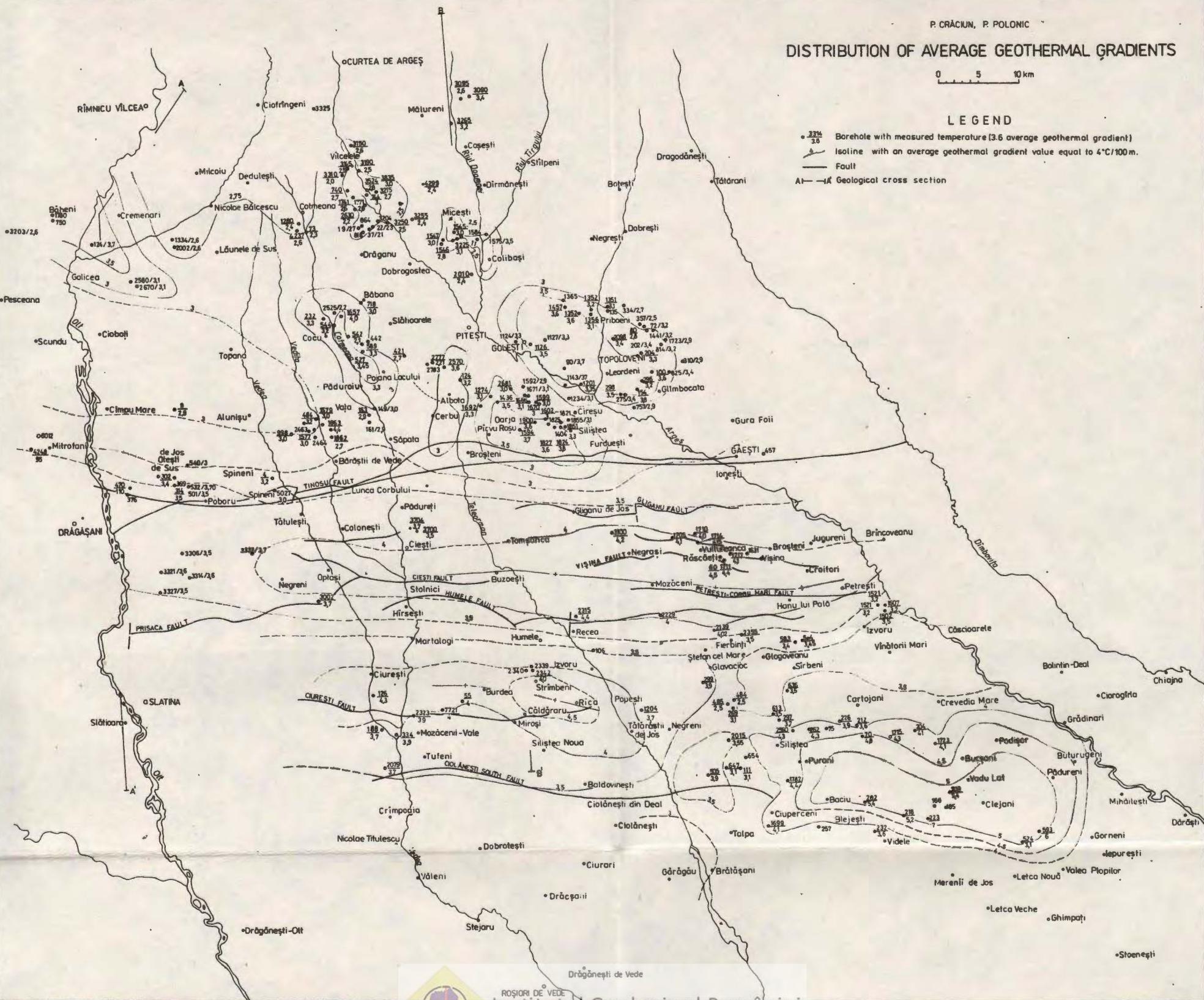
P. CRĂCIUN, P. POLONIC

DISTRIBUTION OF AVERAGE GEOTHERMAL GRADIENTS

0 5 10 km

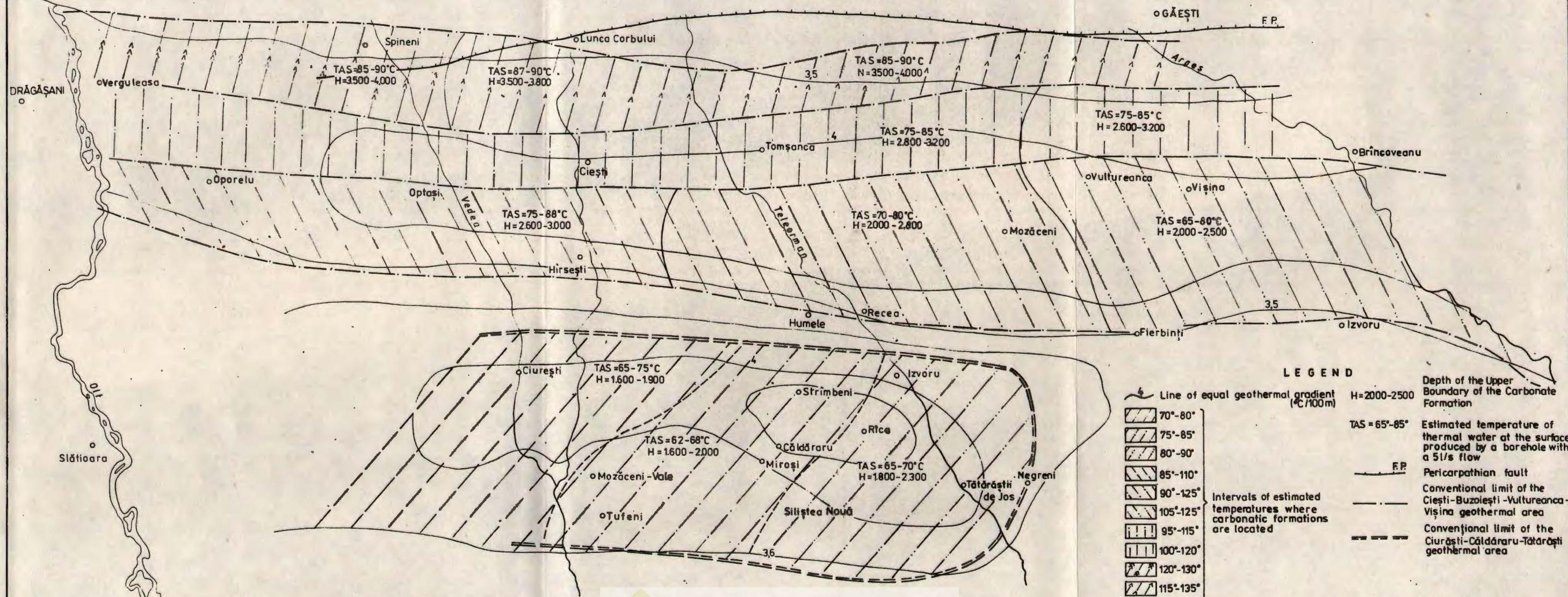
LEGEND

- $\frac{3.6}{3.6}$ Borehole with measured temperature (3.6 average geothermal gradient)
- Isoline with an average geothermal gradient value equal to $4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.
- Fault
- A—A Geological cross section



P. CRĂCIUN, P. POLONIC
**GEOTHERMAL ZONING OF THE MALM NEOCOMIAN
CARBONATIC FORMATIONS**
NORTHERN AREA OF THE OLT AND ARGEŞ VALLEYS (MOESSIC PLATFORM)

0 2 4 6 8 10 km



NUMERICAL SIMULATION OF THE PRODUCTION PATTERNS OF THE ORADEA GEOTHERMAL RESOURCE AREA¹

BY

DENIS ENĂCHESCU², RAMONA PLAVIȚĂ³

Geothermal reservoirs. Geothermal systems. Simulation. Numerical models. Finite elements analysis. Production. Optimization. Pannonic Depression — Area between Mureş and Crişul Repede — Area between Crişul Repede and Oaş.

Abstract

The efficient exploitation of heat around the Oradea hydrogeothermal area is possible only by injection of thermically worn-out water in the reservoir. This allows a higher production of the Oradea area, without disturbing the discharge conditions of the 1 Mai—Felix Spas. Three production patterns are proposed, the best pattern being established on the basis of the numerical simulation of the reservoir pressure in semisteady state conditions. The numerical simulation has been carried out through a Galerkin-multistep method. For the simulation the coefficient of hydraulic diffusivity has been considered constant for the whole reservoir, according to the data of the interference test. The recharge has been expressed by Dirichlet type conditions on the E and N—NW frontiers, due to lack of information regarding the recharge flowrate.

The best production pattern is the one that suggests extracontoural injection, with the wells placed on an alignment parallel to the Eastern limit of the area.

Résumé

La simulation numérique des variantes d'exploitation du gisement hydrogéothermale d'Oradea. L'exploitation efficace de la chaleur aux environs de la zone hydrothermale d'Oradea n'est possible que par l'injection d'eau usée du point de vue thermique dans le réservoir. Cela permet une production élevée de la zone d'Oradea, sans affecter les conditions de débitage de la station balnéaire de 1 Mai—Felix. On propose trois modèles de productions, le meilleur desquels est établi à base de simulation numérique de la pression dans le réservoir, dans

¹ Received November 1, 1985. accepted for communication and publication November 12, 1985.

² Centrul de calcul al Universității din București, str. Academiei nr. 14, București, 1.

³ Institutul de Geologie și Geofizică, str. Caransebeș nr. 1, R 79578, București, 32.



des condition de demi-équilibre. On a effectué la simulation numérique par une méthode Galerkin — multistep. Pour la simulation, le coefficient de diffusivité hydraulique a été considéré constant pour tout le réservoir, en concordance avec les données du test d'interférence. Étant donné qu'on n'a pas eu d'informations concernant le débit, l'alimentation a été exprimée par des conditions de type Dirichlet sur les frontières est et nord-nord-ouest. Le meilleur modèle de production est celui qui suggère d'injection extra-contour, avec les puits placés sur un linéament parallèle à la limite est de la zone.

Introduction

Within the area of the Oradea carbonated-fissured hydrogeothermal system there are eleven wells producing with different potential flowrates from 5 to 30 l/s.

The surface of the geothermal resource area is conventionally established. It has been limited by faults whose character was deduced from geological, geophysical and production data.

The geothermal resource area has natural recharge through the north-western and eastern limits while the other limits are considered barrier boundaries. The recharge flowrate has not been determined thus the recharge boundary conditions are expressed by a constant pressure during the production.

The hydrodynamical unit of the Oradea and 1 Mai-Felix Spas geothermal areas has been indicated by the production data and the interference test carried out in 1984. The total flowrate of the Oradea wells (80 l/s) has also been established then, in order not to disturb the discharge of the 1 Mai-Felix Spas, (Cohut, Paal, 1985).

Due to the very small recovery factor imposed by the restrictive discharge of 80 l/s the intensification of the production is foreseen only by injection of thermically worn-out water in order to assure the material balance.

Possible Production Patterns

The planned production patterns tend towards the following goals :
— an increased withdraw from the geothermal resource area ;
— conservation of the discharge conditions of the 1 Mai-Felix Spas ;
— optimal location of the production and injection wells in order to induce low pressure gradients and consequently to provide minimal velocities of low and thermal breakthrough retardation.

These production patterns suppose the achievement of a flowrate of 30 l/s per well by adequate stimulation of wells.

Production pattern number 1 is based on the use of existent wells, six for production and five for injection. The scenario of this pattern is based on the present activity of the wells. The total withdraw flowrate is of 108 l/s and the injected one is of 150 l/s, a part of it being used for balneary reasons. If the „life” of a well is supposed to be of 30 years, the recovery factor of the heat for this period is of 0.3%.



Patterns number 2 and 3 foresee extra intensification of the production by drilling some new wells, placed outercontourly of the geothermal resource area, to the east (variant 2) and to the southwest (variant 3).

The recharge condition expressed by a constant pressure on the limits is practically achieved by the withdraw of a water volume from the adjacent zones, (possible from the northern and eastern part of the area), this influencing negatively the conditions of discharge of the 1 Mai—Felix Spas. This is why in the second scenario the injection wells are placed nearby the recharge limit. The total flowrate in this case will be of 240 l/s and the injection one of 210 l/s, while the heat recovery factor for the same period will be of 0.4%.

In the pattern number 3 the total withdraw and injection flowrate is of 300 l/s and the heat recovery factor is of 0.5%.

The choice of the best production scenario is made using the numerical simulation of the reservoir pressure in semisteady-state flowing conditions which govern the flow into the aquifer.

In the case of a homogeneous and isotropic model, the Gringarten-Sauty method estimates that the cooling of the collector over a period of 30 years is not significant. This model goes for the Oradea fissured reservoir due to the very low dispersion of the hydraulic diffusivity coefficient as was deduced from the interference test.

Numerical Simulation of the Reservoir Pressure

The movement of the groundwater in permeable media undergoes the fundamental equation of the hydraulic diffusivity, (Albu, 1981) :

$$\frac{\partial h}{\partial t} = a \operatorname{div} \operatorname{grad} h + W \quad (1)$$

where h is the hydraulic head :

a is the hydraulic diffusivity coefficient :

W is the specific vertical supply of water.

In order to assure the existence and uniqueness of the solution of the equation (1) it is presumed that for the whole aquifer domain D , the following characteristics are known :

— boundary conditions

of Dirichlet type $h(x, y, t) = h_L(x, y, t)$ (2a)

and/or

of Neumann type $\frac{\partial h(x, y, t)}{\partial n} = 0$ (2b)

where $h_L \in C^0(D \times [0, T])$ and „n” is the outer normal on the ∂D — frontier of the D domain :

— initial condition $h(x, y, 0) = h_I(x, y)$, with $h_I \in C^0(D)$, (3)
(in the above definitions a plane flow movement has been taken into account).



It has also been assumed that a is piecewise constant and that

$$h \in C^1(\bar{D} \times [0, T]), \quad \text{where } \bar{D} = D \cup \partial D. \quad (4)$$

The equation (1) with the boundary conditions (2) and initial condition (3) make up the mixed problem for parabolic partial differential equations. The mixed problem has an unique solution in the hypotheses (4), (Vladimirov, 1980), which proves the success of its solving by numerical methods.

For the numerical solving of the mixed problem (1) — (3) we have used in the present paper Galerkin-multistep method. Thus starting from the weakly variational formulation of the mixed problem for parabolic equation, applying the Galerkin method for the space discretisation we obtain the following ordinary differential equationws system in „t” :

$$M \frac{\partial h_\lambda}{\partial t} + Rh_\lambda = F \quad (5)$$

where $h_\lambda = \sum_{j=1}^N h_{\lambda j} w_j$ is an approximation of the solution in a finite space, with basis $\{w_j\}_{j=1}^N$ and M , R and F are the mass, the ridigity and the free term matrix.

The use of the multistep method for the time discretisation turns the system of differential equatins (5) into a linear algebraic system, as follows :

$$(\alpha_1 M + \beta_1 \tau R) h_{\lambda \tau}^{m+1} = \tau (\beta_0 F^m + \beta_1 F^{m+1}) - (\alpha_0 M + \beta_0 \tau R) h_{\lambda \tau}^m \quad (6)$$

where the upper index indicates the value at the moment $t = m\tau$, with $m = 0, 1, \dots, M$ and $h_{\lambda \tau}^0 = h_I$.

It has been demonstrated that the solution obtained by the Galerkin-multistep method is stable and convergent and that the truncation error is comparable to other numerical methods (Albu, Enăchescu, 1985).

To generate the finite element triangulation it has been used Courant triangles.

The boundary conditions are specified by Dirichlet's conditions for the recharge frontiers and by Neuman's conditions for the barrier limits. The initial condition is the hydraulic head of the reservoir.. This has a constant value of 2517 m for the isobathic level of 2400 m. For the simulation we have considered a constant hydraulic diffusivity coefficient in the whole reservoir with a value of $3.5 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{day}$, according to the results of the interference test.

The numerical solution has been estimated for six time steps, corresponding to 48 days, a sufficient long period in order to reach a semisteady-state flow as shown by former production data.

Results of the Numerical Simulation

Figures 1, 2, and 3 give the hydraulic head variations versus initial static value for the three production patterns, illustrating the numerical solutions of the mixed problem (1) — (3). The flow lines (dashed) showing the trends of flow in the reservoir are also indicate.



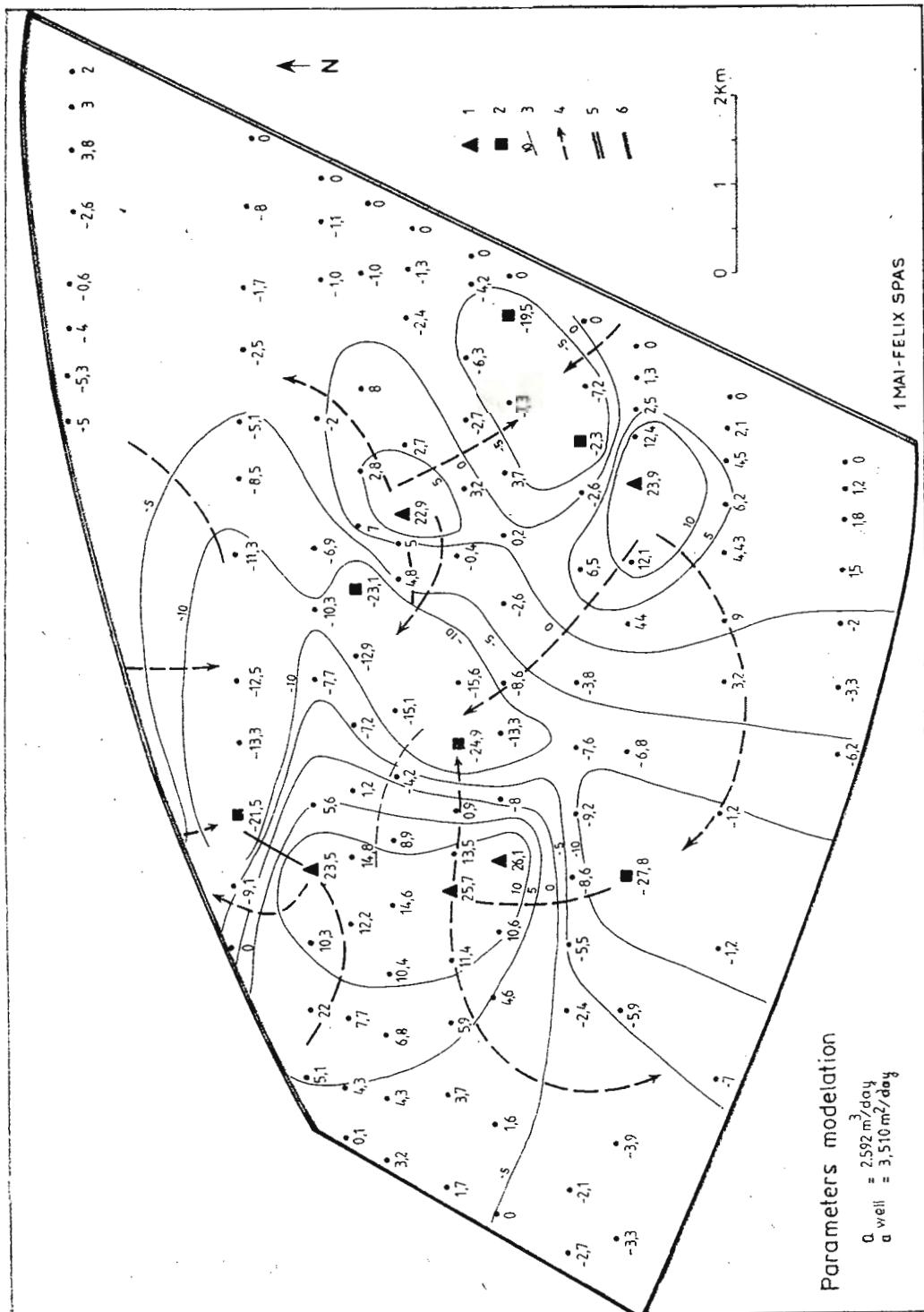


Fig. 1 ... Isopotentials (m) in the semisteady-state flowing conditions, pattern number 1 (existent wells), 2, injection wells; 3, production wells; 4, isopotentials (m) versus the static value; 5, flow lines; 6, recharge limit; 5, barrier limit.



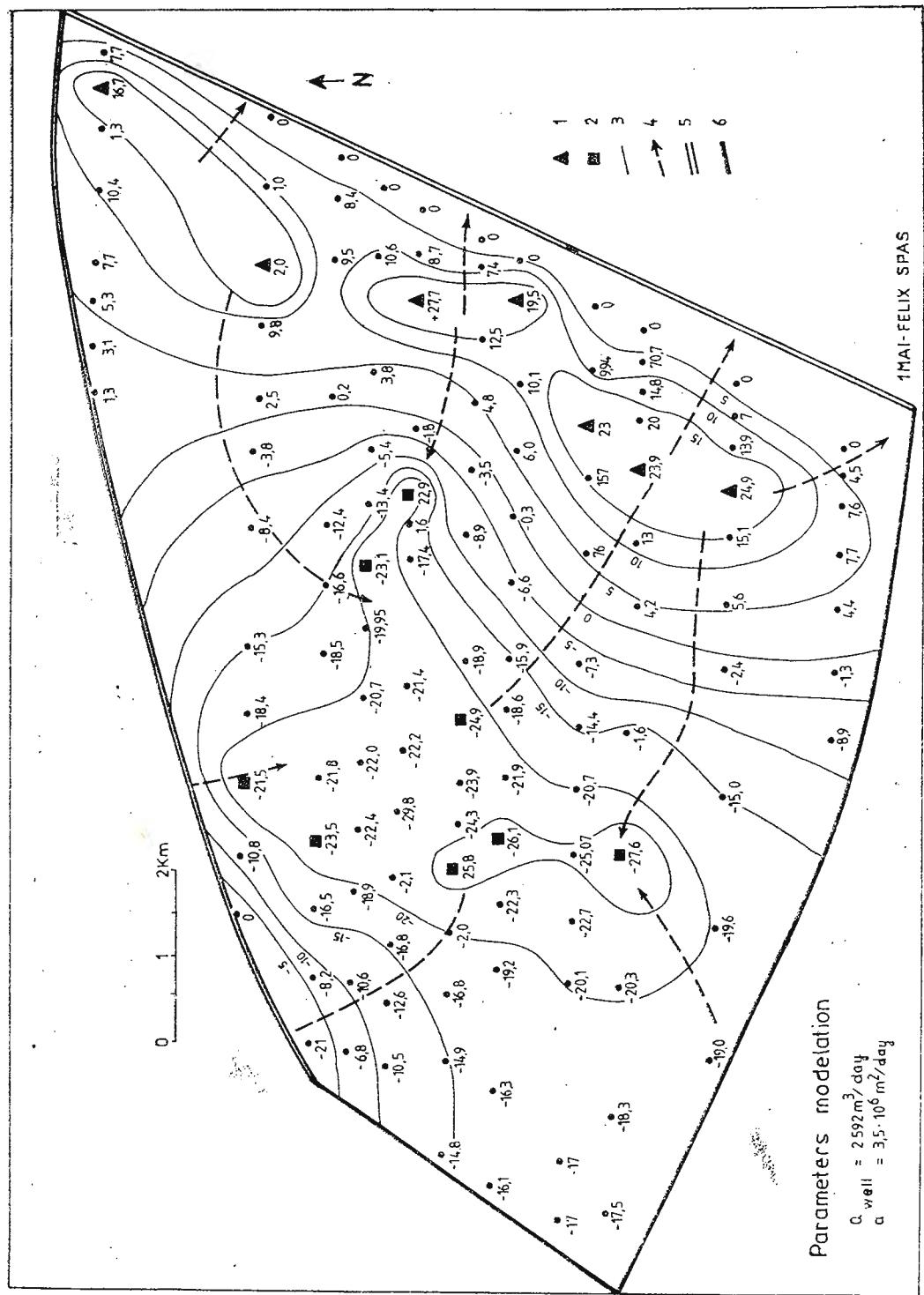


Fig. 2 -- Isopotentials (m) in the semisteady-state flowing conditions, pattern number 2 (eastwards injection) 1, injection wells; 2, production wells; 3, isopotentials (m) versus the static value; 4, flow lines; 5, recharge lines; 6, recharge limit.

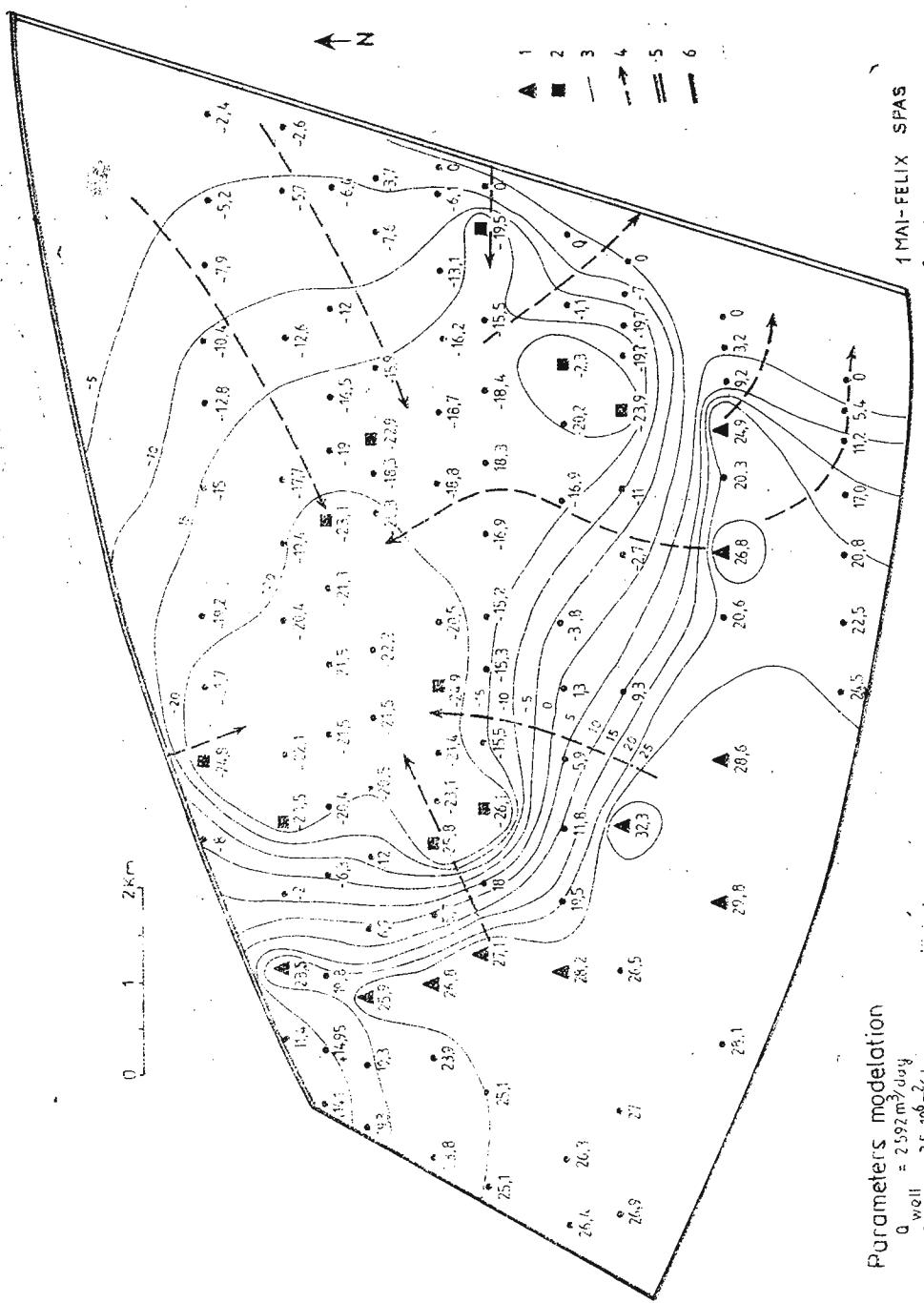


Fig. 3 – Isopotentials (m) in the semisteady-state flowing conditions, pattern number 3 (south-westwards injection). 1, injection wells; 2, production wells; 3, isopotentials (m) versus the static value; 4, flow lines; 5, recharge limit; 6, barrier limit.

In Figure 1, illustrating the production pattern 1, the pressure gradients are relatively uniformly distributed all over the area. However, there can occur a disturbance of the discharge conditions of 1 Mai-Felix Spas due to the location of two production wells near the recharge boundary.

In Figure 2, corresponding to the production pattern 2, the pressure gradients are lower and uniformly distributed like in the pattern 1, while the emplacement of the injection wells along the recharge frontier assure non-disturbance of the discharge conditions of the Spas.

In Figure 3, illustrating the production pattern 3, the fastest flows between the injection and production wells were induced, sustaining thus the cooling of the collector.

From these above we can conclude that the second production pattern is the best.

Conclusions

The numerical simulation of the pressure field in dynamic conditions has been possible owing to our data on the hydrodynamic parameters of the collector.

The production patterns tend towards the enhancing of heat recovery factor of the Oradea geothermal resource area and the conservation of the discharge conditions of the 1 Mai-Felix Spa.

The numerical solution of the mixed problem describing the movement of the groundwaters is determined by a Galerkin-multistep method.

The results of the numerical simulation of the pressure of the reservoir semisteady-state flowing conditions allow us to choose the optimal production pattern respectively production pattern 2 described in the present paper.

REFERENCES

- Albu M. (1981) Mecanica apelor subterane. Ed. tehn., Bucureşti.
Albu M., Enăchescu D. (1985) Procese nestaţionare de redistribuire a energiei în crusta terestră. Ed. tehn., Bucureşti.
Cohut I., Paál G. (1985) Report, the archives of the Entreprise for Drilling and Special Geological Works, Bucureşti.
Gringarten A. C., Sauty J. P. (1975) Simulation des transferts de chaleur dans les aquifères. *Bull. BRGM*, sect. III, no. 1, p. 24–34.
Vladimirov V. S. (1980) Ecuatiile fizicii matematice. Ed. Ştiinţ. Enciclop., Bucureşti.
-

ANALIZA VARIANTELOR DE EXPLOATARE A ZĂCĂMÎNTULUI HIDROGEOTERMAL ORADEA PRIN MODELARE NUMERICĂ

(Rezumat)

Perimetru hidrogeotermal Oradea drenează acviferul carbonatat-fisurat triasic prin 11 sonde. Informațiile geologice, geofizice și de producție indică existența unei alimentări naturale a acviferului, prin limitele de nord, nord-vest și est ale perimetrlui, însă nu se cunoaște debitul de alimentare.

Perimetru esteexploatat în prezent cu debitul total de 80 l/s. Singura metodă de exploatare industrială a căldurii zăcămîntului este cea prin injecția apei uzate termic. Variantele de exploatare preconizate au în vedere extracția unui debit din ce în ce mai mare din perimetru, conservarea condițiilor de debitare a Băilor 1 Mai-Felix și întîrzierea interferenței termice.

Variantele de exploatare prevăd creșterea debitului total de la 180 la 300 l/s, iar sondele de injecție sunt situate intracontural (varianta 1) și extracontural în estul perimetrlui (varianta 2) și în sud-est (varianta 3).

Pentru alegerea variantei optime s-a simulaț cîmpul de presiuni induși în zăcămînt, la curgerea semistaționară. Modelarea curgerii apei în medii permeabile este descrisă de ecuația fundamentală a difuzivității hidraulice, care împreună cu condițiile la limită și condiția inițială alcătuiesc problema mixtă a ecuației curgerii. Problema mixtă are soluție unică, ceea ce garantează succesul rezolvării ei prin metode numerice. Metoda numerică utilizată este o metodă de tip Galerkin-multi-pas, iar soluția obținută este stabilă, convergentă și cu eroarea de trunchiere comparabilă cu a altor metode numerice.

Rețeaua de discretizare a spațiului utilizează triunghiul de tip Courant. Condițiile la limită sunt specifice prin condiții de tip Dirichlet pentru frontieră de alimentare și de tip Neuman pentru frontieră etansă. Condiția inițială este sarcina piezometrică a zăcămîntului. La modelare s-a considerat coeficientul de difuzitate hidraulică constant pe tot zăcămîntul, conform rezultatului testului de interferență. Soluția obținută corespunde unei perioade de 48 zile, perioadă suficientă pentru instalarea curgerii semistaționare.

Rezultatul modelării numerice a fost exprimat prin variația cîmpului piezometric față de valoarea statică inițială. Analizînd reprezentarea grafică a rezultatelor modelării se constată că varianta 2 este cea mai recomandabilă. Configurația sondelor în acestă variantă produce gradienții cei mai mici de presiune și mai uniform distribuîi în tot zăcămîntul, ceea ce presupune și întîrzierea schimbului termic. Totodată, amplasarea sondelor de injecție în estul perimetrlui garantează neafectarea condițiilor de debitare a Băilor 1 Mai-Felix.



Institutul Geologic al României

**CONSIDERATII HIDROGEOLOGICE PRIVIND ACVIFERELE
DIN PARTEA BAZALĂ A COMPLEXULUI CĂRBUNOS DACIAN
ÎN INTERFLUVIUL OLTEȚ–BISTRITA¹**

DE

PETRU ENCIU², ȘTEFAN GRIGORESCU²

Coal fields. Coal seams. Aquifers. Pontian. Dacian. Hydrogeological control. Lithofacies. Permeability. Line drainage. Hydrogeologic maps. South Carpathians – South Sub – Carpathians Area – Sub – Carpathians between Olt and Jiu.

Abstract

Hydrogeological Considerations Regarding Aquifers in the Basal Part of the Dacian Coal Complex in the Olteț–Bistrița Interstream. This paper presents the results of hydrogeological researches carried out on the Olteț–Bistrița interstream, in the outcrop area of the Pliocene formations which is part of the inner flank of the Carpathian foredeep. For the first time in mining hydrogeology, permeable deposits involved in the exploitation of important coal seams in the area have been sampled systematically, in outcrops; some parameters that define their permeability properties have been determined on undisturbed samples. The study of permeability properties has been completed by the analysis of the permeable lithofacies distribution, which reveals the existence of a regional screen between the upper part of the Bosporian Getian aquifer and aquifer lenses intercalated in the coal-bearing Parscovian deposits. When designing future dewatering works, it is necessary to take into account the fact that on large areas, in the Olteț, Tărița and Bistrița basins, the main coal seam lacks a screen, while the supply of Parscovian aquifer lenses is not permanent and comes mainly from the phreatic aquifer in these valleys terraces.

Résumé

Considérations hydrogéologiques concernant les aquifères de la partie basale du complexe charbonneux dacien de l'interfleuve d' Olteț–Bistrița. L'ouvrage présente les résultats des recherches hydrogéologiques effectuées sur l'interfleuve d' Olteț–Bistrița, dans l'aire d'affleurement des formations pliocènes du flanc interne de l'avant-fosse carpathique. C'est pour la première fois qu'on a pratiqué dans le domaine de la hydrogéologie minière l'échantillonage systématique, dans des affleurements, des dépôts perniéables, impliquées dans l'exploitation des reser-

¹ Depusă la 2 iunie 1987, acceptată pentru comunicare și publicare la 18 iunie 1987.

² Institutul de Geologie și Geofizică, Str. Caransebeș, nr. 1, R 79689, București, 32



ves importantes de charbon de la région. On a déterminé sur des échantillons non-troublés, quelques unes de leurs propriétés filtrantes. L'étude des propriétés filtrantes a été complété avec l'analyse de la distribution du lithofaciès perméable, ce qui relève l'existence d'un écran régional entre la partie supérieure du complexe aquifère bosphorien-gétien et les lentilles aquifères intercalées dans les dépôts parseoviens porteux de charbon. Dans les projets des futures travaux d'assèchement on doit tenir compte que sur des aires étendues dans les bassins d'Oltet, Tărlia et Bistrița la couche principale de charbon n'a pas d'écran et l'alimentation des lentilles parsovientes est continue, étant assurée, dans une grande mesure, par le phréatique existant dans les terrasses de ces vallées.

1. Istorieul cercetărilor

Din multitudinea lucrărilor publicate, privitoare la geologia acestui sector al Depresiunii Getice, ne vom limita la menționarea acelora care au adus contribuții mai importante, în problema stratigrafiei depozitelor daciene purtătoare de cărbuni.

Pe această linie se inseră lucrările lui Ionescu-Argetoaia (1914, 1915), Grozescu(1924), Stoica, Schoverth (1955, 1956), Cîric (1959), Marinescu (1975) Papaianopol (1978), Andreescu et al., (1985) și al.

Din categoria luciărilor nepublicate, foarte multe la număr, ne vom opri asupra celor mai importante, executate în ultimul deceniu. În acest interval, într-o primă etapă, în zonă Oltet-Bistrița s-au executat prospecțiuni de mare detaliu (Nechiforescu et al., 1978 ; Nicolaescu et al., 1979) urmate apoi, de explorări cu foraje, ale căror rezultate sunt sintetizate în lucrările întocmite de Găină et al., 1979 ; Stroescu et al., 1981 ; Bălașa et al., 1982, 1983.

În paralel, colective de cercetare din cadrul Institutului de Geologie și Geofizică au urmărit rezolvarea celor mai importante aspecte legate de litobiostratigrafia și hidrogeologia depozitelor pliocene purtătoare de cărbuni (Motaș et al., 1979 ; Papaianopol et al., 1980 ; Crăciun, 1980, 1983 ; Andreescu et al., 1984 ; Ticleanu et al., 1985, 1987).

Studiile hidrogeologice au avut ca principal obiectiv, într-o primă etapă, modelarea analogică-matematică iar ulterior, distribuția litofaciului permeabil și cunoașterea proprietăților filtrante, ale acviferelor implicate în valorificarea cărbunilor.

Zona, asupra căreia ne vom referi, este limitată la vest și est, de două importante cursuri de apă : Oltet și Bistrița iar la nord și sud, se delimită prin linii convenționale, orientate aproximativ vest-est, linii ce leagă localitățile Igoiu și Negrești respectiv, Alunu și Mănailești.

2. Caracterizare geomorfologică

Din punct de vedere geomorfologic, sectorul studiat aparține Subcarpaților Olteniei și se caracterizează prin alternanța interfluviilor sub formă de culmi și de văi, străbătute de cursurile : Oltet, Tărlia, Cerna-Cernișoara, Luncavăț și Bistrița, orientate NNV-SSE.

În ansamblu, relieful înclină ușor, de la nord la sud ; la nivelul interfluviilor, evidențiindu-se o succesiune de înșeuări și culminări (vârful Turcești-574,1 m ; vârful Dealul Înalt-587,8 m ; vârful Pojogi-582,9 m ;



vîrful Pirlogu-563,2 m), datorită eroziunii selective a formațiunilor din constituție.

Văile principalelor cursuri de apă ce străbat regiunea, sunt înguste și prezintă una-două nivale de terasă (inferioară și joasă), cu poduri parazitate de depozite deluvial-proluviale.

Face excepție valea Bistrița, care prezintă la cca 145 m altitudine relativă, un petec de depozite aluvionare grosiere, probabil rest al unei terase vechi.

Actuala configurație a sistemului de văi principale din zonă s-a definitivat în Pleistocen, prin importante remanieri hidrografice (Badea, 1967), urmăre a mișcărilor de ridicare post-valahice.

3. Considerații geologice

Sectorul studiat corespunde zonei interne a avanfosei carpaticice și este constituit în principal, din formațiuni de vîrstă pontian-românian inferioară, structurate într-un monoclin vest-est, avînd căderi sudice, de 5° – 15° .

3.1. Depozitele pontiene

Partea inferioară și medie a depozitelor pontiene este reprezentată printr-o stivă de strate predominant argiloase, cu grosimi de 75–140 m (Nechiforescu et al., 1978), peste care se dispune o alternanță de strate nisipoase și argiloase, conținând o faună proprie părții sale superioare (Bosphorianul).

Grosimea acestui complex psamo-pelitic, variază de la cca 150 m, în bazinul Oltețului, la cca 200 m, în bazinul Bistriței.

3.2. Depozitele daciene

Prima parte a succesiunii depozitelor daciene se dezvoltă într-un facies litologic asemănător cu al celor bosphoriene, fiind constituită dintr-o alternanță de strate de nisipuri siltitice, nisipuri fin-medii, nisipuri argiloase, siltite nisipoase, argile siltitice, argile, lentile de cărbuni.

Conținutul faunistic foarte bogat, constituind adeverate lumașele, mai frecvente la partea superioară, pledează pentru raportarea acestei succesiuni, ce însumează cca 100 m grosime, Gețianului.

Deasupra acesteia se dispune un complex de strate argilo-nisipoase, cu grosimi de 15–30 m, limitat la partea superioară de stratul V de cărbune.

Asociațiile faunistice evidențiate în argilele din partea bazală a acestui complex, sunt caracteristice Dacianului superior (Parscovian) (Andreeșcu et al., 1985).

Stratul V de cărbune, numerotat I₁, I₂, în documentațiile de explorare, are grosimi variabile, cuprinse între 2 și 5 m; de la est la vest, remarcindu-se tendință de despletire și subțiere.

La cca 2–4 m sub stratul V, pe interfluviul Olteț-Târția, se găsește un alt strat de cărbune, foarte subțire (numerotat I_a, în documentațiile de explorare). Spre est, acesta se apropie foarte mult de stratul V (pe inter-



fluviul Tăriia-Cerna), pentru ca, în continuare, spre est, să se depărteze mult și să se efileze.

Peste stratul V, urmează un ansamblu de strate argilo-nisipoase, cu grosimi de 20—50 m, în care se intercalează stratele VI și VII, de cărbune.

Stratul VII, ca și stratele superioare, intercalate în suita depozitelor romanian inferioare, se întâlnește doar în partea vestică a zonei cercetate; la est de pîrîul Cernișoara, avînd loc o diminuare a faciesului cărbunos.

Cercetările de ordin palinostratigrafic și magnetostratigrafic, întreprinse în sectorul vestic al Bazinului Dacic (Andreeșcu et al., în Ticleanu et al., 1987), pledează pentru plasarea limitei Dacian super ior-Romanian inferior, între stratele VII și VIII de cărbune.

3.3. Depozitele romanian-inferioare

Depozitele romanian inferioare sunt constituite dintr-o succesiune de strate argiloase, cu intercalații de nisipuri, inclusiv la vest de pîrîul Cernișoara, patru strate de cărbune (stratele VIII—XI).

Datarea s-a făcut în principal, pe baza asociațiilor de viviparide și unionide netede, ce constituie un lumașel, localizat deasupra stratului X (Andreeșcu et al., 1985).

Depozitele romanian-inferioare apar la zi, pe o fîșie vest-est, în partea sudică a zonei cercetate și au grosimi mari, de cca 300—350 m.

3.4. Depozitele cuaternare

Au fost raportate Cuaternarului depozitele aluvionare din constituția teraselor și albiilor majore, existente pe principalele văi din zonă.

Depozitele terasei vechi sunt reprezentate printr-un strat de cca 2 m, pietrișuri și bolovănișuri, și au fost atribuite nivelului superior al Pleistocenului inferior.

Depozitele din constituția terasei inferioare, sunt alcătuite din pietrișuri și bolovănișuri, au grosimi mici, de cca 1—2 m, pe văile Tăriia, Cerna și Luncavăț, și de cca 4 m, pe valea Bistrița. Deasupra, pe 2—4 m, sunt acoperite de un orizont argilo-nisipos.

Depozitele terasei joase, au grosimi mici, de 1,5—2,0 m și sunt alcătuite din pietrișuri și bolovănișuri, în matrice nisipoasă iar deasupra, pe cca 1 m, din depozite argilo-nisipoase.

Albiile majore, din preajma principalelor cursuri de apă, sunt constituite dintr-un strat subțire de aluvioni grozieri.

Aluviunile terasei inferioare au fost raportate, pe criterii corelativе, nivelului superior al Pleistocenului superior iar cele din constituția terasei joase și albiilor majore-Holocenului.

4. Considerații hidrogeologice

Prin corelarea observațiilor efectuate în zona de aflorare a depozitelor ponțian-daciene cu datele forajelor executate pentru explorarea complexului cărbunos, în constituția acestora s-au individualizat mai multe acvifere.



În prezența lucrare vor fi analizate numai o parte dintre acestea și anumne, acele care pot avea implicații în exploatarea principalului strat de cărbune, stratul V. În această situație, apreciem că se află cele două acvifere din depozitele parșcoviene existente în culcușul și acoperișul acestui strat de cărbune, și într-o măsură mai mică, complexul acvifer din depozitele bosphorian-gețiene.

4.1. Complexul acvifer bosphorian-gețian

Depozitele de vîrstă bosphorian-gețiană, alcătuite dintr-o alternanță de nisipuri și argile, constituie un complex acvifer interstratificat, limitat în bază de fondul argilos al formațiunilor de vîrstă pontian-medie, iar la partea superioară, de formațiunile predominant argiloase, parșcoviene.

Secvența superioară a acestui complex, a fost probată pe traseele mai multor profile dispuse perpendicular pe direcția structurii geologice. O parte din profilele probate sunt prezentate pe planșele I și II.

Probele netulburate de nisip au fost prelevate în șanțe, cîte trei din fiecare strat și au servit determinării : umiditatea naturale, porozitatea naturale, coeficientul de filtrare, coeficientul de cedare și compoziției granulometrice³.

Analizele granulometrice indică preponderența stratelor de nisip fin siltitic, alături de care, se întâlnesc strate de nisip argilos, mai rar de nisip fin-mediu și siltit nisipos.

Conținuturile în silt și argilă ale litotipurii predominant variază de la circa 7 % la 16 %, respectiv, de la 2 % la 15 %.

Coefficientul de neuniformitate (u) are valori cuprinse între 1,5 și 5,5, indicind o sortare bună, superioară celei pe care o au nisipurile din depozitele parșcoviene (pentru care, coefficientul de neuniformitate are valori cuprinse între 2,4 și 8,0).

Stratele argiloase intercalate în acest complex acvifer sunt reprezentate în principal prin argile siltitice și argile.

Valorile porozității naturale sunt grupate, pentru majoritatea probelor prelevate, în intervalul 37 %—45 %.

Din analiza planșei I, unde sunt prezentate cele mai reprezentative profile probate, reiese că transmisivitățile părții superioare a acestui complex variază puțin, de la 0,6 m²/zi, pentru profilul din versantul stîng al văii Oltețului, la 2,46 m²/zi, pentru profilul din versantul stîng al văii Cerna.

O comparație informativă între valorile coefficientului de filtrare mediu, pentru patru din secțiunile investigate și valorile aceluiși parametru calculat după rezultatele forajelor hidrogeologice de explorare (Crăciun, 1983), este prezentată în tabelul de mai jos.

Ilustrarea modului cum a fost făcută comparația, este sugerată pe planșa II, unde s-a prezentat în detaliu profilul probat pe versantul drept al văii Cernișoara.

³ Determinările au fost efectuate de către Enciu Mariana.

Localizarea secțiunii investigate	Coeficientul de filtrare (K) ; m/z.i.			Distanța dintre profilul probat și forajul hidrogeologic — m —	
	— pe profilul natural probat.	— forajul hidrogeologic cel mai apropiat			
		Nr. foraj	Valoarea (K)		
Valca Tărlea	0,034	55 H	0,19	300	
Pirul Valea Mare	0,114	31 H	0,90	800	
Valea Cerna	0,060	45 H	0,53	850	
Valea Cernișoara	0,136	175 H	0,87	350	

Nisipurile fin siltitice, majoritare în constituția acestui acvifer în sectorul Olteț-Bistrița, au valoarea medie a coeficientului de filtrare — 0,1 m/z.i.; nisipurile fine — 0,9 m/z.i.; nisipurile argiloase — 0,04 m/z.i., nisipurile cu granulație fin-medie — 2,1 m/z.i.

4.2. Acviferul parscovian din culcușul stratului V de cărbune

Intervalul stratigrafic, dintre partea superioară a complexului acvifer descris și stratul principal de cărbune, are cca 15–30 m grosime și este constituit dintr-o succesiune de strate argiloase în care se intercalează unu-trei strate subțiri de nisip.

Prelucrarea datelor cca 450 de foraje care s-au executat în interfluviul Olteț-Bistrița, a permis realizarea unor coloane litologice reprezentative pentru culcușul stratului V (pl. III).

O foarte mare importanță hidrogeologică prezintă faptul că, în întreaga zonă, între nisipurile fosilifere de la partea superioară a complexului acvifer bosphorian-gețian și nisipurile intercalate în argilele parscoviene, se întâlnesc un ecran de strate argiloase (argile, argile siltitice și a.) cu grosimi de 6–9 m.

Stratele de nisip existente în suita depozitelor parscoviene, din culcușul stratului V, se dispun la trei nivele, sunt separate de argile și au extinderi limitate.

Într-un număr limitat de sectoare, nisipurile nivelului mediu și superior vin în contact direct cu stratul V.

Din punct de vedere litologic, în constituția acestora, predomină secvențele de nisip siltitic și nisip argilos.

Proportia de participare a fracției argiloase este superioară celei determinate pe probele de nisip recoltate din depozitele bosphorian-gețiene.

Valorile coeficientului de filtrare, determinate pe probe netulburate prelevate din aceste strate lentiliforme, sunt cuprinse între 0,3 m/z.i și 1,0 m/z.i (la porozități de 43%–50%).

Forajele hidrogeologice executate în zonă, au testat cumulat partea superioară a complexului acvifer bosphorian-gețian și lentilele acvifere intercalate în depozitele parscoviene din culcușul stratului V.

Valorile nivelului piezometric variază în limite largi, de la cca 380 m, pe interfluvii în partea nordică a zonei explorate, la cca 250 m, în sudul acesteia. Izopiezele sunt orientate vest-est, cu ușoare inflexiuni pe văi; direcția principală de curgere fiind nord-sud.



Valorile subpresiunii hidrostatice la baza stratului V, calculate pentru aliniamentul extrem sudic al zonei explorate cu foraje hidrogeologice, cresc de la vest (cca 50 m coloană de apă, pe valea Oltețului, în forajul 49H) la est (cca 200 m coloană de apă, pe interfluviul Luncavăț-Bistrița, în forajul 232 H).

Debitele specifice obținute prin testarea cumulată a celor două acvifere, au valori foarte mici, variind în sectorul Olteț-Cernișoara, de la cca 0,001 l/s/m, în cazul forajelor executate pe interfluvii, la 0,2–0,3 l/s/m, la cele executate pe văile principale. În sectorul Cernișoara–Bistrița, aceste valori sunt mai mici, fiind cuprinse între 0,001 l/s/m și 0,08 l/s/m.

Valorile debitelor specifice sunt conforme cu cele obținute în laborator pentru coeficientul de cedare ($\mu = 4\% - 6\%$) și caracterizează acviferele din baza complexului cărbunos, ca acvifere cu potențial de debitare redus, datorită granulometriei, tipului de porozitate (predominant capilară) și conținutului semnificativ de fractie argiloasă.

4.3. Complexul acvifer din intervalul stratelor V – VI de cărbune

Intervalul litologic dintre cele două strate de cărbune are cca 10-15 m grosime. Local, pe interfluviile Olteț-Târția și Târția-Cerna, cele două strate se apropiie foarte mult iar pe interfluviul Cerna-Cernișoara, se depărtează la cca 20 m.

Ecranul de la partea superioară a stratului V are grosimi considerabile în cea mai mare parte a zonei investigate. Fac excepție trei sectoare, foarte restrinse, situate pe valea Oltețului, pe interfluviul Olteț-Târția și pe

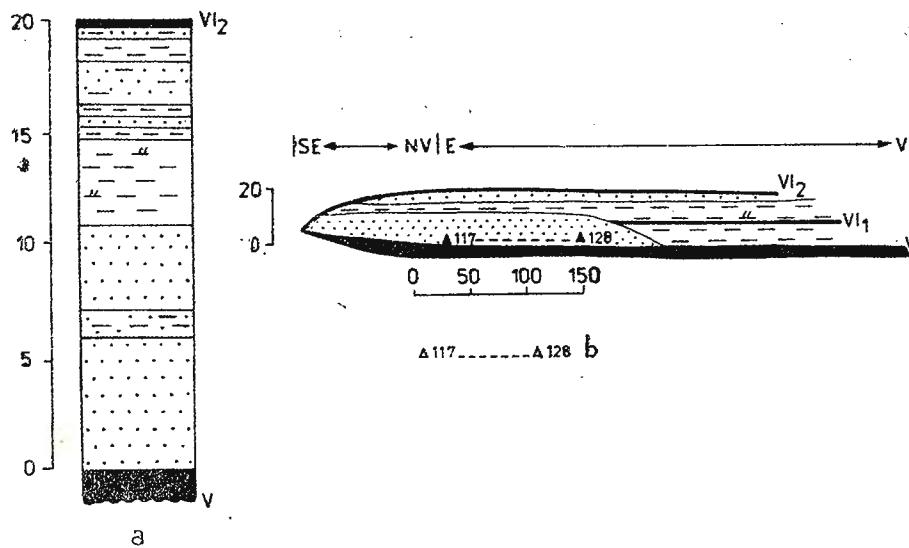


Fig. — Schița frontalui principal al carierei Berbești Vest. a) detaliu de stratificație în extremitatea sud-estică a frontalului; b) interval probat pentru determinări hidrogeologice.
Design of the main front of the West Berbești quarry. a), detail of stratification in the south-eastern limit of the front; b) sampled interval for hydrogeological determinations.

versantul stîng al văii Tăriia (la sud de pîrîul Valea Mare), în care, direct peste stratul V, se dispun nisipuri, probabil de origine fluviatilă.

Unul dintre cele trei sectoare a fost probat pe direcția est-vest, la un pas al rețelei de probare de 10 m (fig.). Corpul permeabil nisipos, deschis pe interfluviul Olteț-Tăriia în frontul carierei Berbești vest, are stratificatie oblică, granulație fin-medie, porozități cuprinse între 42% și 44%, și valori mici ale coeficientului de filtrare, între 0,9 m/zi și 3,1 m/zi. Media celor 12 determinări pe probele recoltate — 1,6 m/zi.

În interfluviul Olteț-Cerna nisipurile acestui acvifer au 5—15 m și au fost testate separat, în forajele executate. Debitele specifice obținute variază între 0,009 l/s/m și 0,09 l/s/m. La est, pe interfluviul Cerna-Cernisoara, acviferele dintre stratele V și VI, deschise cumulat cu alte acvifere situate deasupra, au debite specifice mai mici de 0,04 l/s/m (pînă la epuisment). Aceleași valori, foarte mici, s-au obținut și pentru acviferele situate deasupra stratului V, pe interfluviul Cernisoara—Bistrița (Drăghici et al., 1983).

Valorile transmisivităților, estimate în majoritatea forajelor, prin testarea nisipurilor dintr-un interval mai larg, sunt în general, sub 2 m²/zi, datorită în principal, grosimilor mici și granulometriei.

4.4. Acviferele din depozitele cuaternare

Stratul acvifer freatic lipsește în porțiunile în care formațiunile predominant nisipoase, de vîrstă bosphorian-getiană, subtraversează depozitele aluvionare din terase. În schimb, în sectoarele în care depozitele aluvionare se dispun pe formațiunile predominant argiloase, de vîrstă parsovian-romaniană, cele dintîi conțin acvifere cu nivel liber, epuizabile în perioadele secetoase.

4.5. Căile de alimentare ale acviferelor pliocene

Principalele surse de alimentare a acviferelor pliocene, sunt acumulările existente în depozitele aluvionare și cursurile de apă.

Observațiile efectuate pe podurile teraselor din interfluviul Olteț-Bistrița, relevă lipsa freaticului în fișia în care aluviuurile stau peste formațiunile predominant permeabile de vîrstă bosphorian-getiană. În această fișie, în perioadele secetoase, chiar și cursurile principale de apă își diminuează debitul pînă la epuizare, datorită evaporăției intense și infiltrării.

O sursă subordonată de alimentare o constituie apa meteorică, prin infiltrarea directă, pe suprafețele structurale modelate în depozitele nisipoase, bosphorian-getiene, afectate de croziunea solului. În această situație, sunt mari porțiuni de versant în bazinile pîrîului Valea Mare (Berbești) și ale văii Cerna (versantul stîng).

5. Concluzii

Sectorul studiat se încadrează în zona internă a avanfosei carpatică și este constituit din formațiuni de vîrstă pontian-romanian-inferioră, structurate într-un monoclin vest-est, avînd căderi sudice, de 5°—15°.

Cel mai important strat de cărbune (stratul V), intercalat în stiva depozitelor de vîrstă dacian superioară, are grosimi variabile, mai frecvente în intervalul 2 – 4 m și este exploatat în mai multe perimetre, la zi și în subteran.

Urmare a cercetărilor întreprinse în zona de aflorare-alimentare a acviferelor individualizate în formațiunile pliocene purtătoare de cărbune, în prezența lucrare s-a abordat întâia oară în domeniul hidrogeologiei miniere studiul proprietăților lor filtrante, prin determinări pe probe netulburate, prelevate din deschideri.

Principalele concluzii desprinse din acest studiu, coroborat cu cel al distribuției litofaciesului permeabil, vor fi rezumate în cele ce urmează.

1. Formațiunile de vîrstă ponțian superior-dacian inferioară, constituie dintr-o alternanță de strate nisipoase și argiloase, alcătuiesc un complex acvifer stratificat, a cărui limită inferioară o constituie probabil, fondul argilos al depozitelor ponțian-medii.

2. Secvența extrem-superioară a depozitelor din constituția acestu acvifer, a fost probată sistematic, pe 20–50 m, de-a lungul mai multor profile naturale (pl. I). În constituția acesteia predomină stratele de nisip fin silitic, cu permeabilități cuprinse între 0,01 și 0,8 m/zi (media – 0,1 m/zi) și coeficienți de cedare mici (în acord cu granulometria, tipul de porozitate și conținutul în fractiune argiloasă).

3. Complexul acvifer bosphorian-gețian este separat de acviferul parscovian din culcușul stratului V, printr-un ecran argilos, cu grosimi de 6–9 m, extins la scara întregului sector cercetat. Intervalul stratigrafic, dintre acest important ecran și stratul V, este constituit dintr-o succesiune de depozite argiloase (cca 11 – 12 m), în care se intercalează pînă la trei strate de nisip (pl. III).

4. Analiza distribuției corpurilor permeabile nisipoase din stiva depozitelor parscoviene existente în culcușul stratului V, arată că acestea au extinderi limitate, grosimi cuprinse între 2 și 10 m, și se dispun la trei nivele distincte, separate de ecrane impermeabile. Din punct de vedere granulometric, în constituția acestor lentile acvifere sunt majoritare, nisipurile siliticice, cu proprietăți asemănătoare celor din acviferul subjacent.

5. Cu excepția unui număr limitat de zone, în care stratul principal de cărbune este lipsit de ecran sau acesta este subțire (Crăciun, Enciu, Grigorescu în Ticleanu et al., 1987, date nepublicate), între stratele de nisip intercalate în depozitele parscoviene și stratul V, pe grosimi variabile, cuprinse între 2 și 8 m, se întlnesc depozite argiloase impermeabile.

6. Condițiile hidrogeologice sunt dificile în bazinile văilor Tării și Cerna, dar mai ales pe versantul drept al văii Bistrița, deoarece alimentarea acviferului parscovian este continuă, realizându-se în principal din acviferul freatic suprajacent, stratul V fiind lipsit în unele zone de ecrane.

Noua imagine a structurii acviferelor, din baza complexului cărbunos, impune pentru etapa imediat următoare, studiul drenanței argilelor ce le separă și funcție de rezultatele obținute, adoptarea unor noi principii în activitățile de explorare hidrogeologică și asecarea acviferelor implicate în exploatarea cărbunelui.

BIBLIOGRAFIE

- Andreeșcu I., Țicleanu N., Pană I., Pauliuc S., Pelin M., Barus T., (1985) Stratigraphie des dépôts pliocènes à charbons. Zone est d'Olténie (secteur Olt-Jiu), *An. Univ. Buc., Geol.*, XXXIV, p. 87–96, București.
- Badea L. (1967) Subcarpații dintre Cerna Oltețului și Gilort, Ed. Acad. R. S. Romania, București.
- Crăciun P. (1983) Raport, arhiva Institutului de Geologie și Geofizică, București.
- Drăghici I. (1983) Raport, arhiva I.C.I.T.P.M.I. Craiova.
- Nechisorescu H., Nechisorescu T., Socoleanu D., Nicolaeșcu V., Peneș M., Lubenescu V. (1978), Raport, arhiva Întreprinderii de Prospecțiuni Geologie și Geofizice, București.
- Țicleanu N., Andreeșcu I., Barus T., Bîțoianu C., Crăciun P., Demetrescu P., Diaconu A., Diaconiță D., Enciu P., Grigorescu St., Grigorescu Gh., Iva M., Moisescu V., Nicolae Gh., Nicolae V., Pană I., Pauliuc S., Pelin M., Răduan S., Roman St., Țicleanu M. (1987), Raport, arhiva Institutului de Geologie și Geofizică, București.

HYDROGEOLOGICAL CONSIDERATIONS REGARDING AQUIFERS IN THE BASAL PART OF THE DACIAN COAL COMPLEX IN THE OLTEȚ-BISTRITĂ INTERSTREAM

(Summary)

The researches carried out in an important area of the Getic Depression, where important coal seams occurred, led to the knowledge of the structure and hydrophysical features of aquifers working it off, as well as the defining of the most important areas with hydrogeological difficulties.

The most important aquifer in the area, the one in the Bosphorian Getian deposits was studied and sampled in the outerop area, on the directions of more natural profiles. Its aquifer potential is low according to lithology, the porosity type and content in clayey siltic fraction.

In the upper part, the Bosphorian Getian aquifer is separated from the Parsecovian aquifer in the bed of the main coal seam (seam 5) by a clayey screen, having a regional extension and significant widths, between 6 and 9 m.

The stratigraphical interval between this screen and seam 5 is made up of a succession of clay deposits, in which up to three sand strata are intercalated. These have limited extension, are 2–10 wide, and are disposed on three different levels, separated by clay screens.

The values of the main hydrogeological characteristics are unimportant, according to the lithology, and width of these lens-like aquifers.

The analysis of the distribution of existent permeable bodies in the Parsecovian deposits above seam 5, shows that they have small widths, reduced dimensions and low aquifer potential. The screen at the upper part of seam 5 is rather wide in the greatest part of the study area.

In the basins of the Olteț, Târrița and Bistrița valleys areas where seam 5 is absent screens were outlined. The absence of a certain screen, as well as the fact that the feeding of adjacent aquifers of seam 5 is permanent



and comes mainly from the phreatic aquifer and minor river beds are aspects that must be taken into account when designing dewatering works.

The image of the aquifers structure pertaining to the basis of coal seams, as was meant to be described in this paper, makes us study in the future the line drainage of clays that separate the two aquifers (Bosphorian — Getian and Parscovian) and depending on the results, the use of new principles for the exploitation and designing of dewatering systems.

EXPLANATION OF PLATES

Plate I

Hydrogeological Columns in the Bed of Coal Seam 5. 1, Parscovian : clays with sand lenses, coal ; 2, Getian : sands and clays, clayey coal ; 3, coal (seam 5); 4, clayey coal ; 5, silic clay ; 6, sandy silt stone ; 7, clayey sand ; 8, siltic sand ; 9, fine — medium — grained sand ; 10, rough sand with gravel ; 11, sandy lumachelle ; 12, observation deficiency ; 13, hydrogeological sample (estimations performed in the IGG laboratory).

Plate II

Detailed Hydrogeological Section, on the Right Flank of the Cernișoara Valley. 1, Lower Romanian : clays, sands, coal (seam 8—11); 2, Upper Dacian : clays, sands, coal (seams 5—7); 3, Lower Dacian : sands with clay intercalations ; 4, clays 5, gravel-bearing sands ; 6, sands ; 7, siltic sands ; 8, clayey sands ; 9, sandy siltstones ; 10, coal seam ; 11, geological limit ; 12, lithological limit ; 13, fauna level reference point ; 14, hydrogeological drilling, a position of the piezometrical level ; 15, geological borehole ; 16, hydrogeological sample, 91 number of the sample (Pl. I).

Plate III

Representative Lithological Columns for The Basis of Seam 5. a) the Olteț—Tăriția interfluve ; b) the Tăriția— Valea Mare Brook interstream ; c) Valea Mare Brook — Cerna interstream ; d) left flank of the Cerna valley ; e) basin of the Cernișoara valley ; f) basin of the Lunca Văii valley ; g) V. Mare (Popești) basin — right flank of the Bistrița valley ; 1, Parscovian ; 2, Getian ; 3, impermeable clayey deposits ; 4, sandy deposits (lens-like aquifers) ; 5, clay — bearing sands (aquifer with regional extension), a) lumachelle din sandy matrix.



Institutul Geologic al României

P. ENCIU, S. GRIGORESCU COLOANE HIDROGEOLOGICE ÎN CULCUSUL STRATULUI V CĂRBUNE

Versantul stîng V. OLTEȚ Tâlvegul p. TĂRÎA

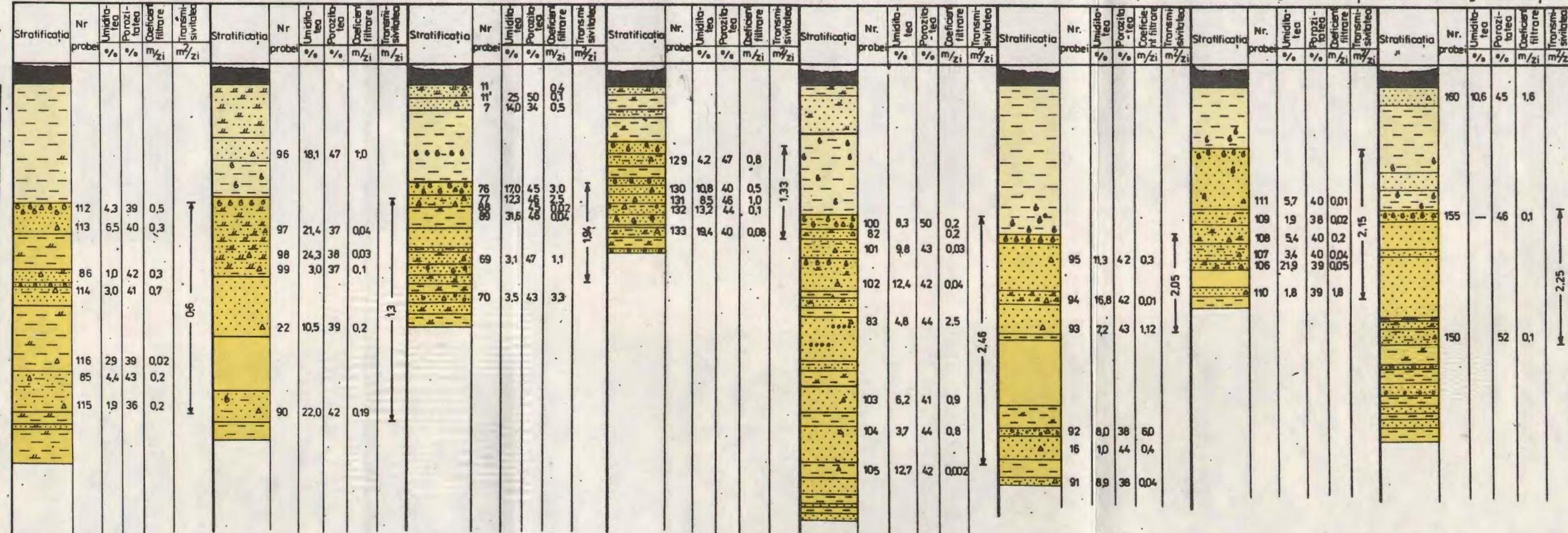
Talvegut, p. TĀRĪA

Localitatea V.MAR

Obîrșia V. MA

Versantul stîng V.CERNA Versantul drept V.

Versantul stîng V.OLTEȚ **Tâlvegul p. TĂRÎIA** **Localitatea V.MARE** **Obîrșia V. MARE** **Versantul stîng V.CERNA** **Versantul drept V.CERNIȘOARA** **Versantul stîng V.LUNCAVĂȚ** **Versantul stîng V.BISTRITA**

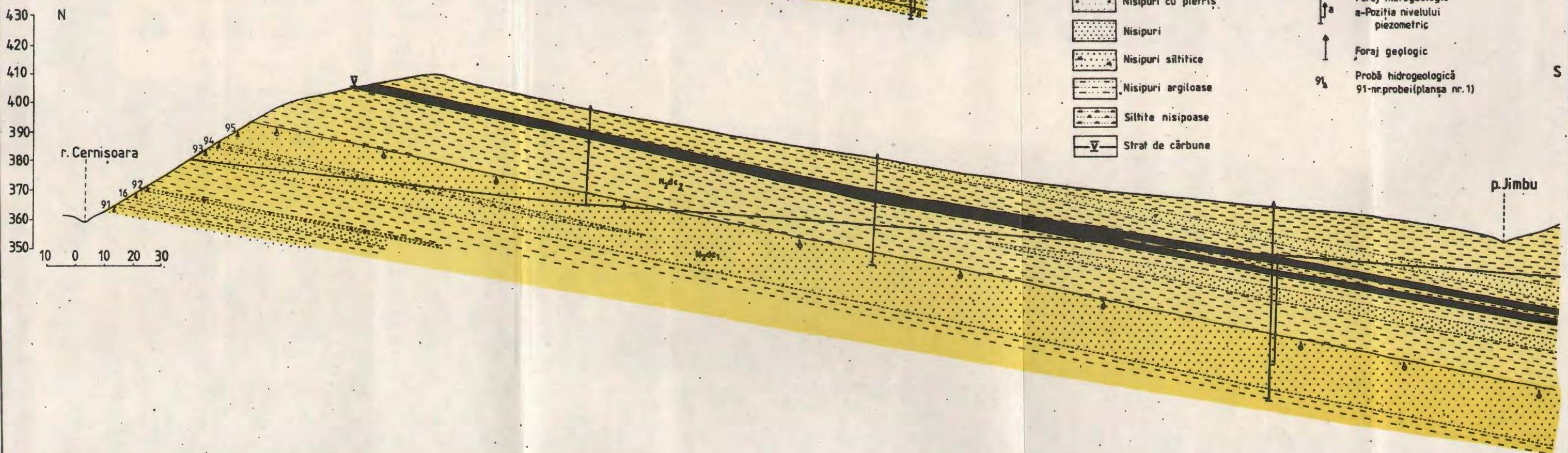
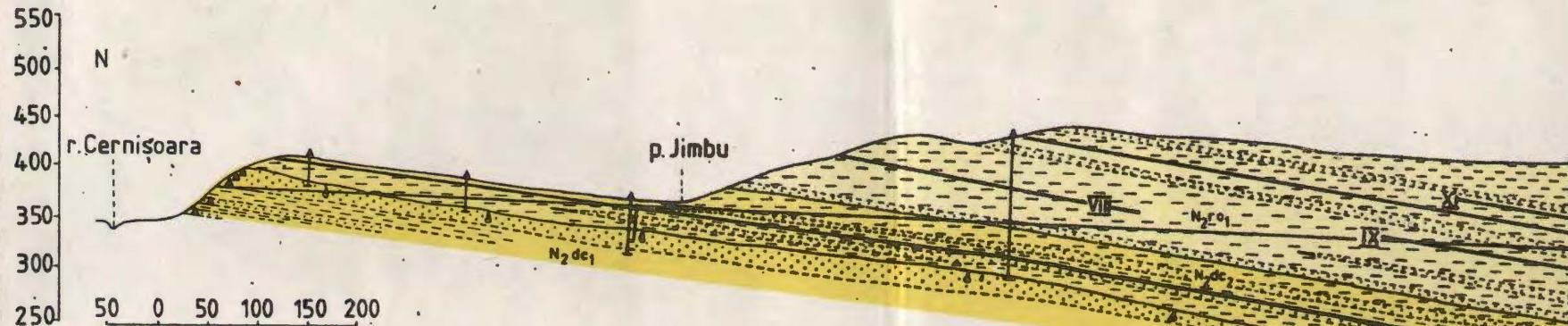


LEGEND

Elemente litologische

- | Elemente geologice | | Elemente litologice | | | | | | | | | | Probă hidrogeologică (determinările efectuate în laboratorul I.G.G.) | |
|--------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|---|-----------------|---|---------------|----|--------------------------|----|----------------------|--|--|
| 1 | Argile cu lentile de nisip, cărbuni | 3 | Cărbune (stratul VI) | 5 | Argilă silitică | 7 | Nisip argilos | 9 | Nisip fin-mediu | 11 | Lumașel nisipos | 13 | Δ Probă hidrogeologică (determinările efectuate în laboratorul I.G.G.) |
| 2 | Nisipuri și argile, cărbuni argiloși | 4 | Cărbune argilos | 6 | Silit nisipos | 8 | Nisip silitic | 10 | Nisip grosier cu pietris | 12 | Lacună de observație | | |

P. ENCIU, Ș. GRIGORESCU
SECȚIUNE HIDROGEOLOGICĂ ȘI DETALIU PE VERSANTUL DREPT AL VĂII CERNIȘOARA



LEGENDA

DATE GEOLOGICE

ROMANIAN INF.	N_2ro_1	Argile, nisipuri, cărbuni (str. VIII-XI)
DACIAN SUP.	N_2dc_2	Argile, nisipuri, cărbuni (str. V-VII)
DACIAN INF.	N_2dc_1	Nisipuri cu intercalări de argile

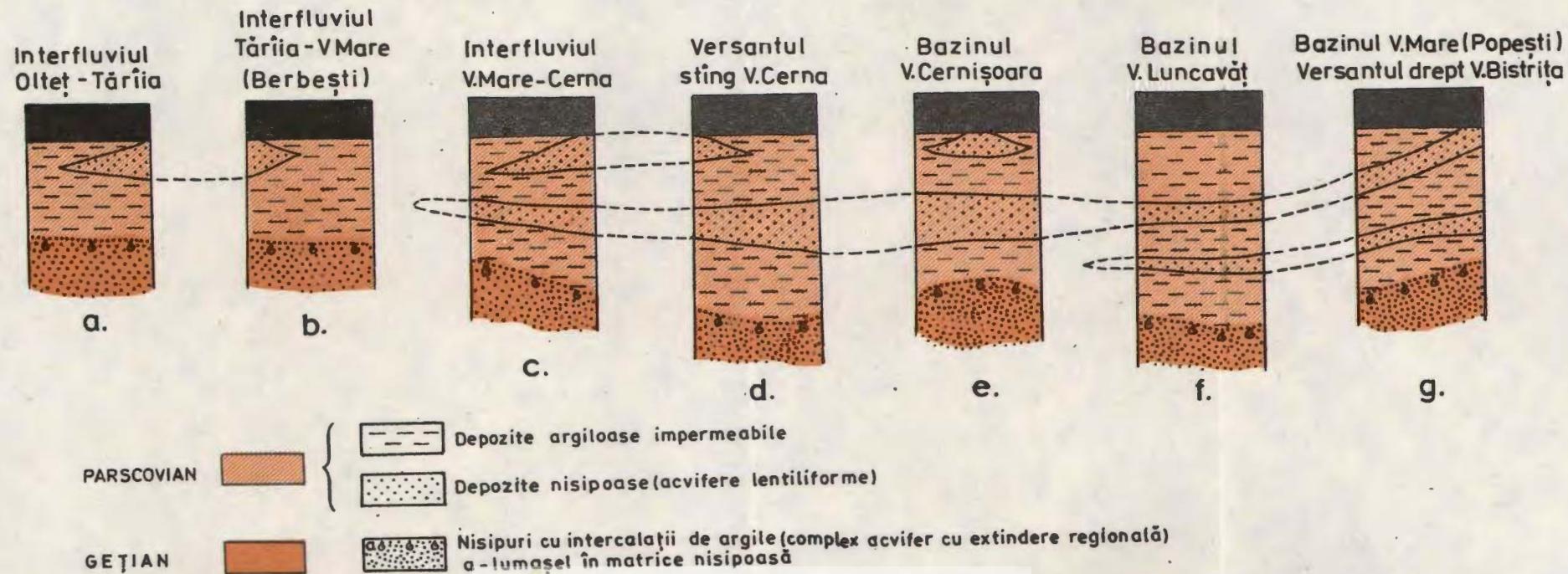
ELEMENTE LITOLOGICE

	Argile
	Nisipuri cu pietris
	Nisipuri
	Nisipuri siltitice
	Nisipuri argiloase
	Silitice nisipoase
	Strat de cărbune

SEMNE CONVENTIONALE

	Limită geologică
	Limită litologică
	Nivel faunistic
	Foraj hidrogeologic a=poziția nivelului piezometric
	Foraj geologic
	Probă hidrogeologică 91=nr.probei(planșa nr. 1)

COLOANE LITOLOGICE REPREZENTATIVE PENTRU BAZA STRATULUI V



APELE SUBTERANE DIN ZONA ARAD—VINGA—PECICA ȘI HIDROCHIMIA LOR¹

DE

NICOLAE MIHĂILĂ², PĂUN GIURGEA²

Ground waters. Thermal waters. Aquifers. Hydrochemistry. Pannonian. Quaternary. Geothermal systems. Water wells. Hydrogeologic maps. Pannonian Depression — South of Mureș area.

Abstract

Ground Waters in the Arad — Vinga — Pecica Area and Their Hydrochemistry. The studies that were carried out regard the Pannonian and, especially, the Quaternary formations. On the basis of field observations and the study of more than 250 water wells, a series of depth aquifers, located in the Pannonian deposits (thermal waters) and the Upper Pliocene — Pleistocene ones (athermal waters) are described, as well as different phreatic aquifers, while presenting their hydrogeological and hydrochemical characteristics.

Résumé

Les eaux souterraines de la zone Arad—Vinga—Pecica et leur hydrochimie. Les études effectuées regardent les formations pannoniennes et, surtout celles quaternaires. À base des observations de terrain et de la recherche de plus de 250 forages, on décrit une série de couches aquifères de profondeur, localisées dans les dépôts pannoniens (eaux thermales) ainsi que de diverses couches aquifères phréatiques, en présentant aussi leurs caractéristiques hydrogéologiques et hydrochimiques.

Cercetările recente (1983—1984), efectuate în vederea întocmirii machetei hărții hidrogeologice sc. 1 :100.000 (foaia Arad), ne-au furnizat o serie de date noi, cu privire la succesiunea litostratigrafică a depozitelor cuaternare, precum și la hidrogeologia și hidrochimia acestora, date pe care ne-am propus să le prezentăm în lucrarea de față.

¹ Depusă la 10 noiembrie 1985, acceptată pentru comunicare și publicare la 12 noiembrie 1985.

² Institutul de Geologie și Geofizică, str. Caransebeș nr. 1, R 79678, București 32.



Regiunea este cuprinsă între localitățile Iratoșu, Horia, Alios, Vinga, Gelu, Pecica și granița cu R. P. Ungaria, pentru extremitatea nord-vestică.

Caracterizare morfologică

În cadrul teritoriului studiat se pot distinge următoarele unități morfologice majore : zona colinară, cîmpia, terasele și lunca. În continuare, nu vom insista decât foarte sumar asupra caracterizării morfologice, ea fiind făcută într-o altă lucrare.

a) *Zona colinară*. În partea sud-estică se individualizează, pe un sector restrîns, o zonă colinară constituită în general din depozite pannoniene. Dealurile au altitudini joase (180—200 m), culmi rotunjite și pante domoale ;

b) *Zona cîmpilor*. După poziția morfologică și modul de asociere a formelor negative și pozitive, se individualizează : cîmpurile înalte ale Vingăi, Șemlacului, și ale Șiriei și o zonă mai coborâtă, corespunzătoare cîmpiei joase a Ieruului (Ioanițoaia, 1959) ;

c) *Zona teraselor și luncilor*. Pe sectorul cercetat Mureșul are un singur nivel de terasă, cu altitudine relativă de 25 m la Frumușeni, altitudine ce scade mereu spre vest, astfel că ea atinge la Sînnicolau Mic 15 m, iar la Sînpetru German, 5—7 m.

În ceea ce privește lunca Mureșului, aceasta are aspectul unui ses întins, a cărei lățime crește de la est (Aluniș 4 km) spre vest (Pecica 8 km) și a cărei extindere este mai mare pe malul drept.

Caracterizare geologică

Întreg teritoriul cercetat este acoperit de depozite cuaternare, dispuse peste formațiuni pannoniene, ale căror caractere sunt cunoscute numai din foraje.

Pannonianul

Pannonianul reprezintă formațiunile cu o mare dezvoltare în ce privește extinderea și grosimea. Acestea au fost întîlnite în forajele executate de Ministerul Petrolului și IFLGS.

Pannonianul inferior. Este reprezentat, în general, printr-o succesiune de mărne și argile cu intercalații de nisipuri și gresii. Din forajele executate pînă acum, seria cea mai groasă a fost întîlnită în zona Arad (647—810 m).

Pannonianul superior. Peste complexul marno-argilos, inferior, urmează o succesiune care începe, în bază cu nisipuri, pietrișuri, nisipuri argiloase și care se continuă, spre partea superioară cu marne și argile în care se intercalează nisipuri și pietrișuri. Trebuie ținut seama și de faptul

că, în acest complex cu grosimi cuprinse între 500 m (Arad) — 800 m (Iratoșu-Șofronea), s-au inclus, de regulă, și depozitele pleistocene care au grosimi de 100—300 m. Orizonturile nisipoase, din partea bazală a acestei serii, reprezintă colectoarele cele mai importante de ape geotermale din cîmpia de vest.

Cuaternarul

Formațiunile cuaternare au cea mai mare extensiune în regiune, acoperind toate celelalte formațiuni geologice și avînd frecvențe grosimi de 150—250 m.

Depozitele fluvio-lacustre

În zonele de cîmpie, din datele de foraj, reiese o continuitate de sedimentare, între Pannonianul superior și Pleistocen inferior, depozitele păstrînd caracter lacustru. Pe teritoriul R. P. Ungare și în zona noastră, în forajele de la Zimandu Nou (325 m), Mîndruloc (225 m), Sînpetru German (250 m), Zădăreni (250 m), se constată apariția unor orizonturi de pietrișuri, care există în grosime și frecvență, cu cit înaintăm spre partea superioară. Cercetarea complexă a unor foraje executate pe teritoriul R. P. Ungare, a permis recunoașterea unei zone situate, între adîncimile de 400—500 m, unde se constată o deteriorare importantă a climatului, ce ar corespunde debutului Pleistocenului.

Peste pietrișurile din bază urmează o alternanță de nisipuri, pietrișuri, bolovănișuri, cu argile nisipoase, sedimente ce reprezintă depunerile mai multor generații de conuri de dejecție ale Mureșului, care și-a schimbat succesiv cursul, ca urmare a subsidenței continui din Pleistocen.

Examinarea datelor de foraj arată o micșorare a granulației depozitelor psamo-psefítice de la est către vest și de la nord-est către sud-vest, precum și o îngroșare a intercalărilor pelitice, pe aceleasi direcții (pl. III, IV). Existenza intercalărilor pelitice și psamo-pelitice, în succesiunea depozitelor psamo-psefítice, în special în zonele vestice, nordice și sudice ale regiunii, atestă faptul că, depunerea aluviunilor paleo-Mureșului s-a produs în mediul lacustru în care avea loc și depunerea simultană a sedimentelor fine. Acest complex litologic, cu grosimi cuprinse între 100—300 m, constituie de fapt, prelungirea teraselor Mureșului în zona de cîmpie, unde se găsesc îngropate.

Privitor la conținutul paleontologic al acestor depozite, menționăm că, în zone învecinate, la Murani, într-o excavație de material grosier, la 15 m adîncime, s-au găsit resturi de *Anancus arvernensis* Corizet et Jobert, (Bizera 1973), piesă aflată în prezent la Institutul Geologic din Budapesta și caracteristică pentru Pliocenul superior. De asemenea, la Ghioroc, într-o succesiune de pietrișuri și bolovănișuri cu intercalării de nisipuri, s-au identificat resturi de *Mammuthus primigenius* Blumb, *Caelodonta antiquitatis* Blumb și *Megaceros* sp. (Muzeul județean Arad), definitorii pentru Pleistocenul superior.

Tinînd seama de resturile fosile citate și de faptul că acest complex litologic include și depozite corespunzătoare teraselor de 100, 120, 140 m, ce apar mai spre est de zona cercetată de noi (Vespremeanu, 1972), opiniem

să acordăm acestui complex litologic o vîrstă comprehensivă, ce începe din Pliocenul terminal și se termină în Pleistocenul superior.

Depozitele aluvionare ale teraselor Mureșului, prezente în zona cercetată au grosimi ce variază între 2—6 m și sint alcătuite din pietrișuri și nisipuri, mai rar bolovănișuri. Vîrsta teraselor rămîne o problemă deschisă, din lipsa datelor paleontologice. Înțind seama însă, de ansamblul resturilor de mamifere găsite în formele de eroziune-acumulare create de Mureș, raportăm terasa 15—25 m din zona cercetată, Pleistocenului superior.

Loessurile acoperă, ca o cuvertură, întreaga extremitate estică a cîmpiei Semlacului. Grosimea lor variază de la cîțiva metri pînă la 30 m. Sint reprezentate prin silturi nisipoase, nisipuri siltice, argile nisipoase, în care uneori sint intercalate 2—3— soluri fosile sau nisipuri sub formă lenticulară. Numărul ridicat de soluri fosile și grosimea mare a acestor depozite ne fac să credem că au o vîrstă destul de veche, probabil pleistocenă.

Pe întreaga suprafață, exceptînd cîmpia Semlacului, lunca și cîmpia joasă, succesiunea depozitelor cuaternare se închînează cu un depozit argilos, nisipos, brun-roșcat, cu numeroase concrețiuni feromanganooase și calcaroase, cunoscut sub denumirea de „argila roșie cu concrețiuni”. În masa argilei, adesea, se găsesc și intercalații de material mai grosier. Grosimea ei variază de la cîțiva metri pînă la 35 m (Mașloc). În excavațiile făcute pentru exploatarea argilei de la Cornești, s-au găsit resturi de *Mammuthus primigenius* Blumb (Muzeul de Științe Naturale Timișoara), resturi ce pledează pentru Pleistocen superior.

Aluviunile cîmpiei joase și ale luncilor sunt constituite din două orizonturi litologice: inferior, alcătuit din pietrișuri, bolovănișuri și nisipuri, iar altul, superior, format din nisipuri argiloase, argile nisipoase, silturi argilo-nisipoase. În cîea ce privește vîrsta, aceste depozite au fost raportate, pe baza poziției lor stratigrafice, Holocenului.

Elemente structurale

Din ansamblul datelor (de foraj și geofizice) cunoscute, depresiunea pannonică apare cu un stil tectonic casant, determinat de un sistem de falii majore, cu direcții NE-SV și NV-SE, la care se adaugă acțiunea unor fracturi secundare, cu diverse orientări, care au antrenat în deplasări pe verticală, atît fundamental, cît și cuvertura sedimentară. Dintre structurile mai importante se disting: ridicarea Turnu-Arad, mărginită de grabenul Sinnicolaul Mare și afundările Grăniceri și Șandra-Satchinez-Calacea (Polonic fide Ghenea et al., 1984).

Caracterizarea hidrogeologică

Arealul ocupat de foaia Arad reprezintă o zonă caracteristică din punct de vedere hidrogeologic, a cărei particularitate o constituie acumulările de apă localizate în depozitele fluvio-lacustre, pliocen superior-pleistocene, cele mai importante din teritoriul.



Cercetarea detaliată a punctelor de observație (puțuri, izvoare), precum și a forajelor (peste 250) din regiune, a pus în evidență două categorii de strate acvifere: strate acvifere de adâncime și strate acvifere freatiche.

A) Strate acvifere de adâncime

Importantele anomalii geotermice, precum și prezența apelor geotermale, cu temperaturi ridicate, au determinat executarea în continuare, de către IFLGS, a unor foraje de mare adâncime.

Astfel, în perioada 1978–1980, IFLGS-ul a săpat un număr de 12 foraje cu adâncimi cuprinse între 700–1670 m.

În afara forajelor menționate, au mai fost executate în regiune de către IFB, IPGG, IMH, ISLGC și ISPIF, o serie de foraje de mică și medie adâncime (50–325 m), pentru alimentarea cu apă a diferitelor localități și unități agricole sau pentru observații, care au atins (unele din ele) și acviferele de adâncime.

În continuare, vom prezenta principalele acvifere de adâncime întlnite în regiune.

1. Complexul acvifer termal din Pannonianul inferior

Cercetările hidrogeologice prin foraje, executate de către IFLGS (Tăbăcilă et al., 1980), au evidențiat prezența unor acvifere termale în cîteva structuri (Arad, Pecica) din Pannonianul inferior, caracterizate, în general, printr-o capacitate de debitare redusă, datorată rocii magazin care le-a generat. Astfel, grosimea efectivă a stratelor deschise din Pannonianul inferior variază între 18 m și 87 m. Debitele obținute prin pompare sunt cuprinse între 2 l/s (Arad) și 3,6 l/s (Pecica). Temperatura apei măsurată la suprafață variază de la 50° (Arad) la 63° (Pecica).

Mentionăm că, în zona Arad, sub Pannonianul inferior s-au întîlnit și depozite miocene, într-un facies marnos-calearos, uneori conglomeratic. În rețeaua de fisuri, dezvoltată în aceste depozite, s-au acumulat ape cu temperaturi mari (4674 Arad-65°), dar cu un grad de mineralizație foarte ridicat.

2. Complexul acvifer termal din Pannonianul superior

Programul de cercetare pentru ape geotermale, executat de către IFLGS și pe teritoriul ocupat de foia Arad, a confirmat existența unor structuri termale, din care unele cu debite și temperaturi mari (pl. I). Sub adâncimea de 400 m se găsesc mai multe strate suprapuse și captive, reprezentate prin nisipuri (de diferite granulații), care permit acumularea apelor termale. Grosimile sistemului rezervor cresc de la est spre vest și de la sud la nord, constățindu-se și unele particularități, ca urmare a condițiilor structurale specifice. La partea inferioară, limita sistemului rezervor este suficient de clară, fiind marcată de prezența pachetului de marne și argile impermeabile, din Pannonianul inferior. Limita superioară nu este clară deoarece se constată o alternanță de nisipuri și argile, pe un interval destul de mare, fapt ce face dificilă trasarea ecranului impermeabil la un



anumit nivel. În cadrul rezervorului termal, acviferele corespund pachetelor de nisipuri permeabile, cu grosimi cuprinse între 0,5—12 m, separate de strate argiloase de 0,5—20 m (Tăbăcilă et al., 1980; Nichiti et al., 1982; Mircescu et al., 1983).

Grosimea efectivă a stratelor deschise în complexul terminal, variază între 13 m și 190 m (tab. 1). Debitele arteziene maxime, obținute din acest complex termal, sunt de 34 l/s (1660 Șofronea) și 48 l/s (4639 Iratoșu). În situația unor orizonturi cu o porozitate și permeabilitate mai redusă, debitele scad semnificativ, ajungând la 1—2 l/s (4661 Arad, 4662 Arad). Temperatura apei, măsurată la suprafață, este cuprinsă între 29° (4662 Arad) și 51° (1660 Șofronea).

Se consideră că alimentarea complexului acvifer se realizează în principal din precipitațiile atmosferice, în zonele de aflorare a formațiunilor pannoniene de pe rama estică a depresiunii, sau prin drenarea acviferelor freatici, în perimetrele unde depozitele pannoniene sunt în contact direct cu formațiunile permeabile, în care sunt generate. Deoarece, în general, zonele de alimentare sunt situate la cote mai ridicate (250—350 m), față de zona de cîmpie (80—90 m), acviferele termale interceptate de foraje se manifestă artezian. Determinările la scară regională privind distribuția fluxului termic terestru (Veliciu et al., 1977), indică pentru zona Arad-Iratoșu-Șofronea, valori de 84 mW/m². Explicarea anomaliei pozitive a fluxului geotermic, a fost făcută recent (Veliciu et al., 1982), pe baza datelor de foraj și geofizice. Acestea au indicat o subțiere a litosferei și a scoarței terestre.

Fenomenele respective au fost generate de extensiunea bazinului pannonic, odată cu sfîrșitul Miocenului. Apropierea bazei litosferei de suprafață a avut drept consecință creșterea gradientului geotermic și implicit al fluxului calorice.

3. Complexul acvifer cu ape atermale din Pliocenul superior — Pleistocen

Succesiunea litologică a depozitelor pliocen superioare-pleistocene indică prezența unor alternanțe de argile, argile nisipoase, marne, în care se intercalează mai multe orizonturi psefítice sau psamo-psefítice, cu grosimi cuprinse între 1,00 m (Arad, Turnu) și 23 m (Frumușeni). Grosimea cumulată a stratelor deschise în acest complex variază între 50 m (Sînleani) și 157 m (Mîndruloc), la forajele de adâncime medie (300 m) — tab. 2.

Pe baza lucrărilor de foraj, executate de diverse instituții (IPGG, IFB, IMH, ISPIF, ISLGC), s-a reușit o inventariere pe verticală, pînă la adâncimea de 300 m, a orizonturilor acvifere cu presiuni localizate în aceste depozite (tab. 2). Existența unei comunicații între orizonturile acvifere este dovedită de faptul că, acestea au aceeași presiune sau presiuni apropiate, în cazul în care sunt deschise prin foraje în mod individual (Şerban et al., 1973). Constatările arătate ne conduc la ideea încadrării tuturor orizonturilor acvifere într-un mare complex acvifer, localizat în aluviunile vechi ale Mureșului.

Nivele hidrostatice măsurate, pentru toate stratele acvifere, arată un caracter pronunțat ascensional (ex: 1,9 m Bodrogu Vechi și 22,50 m Șagu), excepție făcind forajele Arad + 13 m, Cruceni + 20 m, Vinga +



TABELUL 1

Datele geologice și hidrogeologice ale complexului acvifer geotermal din zona Prajd-Vinga-Pecica

Nr. crt.	Nr. sondă	Amplasament	Cota m	Adincimea finală	Liniile geologice	Interval deschis	Debit l/s	NIV m	Temperatură C°	Mineralizare gr/l
1	1660	Sofronea	108,51	903	Pn ₂ —Pn ₁ 876	722,6...875,3	34	arțez.	51°	2,034
2	1674	Sofronea	108,89	950	Pn ₂ —Pn ₁ 854	677...762	12	arțez.	48°	4,941
3	4638	Irațoșu	108,8	802	Pn ₂ —Pn ₁ 740	784...854	4,8	arțez.	43°	
4	4639	Irațoșu	108,4	803	Pn ₂ —Pn ₁ 738	585...716	48	arțez.	49°	2,525
5	1547	Pecica	104,1	1154	Pn ₂ —Pn ₁ 700	568...712	38	arțez.	46°	2,392
6	1563	Felnac	113,3	1061	Pn ₂ —Pn ₁ 693*	536...693	7	—	47°	
7	4674	Arad	109,7	1666	Pn ₂ —Pn ₁ 593 Pn ₁ —N ₁ 1403	531...648	3,3	arțez.	39°	4,166
8	4662	Arad	109,5	820	N — Grist 1483 Pn ₂ —Pn ₁ 524,5	445...577 1407...1451 1483...1496 1483...1510 1521...1657	11,4 2 2,8 1,0 1,7 1,2	+1,5 arțez. arțez. arțez. arțez. arțez.	34°	1,750
9	4661	Arad	108,7	1300	Pn ₂ —Pn ₁ 514; Pn ₁ —N ₁ 1161, 7; N...Crist 1188, 7	333...524 700...720 333...720	7 1 10,5	11,40 5,50 11,40	29°	10,856
10	1658	Arad	107,8	705	Pn ₂ —Pn ₁ 670	509...669,4	31	+2,5	39°	2,739
11	1672	Arad	106,1	702	Pn ₂ —Pn ₁ 642	513...642	25	+2	38°	3,712
12	1679	Arad	107,3	702	Pn ₂ —Pn ₁ 588	504...580	20	+1,5	39°	4,285



TABELUL 2
Parametrii hidrogeologici ai acviferului de adâncime din depozitele plicen-terminalie-
pleistocene, zona Arad

Nr. crt	Amplasament (nr. foraj)	Intervale acvifere m	Grosimi m	NIV m	Q 1/s	S m	cine a executat forajul	Cota foraj Ad. fina&
1		2	3	4	5	6	7	8
1	Turnu (16301)	25—27; 35—39; 45—46; 52—64; 76—79; 83—96;	35	3,5—8	—	—	IPGG	102 111
2	Turnu (321)	28—38; 39—40; 48—50; 55—61	19	0,6	4	1,5	IFB	103 66
3	Turnu (333)	30—40; 41—52; 75—81; 94—97	30	5	—	—	ISPIF	102 120
4	NV Rovine (16311)	36—41; 44—48; 49—53; 70—71; 87—90	21	5,4	3,9—9	0,4—1,5	IPGG	110 119
5	Rovine (395)	27—29; 49—52; 34—56 68—74; 80—81; 91—94	18	12,9	2—10	1,7—7,5	IPGG	110 145
6	NE Pecica (3013)	27—33	6	1,7	10,5	1,35	IFB	101 37
7	NE Pecica (3012)	58—63; 70—75; 78—89	22	3,5	3,3	2,1	IFB	103 100
8	NE Pecica (417)	33—41; 45—53; 55—60 76—80	25	12	—	—	ISPIF	102 144
9	Pecica (16309)	14—19; 22—25; 33—40 1—5; 65—69; 96—100	26	4,5	3—10	0,9—3,3	IPGG	102 103



10	Sinpetru German (87)	30–34; 52–58; 71–74; 86–88	15	11,8	2,6	—	I FB	99 100
11	Sinpetru German (16317)	13–22; 23–26; 31–38	19	3,5	3	1,5	I PGG	99,9 57
12	Sinpetru German (18310)	18–26; 34–35	9	7	—	—	I PGG	105 53
13	Sinpetru German (228)	24–28; 30–34; 53–58 71–74; 86–88	19	11,8	2,6	2	I FB	100 100
14	E. Sintpetru German (502)	30–34; 5358; 71–74? 86–88	14	11,8	2,6	2	I FB	110 100
15	E. Sintpetru German (503)	50–59; 94–98; 110–113	16	—	—	—	ISPIF	110 120
16	Mailat (602)	—	—	—	1,27	—	I FB	120 90
17	S. Mailat (17305)	56–59	3	10	—	—	I PGG	120 115
18	V. Gelu (18318)	72–74,5	2,5	2	—	—	I PGG	102 100
19	Iratoșu (15317)	17–26; 46–54; 60–69; 70–72 78–84; 87–92; 93–99; 102–115	58	6	—	—	I PGG	105 115
20	Iratoșu (292)	29–33; 41–52; 54–57; 61–66; 73–74; 83–91	31	3	18	3,5	I FB	103 100
21	S. Iratoșu (295)	24–27; 47–52; 66–74	16	1,3	—	—	ISPIF	102 100
22	S. Iratoșu (296)	12–22; 24–27; 47–52; 66–74	26	1,1	5,2	2,5	ISPIF	103 77

Tabel 2 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	S. Variuşu Mare (335)	34–38; 45–50; 54–62; 67–72 85–88; 91–104; 112–122	48	8	—	—	—	ISPIF 105 126
24	SE Variuşu Mare (3000)	18,6–34,4; 39–57; 61–68; 72,4–74,5; 83–91	51	3	18	—	IFB 105 102	—
25	SE Variuşu Mare (3010)	38–42; 50–53; 55–56; 59–65 27–81; 90–95; 97–100	31	3,8	12	—	IFB 105 102,6	—
26	NE Sederhat (110)	27–42; 45–55; 57–60	23	—	8,7	0,65	ISPIF 104 82	—
27	NE Sederhat (263)	27–42; 45–55; 57–60	23	—	8,7 14,3	0,6 2,5	ISPIF 104 82	—
28	E Sederhat (16303)	35–50; 62–70; 73–78	33	5,5	—	—	IPGG 95	107
29	V Bodrogu Vechi (2)	14–25; 42–49; 50,3–56,6	40	1,9	7 14 20	0,7 1,4 2,16	IMI 99	86
30	Felnac (3015)	49–53; 77–81; 160–185; 198–203	36	10,5	2,7	—	IFB 114	203
31	Felnac (230)	29–34; 48–51; 57–63 66–71; 74–80; 84–87	28	10	8,3	20	IFB 100	114
32	Felnac (229)	20–23; 45–53; 77–79 81–83; 162–182; 198–203	40	7	3,1	1	IFB 114 203	—
33	Felnac (504)	37–39; 47–59; 74–77 78–83; 95–102	29	8,7	4	14,3	IPGG 110	114
34	Felnac (505)	45–53; 77–79; 81–83; 162–182; 1981–203,	37	7	3	1	IFB 203	—



35	Felnac (16312)	37,5--39,5; 47--59; 63--65 74--77; 78--83; 95--102	31	10,5	--	--	IPGG	114 110
36	Felnac (509)	48--51; 57--63; 66--71; 74--80; 84--87	23	10	8,3	20	IRB	100 110
37	Felnac (89)	58--62; 65--68; 74--78; 82--87; 97--103;	22	6,2	5	--	IFB	110 107
38	S. Felnac (594) F ₃	35--40; 59--62; 66--69 97--102	16	6,2	5,8	26	IRB	114 107
39	S. Felnac (594) F ₃	9--34; 43--50; 52--54 61--63; 67--70; 76--80	18	10	6	20	IFB	114 100
	S.Felnac (92)	30--39	9	12,75	1,0 1,7	0,4 0,8 1,02	IMFI	110 —
40	N. Mănișturi (18305)	27--30; 32--46; 70--75; 78--83; 104--105; 122--123	36	1	13	2,5	IPGG	103 123
41	Mănișturi (601)	—	—	—	0,63	—	IRB	122 190
42	Mănișturi (357)	21,5--30	8,5	8	3,2	0,18	IPGG	122 32
43	E. Mănișturi (99)	82--86; 104--107	7	22	2	—	IRB	122 110
44	Vari.șu Mare (16302)	30--35; 4244; 49--60 72--83; 92--109; 110--120	56	3	0,7--3	3,6--18	IPGG	120 102
45	Sofronea (15309)	56--65; 72--95	32	2,65	3	0,2 0,6 1,3	IPGG	109 95
46	Șinpațu (15313)	18--21; 37--42; 45--90 97--100; 105--120	71	2--2,85	—	—	IPGG	107 120



Tabel 2 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
47 N. Arad (15314)	41–40; 45–53; 54–76 80–85; 88–95	47	2–2,85 14,5 17	11,7 2,4	1,4	IPGG	110	
48 N. Arad (Gai) (15319)	27–35; 42–59; 62–83 86–97; 106–114; 118–125		6–9,5	—	—	IPGG	95 107 125	
49 V. Arad (Bujac) (342)	27–30,5 37,2–45,2 9,9–65,9; 68,5–70,6	20,2	4,2	39,5	1,5	IIFB	110 83	
V. Arad (Siloz cereale) (342)	28–32; 35–45; 50–53; 57–63; 72–80	32	4,5	17,5	2,9	IIFB	110	
50 V. Arad (337)	26–30; 33–38; 44–57; 59–60; 64–70; 72–81	38	2	16,6 24,3	1,65 3,9	ISPIF	104 85	
51 V. Arad (15318)	17–40; 60–64; 70–83; 85–100	55	7,8	1	2,9	IPGG	107	
52 V. Arad (HC)(452)	26–39; 48–49; 57–60	8	5,2	15	2,3	IIFB	100 110	
53 V. Arad (F ₆)(112)	26–30; 33–38; 44–57; 50–60; 64–70; 72–81	—	2	16,6 24,3	1,63 3,98	ISPIF	85	
54 U.T.Arad (446)	31,4–53,5	22,1	—	—	—	IIFB	55	
55 Arad (F ₂ –Uz. vag)	28–73; 77–78; 86–90; 91–102	61	7,25	15	—	IIFB	106	
56 Arad (F ₁ –Uz. vag)	27–55; 61–82; 88–100 104–109	66	6,5	14	—	IIFB	110 113	



57	Arad N. (Grădiște) (1)	36,0--64,4; 67,5--85,6 86,4--101,2	60	7,86	7,1 14,2 19,32	1,14 2,25 3,04	IIM	110 105
58	Arad N. (IPVC) (149)	41--57; 59--61	18	8,2	20	--	IFB	110 63
59	Arad (Complex avicol) (94)	46--54; 56--64; 68--76	24	4	16	--	IFB	110 --
60	Arad (Ciuperca) (102)	22--57; 60--66	41	4	13,5	--	IFB	110 --
61	N. Arad (15,320)	30--57; 65--71; 83--90; 98--107	49	5,5	9	3,5	IPGG	112 115
62	N. Arad (F ₁ -sene)(3030)	47--59; 60--72; 73--85	36	6,5	22,5	2	IFB	110 90
63	Arad (F ₁ -Caplare veche) (433)	25--49; 53--58; 59--69; 20--73	42	3,5	13	2	IFB	109 80
64	Arad (F ₂₀ --Uz. apă) (100)	30--51; 54--64; 73--88; 91--99	54	4	3(?)	--	IFB	110 --
65	Arad (Uz. apă) (5)	26--54; 58--68; 71--78; 88--89	53	4	35	--	IMH	110 94
66	Arad (Uz. nouă apă) (7)	40--64; 66--70; 71--74; 76--80; 83--91; 93--103	55	5,4	28	--	IMH	111 108
67	Arad (Uz. apă) (10)	29--50; 52--65; 67--72; 74--92; 94--107	64	7	35	--	IMH	114 109
68	Arad (captare vechie) (434) F ₂	29,3--65,3; 70,2--70,8	36,6	4	13,8	2,2	IFB	104 10



Tablă 2 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
F ₃	"	31,2—46,8; 53,5—65,6; 68,7—71,5; 78,7—85,8	37,9	4,6	13,8	2,2	IFB	101 90
F ₄	"	25,5—46,8; 49,2—63	35,1	6	13	2,3	IFB	101 72,5
F ₅	"	26—64; 71,3—87,8; 90—96	60,5	4,1	14,7	6	IFB	103 100
F ₆	"	26—64,8; 75,7—77,3; 79,2—83,7	43,5	3,4	16,8	1,1	IFB	103 85,5
F ₇	"	25—31,5; 33,5—65; 76—81	43	5,6	20	1	IFB	103 85,5
F ₈	"	26—64,8; 66,2—66,8	39,4	3,5	13,8	3,1	IFB	103 75
69	Arad (Depou locomotive) 93	66—78; 82—98	28	11	15	—	IFB	100 —
70	Arad (I.G.O.) (3024)	23—56; 66—72	39	5,9	23	1,5	IFB	108 72,5
71	Arad (captare nouă) 415 P ₁ b	19,8—56; 62,7—73	46,7	—	16,6	—	IFB	110 80
	P ₂ b	21,3—55,8; 62—77	49	—	—	—	IFB	110 80
	F ₁ -Arad (capt. nouă)	23,5—55,8; 61,8—74,8	45,2	—	—	—	IFB	110 80



F ₄ A	"	25--28; 30--39; 42--54; 60--74	33,5	10	.23	4,5	IIFB	110 80
F ₅ A	"	27--51; 59--70	33	9,8	.22	3,5 3,6	IIFB	110 84
F ₆ A	"	30--51; 60--64,5; 67--82	33,5	10,5	24,4	3,7	IIFB	110 84
F ₆ B	"	21,6--54,8; 69,1--77,8	38,82	--	--	--	IIFB	110 80
F ₁₀	"	29--37,5; 41--62; 66--68 77--79; 84--90; 93--102	49,5	4,55	14	1,75	IIFB	110 108
F ₁₁	"	31--53; 54--64; 67--70; 82--86; 94--96	38	4,2	20	4,8	IIFB	112 97
F ₁₂	"	30--72; 87--89; 90--95	49	4,1	33	2,1	IIFB	112 109
F ₁₃	"	30--74; 80--85; 94--99	54	4,4	35,5	2	IIFB	112 103
F ₁₄	"	30--53,5; 58,5--68; 71--77; 80,5--87,5	46	4	35,5	2,1	IIFB	112 94
F ₁₄ B	"	20,2--32,3; 59,2--72,8; 74,2--75,8; 78,2--79,8	53,9	6,9	30,5	3,9	IIFB	112 83
F ₁₅	"	28--32,4; 38,5--53,5; 63,5--79; 84--88	43,9	--	30,5	--	IIFB	112 94
F ₁₆	"	31,5--41,5; 44--54; 58--68; 71--83; 90--94	41	--	--	--	IIFB	112 97
F ₁₇	"	34,6--50,8; 59,4--80,8 83,4--86,4	36,6	--	--	--	IIFB	112 91



Tabelul 2 (continuare)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
F ₁₈	"	31—52; 55, 8—58, 4; 63—76; 81, 5—98		34, 2	—	—	—	IFB	1, 12 102
F ₁₉	"	30—67; 70—81; 84—98		62	—	—	—	IFB	1, 12 101
F ₂₀	"	3'0—51, 5; 54, 8—64, 5; 73, 5—88, 5; —99, 5		53, 9	—	—	—	IFB	1, 12 103
F ₂₁	"	30—52, 3; 58—61, 8; 66, 8—84, 5; 90, 5—100		53, 3	—	—	—	IFB	1, 12 104
F ₂₂	"	32—51; 54—63; 69—78 81—91; 96—97		48	—	—	—	IFB	1, 12 99
F ₁₅ A	"	24—45; 50—54, 5; 60—72; 76—80, 5		54	10	18	4, 2	IFB	1, 12 85
F ₁₉ A	"	23—42, 5; 47—53; 59, 5—64; 69, 5—72, 5		33	9, 8	19	4, 5	IFB	1, 12 85
F ₂₂ B	"	20, 2—52, 3; 58, 2—72, 8; 74, 2—75, 8; 78, 2—79, 8		48, 9	6, 9	30, 5	2, 1	IFB	1, 12 83
F ₂₂ A	"	29—44; 46, 5—55; 62—72, 5		34	10, 5	19	3, 5	IFB	1, 12 76
F ₃₃	"	30, 6—37, 8; 39, 8—46, 8; 56, 6—61, 9; 64, 8—75, 5; 82, 9—88, 5; 91—101		45, 9	—	—	—	IFB	1, 12 104
F ₂₄	"	30—34, 7; 56, 2—65; 68, 3—83, 7; 86, 6—88, 6		48, 7	—	—	—	IFB	1, 12 91



F ₂₅	Arad (Captare nouă)	30—34,7 ; 40,5—61 ; 61,1—75,8 ; 79,5—88,4	48,8	—	—	—	—	IPB	112
F ₂₆	"	25—34,6 ; 51—61 ; 65—74,4 ; 78—88,8	39,9	—	—	—	—	IPB	112
F ₂₇	"	36—67 ; 69—87 ; 83—92	48,3	—	—	—	—	IPB	91
F ₂₈	"	36—42,3 ; 56,7—76 ; 84—94	45,6	—	—	—	—	IPB	112
F ₂₉	"	31—38,5 ; 46—68 ; 71,3—77,6 ; 79,3—88,4	46,9	—	—	—	—	IPB	97
F ₃₀	"	30—39 ; 43,7—54,5 ; 59—74 76,3—67,8 ; 89—92	49	—	—	—	—	IPB	114
F ₃₁	"	33,7—416 ; 44,2—48,6 ; 82—86,3	38,5	—	—	—	—	IPB	91
F ₃₄	"	32,8—35,4 ; 37—39 ; 42—44,2 46,3—63,8 ; 83,8—87,9	42,6	—	—	—	—	IPB	114
F ₃₅	"	34—45 ; 50—90	51	—	—	—	—	IPB	94
F ₃₆	"	35—67,5 ; 71—83 ; 85—89	48,5	—	—	—	—	IPB	114
F ₃₇	"	35,5—42,7 ; 47,4—57,4 59,7—73,6 ; 77,3—83 ; 87,5—90,5	38,8	—	—	—	—	IPB	91
F ₃₈	"	35,5—36 ; 38—53 ; 68—66 ; 69—82 ; 86,5—90	32	—	—	—	—	IPB	83
F ₃₉	"	58,5—62,2 ; 71,5—83,3 ; 86,3—91,8	21	—	—	—	—	IPB	114



Tabelul 2 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
F ₄₀	"	36,5—41,5; 52—63; 69,5—77; 82—99	40,5	7	30	3	IFB	114 101
F ₄₁	"	34,2—36; 40—42; 54—56,4 62—76,8; 79—90; 93—100	21	6,5	32	1,85	IFB	114 103
F ₄₂	"	31—34,4; 44—53,4; 57—68,2 71,3—83; 92,7—100,2	39,8	7	33	2,45	IFB	114 103
F ₄₃	"	32—36,2; 41,3—49,2; 56—66,7; 76,9—91,7	89,5	7	33	2,85	IFB	114 103
F ₄₄	"	35—49,5; 52,5—65; 67,5—71,5; 75—92	59,5	—	—	—	IFB	114 109
F _{38/34} B	"	33—39; 42—45; 48—54; 56—74; 78—93	38	8,2	29,2	5,4	IFB	— 96
SP53B	"	35,5—55; 61—70; 74—75,5; 79—94	46	8,5	32,8	4,3	IFB	114 97
SP63	"	35—42,5; 44,5—52; 61—73; 79—91	39	7,5	15,5	3	IFB	114 100
F63B	"	32,5—50,5; 59,5—73; 77—99	52,5	9	30	4	IFB	114 100
F ₆₄	"	31,5—36; 43—52; 62—73; 79—91	36,9	7,5	30	4	IFB	114 97
F64B	"	32,5—37; 41,5—53,5; 60,5—66,5; 73,5—76,5—93	43,5	7,5	30	4	IFB	114 97
F ₆₅	"	33—39; 45—57; 64—76; 81—95,5	36,5	7	24	11	IFB	115 100



	65Bf	"	33...39; 42...52,5; 55,5...57	50,5	4,4	50	4,6	IIFB	115 100
F ₆₆	"	34...43; 44,5...55; 68,5...77,5; 84,5...95	42	67		11	1		115 100
F ₆₇ Arad (Captare nouă)	24...28,5; 33...53; 57...60; 68...77; 84...96		49,5	6,5	30	3,5	IIFB	115 100	
F ₆₈	25...29; 30...54; 58...61; 66,5...80; 85...94		62,5	6,7	29	3,8	IIFB	115 97,5	
F ₈₀	28,5...31,5; 51...62; 68,5...73; 79,5...85,5; 89,5...97		32	2	22	3	IIFB	115 100	
F ₈₁	28,5...31,5; 37...43; 52,6...66,7; 70...73; 79,5...85,5; 88...97		41,2	3	22	3,8	IIFB	115 99	
F ₈₂	28...31; 39...42; 52,5...66		20,5	2,2	27	3,1	IIFB	115 100	
F ₈₃	26...32; 40...43; 50...68; 71...75,5; 85...97		49,5	2,2	30	2	IIFB	115 100	
F ₈₆	29...33,5; 36...45; 55...71;		38,5	2	20	2	IIFB	115 103	
FSP ₁₂	90...32; 37...43; 51,5...68; 75...87; 90...91,5; 94...97 92...101		40	5	12	3	IIFB	115 100	
SP ₇₃	29...32; 38...44; 53,5...65,5; 76...92,5		37,5	5,5	30	4,2	IIFB	115 98	
SP ₇₄	29...32; 37...43; 50...64; 68,71; 75...84; 86...93		42	—	—	—	IIFB	115 97	
SP ₈₄	29...37; 40,5...57; 61...67; 74...95		37	—	—	—	IIFB	115 100	

Tabelul 2 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
SP ₈₅	—, —	29—44; 52—68, 5; 71, 5—76 82—85; 88—91; 92, 5—97	49	—	16	—	I FB	115 100
SP ₈₇	—, —	29, 5—44, 5; 52—57, 5; 83—87, 89, 5—91; 92, 5—97	29, 5	2, 7	29	2, 7	I FB	115 100
SP ₈₈	—, —	30—45; 53, 5—79; 91, 5—97, 5	26, 5	1, 6	17	1, 4	I FB	115 100
SP ₈₉	—, —	29, 5—46; 55—80, 5; 93—97, 5	46, 5	1, 6	20	1, 1	I FB	115 100
SP ₉₀	—, —	30—33; 38, 5—42; 58, 5—75; 79—82	26	1, 2	29	2, 3	I FB	115 93, 4
SP ₉₂	—, —	30—36; 39—49, 5 54, 5—79; 82—88	47	1, 4	28	2, 6	I FB	115 93
SP ₉₃	—, —	30—36; 41, 7—53; 59—62 65—78, 5; 81—90	42, 8	1, 1	28	2, 6	I FB	115 93, 5
SP ₉₁	—, —	30, 5—35; 38, 5—59, 15; 83—89; 91—94	34, 6	1, 4	22	2, 6	I FB	115 96
SP ₉₄	—, —	29—35; 38, 5—40; 56—83; 89, 5—91	38	2	2	2	I FB	11 100
SP ₉₇	—, —	30—36; 45—51; 53—53; 62—92	44	1, 8	21	2, 4	I FB	115 100
SP ₉₅	—, —	31—40; 44—62 66—71; 79—95, 5	48, 5	—	—	—	I FB	115 ^a 100
SP ₉₈	—, —	30, 5—38; 40—53, 5; 56, 5—59, 5 69, 5—80; 92—99, 5	50	1, 5	16	1, 5	I FB	150 98, 5



SP ₉₈	—, —	30.. 36; 41.. 56; 61.. 67 72.. 84; 87.. 96	48	1	25, 5	4, 5	HF3	115 100
SP ₉₉	—, —	16, 5.. 30; 34.. 52	31, 5	3	22, 2	2, 3	HF3	— 60
SP ₁₀₀	—, —	33.. 39; 40.. 55; 59.. 71; 79.. 86; 89.. 101	52	3	27, 7	2, 5	HF3	115 104
SP ₁₀₁	—, —	34.. 50; 58.. 68; 71.. 74 84.. 94; 98.. 101	31	1, 3	28	2, 4	HF3	115 104
SP ₁₀₂ Arad (captare nouă)		31.. 35; 60.. 72; 82.. 88; 91.. 105	55	—	—	—	HF3	115 109
SP ₁₀₃	—, —	30.. 34; 37.. 43; 47.. 56; 60.. 76; 85.. 89	40	1, 3	28	2, 2	HF3	115 93
SP ₁₀₄	—, —	31.. 34; 41.. 50; 54.. 77; 83.. 100	48	2, 3	27	3	HF3	115 103
SP ₁₀₅	—, —	30.. 42; 47.. 62; 64.. 79; 85.. 101	58	2, 5	19	1, 1	HF3	115 106
72 Arasd (sere flori) (351)		120.. 124; 135.. 138; 142.. 148; 150.. 155; 162.. 166	32	5, 2	5, 9.. 17, 2	—	HF3	110 250
73 Arad (sere) (345)		47.. 59; 60.. 72; 73.. 85	36	6, 5	22, 5	2	HF3	110 90
74 Arad (sere ciuperci) (347)		15.. 20; 26.. 42; 42.. 57; 61.. 69	44	5, 7	16, 5	0, 8	HF3	110 75
75 CIC Arad (F ₁) (545)		22, 5.. 32	9, 5	5, 6	3	0, 7	ISLGC	115 36
76 CIC Arad (F ₂) (456)		21.. 36	15	5, 8	4	2, 5	ISLGC	115 6, 2

Tabelul 2 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
77	CIC Arad (F_3) (457)	19,5–21,5	2	4,6	3,3 5,4 8,1	1,3 2,2 3,8	ISLGC	115 31
78	CIC Arad (F_4) (458)	20,5–32,5	12	3,8	3,6 6,1 9	0,9 1,6 2,3	ISLGC	115 35
79	CIC Arad (F_2) (459)	16,5–32,5	16	2,9	7,2 10	0,7 1,1	ISLGC	115 36
80	CIC Ar.d. (F_8) (461)	17,5–32,5	13	3,3	5,1 6	3,2 6	ISLGC	113 36
81	CIC Arad (F_{12}) (465)	18,4–30,5	12,5	—	3,1 4,3	3,1 5,3	ISLGC	112 30,5
82	CIC Arad (F_{14}) (467)	21,3–28,7	8,1	7,2	3	0,6 1,3 2,1	ISLGC	110 30
83	Arad (F_{18}) (471)	18,5–27,5	9	—	3,5 6,4 3,3	0,4 0,9 1,5	ISLGC	111 29,3
84	CIC Arad (F_{22}) (473)	26–30	4	4,2	3,2 5,6 7,9	2,2 4,3 7,1	ISLGC	111 30
85	CIC Arad (F_{23}) (476)	20,5–30,5	10	3,4	3,1 5,2 7	3,1 6,1 10,3	ISLGC	111 30,5
86	Aradul Nou (16304)	16–35; 40–55; 58–61 65–67; 72–84; 90–110	69	6	—	—	IPGG	107 95
87	Aradul Nou IAS (106)	44–57; 60–67	20	9	17	—	IFB	110 —
88	Arad IAS (3017)	22–40; 45–49 57–74; 83–00	56	4,6	16	—	IFB	122 106



89	177/4 Aradul Nou (447)	31—40 ; 44—51	21	6	16,5	2	IFB	110
90	N.Bodrogu Nou (91)	28—29,5	1,5	18,8	0,6 0,9 1,2	1,2	MHI	101
91	Zădăreni (426)	20—23 ; 26—33 ; 38—42 ; 43—68 ; 71—75	40	1,97	10 15,3	1,8 2,8	ISPIF	105 77
92	Zădăreni (16310)	20—27 ; 9—36 ; 38—45 ; 53—67 ; 69—73 ; 75—76 ; 92—94	40	3,4	—	—	IPGG	112
93	Zădăreni (67)	40—45 ; 47—51 ; 52—6 ; 67—68 ; 72—78 ; 82—91 ; 152—160 ; 215—223 ; 242—249	61	8	11 9? 6	2,8 2,4 1,6	MHI	112
94	S. Zădăreni (55) (509)	25—34 ; 66—70	13	9,1	—	—	ISPIF	121
95	N.Vinga (M_2) 560 pe vale	58—63 ; 72—76 ; 79—85 ; 86—95 ; 102—107	28	9	—	—	ISPIF	109
96	N. Vinga (566)	28—47	19	13	—	—	ISPIF	124
97	N. Vinga (18304) pe vale	22—23 ; 28—35 ; 39—43 ; 49—54 ; 73—81 ; 89—93 ; 99—101	29	5	—	—	IPGG	47 108
98	Vinga (18306) pe vale	22—29 ; 33—43 ; 49—53 66—70 ; 80—82 ; 88—90 ; 102—105 ;	32	— 9	—	—	IPGG	102 109 120
99	Vinga (17303) pe vale	24—36 ; 38—43 ; 48—53 ; 72—77 ; 99—108	36	+9	—	—	IPGG	110 112
100	Vinga 562	26—34 ; 37—48 ; 50—67 ; 69—72	29	18,4	4 18,4	0,6 1,3	ISPIF	12 116
101	S. Vinga (23)	20,5—34 ; 37,5—48,5 60,7—67 ; 69—72	27	18,4	4—8,7	0,6—1,3	ISPIF	127 116



Tabelul 2 (continuare)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
102	SE Vingă (26)	26,5–51,5	25	18,10	0,6 1,1 1,8	0,3 0,6 1,9	MN	142	—
103	SE Vingă (Ma) (565)	24,2–39,2; 45–50; 57,5–66,7; 83,3–100,2	36	—	—	—	ISP IF	131	—
104	Şagu (18313)	56–60; 83–89; 96–100; 114–117	17	22	—	—	IPGG	137	—
105	E Şagu CAP (595)	24–33; 42–47	14	18,4	0,8(?) 0,6	IFB	125	—	—
106	Şagu CAP (98)	24–33; 43–47	13	18,4	9(?)	—	IFB	130	60
107	Crujeni (18317)	34–47; 53–58; 64–66 71–75; 78–85; 88–105	48	25	—	—	IPGG	135	—
108	Crujeni CAP (600)	—	—	—	0,63	—	IFB	150	—
109	N. Ilneodoara Timișană	23,5–28,5	5	8	—	—	IPGG	120	—
110	Ilneodoara Timișană(570)	20–25; 38–44; 59–73; 84–86; 91–98; 107–110	37	9	—	—	IPGG	140	32
111	N. Andrei Şaguna (15304)	12–20; 26–27; 28–33; 38–48; 52–70; 80–84	45	4,7–11	3,7 7 9	0,3 0,8 1,5	IPGG	155	—
112	N. Andrei Şaguna (306)	25–30; 39–61; 65–115; 117–122; 125–135; 137–162; 166–168; 170–180; 220–239; 240–242; 268–281; 290–296	173	0,6	—	—	IFB	28,5	—
113	NV. Zimandu Nou (307)	300–304; 311–317 23–28; 32–57; 64–71; 73–78; 81–99.	60	3,3	11,1 25	1,1 3	ISP IF	110	105



114	N. Andrei Saguina (15302)	22, 5—25 ; 33—35 ; 38—54 ; 59—70	32	3,5	4,4—9	1,1 3	IPGG	111 70
115	Zimandu Nou (309)	30—77 ; 79—102	70	3	—	—	ISPIF	111 105
116	E. Zimandu Nou (65)	74—84 ; 87—97 ; 102—112 ; 125—134 ; 141—151 ; 155—161 ; 172—179 ; 217—225 ; 233—248 ; 268—274 ; 277—280 ; 289—294 ; 291—303 ; 312—3, 6	107	6,06	15,8 13,8 12,6	2,4 2 1,8	IMH	117 324
117	E. Zimandu Nou (312)	1,2—32 ; 38—40	32	1,2	11 16	0,3 1,24	IPGG	115 40
118	NE Zimandu NOU (15316)	31—62 ; 64—65	32	2,8	8,5 9,3 9,7	0,7 1,9 2,6	IPGG	110 65
119	Zimandeu (15301)	32—51 ; 53—58 59—75 ; 80—100	3	7	4 0,2 0,6 1	—	IPGG	119 100
120	Zimandeu (349)	31—37 ; 45—69 71—77	39	2,4	11,5—3	1,5—4,5	ISPIF	110 78
121	V. Livada (15303)	28—38 ; 40—51 ; 53—60 ; 64—110	74	3,5	5 9,5	0,6 0,9	IPGG	112 110
122	NV Sînleani SMA (1207)	49—63 ; 67—76	23	5,1	8	—	HFB	112 79
123	Sînleani SMA(?) (352)	25—47 ; 49—75	48	5,1	8,3	1,65	HFB	112 79
124	F ₁ Sînleani (ISCP) (593)	32—38 ; 42—56 ; 62—69 72—74 ; 93—96	33	3,9	18	5,5	HFB	112 100
	F ₂ Sînleani GAP (593)	32—37 ; 40—53 ; 55—58 ; 60—69 ; 70—74	24	2,4	17	1,9	HFB	112 77,5



Tabelul 2 (continuare)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	F ₃ Sînleanî (593)	32—37; 40—53; 59—65; 68—79		35	2,75	17	2,45	IFB	112 83
	F ₄ Sînleanî (593)	32—37; 40—44; 45—55 60—67; 69—93		50	2,5	17	2,1	IFB	112 100
	F ₅ Sînleanî (593)	32—37; 41—51; 62—66; 71,5—72,5		20	2,5	17	2,1	IFB	112 76
125	SE Sînleanî CAP (21)	30—57; 65—71; 83—90; 98—107		49	4	9	0,95	IPGG	112 115
126	Iloria IAS (354)	F ₁ F ₂	57—87 50—83	30	3,75	14	8,25	IFB	118 91
127	Iloria F ₁₀ (356)	12—16; 18—39		25	4,8	—	—	ISPIF	116 39
128	Iloria (355)	0,8—82; 87—97		87,7	5	—	—	IPGG	115 —
129	SV Iloria CAP (3025)	57—87		30	3,71	14	8,25	IFB	118 91
130	Vladimirescu (15307)	33—48; 50—54; 65—90		44	7	6,35	—	IPGG	113 110
131	Mindruloc SMA (478)	3—55; 56—68; 70—77; 92—105; 108—111; 137—144; 145—152; 154—174; 180—183; 186—209 213—222		157	3,83	17	—	IPGG	116 300
132	Mindruloc (15306)	23—51; 60—66; 73—76; 98—110		59	3,5—7	—	—	IPGG	116 110



133	Fintinele IAS (3019)	44—49; 56—59 85—91; 93—97	18	22,5	12,5	4	IFB	131 100
134	E Fintinele (3)	20—42; 44—47; 49—54; 57—61; 84—97	48	22,5	10	3,5	IFB	113 100
135	Fintinele (F ₁) (512)	22—41; 42—45	22	19,6	2,9 5,5	5	IFB	130 47
136	Fintinele (F ₁) (513)	20—42; 44—47; 49—54; 57—61; 84—97	47	22,5	10	3,5	IFB	130 110
137	Frumușeni (18319)	14,5—46,5	32	1,5	9	18	IPGG	145 56
138	Frumușeni (18315)	18—28; 32—35; 37—47; 54—56; 61—69; 74—82; 87—110	64	15,5	—	—	IPGG	147 110
139	N. Fișcăt (17302)	46—55; 72—77; 83—87	20	38	—	—	IPGG	162 118
140	N. Fireteaz (17301)	88—92	4	22	—	—	IPGG	162 116
141	Fireteaz (18302)	26—28; 63—70	9	22	—	—	IPGG	112
142	Fireteaz CAP (599)	—	—	—	0,4	—	IFB	170 100
143	N. Vladimirescu IAS	14—20; 22—40; 43—54	35	3,7	—	—	IFB	113 60



+ 9 m, Pecica + 16,4, Mănăstur + 17 m, unde acestea se manifestă artezian.

Alimentarea acestui complex acvifer se face din precipitații sau prin capetele de strat, care aflorează la sud și est.

Analiza cotelor, la care se situează nivelele piezometrice, indică o scădere a acestora de la est (cote în jur de 110–115 m) și sud-est (120–125), spre vest (cote în jur de 90–100 m). Scăderea cotelor nivelelor piezometriche spre zona amintită se datorează pierderilor de sarcină pe direcția de curgere a apelor subterane. Direcția generală de curgere a fluxului subteran (vezi harta) este ENE-VSV, cu un drenaj puternic spre zona cercetată (râul Mureș). Din examinarea profilelor litostratigrafice (pl. III, IV) întocmite pe direcții E–V și S–N, precum și a suprafeței piezometriche a acviferelor localizate în depozitele pliocen superioare-pleistocene, reiese o repartiție inegală a fluxului de apă subterană, în sensul că acesta este mult mai crescut în partea centrală și estică (datorită litologiei mai groziera) și mai scăzut spre vest, nord și sud, unde litologia stratului colector capătă un caracter mai fin (nisipuri siltice). Această constatare este evidentiată și de debitele forajelor, care au interceptat acest complex acvifer și care, pentru sectorul estic și central, arată valori ridicate (Frumușeni 18 l/s, Fântânele 11,4 l/s, Horia 8,2 l/s, Arad 20 l/s), valori care spre nord, sud și vest scad semnificativ (Livada 0,6 l/s, Zimanduz 0,6 l/s, Șagu 0,6 l/s, Vinga 0,3 l/s, Zădăreni 1,1 l/s, Sînpetru German 2 l/s).

Mentionăm că orașul Arad este alimentat din depozitele fluvio-lacustre printr-o captare veche, situată chiar în incinta orașului, pe malul drept al râului Mureș, unde se află amplasate 20 de foraje, la distanțe variind între 40 și 200 m. Debitul total obținut a indicat o valoare de 340 l/s.

Necesitățile mereu crescănde de ape potabile și industriale ale orașului Arad au făcut necesară executarea de noi captări. O astfel de captare este situată de-alungul a 11 km, pe o direcție N–S, de la Arad spre Livada, Zimanduz, Zimandul Nou și constă din 44 foraje de cca 80–100 m adâncime. Debitul total obținut este de 11170 l/s, distanța dintre foraje fiind de cca 250 m. Pentru extinderea acestui front, s-a propus prelungirea lui spre nord, între Zimandul Nou și Nădab (Cinetti 1982). Prin acest nou front s-ar putea obține un debit suplimentar de 2100 l/s.

De asemenea, a mai fost trasat un front suplimentar, de rezervă, situat la vest de Arad, localitățile Bodrogu și Iratoșu, care ar putea mări considerabil rezerva de apă necesară orașului Arad.

Din cele prezentate și din datele centralizate în tabelul 2, putem aprecia că, în complexul acvifer fluvio-lacustru, se află cele mai importante surse de apă subterană din teritoriu.

B) Strate acvifere freatic

În aluviunile cîmpiei joase, în depozitele de luncă și ale teraselor, uneori și în orizonturile lenticulare mai nisipoase, din argila roșie sau loessuri, se dezvoltă acvifere freatic, puse în evidență de numeroasele puncte de apă și de forajele săpate de IPGG, IFB, IMH, ISPIF, ISLGC (tab. 3). De asemenea, nisipurile și pietrișurile pliocen superioare-pleistocene acumulează mai multe strate acvifere, dintre care cel superior cu nivel liber are caracter de strat acvifer freatic.

Pe baza măsurătorilor nivelor piezometrice, în punctele în care sînt deschise stratele acvifere cu nivel liber, s-a întocmit macheta hărții hidrogeologice a regiunii cercetate (pl. II). De asemenea, prin prelucrarea acestora și date s-au putut contura pe machetă, zonele de egală adincime a suprafeței piezometrice, în raport cu suprafața terenului.

Din examinarea de ansamblu a hărții hidrogeologice, se observă un fond general de adâncime al nivelului hidrostatic, cuprins între 2–5 și 5–10 m. Pe acest fond general se conturează unele zone mai alungite, orientate în general N–E, în care adâncimile NH sunt mai mari (Mănăstur, Sagu, Vinga). Adâncimile NH de 0–2 și 2–5 sunt prezente pe suprafețe mai largi în jumătatea nordică, la nord de rîul Mureș, în zonele de cîmpie ale Semlacului, Ierului și Siriei, precum și în lunca Muresului.

Din aceeași hartă, se poate observa un drenaj cu direcția S–N și altul N–S, exercitat de rîul Mureș precum și altele locale, exercitate de văile Mănăstur, Vinga, Sîrbului. Studiul de ansamblu al morfologiei suprafeței piezometricice, permite obținerea unor indicații de ordin practic, privind zonele cele mai favorabile, pentru amplasarea viitoarelor captări de ape subterane (Şerban et al., 1973). O primă zonă se situează între localitățile Feldioara, Șofronea, Arad, Sinleani, Livada, unde suprafața piezometrică a stratului acvifer freatic este de tip radial-convergent, cu profil hiperbolic, caracterizată prin transmisivitate și coeficienți de filtrare mari, precum și prin posibilitatea obținerii unor debite unitare mari, datorită convergenței filtrelor de apă.

O altă zonă, de o importanță mai mică, este situată de-a lungul canalelor Ier, Foișor, Crișul, Militaru, unde se observă o îndesire a izohipselor și o creștere a gradienților hidraulici. Suprafața piezometrică este de tip radial-convergent, cu profil parabolic, caracteristic zonelor de drenare, în care transmisivitățile și coeficienții de filtrare scad din amonte spre aval, dar există posibilitatea obținerii unor debite mari, datorită convergenței filtrelor.

Din datele de foraj s-au stabilit următorii parametri hidrogeologici ai acviferului freatic (tab. 3).

a) Grosimea colectorului acviferului freatic este cuprinsă între 2-25 m;

b) Nivelul hidrostatic variază în funcție de colectorul care-l generează astfel :

TABELUL 3

Parametrii hidrogeologici ai acviferului freatic din zona Arad

Nr. crt.	Amplasament (nr. forajului)	Interval acvifer m	Grosime m	NH m	Q 1/s	S m	T m ³ /zi	Cine a executat forajul	Cota adâncime finală
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	NV Rovine (5)	20,40–31,50	11	3,88	0,9; 1,8; 2,7	0,9; 1,8; 2,7	—	IMH	105 33
2	V Rovine (3235)	11–14	—	—	—	—	—	IFB	100 105
3	N Rovine (10)	23–29	6,0	9,1	3,6	3,2	—	IMI	108 31
4	N Rovine (2125)(8)	16–21	5,0	3,88	2,0; 4,8; 6,6	1,5; 3,1; 4,6	—	IMH	103 23
5	Rovine E (3232)	2,5–4	1,5	4	—	—	—	IFB	101 40
6	Pecica (16309)	7–12,5	5	4,5	—	—	—	IPGG	109 103
7	NE Pecica (3231)	2,3–4,1	2,2	4,1	—	—	—	IFB	100 17
8	NE Pecica (419)	2,5–33	31,5	2,3	11,5	2,25	—	IPGG	105 40
9	Ștefan Germen (16317)	4,5–11,5	7	4,3	—	—	—	IPGG	105 51



10	Slipetru German (37)	11–14	3	7,6	5	—	—	IFB	—
11	Sinpetru Mic (17)	10,2–16	6	7,86	0,6; 1,1; 1,6	0,3; 0,5; 0,7	—	IMH	<u>105</u> <u>18</u>
12	Gelu (18318)	18,5–22,5	4	2	—	—	—	IPGG	<u>—</u> <u>100</u>
13	N Alailat (29)	21,4–23,7	2,3	8,03	0,8; 1,3; 1,8	1,6; 2,9; 4,3	—	IMH	<u>114</u> <u>—</u>
14	Iratoșu S (39)	7,6–19	11,4	2	3,2–7,6	0,6–1,5	—	IMI	<u>104</u> <u>21</u>
15	S Iratoșu	7,6–19	11,4	2,99	3,2; 5,6; 7,6	0,6; 1,1; 1,5	—	IMH	<u>105</u> <u>21</u>
16	Variașu Mic (2123)	5–9	4	2,27	0,9; 1,5; 2,1	0,8; 1,4; 2,1	—	IMH	<u>101,7</u> <u>11</u>
17	Variașu Mare (16301)	4–7	3	—	—	—	—	IPGG	<u>102</u> <u>120</u>
18	S Variașu Mare (3)	9,3–12	3	1,8	0,9; 1,8	2,6; 5,2;	—	IMI	<u>107</u> <u>14</u>
19	N Turnu (16301)	5,5–7,5	2	3,5	—	—	—	IPGG	<u>102</u> <u>115</u>
20	Turnu (2124)	31–34	3	2,19	3,5; 6,1; 8,5	1,01; 1,85 2,7	—	IMI	<u>101</u> <u>35</u>
21	Sederhat (2126)	2–8	6	4,23	0,3	1,58	—	IMI	<u>101</u> <u>10</u>
22	N Bodrogu Vechi (420)	1–3	2	1,4	0,3	1,9	—	IMI	<u>99</u> <u>—</u>



TABEULUI 3 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23 N Bodrogu Vechi (421)	3-5	2	2,3	0,2	2,1	-	IMH	99	-
24 N Bodrogu Vechi (422)	2,6-5,1	2,5	3,2	-	-	-	IMII	99	-
25 Bodrogu Vechi (423)	3-8	5	3,7	-	-	-	IMII	99	-
26 S Bodrogu Vechi (424)	3,5-8,5	5	3,5	0,9; 1,8; 2,3	0,9; 2,2; 3,4	-	IMH	99	-
27 Fehiac N (16312)	17-30	13	8,7	-	-	-	IPGG	114	-
28 NV Zădăreni (426)	0-25	25	0,8	-	-	-	ISPIF	98	25
29 N Zădăreni (16310)	10,5-13	2,5	2,8	-	-	-	IPGG	112	125
30 NE Măneșturi (18312)?	26,5-33,5	7	17	-	-	-	IPGG	126	110
31 N Vinga (25)	24-32	8	22	0,3	0,2	-	IMH	127	34
32 N Vinga (18303)	5-20	15	5	-	-	-	IPGG	108	102
33 N Sofronea (302)	2-5	3	1,8	0,8; 1,8; 0,3; 0,7; 2,7; 1,05	-	-	IMH	-	7
34 Sofronea (15308)	2-28	26	2	4; 8; 11	0,2; 0,6; 1,3	1970?	IPGG	109	95

35	Sinpaul 15313	0,5--8,5	8	2	—	—	IPGG	107
36	Sinpaul (300)	0,9--8,6	7	2,27	2,2; 4,3; 6,6	0,3; 0,7; 1,1	IMII	120 20
37	NV Arad (15319)	0,5--6	5,5	0,5	—	—	IPGG	107 125
38	N Arad (15314)	4,5--25,5	21	2	11,7	1,45	1109	IPGG 110 95
39	N Arad (Sofronea) (15)	4,5--24	19,5	2,84	4,2; 8,6; 11,7	0,2; 0,4; 0,6	IMH	108 26
40	N Arad (346) (serc)	7--20, ⁸ (F ₁ , F ₂ , F ₃)	13,8	2,5	16,6	1,25	—	IFB — 25
	,	7--20,5(F ₄)	13,5	3	16,6	0,7	—	IFB — 23
	,	7--18,5(F ₅)	12,5	4	16,6	0,5	—	IFB — 21
	,	7--18,8(F ₆)	11,8	4	12,5	3	—	IFB — 23
	N Arad (solarii sere)	7--19,5(F ₇)	12,5	4	9	2	—	IFB — 22
	,	7--20 (F ₈)	13	2,6	11	2	—	IFB — 25
41	NE Arad (2018) (F ₁)	4,5--15,5	11	3,5	4,7; 6,4; 8,0	1,97; 3,96; 5,95	—	IMH — 112 17,5
42	NE Arad (2019) (F ₂)	4--12,4	8	1,5	4,1; 5,5; 6,3	1,71; 3,42; 5,1	—	IMH — 111 15



TABELUL 3 (continuare)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	Arad (2020) (F_3)	15–32,5	17,5	3	3,4; 5,7; 4,03; 6,5; 7,3 9,4	—	IMII	112; 35		
44	Arad (2021) (F_4)	16–38	22	7,25	5,5; 8,05; 1,3; 2,1; 16,38 4,46	—	IMII	114?; 40,5		
45	E Sânnicolau Mic (F_5)	4–5; 11–28	19	0,3	10	1,5	—	IMII	109; 30	
46	Aradul Nou	7,5–13,5	6	4,7	—	—	—	IPGG	112?; 110	
47	S Aradul Nou (23)	23–36	13	20,1	1,0; 1,5; 0,8; 1,3; 1,8 1,8	—	IMII	111?; 39		
48	E Sânnicolau Mic (22)	16,5–23,5	7	7,17	0,6; 0,9; 2,4; 4,8; 1,2 7,05	—	IMII	110?; —		
49	S Sânnicolau Mic (2021)	22–41	19	19,6	2,9; 4,1; 5; 7,7; 5,5 11,4	—	IMII	130; 45		
50	Şagu (24)	22–26	4	18,2	0,3; 0,6; 0,2; 0,6;	—	IMII	135; —		
51	Tisa Nouă (21)	16–26	10	25,6	0,015	1,75	—	IMII	151; 36	
52	N Fiscut (18371)	40–43	3	32	—	—	—	IPGG	162; 112	
53	N Hunedoara Timișană (18307) vale	23–28	5	8	—	—	—	IPGG	155; 28,5	
54	S Hunedoara Timișană (18304)	5–10	5	5	—	—	—	IPGG	—140; 120	

55	S Rîșcuț (20)	6–14	8	8,3	0,017	5,5	—	IMH	162 — 31
56	N Andrei Șaguna (15304)	1,5–11	9,5	3,5	3,7; 7; 9 0,3; 0,8; 1,5	1059	IMH	110 — 24	
57	N Andrei Șaguna (15310)	1—7,5	6,5	2,8	5,1; 8; 9 0,3; 0,7; 1,2	—	IPGG	110 — 20	
58	Andrei Șaguna (57)	3,8—12	8,2	4,3	1,8; 3,1 4,1	—	IMH	113 — 14	
59	N Zimandu Nou (15302)	2—20	18	3,5	4,4; 8; 9 10,4	—	IPGG	111 — 70	
60	NE Zimandu Nou (56)	0,6—31	30,4	4,72	6,3; 8,7 0,4; 0,6; 0,8	—	IMH	114 — 33	
61	NE Zimandu Mare (15315)	3—27	24	2,5	8,5	0,7	3162	IMH	110 — 56
62	Zimanduz (1; 304)	2—22	20	2,7	4,7; 9,6 3,5	0,2; 0,6; 1,0	1610,7	IPGG	113 — 100
63	S Zimanduz (12)	3,5—6	2,4	2,5	1,1; 2,4 3,5	0,5; 1,1; 1,6	—	IMH	110 — 8
64	V Livada (15303)	8,5—25,5	18	3,5	5; 11; 9,5	0,6; 0,9; 1,2	1549	IPGG	112 — 110
65	SE Livada (58)	3,6—20,6	17	3,49	5; 7,4; 9,4	0,4; 0,6; 1,03	800; 819; 765	IMH	112 — 22,6
66	V Horia (353)	6,5—21,5	15	3,4	11	1,3	—	IFB	116 — 24
67	E Horia (14)	3,5—18	14,5	6,01	4,5; 7,3	0,4; 0,7	—	IMH	114 — 20



TABEULUI 3 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
68	Mindruloc (15306)	3,5–20	16,5	3	—	—	—	IPGG	$\frac{116}{110}$
69	Vladimirescu (15307)	6—30	24	7	6,3	—	—	IPGG	$\frac{113}{110}$
70	N Vladimirescu (474)	3,8–13,2	9,4	3,8	1,5; 2,5	3,5; 8,2	—	ISLGC	$\frac{108}{21}$
71	NE Vladimirescu (464)	3,9–13,3	9,5	3,9	2,5; 3,2	5,5; 6,5	—	ISLGC	$\frac{110}{20,5}$
72	N Vladimirescu (472)	5,5–14,5	9	5,3	1,5; 2,5	0,5; 1,2	—	ISLGC	$\frac{108}{20,5}$
73	NE Vladimirescu (475)	5—14	9	5,2	2,3; 3,1	4,8; 8,1	—	ISLGC	$\frac{108}{20,5}$
74	NE Vladimirescu (463)	3,5–13,5	10	3,3	3; 5; 6,6	0,2; 0,4 0,7	—	ISLGC	$\frac{113}{26}$
75	N Vladimirescu (460)	3,8–12,2	8,4	2,3	4; 6; 9	0,5; 0,9; 1,6	..	ISLGC	$\frac{115}{26}$
76	N Vladimirescu (459)	4,8–14,2	9,6	4,8	1,3; 6,6 8,3	0,3; 0,3; 0,6	—	ISLGC	$\frac{115}{26,5}$

77	N Vladimirescu (469)	5,5–15	8,5	5,5	2,6; 4,0	0,2; 0,8	—	ISLGC	113 28,5
78	N Vladimirescu (468)	5,5–16	9,5	5,5	0,5; 4,5	0,1; 0,5	—	ISLGC	113 28
79	N Vladimirescu(470)	4,2–13,4	9,2	4,2	3,3; 5,7; 7,0	0,4; 0,8	—	ISLGC	112 20
80	Frunușeni (18319)	12,5–14,5	2	1,5	—	—	—	IPGC	119 55
81	NV Alios (18)	26–29	3	15,05	0,02	10,08	—	IHM	118 31
82	Alios SE (19)	3–8	5	2,5	0,02	3,2	—	—	—
83	E Sederhal (16303)	1–7	6	4	—	—	—	IPGC	107 95
84	N Mănaștur	5,5–6,5 13,5–20	7,5	1	—	—	—	IPGC	105 122



Caracterizarea hidrochimică

Pentru stabilirea caracteristicilor hidrochimice ale stratelor acvifere întinute în regiune s-au folosit datele analizelor chimice ale unui număr de 99 probe de apă, centralizate în tabelele nr. 4, 5, 6.

Din totalul de 99 probe, 49 sunt luate din arhivele IFLGS și IPGG, iar restul de 50 au fost prelevate de noi.

Pentru încadrarea chimică a apelor s-a folosit clasificarea lui Florea (1970), în care, pentru stabilirea tipurilor și subtipurilor de ape, sunt utilizate rezultatele analizelor chimice în procente me (mil. echiv.).

Reprezentarea grafică a combinațiilor posibile, între diferenții anioni sau cationi, este prezentată, pentru exemplificări, în diagrama triunghiulară (fig. 1, 2).

TABELUL
Compoziția chimică a apelor termale

Nr. crt.	Amplasament nr. foraj	Interval încercat	Vir- sta	PH	Duritatea germane	Mineralizație totală mg/l	A N I O				
							Cl		Br	I	
							mg/l	me/l			
1	Iratoșu 4638	585—716	Pn ₂	7,5	4,5	2525	439	12,3	14	—	26
2	Iratoșu 4639	568—712	Pn ₂	6,9	1,4	2392	297	8,3	12,6	15	5
3	Sofronea 1660	722—866	Pn ₂	7,0	2,5	2034	1015	44	33,6	—	19
4	Sofronea 1674	677—854	Pn ₂	6,9	1,9	1950	177,2	4,9	10,3	—	0,9
5	Felnac 1653	531—648	Pn ₂	7,0	15,6	4166,7	1950	55	41,8	—	—
6	Arad 4674	445—577	Pn ₂	7,0	2,6	1750	390	11,02	23,4	1	5
7	Arad 1658	509—669	Pn ₂	7,5	5,0	2697	787,2	22,2	28,9	—	0,9
8	Arad 1658	509—669	Pn ₂	6,9	3,6	2739	8,5	22,9	28,5	1	2
9	Arad 1672	513—642	Pn ₂	7,0	11,4	3897,0	1702	35,4	36,5	2,5	7
10	Arad 4661	359—514	Pn ₂	7	10,2	2442,8	851	24	33,1	1,5	0,2
11	Arad 4662	333—524	Pn ₂	7	5,1	1405,3	276,5	7,80	20,8	1,0	4,8
12	Arad 4674	949—967	Pn ₁	6,7	2,3	2101	531	14,9	26,1	1	5
13	Arad 4661	771—867	Pn ₁	7,2	19,0	7213,4	1507	42,5	21,6	4,0	0,8
14	Arad 4662	700—720	Pn ₁	7,5	8,6	2690,3	702,1	19,80	26,2	8,0	4,0
15	Pecica 1547	1074—1140	Pn ₁	6,3	51,10	20116,3	7801	219,7	36,2	—	13,5
16	Arad 4674	1483—1496	N ₁	6,3	80,3	12891	6737	1904	45,3	15	35
											32

Determinarea subdiviziunilor chimice, în funcție de anionii și cationii respective, devine accesibilă, deoarece sectoarele delimitate de diagramă fixează tipul chimic predominant.

În continuare se vor prezenta principalele particularități chimice ale apelor din acviferele cercetate, pentru teritoriul Arad-Vinga-Pecica.

A) Chimismul apelor termale

Pentru caracterizarea chimică a apelor termale s-au luat în considerare rezultatele a 15 probe de apă, recoltate de către IFLGS, din diferite sonde, de la diverse intervale încercate hidrogeologice. Dintre acestea, 4 sunt din Panonianul inferior și 11 din cel superior.

4 din zona Arad—Vinga—Pecica

N I				C A T I O N I												Fe
S O ₄		HCO ₃		Na			K		NH ₄		Ca			Mg		
me/l	% me	mg/l	me/l	% me	mg/l	me/l	% me	mg/l	mg/l	mg/l	me/l	% me	mg/l	me/l	% me	mg/l
—	—	1268	20,7	25,5	716	31,1	31,6	37	6	136	6,8	6,9	112	9,2	94	13
1,2	1,8	1330	21,8	32,8	678	32,8	29,4	40,1	34	45	104	5,2	—	—	—	2
1,6	1,2	1220	20	15,2	559	24,3	35,3	33	44	144	72	10,4	24	1,9	2,8	1
0,08	0,1	1159	19	39,4	529	23	48,6	3,4	4,5	13,6	0,6	1,3	—	—	—	0,2
—	—	648,8	10,6	8,09	1375	59,7	43,9	90	—	53,7	2,6	1,9	53,5	2,9	2,1	0,58
0,1	—	756	12,3	26,4	514	22,3	47,1	2	3	7	0,3	0,7	6	0,4	1,03	2
0,3	0,4	951	15,5	20,3	824	35,8	47,5	3,8	6,5	19,2	0,9	1,2	10,2	0,8	1,1	0,2
0,9	1,2	927	15,2	18,8	865	37,6	39,7	37	4	156	7,8	8,2	6	0,4	1,08	5
1,04	1,3	707,	11,5	15,2	1286	55,9	46,5	5	11	33,2	1,6	1,3	29,6	2,3	1,9	0,1
0,49	0,7	713,8	11,7	16,2	731,8	31,82	44	7,3	9,0	41,6	2,07	3,0	19,4	1,59	2,4	1,2
0,23	0,6	646,7	10,60	28,3	380,9	16,56	44,2	2,5	4,0	20,8	1,03	2,8	9,7	0,79	2,1	2,1
0,10	0,17	829	13,5	23,7	629	2,73	48,7	4	6	10	0,5	0,8	0,8	—	—	1
0,59	0,5	13355	55	28,1	2044	88,87	45,4	30,5	30,0	88,1	4,39	2,2	29,1	2,39	1,2	1,3
0,87	1,2	1037,1	17,0	22,4	777,8	33,82	44,7	8,2	13,0	28,8	1,43	1,9	19,9	1,63	2,1	1,3
0,2	0,03	5057,7	82,9	13,69	685,0	297,8	46,7	100	—	125,04	6,2	0,9	146,04	12,02	1,86	78
0,6	0,1	146,9	18,8	4,4	4056	1763	427,6	427,6	50	342	171	16,8	141	11,5	1,8	15



Compoziția chimică a apelor de adâncime

Nr. crt.	Amplasament (nr. forajului)	Interval analizat m	Unitatea morfologică. Formațiunea geologică	PII	Duritatea grade germane	Mineralizația totală mg/l	ANI					
							Cl			NO ₃		
							mg/l	me/l	% me	mg/l	me/l	% me
1	Fiscut 18302	67—70	zonă colinară	6,5	23,7	835,9	17,7	0,5	2,5	—	—	—
2	Firiteaz	80—92	zonă colinară	6,5	11,8	611,0	21,2	0,5	5,9	—	—	—
3	Fiscut 17302	55	zonă colinară	6,5	24,6	883,0	21,2	0,5	2,8	—	—	—
4	Fiscut 17302	76,50	zonă colinară	6,5	9,6	381,3	17,7	0,4	5,1	0,1	0,0007	—
5	Fiscut 17302	86,50	zonă colinară	6,5	15,5	612,1	14,2	0,4	3,1	—	—	—
6	Hunedoara Timișană 18304	5—73,5	cimpia Vinga I	6,3	25,8	688	56,7	1,5	8,5	7,1	0,1	0,5
7	Hunedoara Timișană 18304	20—25	cimpia Vinga I	6,2	13,2	503,8	7,1	0,2	—	2,0	0,03	0,2
8	Mănăstur 18305	32—46	cimpia Vinga II	6,3	17,4	477,5	28,4	0,8	6,2	2,0	0,03	0,2
9	Mănăstur 18305	70—75	cimpia Vinga II	6,0	14	441,4	28,4	0,4	3,5	10	0,1	1,4
10	Şagu 18313	22—45	cimpia Vinga II	6,5	47,8	1216,4	184,4	5,2	15	60	0,9	2,8
11	Şagu 18313	56—60	cimpia Vinga II	6,5	18,4	553	28,4	0,8	5,7	—	—	—
12	Şagu 18313	96—100	cimpia Vinga II	6,5	14	468,2	21,3	0,5	5,0	—	—	—
13	Cruceni 18317	55—58	cimpia Vinga II	6,3	14,5	417,0	28,4	0,8	7,1	12	0,1	1,7
14	Vinga 17303	38—43	cimpia Vinga II	7,0	47,1	1242,6	141,8	4,0	11,8	60	0,9	2,8
15	Vinga 17305	72—77	cimpia Vinga II	6,5	23,5	685,9	21,3	0,6	3,4	10	0,1	1,0
16	Vinga 17303	99—108	cimpia Vinga II	6,5	15	565,3	14,2	0,4	2,9	—	—	—
17	Vinga 17304	38—41	cimpia Vinga II	6,5	17,7	623,1	35,4	1,0	7,3	10	0,1	0,7
18	Vinga 17304	64—69	cimpia Vinga II	6,5	17	597,7	28,3	0,7	5,1	—	—	—
19	Cruceni	25	cimpia Vinga II	6,5	99,1	1668,9	323,3	9,1	21,2	112,4	1,8	4,2
20	Pecica	340	cimpia Semlacului	6,5	20,6	778,4	73,7	2,08	8,9	48	0,7	3,3
21	Pecica 16309	91—94	cimpia Semlacului	6,5	14,3	617,3	56,7	1,6	10,1	—	—	—
22	Pecica 16309	96—100	cimpia Semlacului	6,0	17,2	601,2	92,2	2,6	15	—	—	—
23	Sinpetru German	120	zona terasei	6,5	4,2	616,3	335,5	5,5	27,2	—	—	—
24	Felnac	95—102	zona terasei	6,5	31,9	785,9	134,7	3,8	16,4	15	0,2	1,0
25	Mailat 17305	32,50	cimpia joasă	6,4	19,4	722,1	21,2	0,6	3,4	—	—	—
26	Mailat 17305	56,50	cimpia joasă	6,5	18,2	735,0	21,2	0,5	3,1	30	0,4	2,5
27	Gelu	87	cimpia joasă	6,5	11,1	584,6	7,8	0,2	1,2	—	—	—



ONI

C A T I O N I

SO ₄	HCO ₃			Na			K			Ca			Mg ⁺					
	mg/l	me/l	%mc	mg/l	me/l	%mc	mg/l	me/l	%mc	mg/l	me/l	%mc	mg/l	me/l	%mc			
3,8	0,07	0,4	561,3	9,2	47	27,6	1,1	6,1	2,4	0,06	0,1	307,4	5,3	27,5	37,7	3,1	15,8	
19,2	0,3	3,3	305	4,9	40,8	37,3	1,6	13,5	6,0	0,1	1,2	31,6	1,5	13,1	32,1	2,6	22,2	
40,3	0,8	3,9	561,3	9,2	43,3	41,4	1,8	8,5	—	—	—	—	5,6	26,5	38,4	3,1	14,8	
26,8	0,5	5,7	231,8	3,7	39,2	30,3	1,3	13,5	—	—	—	—	—	—	40,8	2,0	21,4	
11,5	0,2	1,4	353,8	5,8	45,5	13,1	5,7	4,4	—	—	—	66,1	3,2	25,6	27,5	2,2	17,7	
34,6	0,7	3,8	427,0	6,4	37,2	2,1	0,09	0,4	3,9	0,1	0,5	81,7	4,07	21,6	62,7	5,5	27,5	
28,8	0,5	4,7	341,6	5,5	43,6	13,8	0,6	4,7	4,07	0,10	0,8	38,5	1,9	14,9	46,2	3,7	29,6	
30,7	0,6	4,9	292,8	4,9	38,7	4,6	0,1	1,5	2,1	0,08	0,5	46,5	2,3	17,8	47,2	3,8	30,2	
36,5	0,7	6,6	268,4	4,4	38,5	5,5	0,6	5,9	3,4	0,06	0,5	36,1	1,8	15,6	48,9	3,2	28	
167	3,47	10	463,4	7,6	22,2	2,8	0,1	0,3	2,2	0,05	0,1	174,7	8,7	25,41	13,8	8,3	24,2	
23	0,3	2,7	353,8	5,7	41,6	3,7	0,1	1,1	4,05	0,1	0,5	63,3	3,1	22,6	41,8	3,4	25,3	
15,4	0,3	2,7	305	4,9	42,3	18,9	0,8	6,9	3,5	0,08	0,7	51,3	2,5	21,8	29,7	2,4	20,6	
28,8	0,5	5,3	244,0	3,9	35,9	6,8	0,2	2,6	0,8	0,09	0,5	43,3	2,1	19,3	36,9	3,03	27,6	
74,9	1,5	4,6	634,4	10,4	30,6	1,50	0,05	0,1	0,0	0,05	0,1	195,6	9,7	28,8	86,1	7,08	20,9	
34,6	0,7	4,1	439,3	7,2	41,5	3,6	0,1	0,9	5,3	0,1	0,8	104,2	5,2	29,9	38,9	3,2	18,4	
10,8	0,2	1,5	350,5	6,4	45,6	37,9	1,6	11,7	1,5	0,04	0,2	61,3	3,05	21,9	27,7	2,2	16,2	
19,2	0,3	3,0	317,2	5,1	39	8,6	0,3	2,7	1,6	0,04	0,3	84,2	4,2	31,2	26,0	2,1	15,8	
48	0,9	6,4	366	5,9	38,5	37,5	1,6	10,5	3,8	0,09	0,6	68,5	3,4	22	32,1	2,6	16,9	
144	3,0	7,0	463,6	7,6	17,6	14,1	0,6	0,8	0,07	—	—	450,5	22,4	31,3	156,5	12,8	17,9	
135,3	2,8	12,1	366	6,0	25,7	28,5	1,2	7,2	0,1	—	—	86,5	4,3	25,1	37	3,04	17,7	
15,4	0,3	2,0	366,1	6,0	37,9	61	2,6	16,8	4,4	0,1	0,7	60,1	3,0	18,9	25,8	2,1	13,4	
176,6	3,6	21,2	146,4	2,4	13,8	54,2	2,3	13,6	5,3	0,1	0,8	88,2	4,4	25,4	21,4	1,7	10,1	
207	4,3	21,3	335,5	5,5	27,2	29	1,2	22,8	0,2	—	—	30	1,5	27,2	—	—	—	
71	1,4	6,4	368,5	6,04	26,2	0,1	0,004	—	3,9	0,1	0,4	36,1	1,8	7,8	1	16,7	9,6	41,6
41,3	0,8	4,8	451,4	7,4	41,8	34,5	1,4	8,3	2,5	0,06	0,4	81,3	4,06	22,8	35,2	2,8	16,4	
61,4	1,2	6,7	427	6,9	37,0	64,4	2,8	14,7	14,7	6,5	0,1	70,9	3,5	18,8	36,2	2,9	15,7	
148,9	3,1	17	353,8	5,8	31,8	7,4	0,3	3,8	0,1	—	—	39,5	1,9	23,1	24	1,9	23,1	



TABEL
Compoziția chimică a apelor frea

Nr. crt.	Amplasament (nr. forajului)	Unitatea morfologică Formațiunea geologică	PH	Duri- tatea germa- ne	Mine- raliza- ție totală mg/l	ANIO							
						Cl			NO ₃			SO ₄	
						mg/l	me/l	%me	mg/l	me/l	%me	mg/l	me/l
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Fișcut 18302	zona colinară	6,5	23,3	777,6	28,4	0,8	4,2	—	—	—	19,2	0,3
2	Fișcut	zona colinară	7	17,1	549,9	14,2	0,4	3,0	16	0,2	1,9	19,2	0,3
3	Fișcut	zona colinară	7	22,9	661,7	56,7	1,6	0,7	20,0	0,3	1,9	7,7	0,1
4	Fișcut	zonă colinară	7	43,9	993,2	134,7	3,8	13,9	112,4	1,81	6,6	138,8	2,89
5	Fireteaz 17304	zonă colinară	6,5	17,7	623,1	35,4	1,0	7,3	10,0	0,1	0,7	19,2	0,3
6	Fireteaz	zonă colinară	6,5	17	692,1	28,4	0,8	4,6	—	—	—	32,6	0,6
7	Fireteaz	zonă colinară	6,5	15,8	573,1	56,7	1,6	8,8	105,6	1,7	9,4	166,0	3,4
8	Alios	zonă colinară	6,5	52,0	1487,1	236,8	6,6	15,4	344,0	5,5	12,7	191,5	3,9
9	Hunedoara Timișană 18304	C. Vinga I	6,3	16	433	28,4	0,8	0,6	5,0	0,08	0,7	17,3	0,3
10	Hunedoara Timișană	C. Vinga I	6,2	13,2	503,8	7,1	0,2	1,5	2,0	0,03	0,2	28,8	0,5
11	Hunedoara Timișană	C. Vinga I	6,2	27,8	963,2	75,2	2,1	7,2	163,0	2,6	9,0	188,0	3,9
12	Aluniș	C. Vinga I	6,5	15,5	488,7	14,1	0,4	0,5	2,0	0,03	0,2	36,5	0,7
13	Aluniș	C. Vinga I	6,5	33,9	1000,1	119,1	3,3	11,5	227,0	3,6	12,5	139,6	2,91
14	Mănăstur 18305	C. Vinga II	6,3	17,4	477,5	28,4	0,8	6,2	20	0,03	0,2	30,7	0,6
15	Mănăstur	C. Vinga II	6,3	48,9	265,2	265,2	7,4	13,2	378	6,1	10,8	110,0	2,2
16	Vinga	C. Vinga II	7	17,9	708,6	7,1	0,2	1,2	70,0	1,1	6,8	—	—
17	Vinga 17304	C. Vinga II	6,5	19	627	28,3	0,8	4,9	5,0	0,08	0,5	38,4	0,8
18	Vinga	C. Vinga II	6,5	92,9	2499,8	887,0	25,0	32,3	106,2	1,7	2,2	119,9	2,5
19	Şagu	C. Vinga II	6,3	46,5	1126,6	253,8	7,1	20,6	112,4	1,8	5,2	114,3	2,3
20	R. Şagu	C. Vinga II	6,2	34	618,7	14,2	0,4	3,1	13,0	0,2	1,6	15,4	0,3
21	Tisa Nouă	C. Vinga II	7	15,7	454,3	21,3	0,6	4,5	10,0	0,1	1,2	105,6	2,2
22	Tisa Nouă	C. Vinga II	7	63,5	1813,5	210,6	5,9	16,3	109,4	1,7	4,9	193,0	4,02
23	Frumușeni	C. Vinga II	6,3	53,3	1398,7	179,4	5,06	13,0	378,0	6,1	15,8	194,5	4,05
24	Frumușeni	C. Vinga II	6,3	13,9	454,0	14,2	0,4	3,3	—	—	—	5,7	0,1
25	Pecica	C. Semlacului	6,8	13,7	352,4	10,8	0,5	2,2	—	—	—	3,8	0,07
26	NV Rovine	C. Semlacului	6,8	11	694,5	19,1	0,5	2,9	13,8	0,2	1,1	38,7	0,8
27	NV Rovine	C. Semlacului	6,8	15,4	966,8	43,9	1,2	4,6	43,6	0,7	2,6	96,3	2,0

LUL 6

tice din zona Arad-Vinca-Pecica

N I	C A T I O N I															
	HCO ₃			Na			K			Ca			Mg			
	%me	mg/l	me/l	%ane	mg/l	me/l	%me	mg/l	me/l	%me	mg/l	me/l	%me	mg/l	me/l	%me
14	15	16	17		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
2,1	512,5	8,4	43,7	27,8	1,2	6,3	1,8	0,04	0,2	103,6	5,3	27,8	36,7	3,02	15,7	
3,0	341,6	5,6	42,1	12,7	0,5	4,1	—	—	—	78,9	3,4	29,6	6,3	2,1	16,3	
0,9	378,2	6,2	37,5	1,4	0,06	0,4	0,6	0,01	—	115,4	5,7	34,8	29,7	2,4	14,8	
10,5	317,2	5,20	19,0	14,7	0,6	2,0	0,07	—	—	210,0	10,4	32,1	63,0	5,1	15,9	
3,0	317,2	5,1	39,0	8,6	0,3	2,7	1,6	0,04	0,3	84,2	4,2	31,2	26,0	2,1	15,8	
3,8	439,2	7,1	41,6	59	2,5	14,8	2,6	0,06	0,4	72,9	3,6	21	29,2	2,4	13,8	
19,1	140,3	2,3	12,7	7,0	0,3	2,5	0,03	—	—	73,5	3,6	30,9	24,0	1,97	16,6	
9,1	341,6	5,6	18,8	31,0	1,3	3,4	0,7	0,02	—	295,0	14,7	37,0	46,5	3,8	9,6	
3,6	280,6	4,5	39,5	0,7	0,04	0,3	3,05	0,07	0,6	39,3	1,9	16,7	45,7	3,7	32,4	
4,7	341,6	5,5	43,6	13,8	0,6	4,7	4,07	0,1	0,8	38,5	1,9	14,9	46,2	3,7	29,6	
13,3	366	6,0	20,5	1,9	0,08	0,4	0,09	—	—	123,5	6,1	30,9	45,5	3,7	29,6	
6,5	286,6	4,6	39,7	2,1	0,09	0,8	5,3	0,1	1,2	84,9	4,2	36,6	46,0	1,3	11,4	
10	286,7	4,7	16,0	2,2	0,1	0,4	—	—	—	200	9,9	41,0	25,5	8,1	8,6	
4,9	292,8	4,9	38,7	4,5	0,1	1,5	3,1	0,08	0,5	46,5	2,3	17,8	47,2	3,8	30,2	
4,0	762,5	12,5	22,0	205,0	8,9	15,0	126,	3,2	5,5	105	5,2	8,9	148,5	12,2	20,6	
—	427,1	7,00	42,0	43,6	1,9	11,3	1,4	0,04	0,2	74,5	3,7	22,4	32,6	2,6	16,1	
4,9	390,5	6,4	39,3	29,3	1,2	7,8	1,9	0,05	0,3	79	3,9	24,2	35	2,8	17,7	
3,70	579,3	9,5	12,3	202,0	8,7	10,4	7,1	0,1	0,2	488,0	24,3	28,9	107	8,8	10,5	
6,9	366	6,0	17,3	7,5	0,3	1,0	0,08	—	—	179,5	8,9	25,4	93	7,6	22,6	
2,4	341,6	5,6	42,9	7,4	0,3	2,4	1,8	0,0:	0,3	82,6	4,1	31,6	24,8	2,04	15,7	
5,6	622,2	10,2	26,3	6,6	0,2	0,7	2,5	0,06	0,1	198,4	9,9	25,5	111,9	9,2	23,7	
11,0	396,5	6,5	17,8	16,5	0,7	1,5	—	—	—	278,0	13,8	29,7	107,0	8,8	18,8	
10,4	256,2	4,2	10,8	78,0	3,3	7,6	0,13	—	—	200	9,9	22,3	110	9,05	20,01	
1,0	329,4	5,4	45,7	16,6	0,7	0,6	3,2	0,01	0,5	38,0	1,8	16,0	37,4	3,07	25,9	
0,6	390,5	0,4	47,2	42,5	1,8	13,6	1,5	0,04	0,5	27,7	2,2	16,0	0,1	0,003	—	
4,3	481,0	7,9	41,7	85	3,7	24,2	—	—	—	21,0	1,05	6,9	35,0	2,8	18,9	
7,4	579,5	9,5	35,4	106,5	4,5	21,0	34,5	0,8	4,0	39,5	1,9	9,8	43,0	3,5	16,1	



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28	Sofronea	C. Sirici	6,5	16,3	663,9	29,8	0,8	4,0	35,6	0,5	2,7	204	4,2
29	Zimandceuz	C. Sirici	6,5	22	894,6	77,3	2,1	8,4	50,8	0,8	3,1	194	4,04
30	Andrei Şaguna	C. Sirici	6,5	21,2	681,5	63,8	1,8	8,5	112,4	1,8	8,5	191,5	3,9
31	Mindruloc	terasa	6,5	20,1	747,7	128,3	3,6	16,3	98,8	1,5	7,2	98,8	1,5
32	Horia	terasa	6,5	19,4	753,2	34,7	0,9	4,4	62,0	1,0	4,4	62,0	1,0
33	Arad (Grădiștea)	terasa	6,5	31,1	960,0	68,1	1,9	7,2	102,4	1,6	6,1	185,5	3,8
34	Munar	terasa	7,0	12,9	928,8	19,9	0,5	2,1	9,6	0,1	0,5	195,5	4,07
35	Sinpetru German	terasa	6,5	11,2	673,4	36,2	1,02	4,6	48,6	0,7	3,5	211	4,4
36	Sinpetru German	terasa	6,5	17,5	568	14,2	0,4	2,7	3,0	0,4	3,2	19,2	0,3
37	Sinpetru German (haltă)	terasa	6,4	22,8	680,2	14,2	0,4	2,3	—	—	—	53,8	1,1
38	Felnac	terase	6,5	116,2	2175,2	561,5	15,8	25,4	24,6	4,0	6,4	216	4,5
39	Felnac 16312	terase	6,5	27,5	774,6	56,7	1,6	0,1	70,0	1,1	5,7	15,4	0,3
40	Călugăreni	terase	6,5	24,5	721,3	61,0	1,7	7,7	81,2	1,3	5,9	197,5	4,1
41	Zădăreni	terase	6,5	19,8	682,3	10,6	0,6	0,5	40	0,6	3,7	15,4	0,3
42	Zădăreni	terase	6,5	26,5	824,5	49,6	1,4	8,8	5,0	1,08	0,3	34,5	0,7
43	Aradul Nou	terase	6,5	45,0	1193,2	157,4	4,4	12,6	100	1,6	4,5	190	3,9
44	Aradul Nou 16304	terase	6,5	18,5	694,1	28,4	0,6	4,7	5,0	0,08	0,5	9,6	0,1
45	Aradul Nou IAS	terase	6,4	19	628,0	21,2	0,7	3,9	—	—	—	23,0	0,4
46	Sinnicolaul Mic	terase	6,5	—	687	253,7	7,4	28,8	—	—	—	211,0	4,4
47	Sinnicolaul Mic	terase	6,5	53,9	1499,1	138,5	5,6	13,5	6,0	0,09	—	138,2	2,8
48	Fintinele	terase	6,2	97,1	2350,8	486,4	13,7	20,5	562,0	9,06	13,6	179,3	3,7
49	Fintinele	terase	6,2	62,4	1593,0	269,5	7,6	16,8	140	2,2	5,0	165,1	3,4
50	Fintinele	terase	6,5	18,3	624,3	14,2	0,4	2,5	5,0	0,08	0,5	17,3	0,36
51	Minăstirea Bezdin	luncă	7	25,4	1080,2	85,1	2,4	6,5	7,1	0,1	0,4	124,8	2,5
52	Pecica	luncă	6,5	39,2	1159,6	156	4,4	13,3	—	—	—	238,1	4,9
53	Arad(Bujac)	luncă	6,0	25,2	1521,0	68,1	1,9	4,7	5,6	0,09	0,2	167,0	3,4
54	Arad(Bujac)	luncă	6,0	52,1	1966,8	283,7	8,0	13,7	30,0	0,4	0,8	410,9	8,5
55	Arad(insulă)	luncă	5,5	13	401,7	21,2	0,6	6,1	30	0,4	5	44,2	0,0
56	Pecica	luncă	6,5	3,1	682,2	28,4	0,8	5,0	—	—	—	5,5	0,1

Apele din Pannonianul inferior (4674 Arad, 4661 Arad, 4662 Arad, 1547 Pecica), din punct de vedere al conținutului anionic, se încadrează în tipul bicarbonato-cloruric (probele 12, 13, 14).

Excepție de la această repartiție constituie proba 15 (Pecica), care este de tipul cloruro-bicarbonatic (fig. 3).

După concentrația în cationi, apele se grupează în totalitate în tipul natric (fig. 4). Mineralizația apelor variază între 2101 mg/l (Arad) și 20116 (Pecica).



(continuare tab. 6)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
20,1	298,9	4,9	23,2	2,1	0,09	0,8	—	—	57,5	2,8	24,2	36,0	2,9	25	
15,5	366	6,0	23,0	72	3,1	14,2	1,0	—	96,5	4,8	22	37	3,04	13,8	
18,8	183	3,0	14,2	2,5	0,1	0,7	0,3	—	92	4,5	30	36	2,96	19,3	
7,2	134,2	2,2	9,9	91,0	3,9	18,1	1,4	0,04	0,02	77,5	3,6	16,7	40,0	3,2	
4,4	305	5,0	22,2	7,5	0,3	2,1	22,0	0,5	3,6	84,0	4,1	26,9	33,0	2,7	
14,4	366,0	6,0	22,3	14	0,6	2,5	23,0	0,5	2,4	168,0	8,3	34,1	33,0	2,7	
15,0	536,8	8,8	32,4	93,0	4,04	22,9	3,9	0,1	0,1	36,0	1,8	10,2	34	2,8	
19,6	305	5,0	22,3	11	0,4	5,4	0,08	—	—	33,0	1,6	18,5	28,5	2,3	
2,6	378,2	6,1	41,5	26,6	1,1	7,7	1,8	0,04	0,3	64,9	3,2	2,8	36,9	3,03	
0,6	427,1	7,0	41,1	7,7	0,3	2,0	0,8	0,02	0,1	85,8	4,2	25,1	47,2	5,8	
7,2	420,9	6,9	11,0	33,5	1,4	1,7	0,06	—	—	456,5	24,8	26,1	236,0	19,4	
1,6	414,9	6,8	34,3	0,4	0,01	0,1	1,1	0,02	0,1	113	5,6	28,6	50,8	4,1	
18,4	244	4,0	18,0	2,1	0,09	0,5	0,03	—	—	74,0	3,6	20,9	61,5	5,06	
1,9	417,1	7,0	40,9	33,6	1,4	9,0	0,9	0,02	0,1	78,6	3,9	22,5	38,4	3,1	
3,5	488	8,0	39,2	16,4	0,7	3,5	—	—	—	48,2	3,8	18,7	0,1	0,003	
11,1	475,8	7,8	21,9	9,0	0,3	1,2	0,01	—	—	167	8,3	25,3	94	,77	
1,2	451,8	7,4	43,6	41,4	1,8	10,7	1,9	0,04	0,3	81,9	4,08	24	30,6	2,5	
3,0	414,8	6,8	43,2	13,6	0,8	5,4	1,2	0,03	0,2	78,9	3,9	24,9	35,0	2,8	
17,0	67,1	1,1	4,2	145	6,3	50,0	0,1	—	—	—	—	—	—	—	
6,9	744,3	12,2	29,9	33,6	1,4	3,5	0,9	0,02	—	230,8	11,5	27,8	94,3	7,7	
5,6	420,9	6,9	10,3	4,7	6,0	0,05	0,05	—	—	429,5	21,4	27,2	160	13,2	
7,6	561,3	9,2	20,5	4,7	0,2	0,5	2,2	0,05	0,1	285,4	14,2	31,6	97,7	8,04	
2,4	402,6	6,6	44,4	19,6	0,8	5,3	0,9	0,02	0,2	89,7	4,4	30,1	25,3	2,081	
0,3	536,8	8,8	41,7	45,4	1,9	7,1	111,5	2,8	10,2	77,7	3,8	13,5	63,2	5,2	
15	439,5	7,2	22,7	47,6	2,07	6,3	17,2	0,4	1,3	130,7	6,6	19,8	91,2	7,5	
8,6	902,8	14,8	36,5	105,5	4,5	13,7	124	3,1	9,5	980,0	4,8	14,6	40,0	4,1	
14,1	746,8	12,2	20,9	1,7	0,07	0,1	27,4	7,0	12	280	14	23,9	99,7	8,2	
9,3	176,9	2,9	29,6	4,1	0,1	1,9	3,4	0,08	0,8	89,9	2,4	24,9	26,7	2,1	
0,7	439,2	7,2	44,3	160,4	6,9	43	1,7	0,04	0,2	12	0,5	3,7	16,1	0,5	
														3,1	

Față de apele termale din Pannonianul inferior, apele din cel superior au o mineralizare cu mult mai mică — 1405 mg/l (Arad) — 4166 mg/l (Felnac), ca o consecință a circulației acestora prin sedimente în general mai grozioare și a legăturii hidrodinamice bune cu zona de alimentare.

Din graficul prezentat (fig. 3) se constată că majoritatea probelor au o compoziție bianionică, bicarbonato-clorurică și cloruro-bicarbonatică, excepție făcind doar proba 5 (Felnac), care se situează în sectorul cloruric.



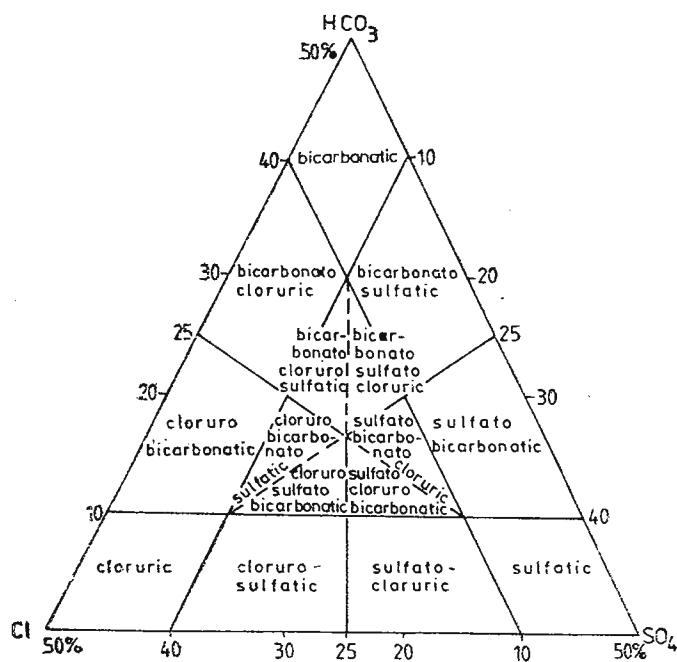


Fig. 1 – Tipuri de ape după compoziția anionică.
Types of waters according to the anionic composition.

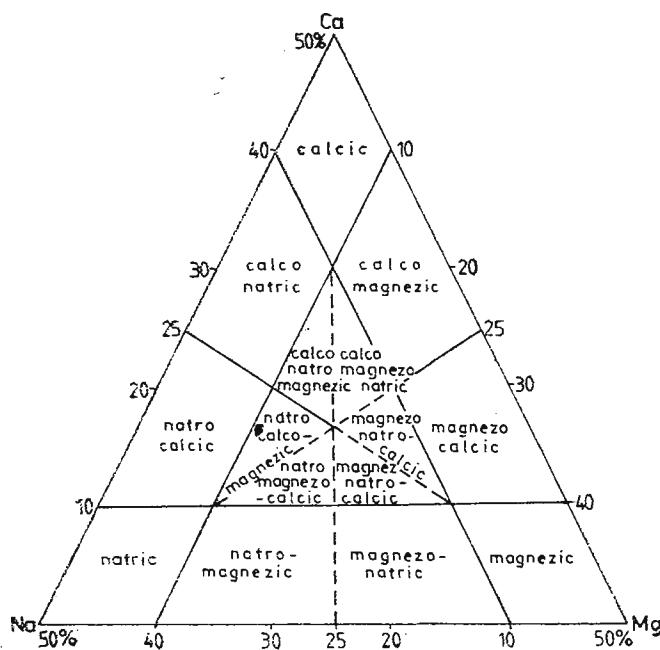


Fig. 2 – Tipuri de ape după compoziția cationică.
Types of waters according to the cationic composition.

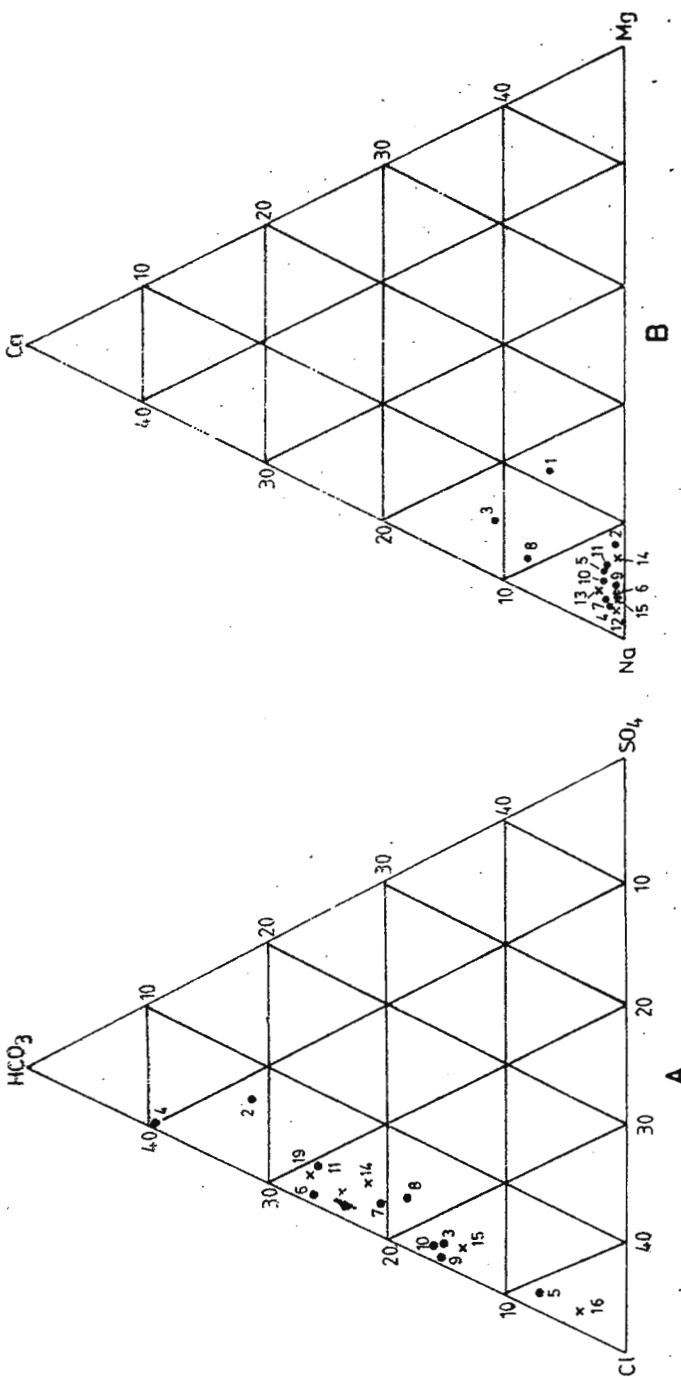


Fig. 3 - 4 - Reprezentarea grafică a chimismului apelor termale din zona Arad-Vinga-Pecica; A — Cationi, B — Anioni.
Graphical representation of the chemism of the thermal waters in the Arad-Vinga-Pecica area; A — Cations; B — Anions.

Pe diagrama pe care s-au reprezentat cationii (fig. 4), ionul Na, în general, se găsește în proporție de 40–48,6 %, ceilalți ioni fiind subordonati. Aceasta determină încadrarea apelor la tipul natric. De la această repartitie fac excepție probele 3 (Șofronea) și 1 (Iratoșu), care aparțin combinațiilor biocationice, natro-calcic și respectiv natro-magnezic.

B) Chimismul apelor atermale din depozitele pliocen-superior – pleistocene

Din tabelul 5, în care sunt centralizate cele 27 de analize ale probelor de apă, recoltate din depozitele pliocen-superioare-pleistocene se poate observa că mineralizația apelor variază de la 381 mg/l (3 Fiscut) la 1668 mg/l (19 Cruceni). Din diagrama anionică (fig. 5) se poate deduce că majoritatea probelor se încadrează la tipul sulfatic și numai cîteva au o compoziție bianionică, încadrîndu-se la tipurile sulfato-cloruric (14 Vinga, 24 Felnac, 10 Șagu), sulfato-bicarbonatică (20 Pecica, 27 Gelu) și cloruro-bicarbonatic (23 Pecica). O singură probă (22 Pecica) se plasează în sectorul trianionic, apa caracterizîndu-se ca bicarbonato-cloruro-sulfatic.

În ceea ce privește cationii (fig. 6), 11 probe se află în sectorul calcic, cu compoziție bicationică, făcînd parte din subtipul calco-magnezic, 7 probe se dispun în sectorul Mg, încadrîndu-se la subtipul magnezo-calcic, iar 6 probe (2 Fireteaz, 18 Vinga, 21, 22 Pecica, 26 Mailat) se plasează în sectorul tricationic, apa fiind de tipul calco-magnezo-natric sau magnezo-calcio-natric.

C) Chimismul apelor freaticăe

Din tabelul 6, în care sunt centralizate, cele 56 probe de apă, recoltate din apele freaticăe localizate în depozitele cuaternare ce participă la alcătuirea geologică a diferitelor unități morfologice, se poate observa că acestea au o mineralizație cuprinsă frecvent între 265 mg/l–1000 mg/l. Local, se întîlnesc și valori mai mari de la 1398 mg/l pînă la 2191 mg/l.

Apele freaticăe, din punct de vedere al conținutului anionic (fig. 7), prezintă, în general, o mare uniformitate pe toate unitățile morfologice, ele plasîndu-se în sectorul bicarbonatic, unde ionul HCO_3^- variază de la 36,5–47,2 %. Un număr însemnat de ape au o compoziție bianionică, încadrîndu-se în tipul bicarbonato-sulfatic.

O compoziție anionică mai diversificată apare în unitățile morfologice superioare, unde găsim, în afara combinațiilor chimice amintite, și altele ca: sulfatic-bicarbonatic, cloruro-bicarbonatic, sulfatic-cloruric, cloruro-bicarbonatic-sulfatic.

Din examinarea tabelului 6 se poate observa predominarea cationilor Ca(29,7–41 %) și Mg (22,6–32,4 %). Această situație determină încadrarea majorității apelor la subtipurile calcic-magnezic, calco-magnezic, magnezo-calcic. Subordonat, mai pot apărea și alte subtipuri, în funcție de procentajele ce se repartizează și altor cationi (natro-magnezic, calco-natró-magnezic).

Studiul de ansamblu al mineralizației apelor freaticăe, pe direcția principală de curgere a curentului subteran, arată o creștere a acestora, de la valori mici 0,4 g/l (Aluniș), la valori medii 1,1 g/l (Frumușeni), ajun-



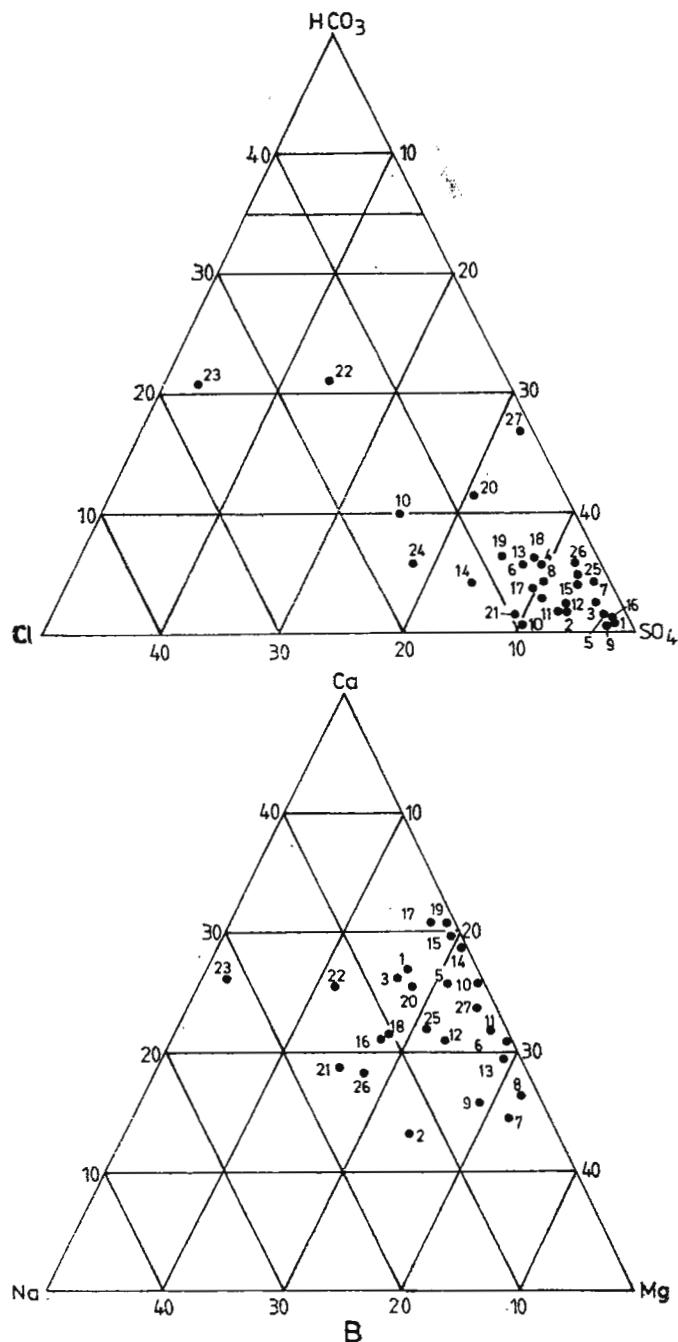


Fig. 5-6 — Reprezentarea grafică a chimismului apelor de adâncime din zona Arad—Vinga—Perica ; A—anioni, B—Cationi.
Graphical representation of the chemism of deep waters in the Arad—Vinga—Pecica area ; A — Anions ; B — Cations.

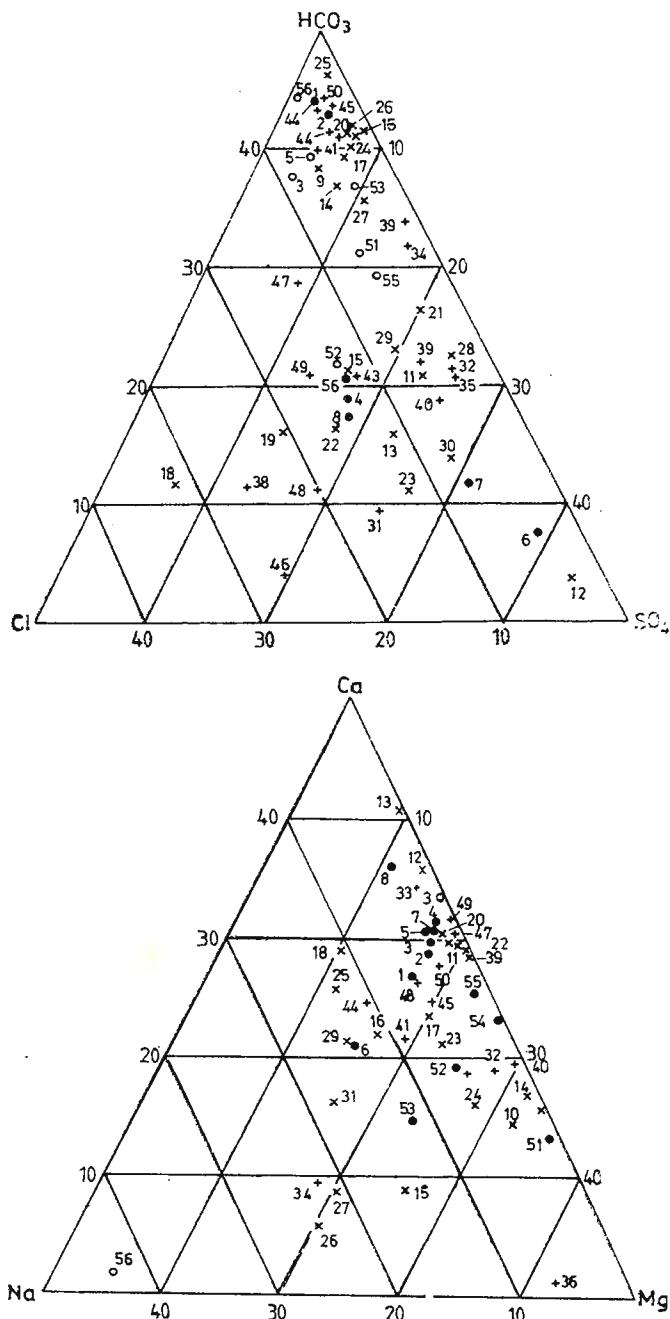


Fig. 7-8 — Reprezentarea grafică a chimismului apelor freatic din zona Arad—Vinga—Pecica.

Graphical representation of the phreatic waters in the Arad—Vinga—Pecica area.

gind ca în zona de drenare să atingă valori maxime, 2,3 g/l (Fîntinele) (Serbanet al., 1973).

Acest fenomen trebuie pus pe seama mai multor factori : o circulație lentă, datorită unui gradient hidraulic mic, existența unei zone mai cobești (cîmpia joasă a Ierului), la care trebuie adăugată lipsa drenajului.

De asemenea, se observă o creștere a mineralizării apelor și pe verticală, de la valori mici, în stratele de adîncime, la procente mai ridicate, în apele freatiche. Exemplu : Fiscut 0,3 g/l, ape de adîncime, 0,7 g/l, ape freatiche ; Hunedoara-Timișană 0,5 gr/l la 0,9 g/l ; Șagu 0,5 g/l – 1,1 g/l ; Felnac 0,7 g/l – 2,1 g/l, Vinga 0,5 g/l – 2,4 g/l. Această constatare o punem pe seama evapo-transpirației, care, pentru această zonă, depășește cantitatea de precipitații.

Analiza distribuției principalilor ioni din ambele categorii de ape, de adîncime și freatiche, pe aceleași direcții ale curentului subteran și pe verticală, arată următoarele : Na crește pe direcția curentului subteran de la 2,5 mg/l (Andrei Șaguna) la 310 mg/l (Turnu), iar pe verticală de la 1,4 mg/l (Fiscut) la 41 mg/l (Fiscut), de la 8,6 mg/l (Vinga) la 2 mg/l (Vinga), de la 54 mg/l (Pecica) la 160 mg/l (Pecica). Aceeași variație se observă și la ionul Ca. Aceasta crește de la 84 mg/l (Horia) la 280 mg/l (Arad) pe direcția curentului subteran. O creștere procentuală se observă mergind de la adîncime spre suprafață, exemplu : 66 mg/l – 210 mg/l (Fiscut), 51 – 180 mg/l (Șagu), 36 mg/l – 456 mg/l (Felnac), 36 mg/l – 105 mg/l (Mănașturi).

Urmărirea distribuției procentuale, în azotați și fosfați, arată o creștere a acestora în zonele Gelu, Alios, Aluniș, Frumușeni, Sinnicolau Mic, Hunedora Timișană, Călugăreni, Rovine, etc. atât la suprafață, cât și în adîncime (30 – 35 m). De asemenea, în zonele Turnu, Felnac și Zădăreni, se observă și prezența apelor cloro-sodice, ape legate de exploataările de hidrocarburi din aceste zone.

Extinderea vertiginosă a zonelor industriale (Arad), dezvoltarea sectorului zootehnic și folosirea intensivă a îngrășămintelor agricole (fosfați, azotați) sint tot atîtea aurse care au periclitat și periclitează calitatea apelor. În legătură cu acest aspect, recomandăm ca, pe viitor, executarea tuturor captărilor prin foraje să se facă sub limita 30 – 35 m adîncime, limită la care, în prezent se remarcă înaintarea în adîncime a poluării chimice.

BIBLIOGRAFIE

- Bizeră M. (1973) Cîmpia Vinga — Studiu morfotectonic. *St. Geogr. Banat*, Timișoara.
- Cinetti A. (1982). Raport, arhiva ISLGS, București.
- Floreacă N. (1970) Metoda de prelucrare a datelor analizelor chimice a apelor freatiche în vederea clasificării și interpretărilor din punct de vedere geologic. *St. tehn. econ, C 16, Inst. Geol. Geofiz.*, București.
- Ghenea A., Ghenea C., Mihăilă N., Polonic P., Veliciu S. (1984) Raport, arhiva Institutului de Geologie și Geofizică, București.
- Ioanițoaia M. (1959) Hidrogeologia Cîmpiei Aradului și considerații asupra aportului freaticului în rețeaua de desecare Com. Acad. R.P.R., IX/6, București.
- Mîrcescu V., Plaviță R. (1983) Raport, arhiva IFLGS, București.



- Nichiti Gr., Tăbăcilă E. (1982) Raport, arhiva IFLGS, Bucureşti.
- Serban R., Itu D. (1973) Raport, arhiva IPGG, Bucureşti.
- Tăbăcilă E., Tatoli L., Protescu F., Tatoli M., Simka A., Miruscu E. (1980). Raport, arhiva IFLGS, Bucureşti.
- Veliciu I., Cristian M., Paraschiv V., Visarion M. (1977) Preliminary date of heatflow distribution in Romania. *Geothermics*, 6 Amsterdam.
- Visarion M. (1982) On the low heat in the Transylvanian Basin. In V Cermak et R Hoenel. *Geothermics and Geothermal Survey Schweizerhartl Sche Vorlog*, Stuttgart.
- Vespremeanu E. (1972) Dealurile Lipovei și defileul Mureșului. Rezumatul tezei de doctorat.

GROUND WATERS IN THE ARAD — VIN GA — PECICA AREA AND THEIR HYDROCHEMISTRY

(Summary)

The studies that were carried out regard the Pannonian formations and, especially, the Quaternary, ones, which prevail in the greatest part of the area. Through these researches the stratigraphy of the Quaternary deposits and of their genetic types has been specified.

On the basis of field observations and the drilling operations (more than 250) the existence of more aquifers is pointed out :

a) free level aquifers, having a great regional extension, located in the terrace and waterside deposits and the sandy intercalations in the red clay and loesses, as well as in the alluvions of various Upper Pleistocene — Holocene plains.

b) depth aquifers with an ascensional artesian level, situated in the Upper Pannonian (thermal waters) and the Upper Pliocene — Pleistocene (athermal waters) deposits.

The elements obtained as a result of the research, allow the characterization of ground waters, from the point of view of its areal development, as well as of the hydrogeological parameters, of practical importance.

Regarding the chemistry of ground waters, one can notice the existence of three great categories of waters, namely : bicarbonate — chlorine — sodium bearing waters gathered in the Pannonian deposits, sulphur — chlorine — calcium bearing waters located in the Upper Pliocene — Pleistocene sediments, and bicarbonate — sulphur — calcium bearing waters, containing the phreatic waters category.

EXPLANATION OF PLATES

Plate I

Hydrogeothermal characteristics of the aquifer in the Upper Pannonian — the Arad area : 1, Areas where waters have temperatures $< 50^{\circ}\text{C}$; 2, Areas where waters have temperatures between $40^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$; 3, Areas where waters have temperatures between $30^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$; 4, Areas



where waters have the temperatures $< 30^{\circ}\text{C}$; 5, Isobaths at the basis of the Upper Pannonian (basis of the main thermal aquifer); 6, Isopachytes of the thermal aquifer; 7, Isogeotherm; 8, Isogradient $35^{\circ}\text{C}/\text{km}$; 9, Anticline axis; 10, Synclinal axis; 11, Drilling intercepting the thermal aquifer stratum; 12, drilling number; 13, depth of the Upper Pannonian's basis; 14, temperature of the thermal aquifer; 15, drilling data according to IFLGS and Ministry of Petroleum.

Plate II

Hydrogeological map of the area Semlac—Arad—Aluniș; 1, Gravel and sands (aquifers) in the flood plains composition (Holocene); 2, sands and gravel (aquifers) with intercalations of clays, in the composition of the Ierului and Jimboliei subsidence plains (Upper Pleistocene-Holocene); 3, sands and gravel (aquifers) in the Șirieci Plain composition (Upper Pleistocene); 4, Loess and loess deposits (aquifers) in the Șemlac Plain composition (Middle-Upper Pleistocene); 5, gravel, sands (aquifers) and clays in the Vinga Plain composition (Upper Pliocene—Pleistocene), 6, clays, marls and sands in the composition of the hill area (Pannonian); 7, limit of geological formations; 8, hydroisohypses of the ground aquifer; 9, hydroisohypses of the deep aquifer developed in the old alluvions of Mureș; 10, isobaths at the cover of deep aquifer; 11, isotransmissivities of the aquifer of the Pleistocene deposits in m^2/day (according to IMH); 12, areas of equal depth of the ground aquifer; 13, flow direction of the ground aquifer; 14, flow direction of the deep aquifer; 15, spring; 16, permanent water course; 17, temporary water course; 18, fresh water lake; 19, accumulation lake; 20, drain channel; 21, dam; 22, marshy soil.

Plate III

Schematic hydrogeological section between Zimandu Nou and Fireteaz localities.

Plate IV

Schematic hydrogeological section between Sînpetru German and Mindruloc localities.
1, gravel; 2, sands; 3, clays.

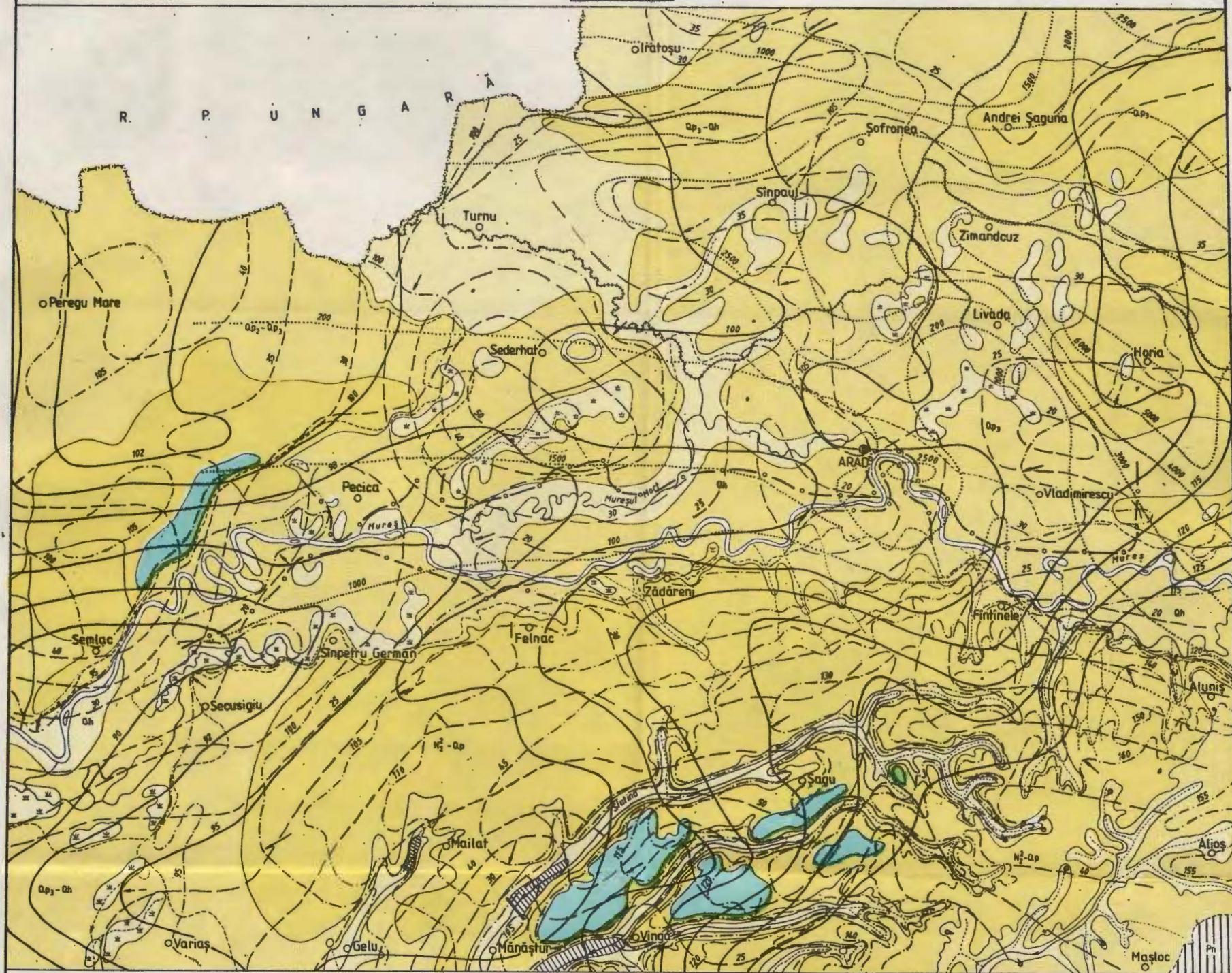




Institutul Geologic al României

HARTA HIDROGEOLOGICĂ A ZONEI SEMLAC - ARAD - ALUNIS

0 1 2 3 4 km



LEGENDA

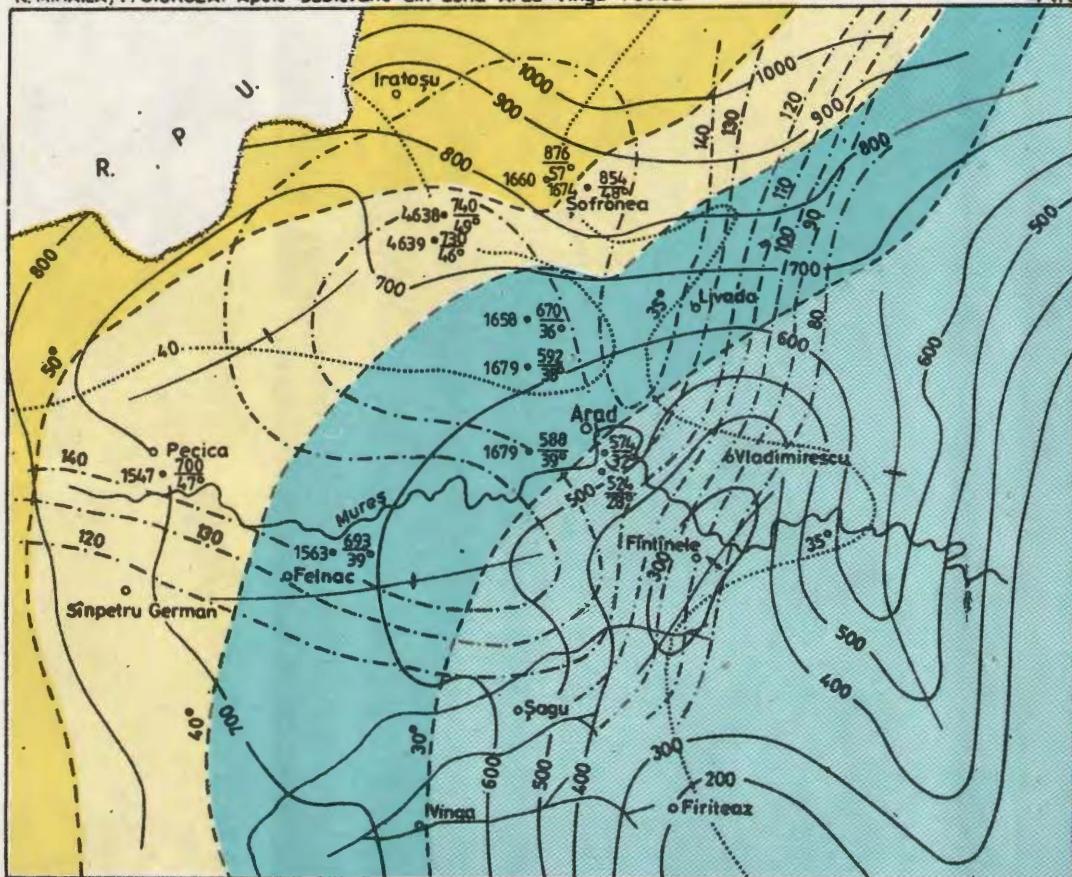
Argile, marne și nisipuri din alcătuirea zonei colinare (Pannonian)	
Pietrișuri, nisipuri (acvifere) și argile din alcătuirea Cimpului Vîngu (Pliocen sup. - Pleistocen)	
Loessuri și depozite loesoide (acvifere) din alcătuirea Cimpului Semlac (Pleistocen mediu - superior)	
Nisipuri și pietrișuri (acvifere) din alcătuirea Cimpului Șiriel (Pleistocen superior)	
Nisipuri și pietrișuri (acvifere) cu intercalări de argile din alcătuirea cimpilor de subsidență ale Ierului și Jimboliei (Pleistocen superior - Holocen)	
Pietrișuri și nisipuri (acvifere) din alcătuirea luncilor (Holocen)	
— Limită de formațiuni geologice	
Hidrolozhipsele stratului acvifer freatic	
Hidrolozhipsele complexului acvifer de adâncime dezvoltat în aluvioniile vechi ale Mureșului	
Izobate la acoperișul complexului acvifer de adâncime	
Izotransmisivitățile complexului acvifer din depozitele pleistocene - m^2/d (după LM.H)	
Zone de egală adâncime a stratului acvifer freatic	
0 - 2 m	
2 - 5 m	
5 - 10 m	
> 10 m	
> 20 m	
— Directie de curgere a stratului acvifer freatic	
— Directie de curgere a complexului acvifer de adâncime	
↓ Izvor	
— Curs de apă permanent	
— Curs de apă temporar	
— Loc cu apă dulce	
— Loc de acumulare	
— Canal de desecare	
— Dig	
* * * Terenuri mișătoase	

PARTICULARITĂȚILE HIDROGEOTERMALE ALE COMPLEXULUI ACVIFER DIN PANNONIANUL SUPERIOR - ZONA ARAD

0 3 6 km

N. MIHAILĂ, P. GIURGEA. Apete subterane din zona Arad-Vinga-Pecica

Pl. I



LEGENDA

- Zone în care apele au temperatură >50°C
- Zone în care apele au temperatură cuprinsă între 40-50°C
- Zone în care apele au temperatură cuprinsă între 30-40°C
- Zone în care apele au temperatură <30°C
- Izobate la baza Pannonianului superior (bază complexului principal acvifer termal)
- Izopahitele complexului acvifer termal
- Izogeotermă
- Izogradient 35°C/Km
- + Ax anticlinal
- x Ax sinclinal
- 4638 740 Foraj care a interceptat stratul acvifer termal
- 4638 Numărul forajului
- 740 Adâncimea bazei Pannonianului superior
- 49° Temperatura complexului acvifer termal

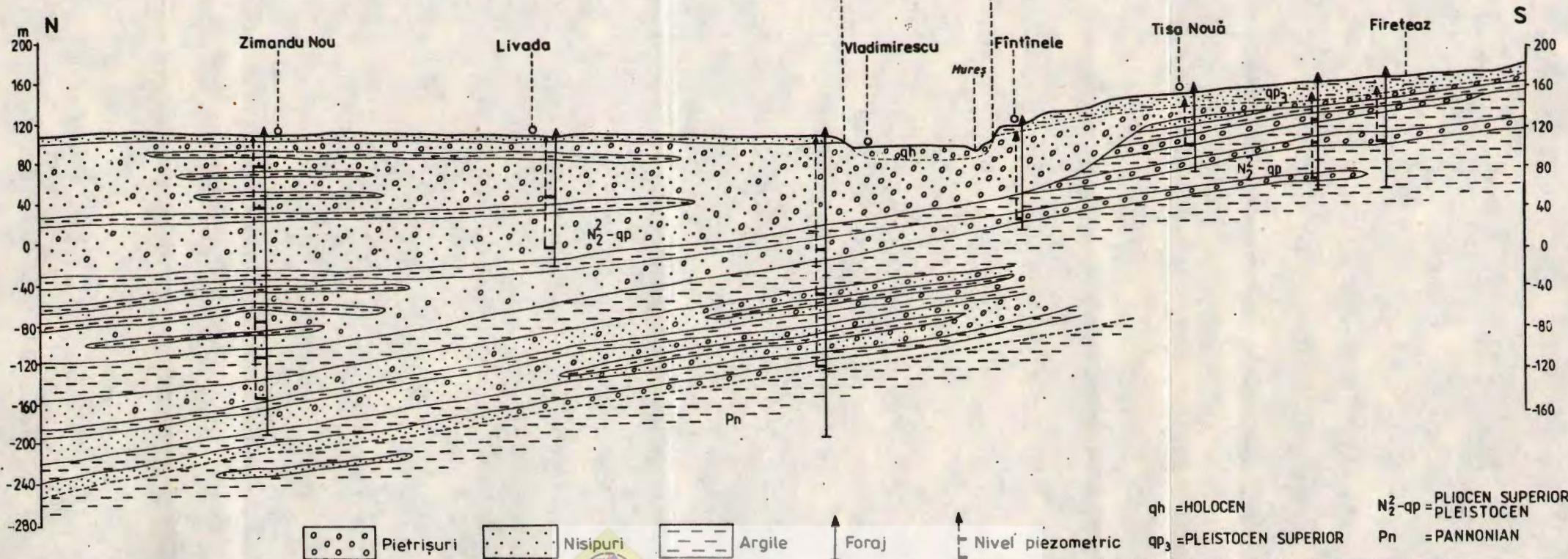
Date de foraj după IFLGS și Ministerul Petrolului



Secțiune hidrogeologică schematică între comunele Zimandu Nou și Fireteaz

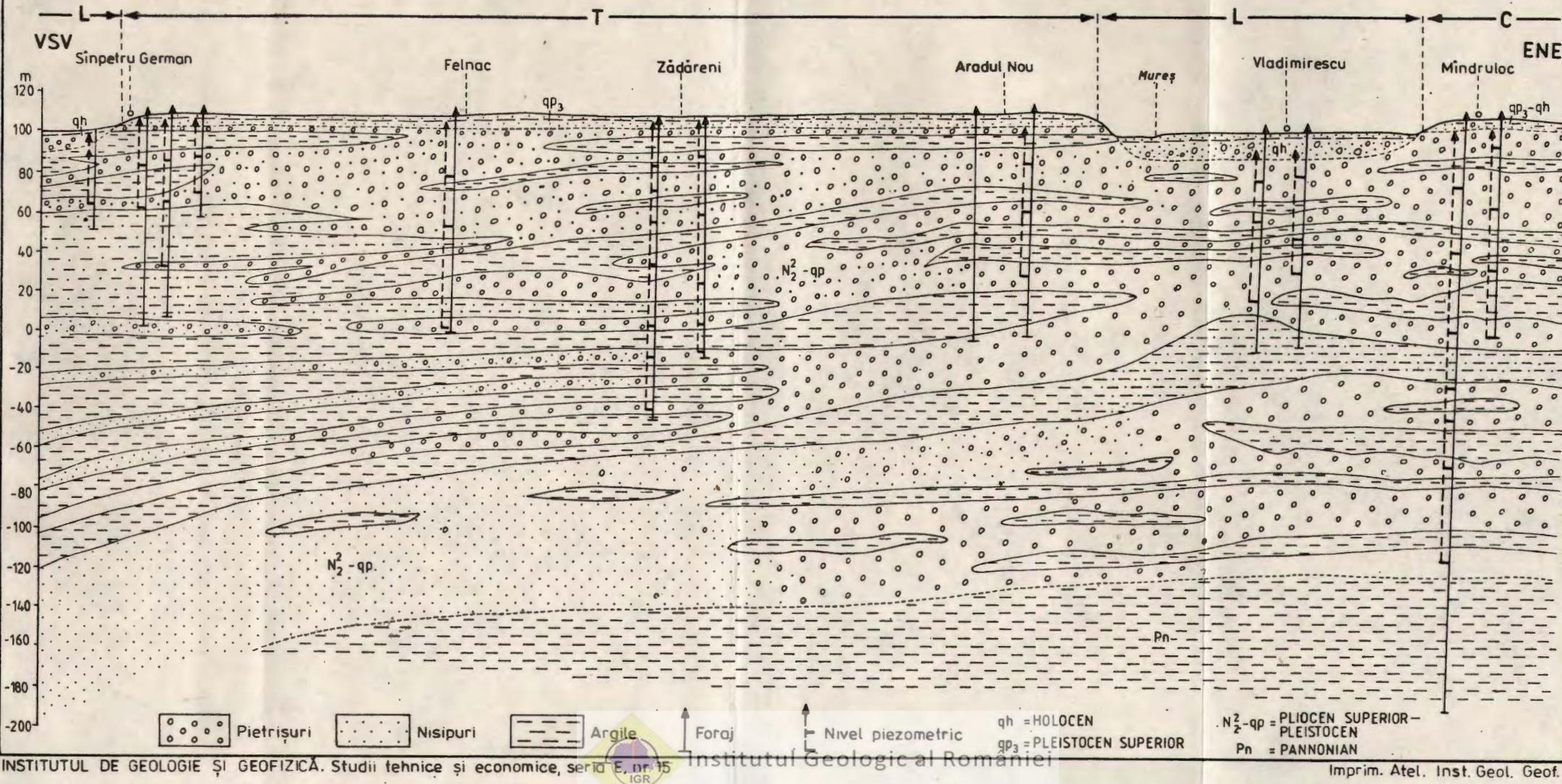
0 1 2 km

C L T



Secțiune hidrogeologică schematică între comunele Sînpetru German și Mîndruloc

0 1 2 km



RESERVOIR MODEL OF THE ORADEA GEOTHERMAL RESOURCE AREA DEDUCED FROM THE GEOLOGICAL, CHEMICAL AND THERMAL DATA¹

BY

RAMONA PLAVIȚĂ²

Geothermal reservoirs. Thermal waters. Models. Aquifers. Triassic. Carbonate rocks. Permeability. Fractured formations. Thermal fluid flow. Pannonic Depression — Area between Mureș and Crișul Repede — Area between Crișul Repede and Oaș.

Abstract

The Oradea hydrogeothermal area works off the Triassic thermal aquifer. The reservoir is of the fractured type, the fractures affecting limy and dolomitic rocks. Certain hydrogeological, chemical and thermal peculiarities of the geothermal system attest the existence of an important natural supply of the aquifer, through the eastern and north — north — western frontiers of the area. An ideal model of the reservoir is presented, based on thermometric data mainly. The model is made up of a main flow system, represented by preferential ways of flow of the vertical fault type, with high permeabilities and by a secondary flow system made up of horizontal fractures, possible stratification surfaces. This model is useful for the evaluation of the cooling of the reservoir in case the reservoir heat is worked off by injection of thermically worn-out water in the reservoir.

Résumé

Modèle de gisement du périmètre hydrogéothermale d'Oradea déduit à base de données géologiques, chimiques et thermométriques. Le périmètre hydrogéologique d'Oradea assure l'exploitation de l'aquifère thermal triasique. Le collecteur est de type fissuré, les fractures affectant des roches calcaires et dolomitiques. Certaines particularités hydrogéologiques, chimiques et thermiques du système géothermal attestent l'existence d'une importante alimentation naturelle de l'aquifère par la frontière est et nord-ouest du périmètre. On présente un modèle idéalisé du gisement, basé surtout sur des données thermométriques. Le modèle est constitué d'un système principal d'écoulement, représenté par des voies préférentielles d'écoulement du

¹ Received November 1, 1985, accepted for communication and publication November 12, 1985.

² Institutul de Geologie și Geofizică, str. Caransebeș nr. 1, R 79678, București 32.



type de la faille verticale, à perméabilité élevée et d'un système secondaire d'écoulement formé par des fractures horizontales, de possibles surfaces de stratification. Ce modèle est utile pour estimer le refroidissement du collecteur au cas où la chaleur du gisement est exploitée par l'injection d'eau usée du point de vue thermique dans le réservoir.

1. Introduction

Geothermal resource area means a part of a thermal aquifer equal to the drainage zone. However the limitation of the geothermal resource area is based mostly upon geological and geophysical data because the drainage zone depends on many uncontrollable factors, especially in the case of fractured reservoirs.

In order to describe a reservoir model we have to indicate the limits of the geothermal resource area, the boundary characteristics, barrier or permeable, as well as flow directions and velocities inside the aquifer.

2. The Summary of Geological Evolution

In the Oradea area during the drilling of the thirteen existent wells, we met all the formations of the alpine cycle, from Pannonian to the Lower Triassic. In the paleoalpine stage this territory developed in the north of the Bihor-Codru geosynclinal. During this process the typical formations of the Bihor Autochthonous were deposited. After the overthrusting of the Codru Nappe and the dismembering of the anterior trench, the Oradea area was included in the sinkings that formed the Neocretaceous Depression of Borod.

After a long Paleogene-Lower Miocene up-lift, a Badenian transgression took place and beginning with this event the zone evolved up to the present inside the Pannonian Depression.

3. Hydrogeological Model

The aquifer is contained in rocks of Triassic age. In the case of Bihor Autochthonous, sedimentation was continuous from Scythian up to Ladinian. The Triassic began with the detrital deposits in facies of Werfen. After that, the sedimentation became mainly carbonated. In the Lower Anisian the lagoonal medium permitted massive setting up of primary dolomites. In the Upper Anisian and Ladinian the sublittoral medium favored deposition of limestones. This sedimentation of limestones was interrupted by short episodes of clay formations (the shales of Peștiș and Vida), (Cohut et al. 1985),.

Structural map (Fig. 1) shows tectonics of the zone, indicating the boundaries through faults and the compartmentation of the aquifer, but because of the great thickness of it, the internal faults do not interrupt the continuity of the Triassic.

The waters of the Triassic aquifer, in artesian flow, have temperatures between 65–100°C, flow rates of 5–30 l/s and a very low total mineralization related to the depth, 900–1500 mg/l. The ionic composition,



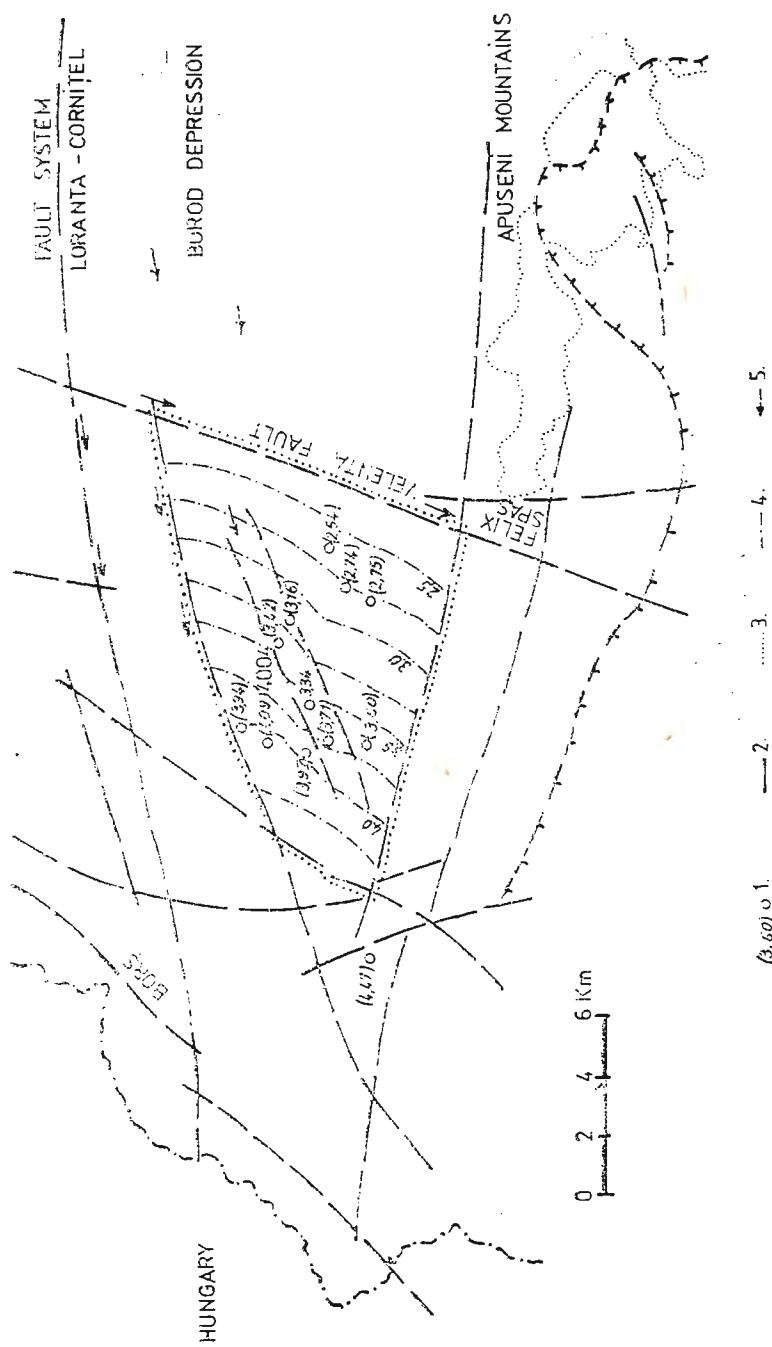


Fig. 1 — The Oradea geothermal resource area in the regional tectonic ensemble and the mean geothermal gradient of Triassic collector. 1, mean geothermal gradient for the collector ($^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$); 2, fault; 3, the boundary of the geochemical resource area; 4, geothermal isogradient; 5, flow directions.

the minor elements spectrum, the high radioactivity and the content of rare gases indicate an active underground circulation, paths partially in contact with the Crystalline basement and with eventual contribution of juvenile gases.

According to these as well as to the hydrogeological conditions there is a net distinction between Oradea and Bors geothermal resource areas, this last one having fossil waters in the same Triassic rocks.

The water storage and circulation system is a fissured one, this notion meaning preexistent or enlarged stratification surfaces, enlarged by dissolution, meaning lithoclasses of different natures, faults and breccias in their planes.

Inside the aquifer there is a continuous flow of water toward the zone of natural discharge at 1 Mai-Felix Spas. The maintenance of this system through geological ages means the permanent compensation of the discharged flow rate (250–300 l/s). We consider that the aquifer has a natural refilling, mainly through the north-eastern, northern and north-western boundaries of the geothermal resource area. This aquifer is contained in the Mesozoic regional hydrostructure of the Pădurea Craiului Mountains, where a considerable deficit of the hydrological balance was observed.

4. Some Remarks Upon the Reservoir Pathways Based on Thermal Data

In the Oradea geothermal resource area, ranging over a distance of only 12 km, the reservoir temperature is varying, along an east-west profile, between 75 and 111°C, at the same isobathic depth of 2400 m. Although the Oradea area is situated at the Pannonian Depression border and this fact supposes a decreased heat flow due to the thickening of the Earth crust, these great variations of temperature on such a limited area prove the existence of an intense flow inside the reservoir.

4.1. The Main Flow System

The intense flow inside the collector was generated by the occurrence of the discharge zone at the 1 Mai—Felix Spas.

The most active part of the geothermal resource area is the eastern border of it, especially the Velența fault, a major one, with an orientation N 10°E and the fault amplitude of 150–200 m at the collector level. The Velența fault is also the eastern geophysical border of the Pannonian Depression.

The collector geothermal gradient map is shown in figure nr. 1, which indicates a constant increase of this gradient from east to the west, (2.5–4.5°C/100 m) the isogradient lines being parallel to the Velența fault. This suggests an uniform cooling from the fault to the interior of the area.

The pronounced cooling of the faulted zone was illustrated through vertical fault model, by Pruess, Bödvarsson (1983). The cooling depends primarily on the fracture permeability, as shown in figure nr. 2, which



also gives the model parameters. Thus, in only one year of permanent flow, at the high permeabilities, a strong cooling is noticed.

If we take a similar situation on the Velența fault (Fig. 3) a fault reactivated in different tectonic cycles and by consequence with possible

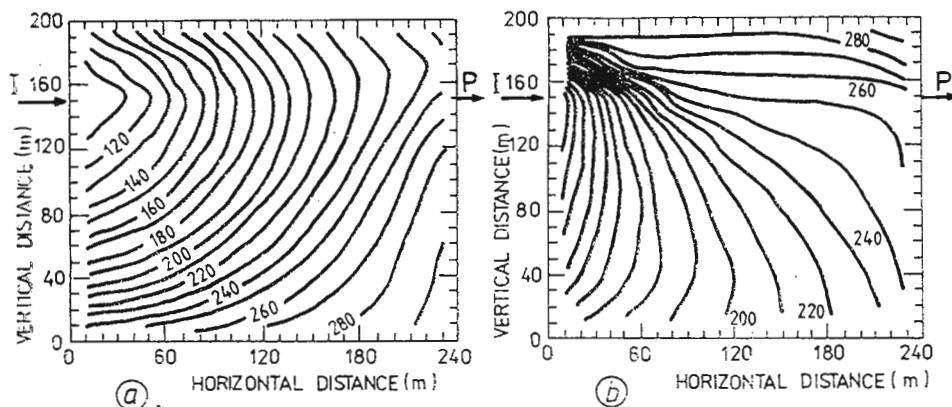


Fig. 2 — Temperature ($^{\circ}$ C) contours in the fracture plane after one year of production-injection (after Pruess, Bödvarsson, 1983) for fracture permeability of 50 Darcy (a) and 500 Darcy (b); I, injection point; P, production point.

physical parameters alike to the model (permeabilities of hundreds Darcy), with the refill point in the north-east of the area and the discharge point at the 1 Mai—Felix Spas, the fluid flow may cool down the fault zone. This cooling is then transmitted mainly by induction into the geothermal area.

Any other structural faults of the Oradea zone can also constitute preferential pathways, especially the Loranta-Cornițel fault (Fig. 1), but we consider only the well-known faults inside the geothermal resource area, with the orientation N60°E as being preferential pathways.

The fact that these faults are preferential pathways is stressed by the thermal data of the well nr. 4004 Oradea, which indicate the decrease of collector temperature by 10° C after a period of six years of continuous natural flow, with a flow rate of 12 l/s.

4.2. The Secondary Flow System

The interference test data for the Oradea geothermal resource area indicated a sudden response of all wells to the flow of a central well. Therefore we suppose the existence of another flow system, different from the vertical fault type.

On the basis of the temperature measurements made in the flowing wells, water influx zones were identified, these being very narrow and situated at almost the same depths in the interval of 2300—2760 m, as shown in table 1.

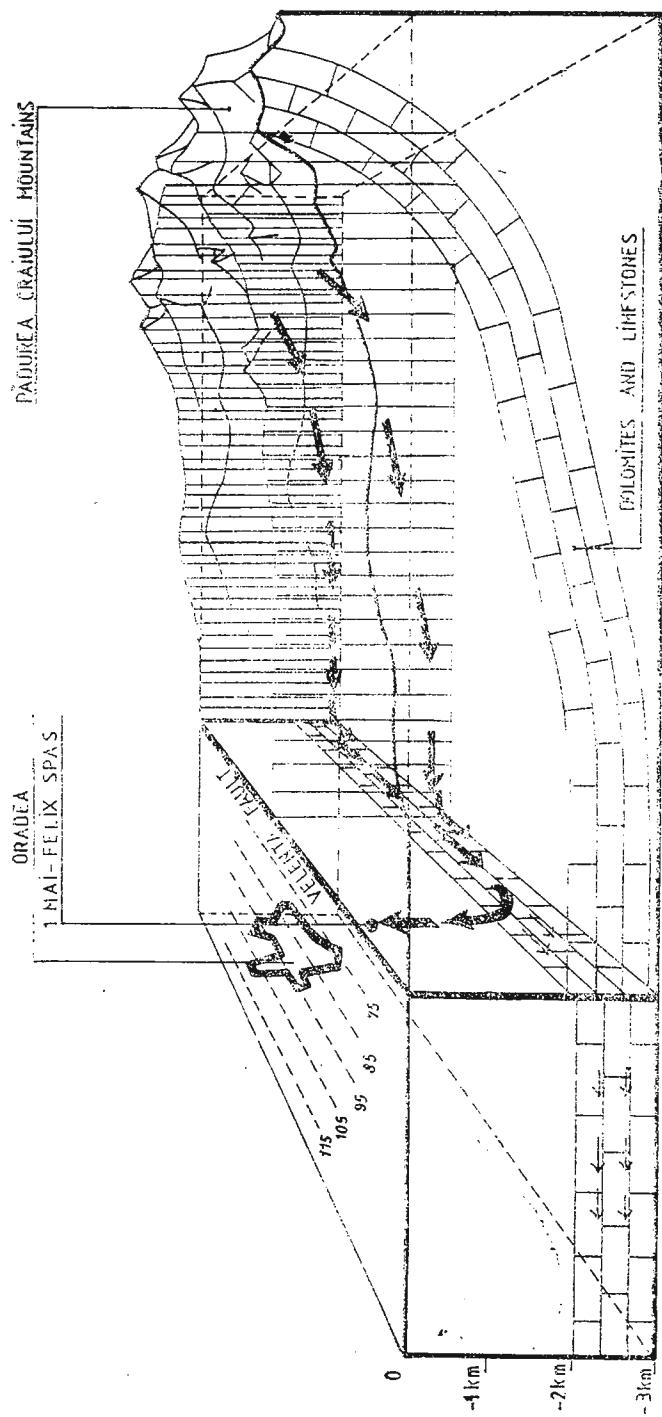


Fig. 3 – Conceptual model of the Oradea geothermal area. 1, main, flow directions; 2, secondary flow directions; 3, geoisotherms (°C) at the -2100 m level.

TABLE 1

The frequency of water influx zones at the same depths in the Oradea wells

Depth (m)	2300	2350	2400	2500	2600	2700	2760
Number of influxes	2	2	4	2	3	3	1

This uniform distribution suggests the existence of another supplementary flow system, made up from seven horizontal fractures with intervals of almost 100 m between them. These fractures are probably stratification surfaces which are as large as the geothermal area, but from a mechanical point of view with smaller aperture and therefore less permeabilities. The model of horizontal fractures, (Bödvarsson, Chin Fu Tsang, 1981) was applied to the temperature data of the Oradea, well nr. 4004 but the results were unrealistic, that is the refill point was indicated as being at 37 m from the well in order to have such pronounced and rapid cooling and this is not possible.

In consequence, this horizontal fractured system exists, but it has a minor significance from the point of view of the geothermal fluid flow. However the knowledge of the horizontal flow system is very important for the energy recovery by means of water reinjection into the reservoir. The wells of a doublet must be related through such horizontal pathways to retard the movement of the thermal fronts.

5. Conclusions

The Oradea geothermal resource area is a part of the Triassic carbonated-fractured aquifer and some geological, chemical and thermal peculiarities of it prove the natural refilling of the collector.

The water flow inside the collector is possible through preferential pathways, described by the vertical fault model, with high permeability, as well as through secondary pathways like horizontal fractures.

The real reservoir is certainly more complicated, but a useful insight into the thermal interference can be obtained from idealized models of preferential pathways, including vertical and horizontal fractures.

REFERENCES

- Bödvarsson G. S., Chin Fu Tsang (1981) Injection and thermal breakthrough in fractured geothermal reservoirs, *Journ. Geophys. Res.*, 87, p. 1031-1043.
- Cohut I., Paál G., Plavișă R., Tönkö Cs. (1985) Report, archive of the Institute of Geology and Geophysics, Pucurești.
- Pruess K., Bödvarsson G. S. (1983) Thermal effects of reinjection in geothermal reservoirs with major vertical fractures, *L.E.L. University of California, SIE 58th Annual Technical Conference and Exhibition*, San Francisco.



MODELUL DE ZĂCĂMÎNT AL PERIMETRULUI HIDROGEOTERMAL ORADEA DEDUS PE BAZA DATELOR GEOLOGICE, CHIMICE ȘI TERMOMETRICE

(Rezumat)

Perimetru hidrogeotermal Oradea exploatează acviferul termal triasic. Colectorul este de tip fisurat, fracturile afectând rocile calcaroase și dolomitice. Anumite particularități hidrogeologice, chimice și termice ale sistemului geotermal atestă existența unei însemnante alimentări naturale a acviferului, prin frontiera estică și nord-nord-estică a perimetrului.

Harta structurală indică tectonica pronunțată a zonei și a colecto-rului, însă continuitatea acviferului nu este întreruptă prin falii, datorită grosimii mari a acestuia (900 m).

Apele geotermale au temperaturi între 65–100°C, debite de 5–30 l/s și mineralizare totală 900–1500 mg/l.

În perimetru hidrogeotermal Oradea, pe o distanță de numai 12 km există variații importante ale temperaturii colectorului, la același nivel izobatic, de la 75 la 111°C, pe un aliniament est-vest. Geoizotermele sunt paralele cu falia Velența, care constituie limita estică geofizică a perime-triului, dar și a depresiunii pannonice. Aceasta sugerează că răcirea a avut loc pe această falie ca urmare a unei circulații intense spre punctul de des-cărcare naturală de la Băile 1 Mai – Felix. Răcirea a fost apoi transmisă în interiorul perimetrului, în principal prin conduction. Falia Velența este considerată ca făcind parte din sistemul preferențial de curgere, de tipul faliei verticale. Datele de temperatură ale sondei 4004 Oradea, situată în apropierea unei falii din perimetru, au indicat răcirea colectorului, cu 10°C, după o perioadă de 6 ani de curgere continuă cu debitul de 12 l/s. Răcirea pronunțată este explicabilă doar prin acceptarea aceluiasi rol, al căii preferențiale de curgere și pentru cele două falii cunoscute din interio-rul perimetrului.

Testul de interferență efectuat pentru sonda Oradea a arătat răs-punsul prompt al tuturor sondelor la pornirea unei sonde centrale, ceea ce presupune o comunicare mai directă și mai rapidă în toate direcțiile. În consecință trebuie să existe și un alt sistem de circulație, diferit de căile preferențiale. Pe baza măsurătorilor de temperatură în condiții dinamice au fost stabilită zonele de flux în sonde. Ele sunt punctiforme și situate la aproximativ aceleași adâncimi în intervalul 2300–2760 m. Aceasta sugerează existența unui sistem de comunicație, aleătuit din fracturi orizontale, echidistante și cu extindere comparabilă cu suprafața perimetrului de exploatare. Sistemul de fracturi orizontale constituie însă o cale secundară de comunicație, având permeabilități mai reduse și nereușind să explice răcirea pronunțată, observată în sonda 4004 Oradea.

Modelul de zăcămînt schițat prin cele două sisteme de curgere, principal (falii verticale) și secundar (fracturi orizontale) este desigur simplificat față de rezervorul real. Acest model este util la estimarea interferenței termice, în cazul în care se proiectează ca exploatarea căldurii zăcămîntului să se facă prin injecția apei uzate termic.



PARAMETRII HIDRODINAMICI AI UNOR SISTEME GEOTERMALE DIN CÎMPIA DE VEST A ROMÂNIEI¹

DE

RAMONA PLAVIȚĂ², IOAN COHUT²

Geothermal reservoirs. Geothermal systems. Aquifers. Hydrodynamics. Physical properties. Fractured. Porosity. Permeability. Pannonic Depression.

Abstract

Hydrodynamics parameters of Some Geothermal Systems in Romania's Western Plain
The hydrodynamic parameters of reservoirs of some geothermal systems in Romanian Western Plain have been determined on the basis of output data, interference tests and research at the closing of some wells. We had interpretable data available for the West Banat's regional hydrogeothermal system, having a porous permeable reservoir and for the Oradea local hydrogeothermal system, having a carbonatic fractured reservoir. The obtained hydrodynamic parameters, given in tables, are: the flow capacity, transmissivity, the storage coefficient and factor and the hydraulic diffusivity. Within the same aquifer, the hydrodynamic parameters are relatively constant, even in the case of reservoirs having a regional extension. The fractured reservoirs have permeability properties at least an order of magnitude larger than porous permeable reservoirs.

Résumé

Paramètres hydrodynamiques de certains systèmes géothermaux de la plaine d'Ouest de la Roumanie. Les paramètres hydrodynamiques des collecteurs de certains systèmes géothermaux de la plaine d'Ouest de la Roumanie ont été déterminés à base des données de production, des tests d'interférence et des recherches à la fermeture de certains puits. On a eu à la disposition des données interprétables pour le système hydrogéothermal régional du Banat d'Ouest, à collecteur de type poreux-pérméable et pour le système hydrogéothermal local d'Oradea, dont le collecteur est de type carbonatique-fissuré. Les paramètres hydrodynamiques obtenus, présentés dans des tableaux sont: la capacité d'écoulement, la transmissivité,

¹ Depusă la 1 noiembrie 1985, acceptată pentru comunicare și publicare, la 12 noiembrie 1985.

² Institutul de Geologie și Geofizică, Str. Caransebeș, nr. 1, R 79678, București 32.



Le coefficient et le facteur d'emmagasinage et la diffusivité hydraulique. Dans le même aquifère, les paramètres hydrodynamiques sont relativement constants, même au cas des collecteurs à extension régionale. Les collecteurs fissurés ont des propriétés filtrantes plus grandes au moins avec un ordre de grandeur que les collecteurs poreux-perméables.

Introducere

Sistemul hidrogeotermal este alcătuit dintr-unul sau mai multe acvifere aflate sub influența unei surse geotermice, care asigură ca temperatura apei la suprafață să depășească 40°C.

Acviferele sunt situate în formațiunile permeabile ale fundaumentului și cuverturii sedimentare, iar roca colectoare este fie de tip poros — gresii, nisipuri — fie de tip fisurat — calcare dolomite, sisturi (Paál et al., 1918).

Sursa geotermică este semnalată prin anomalia pozitivă de flux termic ($85-100 \text{ mWm}^{-2}$) potrivit căreia, depresiunea pannonică este regiunea cea mai „caldă” din Europa centrală și răsăriteană (Dövényi et al., 1983).

Exploatarea sistemelor geotermale se face prin grupări de sonde, iar suprafața drenată de o grupare de sonde constituie un perimetru de exploatare. În Cîmpia de Vest a României au fost realizate pînă în prezent mai multe perimetre, unele în sistemul hidrogeotermal regional situat în formațiunile poroase — permeabile ale Pannonianului superior, iar altele în sisteme hidrogeotermale locale, cantonate în formațiunile poroase, permeabile ale Pannonianului inferior sau în formațiunile carbonatate-fisurate mezozoice.

Exploatarea experimentală a acestor perimetre a constituit sursa primară a informațiilor privind parametrii hidrodinamici ai colectoarelor. În acest scop au fost selecționate datele care corespund condițiilor unor teste de interferență. Testul de interferență se realizează prin punerea în exploatare a unei sonde la un debit constant și urmărirea presiunii în restul sondelor din perimetru, pentru a constata comunicația hidrodinamică a sondelor și a estima parametrii de zăcămînt.

Parametrii hidrodinamici ai sistemului hidrogeotermal regional Banatul de Vest

În sistemul hidrogeotermal regional Banatul de Vest există patru perimetre de exploatare : Lovrin, Tomnatic, Sinnicolau Mare și Jimbolia, primele trei cu cîte șapte sonde, iar ultimul cu cinci sonde. Distanțele dintre sondele aceluiasi perimetru sunt de ordinul sutelor de metri, iar sondele deschid stratele poroase-permeabile din baza Pannonianului superior, depozite pliocene alcătuite din intercalații de nisipuri și gresii cu nisipuri argiloase și marne. Presiunea colectorului situat la adîncimea de 1800 m este de 185 bari, iar temperatura medie 86°C .

Sondele perimetrelui Tomnatic au fost perforate selectiv la două grupări de orizonturi poroase-permeabile, separate printr-un strat gros de 10—30 metri de marne. Pînă la denivelarea actuală a acviferului (cca 3 bari) nu s-a constatat o comunicație hidrodinamică prin stratul separator



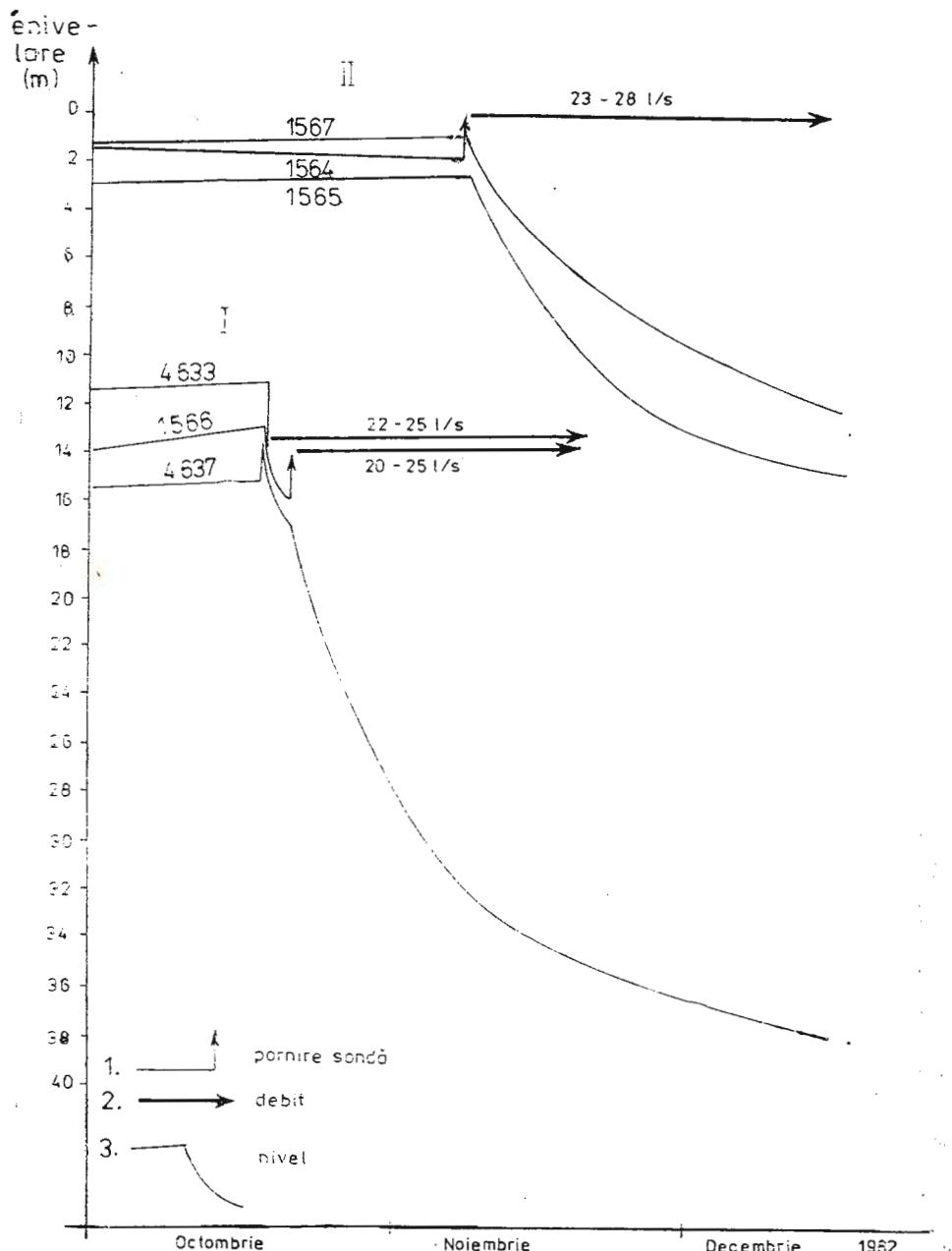


Fig. 1 — Evoluția nivelelor în sondele de observație din perimetrul Tomnatic; complexul I (sondele 4633, 4637, 1566), complexul II (sondele 1567, 1564, 1565).

1, momentul pornirii sondei; 2, debitul sondei active; 3, nivelul (m) măsurat de la sol.

Evolution of levels in observation wells in the Tomnatic area; complex I (boreholes 4633, 4637, 1566), complex II (boreholes 1567, 1564, 1565).

1, moment of the well's starting; 2, active well discharge; 3, level (m) measured at ground level.

marnos și în consecință am tratat cele două grupări de strate drept acifere independente pe care le-am numit complexe. Complexul din bază este deschis prin sondele 4637, 4633 și 1566, iar complexul superior prin sondele 1564, 1567, 1565. În figura 1 este redată evoluția debitelor și a nivelor acestor sonde în perioada octombrie-decembrie 1982, ilustrând lipsa oricărei influențe hidrodinamice dintre cele două complexe.

Buna corelare a orizonturilor perimetrelor învecinate permite extrapolarea acestei situații pe întregul sistem al Banatului de Vest, situație de altfel confirmată și în perimetru Sinnicolau Mare, unde o sondă, inițial deschisă la complexul inferior, a fost redeschisă și produce din complexul superior.

Parametrii hidrodinamici sunt estimări pentru sondele care deschid același complex. Interpretarea cantitativă s-a făcut prin compararea denivelării în sonda de observație cu denivelarea teoretică Theis, (fig. 2a).

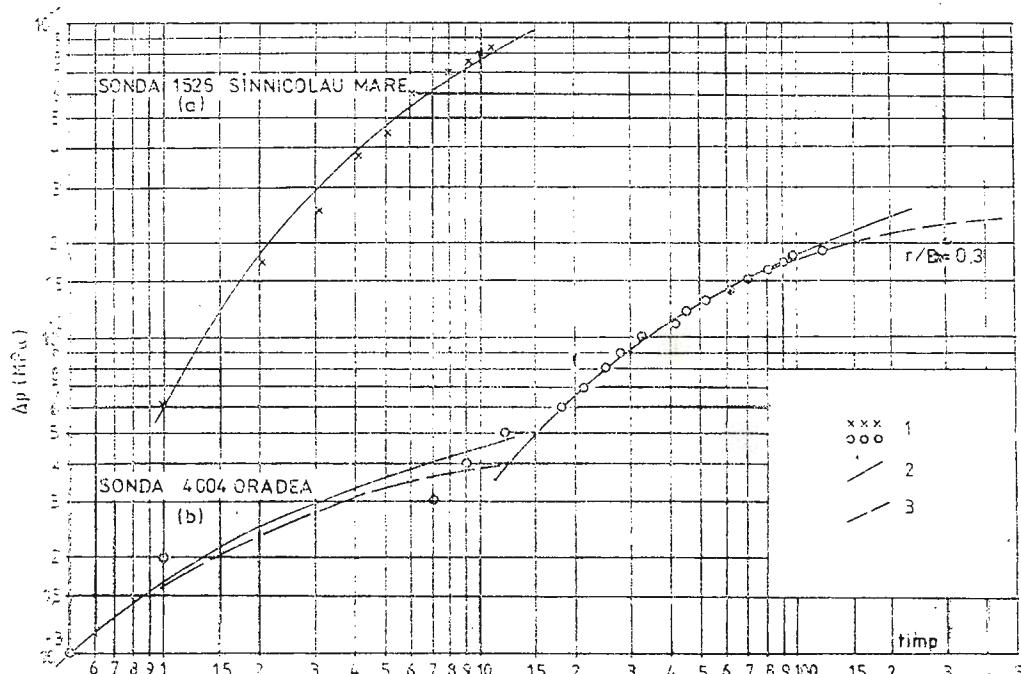


Fig. 2 — Reprezentarea bilogaritmică a depresionării în sondele de observație. 1, valori observate; 2, curbele standard Theis; 3, curbele standard Hantush. Obs.: pentru sonda 4004 timpul este exprimat în ore, pentru sonda 1526 timpul este exprimat în zile.
— Bilogarithrical representation of subsidence in observation wells. 1, observed values; 2, Theis standard curves; 3, Hantush standard curves. Obs.: for borehole 4004 time is shown in hours, for borehole 1526 in days.

Rezultatele sunt redate în tabelul 1, care cuprinde: capacitatea de curgere ($K_p H$), transmisivitatea ($K_t H$), factorul de înmagazinare (ΦeH), coeficientul de înmagazinare (S) și coefficientul de difuzivitate hidraulică (a). Pentru

TABELUL 1
Rezultatele testelor de intererenă pentru sistemul hidrogeotermal regional Banatul de Vest

Perimetru	Complex	Sonda prod.	Sonda obs.	Distanță	Capacitatea de curgere $K_p H$	Transmisivitatea $K_t H$	Factor de înmagazinare ΦCH	Coef. de înmagazinare S	Difuzivitatea hidr. a	Capacitatea de curgere* $K_p H$	m D.m	$10^{-8} m^3 / Pa.s$	$10^{-8} m / Pa.s$	$10^{-4} adim)$	$10^{-8} m^2 / zi$	$m D.m$
												$10^{-8} m^2 / zi$	$10^{-8} m / Pa.s$	$10^{-4} adim)$	$10^{-8} m^2 / zi$	$m D.m$
TOMNATIC	Inf.	4637	4633	770	42690	99,7	1,20	0,97	0,95	10,5	24503	6,7	7,5	0,6	0,6	0,5
		4637	1566	1210	38015	88,7	1,07	0,97	1,30	6,7						
TOMNATIC	Sup.	1564	1565	880	12193	28,2	0,34	4,85	4,60	2,40	9503	1,9	0,5	1,9	0,5	0,5
		1564	1565	880	19972	46,4	0,56	2,55	2,40	3,80						
STINCOLAU MARÉ	Cent.	4645	1225	23362	59,65	0,72	1,21	1,20	1,20	5,1	4,3	1,9	0,4	5,1	0,4	0,4
	Cent.	1521	1522	1650	20929	53,85	0,35	1,32	1,30	1,30						
STINCOLAU MARÉ	Inf.	4631	1521	750	11295	28,99	0,35	1,53	1,50	1,50	14744	1,9	0,4	1,0	1,0	0,4
		4631	1522	1270	9202	23,20	0,28	6,38	6,10	6,10						
ME-DIA	Inf.	1526	1524	1188	11732	29,82	0,36	3,00	2,9	2,9	28256	3,2	3,6	2,4	2,4	2,4
		1521	1521	2173	10667	27,34	0,33	0,89	0,85	0,85						
ME-DIA	Sup.	1521	1522	1725	16234	41,42	0,50	1,20	1,15	1,15	4,631	4,1	1,0	4,5	4,5	4,5
		1521	1526	1850	18404	32,31	0,39	1,42	1,36	1,36						
ME-DIA	Inf.	1526	1526	1000	17248	43,90	0,53	1,13	1,08	1,08	4,631	4,1	1,0	4,5	4,5	4,5
		1521	1522	875	21030	53,85	0,65	2,93	2,82	2,82						
ME-DIA	Sup.	1521	1521	750	18394	47,22	0,57	3,40	3,26	3,26	4,631	1,9	1,5	1,5	1,5	1,5
					19060	47,29	0,57	1,89	1,2	3,9						
ME-DIA	Inf.				13318	30,94	0,37	3,74	3,1	1,0	4,631	4,631	1,0	1,0	1,0	1,0

* Capacităile de curgere obținute prin cercetarea la închidere a sondelor 4633, 1565, 4608, 4631



comparație este menționată și capacitatea de curgere obținută prin cercetarea la închidere a unor sonde din perimetru. S-a notat cu K , coeficientul de permeabilitate, K_f coeficientul de filtrare, H grosimea colectorului, Φ porozitatea, c , coeficientul de compresibilitate.

Media parametrilor hidrodinamici, pe complexe, indică o diferențiere însemnată a proprietăților filtrante ale celor două acvifere, ceea ce este în concordanță cu permeabilitățile medii calculate pe baza analizelor de laborator și a diagramei electrice, care pentru complexul din bază este 1800 mDarcy, iar pentru cel superior 900 mDarcy.

Parametrii hidrodinamici ai sistemului geotermal local Oradea

Sondele perimetrului Oradea drenază acviferul cantonat în calcarale și dolomitele fisurate, de vîrstă triasică. Colectorul este situat la o adâncime medie de 2500 m, căreia îi corespunde presiunea de zăcămînt de 255 bari și temperatura de 97°C.

Testul de interferență efectuat în toamna anului 1984 a dovedit unitatea hidrodinamică a întregului zăcămînt, dar și anizotropia puternică a acestuia, judecind după timpul de reacție a sondelor de observație. Din tabelul 2 se poate constata că sonde situate la aproximativ aceeași distanță față de sonda activă au reacționat la tempi foarte diferiți, iar sonde situate la distanțe diferite au răspuns în același timp.

Alura denivelării sondelor de observație este de tipul colectorului cu porozitate dublă, mai vizibilă în reprezentarea semilogaritmice (Bourdet et al., 1983) (fig. 3). Pentru estimarea parametrilor hidrodinamici s-a uti-

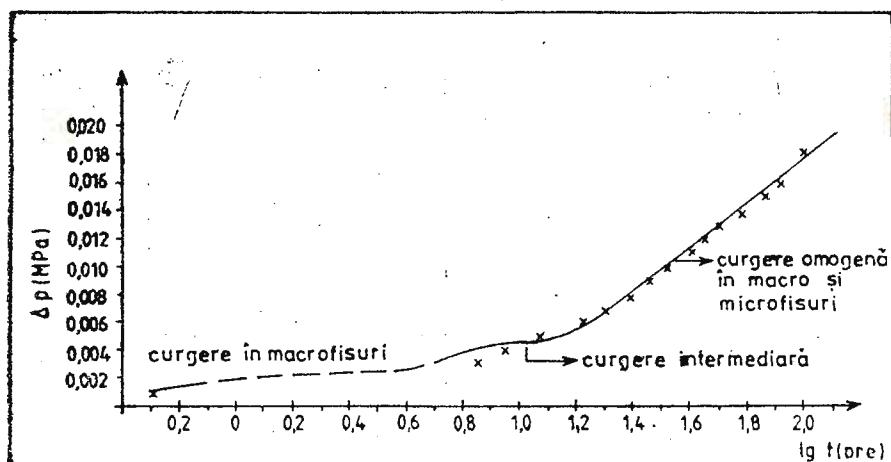


Fig. 3 — Reprezentarea semilogaritmică a depresionării sondei 4004 Oradea.
Semilogarithmical representation of Oradea borehole 4004 subsidence.

lizat doar partea finală a curbei, care se referă la curgerea omogenă în întregul colector — macro și microfisuri — fază inițială nefiind întotdeauna suficient de bine descrisă datorită condițiilor termice nestabilizate care

maschează fenomenul. Interpretarea s-a făcut prin comparare cu denivelarea standard Theis, dar și Hantush (fig. 2 b), în situațiile în care datele de observație justificau considerarea alimentării naturale.

Rezultatele sunt redate în tabelul 2, cu notațiile specificate în tabelul

TABELUL 2

Rezultatele testului de interferență în perimetrul Oradea

Producă sonda 4796 cu debitul $2.506 \text{ m}^3/\text{zi}$, perioada de observație 140 ore.

Sonda de observație	Distanța	Theis				Hantush				Timp de apariție impuls		
		K_pH	$T = K_tH$	ΦcH	a	K_tH	S	a	B			
	m	m D.m	m^2/zi	$10^{-7} \text{ m}^3/\text{Pa.s}$	10^{-8} Pa	$10^{+6} \text{ m}^2/\text{zi}$		m^2/zi	10^{-5}	$10^{+4} \text{ m}^2/\text{zi}$	m	ore
4005	1270	85325	200,5	2,80	7,39	3,27	185,6	6,75	2,8	4233	0,5	
4004	2420	80584	189,4	2,65	5,86	3,91	164,3	4,40	3,7	4850	0,5	
4006	2950	80584	189,5	2,65	8,10	2,83	211,0	6,10	3,4	5900	12,0	
4081	3440	53724	126,3	1,77	4,60	3,32	—	—	—	—	20,0	
4797	3570	72522	170,5	2,38	4,00	5,14	100,2	2,22	4,5	3570	5,0	
1715	5090	25005	58,5	0,82	3,00	2,14	—	—	—	—	40,0	

* Capacitatea de curgere (K_pH) obținută prin cercetarea la închidere a sondelor 4004, și 4006 este 23.796 mD.m și respectiv $6.259 - 7698 \text{ mD.m}$.

1, iar B factorul de drenanță. Cu toată anizotropia semnalată prin testul de interferență, se remarcă dispersia redusă a coeficientului de difuzivitate hidraulică. În consecință zăcământul fisurat poate să fie tratat din punct de vedere hidrodinamic ca un mediu omogen izotrop, realizat prin trei sisteme de fracturi ortogonale echidistante (Pârvu et al., 1978).

Parametrii hidrodinamici obținuți prin cele două curbe teoretice sunt comparabili; valoarea medie a parametrului B este $5\,000 \text{ m}$ indicind o alimentare moderată, însă informația are doar caracter orientativ, având în vedere descrierea insuficientă a denivelării (fig. 2 b).

Concluzii

Parametrii hidrodinamici sunt caracteristici și relativ constanți pentru același acvifer, chiar dacă acesta are extindere regională.

Colectoarele fisurate au difuzivități hidraulice mai mari cu un ordin de mărime față de colectoarele poroase permeabile.

Testele de interferență și cercetările la închidere dau valori comparabile privind capacitatea de curgere a colectoarelor poroase permeabile, dar sunt mult diferite la colectoarele fisurate, subliniind anizotropia acestora și valabilitatea restrânsă a parametrilor determinați printr-o singură sondă.



BIBLIOGRAFIE

- Bourdet D., Ayoub J. A., Whittle T. M., Pirard Y. M., Kniazeff V.** (1983) Interpreting well tests in fractured reservoirs; *World Oil*, 197, p. 77–91.
- Dăvănyi P., Horváth F., Liebe P., Gálfi J., Erki I.** (1983) Geothermal conditions of Hungary. *Geophysical Transactions, Eötvös Lorand Geophysical Institute of Hungary*, Budapest.
- Paál F., Mircescu V., Plavîță R., Mircescu E.** (1981) Raport, arhiva I.F.L.G.S. — G.F.E.A.G. Oradea.
- Pârvu G., Negoiță V., Călin P.** (1978) Petrolul în colectoare fisurate, Ed. tehn., p. 243, București.

HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF SOME GEOTHERMAL SYSTEMS IN THE ROMANIAN WESTERN PLAIN

(Summary)

The hydrodynamic parameters of reservoirs of some geothermal systems in the Romanian Western Plain were established on the basis of output data, interference tests and the research at the closing of certain wells. We disposed of interpretable data for the West Banat's regional hydrogeothermal system and for the Oradea local hydrogeothermal system.

The West Banat regional hydrogeothermal system is made up of the porous permeable aquifers in the Upper Pannonian basis. The average depth of the reservoir is 1800 m, corresponding to the pressure of 185 bars and the average temperature of 86°C. The output data indicated the hydrodynamic separation between aquifers by impermeable marly strata. The hydrodynamic parameters were separately estimated for each aquifer (complex), while their average shows an important distinction between the permeability properties of the complexes, a situation confirmed also by the laboratory analyses on cores.

The Oradea local hydrogeothermal system drains the aquifer in the fractured Triassic limestones and dolomites, lying at the average depth of 2500 m, at this point the deposit pressures being 255 bars and the average temperature 97°C. The interpretation of data took into account only the curve characteristic of the homogeneous flow in macro and micro fractures. In certain situations it was also possible to estimate the degree of the natural supply in the area.

The obtained hydrodynamic parameters given in tables are: the flow capacity, transmissivity, the storage coefficient and factor and the hydraulic diffusivity.

Within the same reservoir the hydrodynamic parameters are relatively constant, even in the case of aquifer with regional extension.

The fractured reservoirs have permeability properties with at least one order of magnitude greater than the porous permeable reservoirs.



**MANIFESTĂRI HIDROMINERALE ÎN FLIȘUL CRETACIC
DINTRE VALEA SABASA ȘI VALEA BISTRĂ, CARPAȚII
ORIENTALI — JUDEȚUL NEAMȚ¹**

DE
OPREA POPESCU²

*Mineral waters. Salt water. Bicarbonate ion. Aquifers. Hydrochemistry. Flysch. Cretaceous.
Structural controls. Fractured system. Hydrogeologic maps. East Carpathians — Inner
flysch area — Stânișoara Mountains — Ceahlău Mountains*

Abstract

Hydromineral Manifestations in the Cretaceous Flysch between the Sabasa and Bistra Valleys, South Carpathians, Neamț district. The mineral waters belong to the bicarbonate ion and chlorine ion chemical types and owe their mineral charge to the contact with rocks containing carbonates, formation waters or evaporite deposits. The appearance of mineral springs is conditioned by major fractures in the area.

Résumé

Manifestations hydrominérales dans le flysch crétacé entre valée Sabasa et valée Bistra, Carpathes Orientales, district de Neamț. Les eaux minérales appartiennent aux types chimiques biocarbonaté et cloruré et doit sa charge minérale au contact avec des roches qui contiennent des carbonates, eaux de gisement ou accumulations d'évaporites. L'apparition des sources minérales est conditionnée par les fractures majeures de la région.

Introducere

Regiunea cercetată se situează în partea de vest a județului Neamț, între valea Sabasa și valea Bistra și cuprinde depozite aparținând pînzei de Ceahlău, pînzei Flișului Curbicortical și pînzei de Audia.

Cu studiul geologiei acestui sector de fliș carpatic s-au ocupat, printre alții, Athanasiu (1905, 1907), Atanasiu (1928), Cernea (1958), Alexandrescu (1971) și mai recent Săndulescu et al., (1979).

¹ Depusă la 6 mai 1985, acceptată pentru comunicare și publicare la 14 mai 1985.

² Institutul de Geologie și Geofizică, str. Carașebeș, nr. 1, R 79678, București 32.



Datele hidrogeologice existente au caracter general (Atanasiu, 1939; Pricăjan, 1972) sau se referă la arii restrinse din partea de sud-vest a regiunii (Tuduri — Saabner, 1902; Crasu, Cociașu, Manole, 1952; Preda, 1973; Preda, Pelin, 1975).

Exceptând ivirile hidrominerale din bazinul Pinticului, cursul superior al Bistrei și pîrul Primătar (tab. 1) toate celelalte iviri sunt localizate și analizate pentru prima dată.

Considerații hidrogeologice generale

Observațiile de teren coroborate cu interpretarea rezultatelor a cca. 60 de analize chimice de ape, ne îndreptătesc să considerăm că acumularea apei subterane în depozitele ce aflorează în regiune este controlată atât de factori litologici cât și structural-tectonici. Aspectul litologic cel mai frecvent este dat de alternanța mai mult sau mai puțin strinsă și regulată de marnocalcare, arenite sau rudite cu pelite sau lutite, dar nu lipsesc nici situațiile în care compoziția litologică a depozitelor este mai uniformă, predominant arenitică sau ruditică. În același timp, indiferent de alcătuirea litologică, circulația apei este facilitată practic de fisuri și fracturi, porozității rocilor revenindu-i un rol cu totul subordonat în acest sens.

Tinind seama de aspectele de mai sus, separăm în regiune, din punct de vedere hidrogeologic două categorii de acumulări acvifere³; în colectori fisurați, uniformi litologic și în colectori fisurați, neuniformi litologic.

Colectorii neuniformi litologic dețin ponderea și sunt reprezentați în principal prin depozite de fliș grezos, fliș marnocalcaros sau fliș și stoss (planșa). Aceștia prezintă o fisurăție și fracturare variabilă, avansată la nivelul marnocalcarelor,ruditelor și arenitelor și redusă la nivelul pelitelor sau lutitelor care îngreunează sau chiar împiedică comunicările hidraulice, marcând caracterul discontinuu al acumulărilor.

Colectorii din cea de-a două categorie, constituți din depozite exclusiv arenitice sau ruditice cu dezvoltare areală restrinsă (planșa) sunt mai uniform fisurați și fracturați, fapt ce asigură o oarecare continuitate acumulărilor acvifere.

Se manifestă deci în regiune o diversitate de situații hidrogeologice, datorată conjugării factorilor litologici și structurali, astfel încît acumulările de ape subterane apar foarte diferite ca regim de circulație, extindere, volum și importanță.

Reținem totuși că dintre cele două categorii de colectori, comparativ, cei uniform litologic sunt susceptibili de acumulări acvifere relativ mai însemnate.

Oricare ar fi însă colectorul, se pot distinge, pe baza urmăririi variației debitelor și chimismului, două grupe majore de ape; ape care circulă și se mineralizează în zone superficiale și ape care circulă și se mineralizează în zone profunde.

Apene din prima grupă au debite cuprinse între 0,01 și 0,3 l/s — ivoare legate de acumulările din colectorii neuniformi — și pînă la 3 l/s —

³ Nu avem în vedere acumulările acvifere din colectorii granulari neconsolidați (lunci și terase).

TABELUL 1

Localizare	Autor	Anul	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ³⁺	HBO ₃	CO ₂	H ₂ S	Min. totală	ph
mg/l																		
P. Argeșia	Stenner *	1856	16,0	—	—	49,1	1908,1	380,7	12,5	—	267,6	44,1	10,0	—	2180,0	—	4948,7	—
	Preda Pelin	1975	17,7	1,0	ab.	73,0	1061,4	184,1	9,8	ab.	136,3	53,5	0,1	u.	466,4	—	2007,1	7,0
P. Tir- șoara	Stenner *)	1856	368,5	—	—	14,0	2203,3	815,0	16,2	—	160,4	34,0	4,3	—	2000,0	—	5619,6	—
	Preda Pelin	1975	30,4	1,0	3,0	61,4	4113,8	1327,1	74,5	7,0	240,5	43,8	3,4	10,1	1372,8	—	7468,8	7,0
P. prima- tar	Preda Pelin	1975	134,7	ab.	ab.	201,6	1757,1	536,7	20,7	ab.	76,5	110,8	0,1	30,3	651,2	—	3524,8	6,7
P. Bistra	Preda	1973	686,0	—	—	34,6	476,0	380,2	0,3	—	89,4	80,6	—	—	22,0	3,2	1781,3	7,6

*) din Grasu, Manole Coceașu (1962)



izvoare legate din acumulările din colectorii uniformi — variabile în timp și, mai mult sau mai puțin dependente de regimul precipitațiilor. Analizele chimice relevă cantități reduse de săruri dizolvate. Acestea sunt ape de origine vadoasă.

Apele din cea de-a doua grupă prezintă debite mult mai mici, de regulă sub 0,1 l/s și mai constante, cu o mineralizație totală uneori impresionantă, de ordinul sutelor de grame. Ele reprezintă apele de origine profundă.

Asupra genezei ambelor grupe de ape vom reveni în capitolul cu privire la apele minerale. Aici mai menționăm doar că sunt situații cînd au loc amestecuri, cu predominarea elementelor unei grupe sau ale alteia, care complică aspectul hidrochimic al apelor din regiune.

Referitor la zonele de alimentare observăm că acestea sunt limitate la ariile de fisură și fracturare mai intensă ale depozitelor colectoare care, în general, se suprapun sau sunt foarte aproape de zonele de descărcare ale acviferelor.

Apele minerale

1. Răspindire

Segmentul de fliș carpatic în discuție prezintă un interes deosebit din punct de vedere al apelor minerale, atît sub aspect balneologic cît mai ales prin problemele de ordin geologic ce le ridică încercarea de a da o explicație asupra genezei lor.

Ivirile hidrominerale identificate, deși au o distribuție areală neuniformă, urmăresc în general, o serie de elemente structurale majore; analiza hărții evidențiind eșalonarea lor pe trei aliniamente orientate NV—SE (plansa).

TABEL
Compoziția chimică a apelor minerale

Nr. probă	Localizare	Cota	Q	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺
		(m)	(l/s)						mg/l		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	V. Sabasa	700	0,02	14,2	ab.	ab.	40,3	353,8	21,0	3,9	u.
2	V. Sabasa	690	0,02	14,2	ab.	ab.	49,9	268,4	11,0	3,7	a b
3	V. Sabasa	760	0,01	22694,4	6,0	2,4	236,4	256,2	10015,4	227,5	70,
4	P. Pîntei	820	0,01	127,6	ab.	ab.	28,8	463,2	72,4	6,51	u.
5	P. Pînți	800	0,01	29875,1	35,1	1,0	38,4	219,6	12716,8	226,0	80,
6	Mădei	690	0,02	35,5	ab.	ab.	38,4	463,7	30,0	4,5	ab.
7	V. Farcașa	730	0,01	31204,8	5ă0	1,0	115,2	183,0	13473,0	245,5	80,
8	V. Farcașa	600	0,01	23580,9	10,0	0,8	57,6	24,4	10169,3	163,5	20,
9	V. Farcașa	700	0,01	148,9	u.	0,2	42,2	463,7	154,5	3,5	2,0
10	V. Stejaru	630	0,01	07565,4	20,0	5,0	92,1	134,0	30978,1	221,5	ab.
11	V. Stejaru	630	0,01	14,2	ab.	ab.	10,6	305,0	1,4	1,4	ab.
12	P. Bușmei	830	0,02	10,6	ab.	ab.	44,2	353,8	11,1	2,5	ab.

¹ Analizele chimice au fost executate de către un colectiv de chimici din cadrul I.P.G.G., condusă de



Aliniamentul intern (vestic) grupează cîteva apariții din vecinătatea liniei Central-carpatică.

Aliniamentul median, cu un mare număr de iviri, ocupă o zonă mai largă de o parte și de alta a contactului dintre stratele de Sinaia și stratele de Bistra. În ceea ce privește raportul dintre aceste formațiuni amintim că Băncilă (1958) îl consideră, cel puțin între Borca și valea Bicazului, ca fiind probabil de natură tectonică. Cercetări recente (Săndulescu et al., 1979) au stabilit cu certitudine contactul prin falie între stratele de Sinaia și stratele de Bistra, deocamdată numai la sud de valea Bistricioarei. Apariția izvoarelor minerale în aliniamentul median pare să confirme continuarea acestei fracturi și mai spre nord, pînă la valea Sabasa.

În sfîrșit, aliniamentul extern (estetic) urmărește îndeaproape traseul altor trei linii tectonice majore: linia Audia, linia Internă și linia Lutu Roșu (planșa).

2. Chimismul apelor minerale

Din punct de vedere al compoziției chimice, apele minerale din regiune se raportează tipurilor bicarbonatată și clorurată. Între ele există, așa cum se va vedea, diferențieri esențiale nu numai chimice, ci și genetice.

2.1. Apele minerale bicarbonatace

În apele bicarbonatace, concentrație maximă are anionul HCO_3^- , urmat de SO_4^{2-} și Cl^- , iar dintre cationi, Ca^{2+} , urmat de Mg^{2+} și Na^+ . Mai sunt prezente ca microcomponenti H_2S , CO_2 , HBO_2 și uneori Br^- și I^- . Se manifestă astfel o gamă diversă de ape minerale bicarbonatate calcice, sodice sau magneziene sulfuroase bromurate sau iodurate, carbogazoase sulfuroase, sau sulfuroase borice. Mineralizația totală a acestor ape este de regulă foarte mică, iar pH-ul neutru sau slab acid (tab. 2). Domeniul de

2

din zona Sabasa-Bistra¹

+	Mg^{2+}	HBO_2	CO_2	H_2S	Min. totală	pH	Caracterizare chimică	
							14	15
3,8	16,3	ab.	17,2	5,9	582,4	6,0	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
1,2	12,9	ab.	16,4	3,4	384,5	5,7	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
2,2	299,1	40,6	158,4	ab.	37744,5	5,3	clorosodică bromoidurată, borică	
3,2	25,3	ab.	52,8	8,9	940,1	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
1,3	316,2	121,5	176,0	—	49001,5	6,0	clorosodică broomoiodurată, borică	
1,5	49,4	ab.	44,0	15,3	777,3	6,5	bicarbonatată magneziiană, sulfuroasă	
1,2	384,3	89,1	176,0	—	6135,8	5,0	clorosodică bromiodurată, borică*	
7,7	345,3	40,5	26,4	—	38385,2	5,0	clorosodică bromiodurată, borică	
	28,7	ab.	17,6	19,6	962,0	6,5	bicarbonatată sodică, sulfuroasă, iodurată	
,5	1858,0	42,5	176,0	—	113913,0	5,0	clorosodică bromoidurată, borică	
	16,0	ab.	44,0	2,7	492,5	6,0	bicarbonatată calcică, sulfurcasă	
	28,7	ab.	44,0	1,0	590,6	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	

st Dorina Tintilă.



(Continuă)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	V. Bistriței	560	0,01	13,5	u.	ab.	13,4	360,0	47,6	3,4	ab.
14	P. Popești	750	0,02	14,1	ab.	ab.	11,6	427,0	15,2	3,4	ab.
15	V. Popești	900	0,02	10,3	u.	ab.	49,9	353,0	15,9	3,2	ab.
16	P. Popești	950	0,15	14,2	ab.	ab.	23,0	317,2	13,3	1,5	ab.
17	V. Farcașa	1040	0,03	7,1	ab.	ab.	44,2	292,8	10,6	2,9	ab.
18	P. Fagu	650	0,03	21,3	u.	ab.	19,2	280,6	19663,3	144,2	ab.
19	P. Fagu	880	0,01	38119,5	30,0	2,5	2,9	268,4	20,9	4,8	ab.
20	P. Fagu	930	0,01	7,1	ab.	ab.	132,5	390,5	20,9	4,8	ab.
21	P. Vremenita	550	0,01	14,2	ab.	ab.	10,6	305,0	1,4	1,4	ab.
22	P. Vremenita	630	0,01	14,3	ab.	ab.	366,1	4408,4	44,0	6,0	ab.
23	P. Vremenita	750	0,01	8829,5	3,0	1,5	24,9	280,6	234,6	3,4	ab.
24	P. Cornu	870	0,01	340,4	u.	0,1	149,7	344,7	23,9	6,0	ab.
25	V. Bistriței	630	0,01	7,1	ab.	ab.	7,6	463,6	7711,2	23,5	ab.
26	P. Glod	670	0,01	13829,4	3,5	0,6	84,5	524,7	51,2	3,8	ab.
27	Letești	650	0,03	10,6	u.	ab.	84,5	524,7	51,2	3,8	ab.
28	P. Duruitor	650	0,01	80494,4	10,0	3,0	67,2	61,0	35515,2	267,5	100
29	P. Ungureni	650	0,01	177,3	ab.	ab.	16,9	414,8	128,9	2,9	ab.
30	V. Bistrițioara	500	0,01	56,7	ab.	ab.	u	451,4	54,4	3,8	1,
31	V. Bistrițioara	650	0,02	14,1	ab.	ab.	55,6	402,6	34,7	2,8	ab.
32	V. Bistrițioara	700	0,01	7,1	u.	ab.	30,7	341,6	12,6	1,9	ab.
33	V. Grințieș	800	0,01	14,2	ab.	ab.	11,5	366,1	10,4	2,5	ab.
34	V. Grințieș	700	0,01	7,1	ab.	ab.	142,1	439,2	16,1	4,5	ab.
35	P. Teascului	850	0,01	42,5	ab.	0,5	55,6	561,2	175,5	285,0	ab.
36	V. Dreptu	750	0,01	10,6	ab.	ab.	5,7	506,4	24,2	2,5	1,
37	P. Schitului	750	0,01	35,5	1,0	ab.	88,3	414,8	78,6	2,6	ab.
38	P. Gheorghe	730	0,05	7,1	1,0	ab.	49,9	353,0	10,6	1,3	ab.
39	P. Schitului	750	0,02	49,6	ab.	ab.					
40	P. Slatina	750	0,02	108153,0	80,0	20,0	7,7	48,8	47057,3	520,0	150
41	Durău	1100	0,02	7,1	1,0	ab.	53,8	463,7	123,2	3,3	ab.
42	P. Dulap	920	0,02	7,1	ab.	ab.	69,1	308,0	14,5	2,3	ab.
43	P. Tîrsoasa	770	0,01	269,4	ab.	0,8	80,6	3819,2	1298,0	60,0	4,
44	P. Arșița	710	0,02	21,2	ab.	ab.	94,1	1354,4	256,0	12,3	ab.
45	P. Borvizel	980	0,02	365,2	—	0,3	105,6	2135,3	811,9	13,0	ab.
46	P. Jgheabu cu Paltini	920	0,01	226,9	u.	0,2	80,6	2843,1	680,9	29,0	1,
47	P. Jgheabu cu Paltini	880	0,01	241,1	u.	0,2	51,8	2464,8	689,6	27,1	ab.
48	P. lui Stan	850	0,02	4893,5	u.	4,0	42,2	646,6	3007,1	16,5	8,
49	P. Bistra Mică	880	0,01	5779,9	—	1,4	105,1	439,3	3643,5	8,7	7,
50	P. Fânturi	750	0,01	14,2	—	ab.	19,2	341,6	7,2	4,3	ab.
51	P. Dolia	900	0,01	49644,0	7,0	10,0	727,6	317,2	22760,3	87,5	14,
52	P. Zlatina	870	0,01	808,5	ab.	0,2	19,2	341,6	371,4	20,2	7,
53	P. Bolătău	820	0,01	5319,0	5,0	0,35	69,1	305,0	2567,7	15,1	2,
54	Poiana Largului	800	0,01	7,1	1,0	ab.	7,7	378,3	6,3	2,5	2,
55	P. Mare	700	0,02	7,1	0,5	ab.	42,2	512,5	49,8	2,8	u.
56	P. Mare	670	0,02	10,6	2,0	ab.	46,1	390,6	11,6	2,0	ab.
57	P. Crucii	920	0,01	10283,4	ab.	0,7	57,6	587,9	4653,9	59,0	50,
58	P. Zlatina	800	0,01	202476,4	2,0	5,0	86,4	61,0	78934,4	219,0	200
59	P. Tărăjeni	950	0,01	20921,4	4,0	2,0	115,2	231,0	8762,2	40,5	16
60	Fundoaia	920	0,03	70,9	1,0	0,2	18,1	549,0	226,1	1,4	u.
61	Glodu	880	0,02	65601,0	25,0	2,0	157,4	256,2	8200,2	23,3	ab.
62	P. Primatar	840	0,03	134,7	ab.	0,2	172,8	1720,5	506,8	20,0	4

Temperatura apelor, măsurată în intervalul mai – octombrie este cuprinsă între 5 și 12° C.



belul 2)

13	14	15	1	6	17	18	19	20
60,1	25,7	ab.	35,2	1,2	601,1	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
80,5	25,2	ab.	26,4	0,3	622,2	6,4	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
73,7	32,6	ab.	35,2	12,3	594,0	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
82,1	12,2	ab.	17,6	0,3	384,6	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
80,9	14,1	ab.	17,6	0,3	486,6	6,1	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
845,7	21,1	ab.	26,6	8,9	522,1	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
70,9	948,5	10,1	26,4	—	62151,8	6,0	clorosodică bromoiodurată, borică	
77,7	22,8	ab.	26,4	0,8	418,7	6,0	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
84,2	42,8	ab.	17,6	0,5	707,4	7,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă iodurată	
709,4	16,0	ab.	44,0	,7	492,5	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
55,3	321,0	u.	818,0	—	14706,3	7,0	clorosodică, bromoiodură	
93,8	20,4	ab.	26,4	2,1	1000,9	6,5	clorosodică, sulfuroasă iodurată	
791,5	40,6	ab.	35,2	2,4	722,0	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
84,2	267,5	10,1	8,8	—	23145,1	6,5	clorosodică bromoiodurată, borică	
84,2	50,1	ab.	26,4	0,3	842,6	7,0	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
9949,2	2062,3	20,2	61,6	—	129615,6	5,5	clorosodică bromoiodurată, borică	
92,2	25,3	ab.	17,6	1,2	896,2	7,0	bicarbonatată sodică, sulfuroasă	
78,5	30,6	ab.	22,0	1,7	721,5	7,0	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
79,3	32,1	ab.	26,4	0,2	653,0	6,8	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
78,5	25,3	ab.	22,0	8,2	538,9	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
88,2	20,9	ab.	44,0	1,0	577,1	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
97,4	56,9	ab.	44,0	2,9	831,0	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
32,8	27,2	ab.	35,2	12,9	951,5	6,8	bicarbonatată sodică, sulfuroasă, iodurată	
97,8	36,0	ab.	44,0	3,8	740,6	6,5	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
81,8	25,2	ab.	35,2	1,7	772,8	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă, bromurată*	
85,0	16,0	ab.	17,6	1,9	552,2	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă, bromurată	
29,2	ab.		17,6	20,0	588,9	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
5230,4	2723,8	26,3	264,0	—	174271,9	5,3	clorosodică bromurată, borică	
37,8	19,9	ab.	26,4	8,9	752,2	6,5	bicarbonatată sodică, sulfuroasă, bromurată*	
72,1	14,6	ab.	35,2	9,5	542,6	6,4	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
214,4	34,5	ab.	716,2	—	6511,1	7,0	bicarbonatată sodică, carbogazoasă, iodurată*	
142,6	75,2	ab.	466,4	—	2427,5	6,5	bicarbonatată sodică, carbogazoasă	
142,7	63,7	—	1262,3	0,7	4920,2	6,5	bicarbonatată sodică, carbogazoasă, sulfuroasă, iodură*	
272,5	129,4	48,6	1594,6	—	5918,1	7,0	bicarbonatată sodică, carbogazoasă, iodurată, borică	
217,3	12,7	46,5	509,9	—	4337,5	6,8	bicarbonatată sodică, carbogazoasă, iodurată, borică	
208,4	87,5	72,9	70,4	—	9081,1	6,2	clorosodică iodurată, borică	
63,3	139,1	—	52,8	—	10334,5	6,0	clorosodică iodurată	
83,4	22,4	—	26,4	0,2	523,7	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă	
7182,3	836,0	10,1	167,2	—	81808,0	6,2	clorosodică bromoiodurată, borică	
58,7	36,9	ab.	44,0	—	1822,8	6,5	clorosodică iodurată	
649,3	145,9	20,2	26,4	—	9140,3	6,5	clorosodică bromoiodurată, borică	
77,7	27,2	ab.	26,4	0,8	543,6	6,3	bicarbonatată calcică, sulfuroasă, bromurată	
82,6	14,6	ab.	30,8	4,1	812,2	6,4	bicarbonatată calcică, sulfuroasă, bromurată *	
82,9	14,6	ab.	30,8	0,5	599,5	6,4	bicarbonatată calcică, sulfuroasă, bromurată	
539,1	211,6	u.	96,8	—	17557,6	6,5	clorosodică, iodurată	
476,4	4183,0	40,5	660,0	—	325354,1	5,2	clorosodică bromoiodurată, borică	
111,0	447,5	u.	193,6	—	34301,7	6,5	clorosodică bromoiodurată	
20,6	5,8	12,1	ab.	4,8	918,1	6,5	bicarbonatată sodică, sulfuroasă*	
811,5	1716,9	20,2	140,0	—	105985,9	6,5	clorosodică bromoiodurată, borică	
76,7	108,9	6,1	996,6	14,6	3774,5	6,5	bicarbonatată sodică, sulfuroasă, carbogazoază, iodurată	

*) fenoli prezenți



variație a chimismului lor este reprezentat în figura 1 pe diagrama-Schoeller-Berkaloff.

După chimism și mineralizație totală, apele bicarbonatare sunt de proveniență meteorică. Infiltrează în subsol, apele circulă discontinuu la adâncimi diferite, în general nu prea mari, prin roci carbonatice (marnocalcare) sau care conțin carbonați (gresii și conglomerate cu ciment calcaros) și dobândesc o sarcină minerală corespunzătoare unui timp scurt de contact apă-roacă.

Microcomponentul specific cel mai frecvent, care le împrină caracter mineral, este H_2S . Acest gaz, după Schoeller (1962), apare ca urmare a

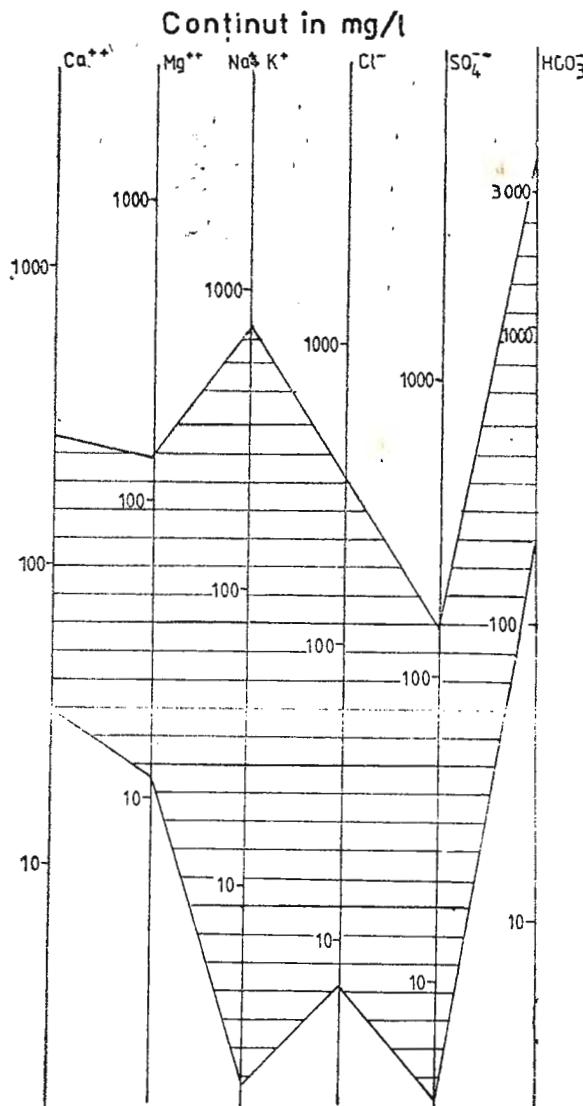


Fig. 1. — Domeniul de variație a chimismului apelor bicarbonatare.
— Variation range of the chemism of bicarbonate waters.

activității biotice a unor bacterii sulforeductoare asupra sulfatilor dizolvăți în apele subterane. Absența sau concentrațiile neînsemnate în sulfati din ivirile bicarbonatate sulfuroase analizate, argumentează o probabilă origine biotică a H_2S din aceste ape.

În cîteva iviri din aliniamentul intern a fost decelat CO_2 în concentrații mai mari decît cele obținute în apele minerale bicarbonatate din regiune (tab. 2). Manifestările carbogazoase în exces din aceste surse se datorează prelungirii în zona flișului a aureolei mofetice a lanțului eruptiv neogen (Geamănu et al., 1971, 1975), planului de încălecare tectonică dintre zona cristalino-mezozoică și zona flișului revenindu-i rol de acces pentru CO_2 .

2.2. Apele minerale clorurate

În apele clorurate anionul Cl^- apare cu o concentrație maximă urmată de HCO_3^- iar dintre cationii Na^+ căruia ii urmează Ca^{2+} și Mg^{2+} . Microcomponentii specifici sint Br , I , HBO_2 , NH_4 și H_2S . Ca o particularitate semnalăm concentrarea redusă în sulfati. Aparițiile hidrominerale clorurate sodice identificate în regiune pot fi deci bromurate, iodurate sau bromoiodurate borice și sulfuroase (tab. 2, planșa). Analiza de gaze dizolvante evidențiază prezența în unele iviri a metanului și/sau omologilor superiori precum și a fenolilor (tab. 2, 3). Mineralizația totală variază în limite excepțional de largi putind ajunge la valori de sute de grame la litru; pH-ul indică în general medii slab acide (tab. 2). Domeniul de variație a chimismului apelor clorurate este reprezentat în figura 2 pe diagrama Schoeller-Berkaloff.

Considerată din punct de vedere al genezei, compoziția chimică a acestor clorurate justifică încadrarea lor în categoria apelor de „tip zăcămînt“.

Astfel de ape au, după Geamănu et al., (1975), o circulație extrem de lentă la adincimi mari, suferind pe parcursul subteran procese chimice modificatoare, mai ales de tipul schimburilor de baze și reducerii sulfatilor, care duc la „metamorfozarea“ intensă a acestora.

Caracterul secundar clorocalcic, valorile subunitare ale raportului Na/Cl (indice de „metamorfozare“) și concentrația scăzută în sulfati ilustrează procesele modificatoare suferite de apele clorurate din regiunea noastră. Totodată microcomponenti ca Br , I , HBO_2 și NH_4 la care se adaugă omologii superiori ai metanului și fenolii, sugerează un contact în profunzime al apelor clorurate cu ape ce însoțesc acumulări de hidrocarburi sau chiar cu eventuale acumulări de hidrocarburi liuide.

Avînd în vedere valorile extrem de ridicate ale unor iviri clorurate din aliniamentul extern (tab. 2, planșa), presupunem că nu sunt excluse nici procese de îmbogățire ale sarcinii lor minerale pe seama contactului cu acumulări de evaporite sau brezia sării. Evaporitele ar putea apartine în acest caz unității de Tarcău, (Preda, 1975) sau unității Cutelor Marginale, fiind conservate sub încălecarea pînzelor flișului cretacic. În ideea de mai sus admitem, de asemenea, că și unele ape clorurate din aliniamentul median au levigat în profunzime acumulări de evaporite, dar aparținând platormei Scitice, avansată mult spre vest pînă la Dacidele Orientale Externe (Săndulescu, 1984).

Examinarea mai atentă a chimismului unora dintre ivirile hidrominereale din regiune evidențiază faptul că, deși prin caracterele generale ele se

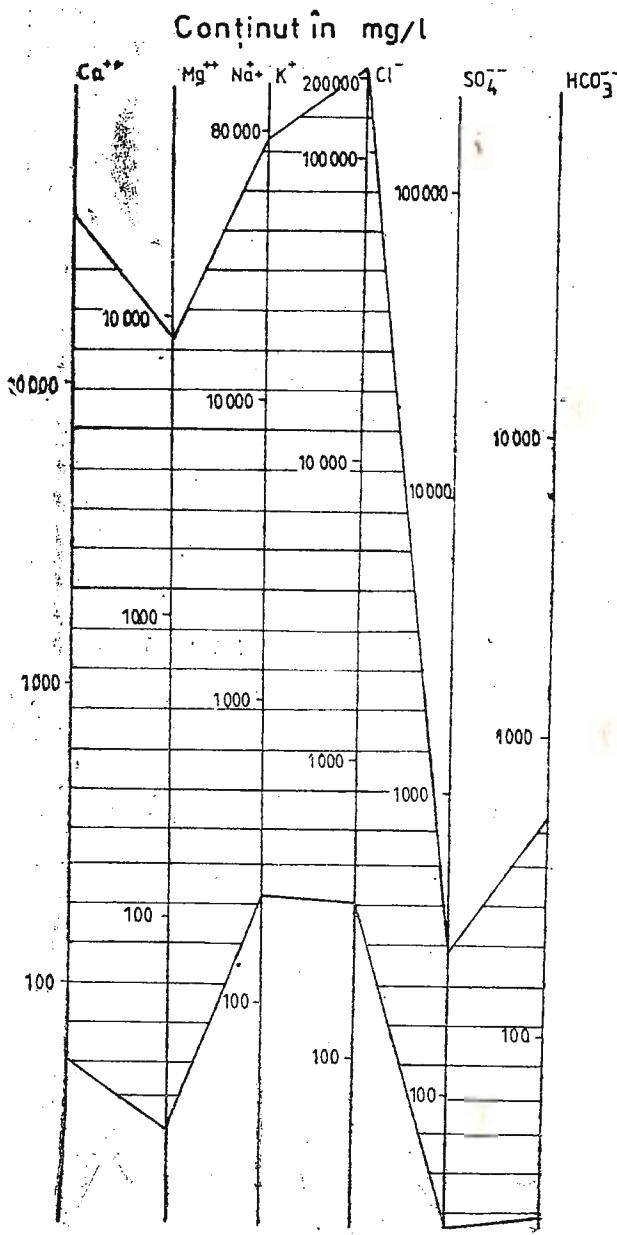


Fig. 2. — Domeniul de variație a chimismului apelor clorurate.
Variation range of the chemistry of chlorine waters.

raportează tipurilor chimice bicarbonatate sau clorurat, fiecare prezintă în același timp și o serie de particularități comune ambelor tipuri. Semnalăm spre exemplificare prezența Br^- , I^- , HBO_2 și NH_4^+ , specifice apelor clorurate, în unele iviri bicarbonatare și mineralizația totală scăzută a unor ape clorurate, paralel cu creșterea conținutului în carbonați (tab. 2).

TABELUL 3
Gaze dizolvate

Nr. probă	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂	O ₂	N ₂	Ar
	%						
5	17,71	0	0	0,03	17,4	64,3	0,74
7	29,4	0	0	2,0	14,4	53,5	0,62
8	8,82	0	0	0,07	19,2	71,0	0,82
10	8,0	0	0	6,8	17,8	66,5	0,7
19	12,1	0	0	2,4	17,8	66,9	0,6
28	6,4	0,05	0,0006	8,1	17,8	66,7	0,76
51	1,3	0,00016	0,00006	4,1	19,8	73,8	0,85

Compoziția chimică a apelor în discuție apare ca rezultat al amestecului, pe parcursul subteran către suprafață, al celor două tipuri majore cu predominarea caracterelor unui tip chimic sau ale altuia. Adesea este vorba doar de diluții sau simple contaminări. Astfel de ape se întâlnesc în toate cele trei aliniamente menționate.

Aparițiile hidrominerale clorurate, ca de altfel și cele bicarbonatace, sunt condiționate de fracturile majore care afectează flișul precum și de o serie de fracturi asociate lor, eşalonarea în lungul acestor accidente tectonice fiind constată și în regiunile învecinate de la nord și sud (Popescu et al., 1978, Goliță, 1969, 1970).

Concluzii

În regiune am separat din punct de vedere hidrogeologic acumulări acvifere în colectori fisurați, neuniformi litologici și în colectori fisurați, uniformi litologici.

Ivirile hidrominerale identificate și analizate nu au o distribuție legată preferențial de o categorie sau alta de colectori. Apariția lor la zi este condiționată de o serie de elemente structurale tectonice din regiune cum sint faliile și liniile de șariaj.

Din punct de vedere chimic apele minerale aparțin tipurilor bicarbonat și clorurat. Caracterul mineral le este conferit de o serie de microcomponenti cum sint: H₂S, CO₂, I, și Br. Apele bicarbonatace sunt de proveniență meteorică. Ele circulă și se mineralizează în zonele superficiale ale depozitelor. Apele clorurate sunt de origine profundă, cu o circulație îndelungată la adâncimi mari, compoziția lor chimică reflectând atât procese modificatoare cât și contactul în profunzime cu acumulări de hidrocarburi sau evaporite.

Ambele tipuri chimice de ape au deosebită importanță balneologică în cura internă sau externă. În plus, urmărirea distribuției ivirilor hidrominerale clorurate în raport cu elementele structurale tectonice, poate fi

un indicator prețios—bineînțeles alături de alte metode de cercetare geologice și geofizice — în orientarea investigării prin foraje de adâncime a zonei interne a flișului, pentru identificarea unor eventuale zăcăminte de hidrocarburi.

BIBLIOGRAFIE

- Alexandrescu G. (1971) Studiul flișului cretacic intern și extern între valea Bistriței și valea Moldovei. Rezumatul tezei de doctorat. Universitatea București, Facultatea de Geologie și Geografie.
- Ion J. (1982) Date paleontologice noi asupra sisturilor negre din pînza de Audia (Carpații Orientali). *D. S. Inst. Geol. Geofiz., LXVII 3 Paleontologie*, București.
 - Anghel E., Popescu O., Lungu, P., Kimmelman A., Brinda V., Surugiu I. (1976) Raport, arhiva Întreprinderii de Prospecțiuni Geologice și Geofizice, București.
 - Atanasiu I. (1928) Etude géologique dans les environs de Tulgheș. *An. Inst. Geol. Rom. XIII*, București.
 - (1939) Distribuția regională și geneza apelor minerale din România. *Rev. Iașul Medical*, IV, 1–9. Iași.
 - Athanasiu S. (1905) Asupra stratigrafiei muntelui Stînișoara din nordul Moldovei. *Bul. Soc. St.*, **Anul XIV nr. 1–4**. București.
 - (1907) Cercetări geologice în regiunea internă a Carpaților de Nord. *An. Inst. Geol., Rom. I* București.
 - Băncilă I. (1958) Geologia Carpaților Orientali Ed. tehn. București.
 - Cerneagă G. (1958) La zone du flisch comprise les vallées de la Moidavie et de la Bistrița. *An. Com. Geol. Tomes XXIV*, București.
 - Crasu., V. Manole. V., Cociasu E. (1952) Apele minereale din R.P.R., Partea a patra, *St. tehn. econ. B 35, Chimie*, București.
 - Geamănu N., Geamănu V., Lungu P., Lază I. (1971) Manifestări carbogazoase în apele subterane de la exteriorul flișului carpatic între valea Tazlăul Mare și valea Zăbala. *St. tehn. econ., E 9, Inst. Geol. Geofiz.*, București.
 - (1975) Différenciations chimiques dans les eaux minérales de la zone subcarpatique entre la vallée de la Suceava et la vallée du Buzău. *St. tehn. econ., Inst. Geol. Geofiz.*, București.
 - Goliță E., Goliță N. (1969–1970) Raport, arhiva Întreprinderii de Prospecțiuni Geologice și Geofizice, București.
 - Popescu O., Surugiu I. (1977) Raport, arhiva Întreprinderii de Prospecțiuni Geologice și Geofizice, București.
 - Firsov R. Jurkiewicz A., Netedu N., Georgescu E. (1978) Raport, arhiva Întreprinderii de Prospecțiuni Geologice și Geofizice, București.
 - Preda I. (1973) Observații hidrogeologice în zona Bistra-Toșorog (județul Neamț). *An. Univ. București, Geologie, Anul XXII*.
 - Pelin M. (1975) Considerații geologice și hidrogeologice asupra regiunii Tulgheș-Bărășău (Carpații Orientali), Univ. Buc. Fac. Geol., Geogr. Comunicări geologice.
 - Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din Romania. Ed. tehn. București.
 - Săndulescu M., Mureșan M., Mureșan G. (1979) Harta geologică R.S.R., scara 1 : 50 000, foaia Tulgheș. Manuscris, arhiva Institutului de Geologie și Feofizică, București.
 - Săndulescu M. (1984) Geotectonica României. Ed. tehn. București.
 - Schoeller H. (1962) Les eaux minérales. Macon et Cic., ed.
 - Tuduri-Saabner Al. (1902) Apele minerale și stațiunile climaterice din România.
 - Vodă Al. (1980) Bordura estică a zonelor cristalino-mezozoice între Broșteni și Bicaz. *D. S. Inst. Geol. Geofiz., LXV/5*, București.



HYDROMINERAL MANIFESTATIONS IN THE CRETACEOUS FLYSCH BETWEEN THE SABASA AND BISTRA VALLEYS, SOUTH CARPATHIANS, NEAMȚ DISTRICT

(Summary)

In this paper there are certain considerations regarding general hydrogeological conditions in the area, with a special attention to the spreading, chemistry and origin of mineral waters. Identified and analysed mineral waters are related to the dicarbonate and chloride chemical types and are carbogaseous, sulphurous, bromo-iodate and/or boric. Dicarbonate water have a meteoric origin, while the chloride ones come from deeper sources. Both dicarbonate and chloride waters due their mineral charge to the contact at different depths of the rocks whose chemical composition is closely reflected in their chemistry. The appearance of mineral springs is favoured by a series of major fractures that affect the study area. From a balneological point of view chemical types of mineral waters are useful for internal and external cure.

EXPLANATION OF PLATE

Map of distribution of mineral waters in the Sabasa – Bistra area.

The Ceahlău Nappe. 1, Quaternary : blocks, gravel, clays ; 2, Albian : polygenous conglomerates, Ceahlău conglomerates ; 3, Upper Aptian : sandstones, schistous marls, Bobşa strata ; 4, Lower Aptian, Barremian : limysandstones, schistous marls, clayey marls, the Bistra flysch ; 5., Neocomian : marly limestones, sandstones, clayey schists, the Sinaia flysch ; the Nappe of the curvicortical flysch ; 6, Cenomanian, Upper Vraconian: red marls and clays, sandstones ; 7, Lower Vraconian, Upper Albian : massive sandstones, the Cotumba sandstone ; 8, Albian, Barremian : marl sandstone flysch, curvicortical flysch, marl sandstone flysch, the Toroclej flysch ; the Audia-Nappe ; 9, Turonian, Vraconian : striped clays, marly limestones, tuffites ; 10, Albian : sandstone oligomitic flysch, glauconitic sandstone ; 11, Aptian, Hauterivian : clays, silts, lildians, schistous formation, clays, silts, siderite limestones, siderite formation ; 12, areas of important accumulations in fissured collecting deposits, lithologically uniform ; 13, areas of unimportant aqueous accumulations in fissured collecting deposits, lithologically uniform, represented by : a, sandstone flysch ; b, schistous flysch, marls, clays ; c, marl limestone flysch ; 14, areas of local aqueous accumulations in unconsolidated collecting deposits ; 15, geological limit ; 16, fault ; 17, presupposed fault ; 18, reverse fault ; 19, overthrust nappe ; 20, anticlinal axis : a, normal ; b, overfalling ; 21, syncline axis : a, normal, b, overfalling ; 22, central Carpathian line ; 23, the Lutu Roșu line ; 24, internal line ; 25, mineral spring ; 26, water samples ; sample no 5 ; 27, bicarbonate waters : a, calcium-bearing ; b, sodium-bearing ; c, magnesium-bearing ; 28, sodium chlorine waters ; 29, H_2S ; 30, CO_2 ; 31, point : top right-I ; top left — Br, left below- HBr^7 ; 32, dissol-ved gas.

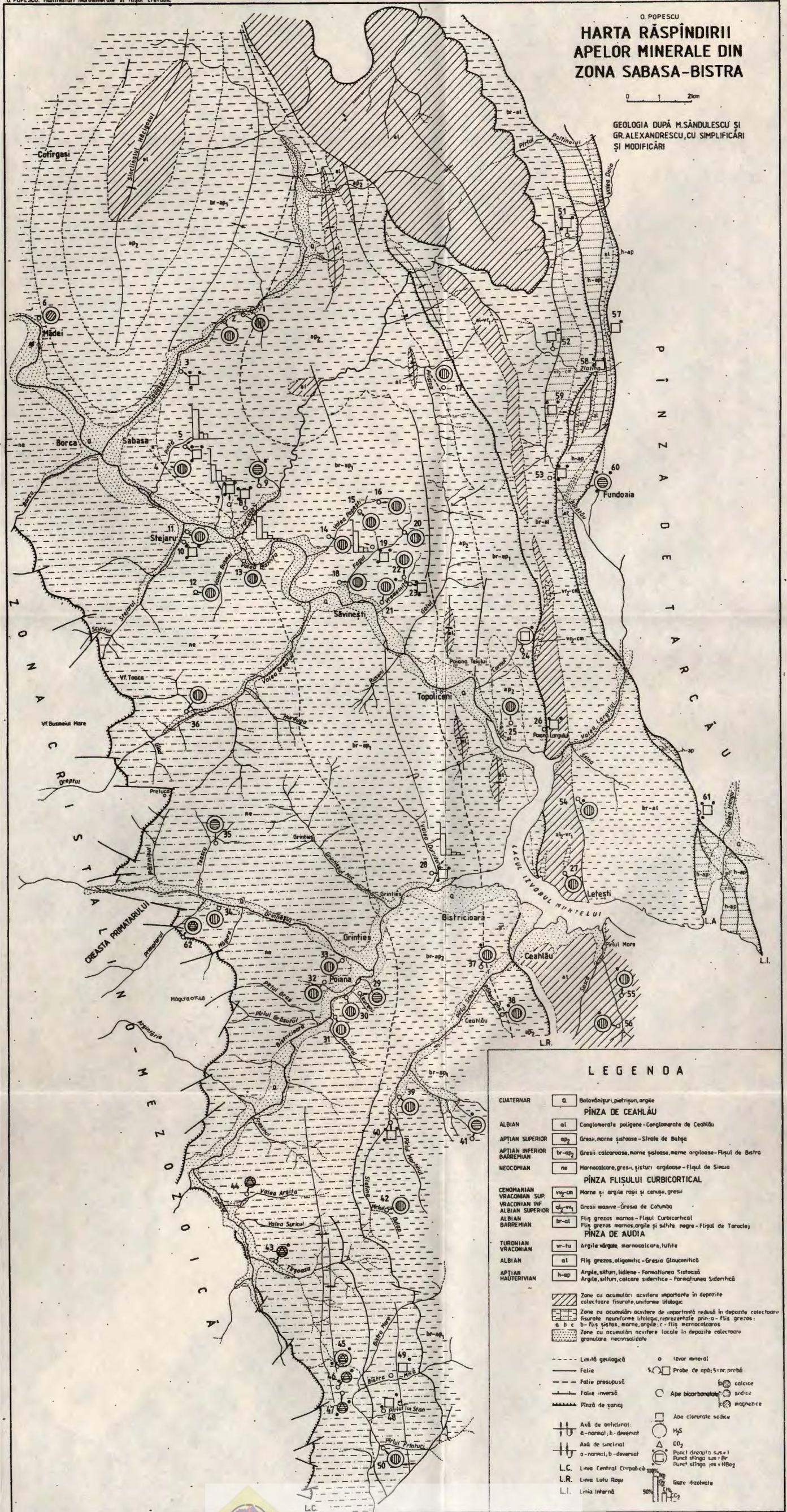




Institutul Geologic al României

O. POPESCU HARTA RĂSPINDIRII APELOR MINERALE DIN ZONA SABASA-BISTRA

0 1 2 km

GEOLOGIA DUPĂ M.SÂNDULESCU SI
GR.ALEXANDRESCU CU SIMPLIFICARI
SI MODIFICARI

HIDROGEOLOGIA ZĂCĂMINTULUI DE MINEREU DE FIER ȘI CUPRU DE LA IULIA, JUDEȚUL TULCEA¹

DE

GHEORGHE VASILESCU²

Hydrogeological controls. Copper ores. Iron ores. Aquifers. Mine drainage. Discharge. Limestone. Triassic. Hydrogeologic maps. Dobrogea — North Dobrogea — Tulcea and Consul — Niculitel areas.

Abstract

Hydrogeology of Iron and Copper Ores at Iulia, Tulcea District. Hydrogeological researches performed by drillings and ground mining works, showed that iron and copper ores at Iulia are situated to the greatest extent, in difficult hydrogeological conditions and the degree of difficulty increases with the sinking of mineralized lenses groups southwards. The aquifer generated in the networks of fractures and isolation cavities that affect Triassic limestones and is determined for hydrogeological conditions, presents variation of discharge potential depending on the developing of fracture networks potential depending on the developing of fracture networks and can be drained directly by ground mining works.

Résumé

Hydrogéologie du gisement de minéral de fer et cuivre d'Iulia, district de Tulcea. Les recherches hydrogéologiques par des forages et travaux miniers souterrains ont montré que le gisement de minéral de fer et cuivre d'Iulia est situé, pour la plupart, dans des conditions hydrogéologiques difficiles et le degré de difficulté est de plus en plus grand à mesure que les groupes de lentilles minéralisées s'enfoncent vers le sud. La couche aquifère, formée en réseaux de fissures et des creux de dissolution qui affectent les calcaires triasiques, qui est déterminante pour les conditions hydrogéologiques, présente des variations du potentiel du débit, en fonction de manière de développement des réseaux de fissures et peut être drainée directement par les travaux miniers souterrains.

¹ Depusă la 19 ianuarie 1987, acceptată pentru comunicare și publicare la 20 aprilie 1987.

² Întreprinderea de Foraj și Lucrări Geologice Speciale, Str. Caransebeș nr.1, R—79678, București.



INTRODUCERE

Zăcămîntul de minereu de fier și cupru de la Iulia este situat pe teritoriul satului Iulia, comuna Izvoarele, județul Tulcea, localizat în calcarele și gresiile argilitice din baza depozitelor triasice, la contactul cu formațiunile cristaline, din complexul de Boclugea, la vest de pîriul Taita, între dealul Consul la nord și Dealul Gol la sud.

Altimetric, zona Iulia se situează între cote cu valori de +25 m în sesul aluvionar al pîriului Taita și +233 m în dealul Consul.

Rețeaua hidrografică este reprezentată de pîriul Taita, care se varsă în lacul Razelm și care are o serie de văi afluente, activate în perioadele cu precipitații abundente.

În perioada de cercetare cu foraje de la suprafață, cît și cu lucrări miniere la două orizonturi, zăcămîntul Iulia a fost considerat ca zăcămînt de minereu de fier oxidic (oligist și magnetit), constituit din șase grupuri de lentile de minereu, intercalate în baza depozitelor triasice.

Aprofundarea cunoașterii geologice a zăcămîntului prin lucrările miniere de cercetare, la încă două orizonturi, a arătat că în general, în partea centrală a lentilelor mai importante de minereu de fier, se dezvoltă benzi de sulfuri de fier și cupru, care ar putea constitui o sursă de minereu cuprifer.

În această situație, cu lucrările de cercetare geologică pentru aprofundarea cunoașterii zăcămîntului Iulia, se urmărește în principal stabilirea potențialului de rezerve de minereu de fier și cupru.

Considerații geologice

Perimetrul zăcămîntului Iulia se situează în unitatea structurală a Dobrogei de nord, la contactul dintre zona Măcin — paleozoică și zona Tulcea — triasică.

Cercetările geologice efectuate în Dobrogea de nord, au arătat că la alcătuirea perimetrului Iulia iau parte formațiuni cristaline, depozite sedimentare triasice și cuaternare și roci eruptive.

Cristalinul a fost interceptat prin forajele de cercetare geologică și majoritatea galeriilor cu direcție vestică, fiind constituit din șisturi sericitocloritoase, șisturi cuarțitice cu clorit și sericit și cuarțite, ca urmare a unui proces de metamorfism, care a afectat o stivă de depozite psamo-pelitice. Formațiunile cristaline, interceptate prin lucrări, sunt în general intens tectonizate și aparțin seriei de Boclugea, care stă peste șisturile mezozonale ale unității de Măcin.

Triasicul incepe printr-o alternanță de gresii argilitice cenușii -negriciose, intens fisurate și impregnate în general cu oxizi de fier, predominînd hematitul și magnetitul, sulfuri de fier și cupru, respectiv pirită, calcopirită și mai rar calcozină.

Peste această serie psamo-pelitică, urmează calcare cenușii roșcate și mai rar marnocalcare, în care sunt intercalate frecvent scarne mineralizate cu oxizi de fier și sulfuri de fier și cupru.

În continuare urmează calcare cenușiu-albicioase, sau cenușiu-gălbui și mai rar cenușiu-negricioase, cu diaclaze de calcit, fisuri și goluri de dizolvare, în general cu dimensiuni de ordinul centimetrilor.



Depozitele triasice sunt dispuse peste fundamentalul cristalin, cu direcție NV—SE și inclinări în medie de 45° către NE, cu excepția corpuriilor 2, 5 și 6 de lentile, care inclină către SV, ca urmare a punerii în loc în această zonă a corpului de porfire din dealul Consul.

Contactul dintre cristalin și depozitele triasice mineralizate este afectat de o serie de fracturi transversale, ca urmare a fazei de cutare chimerică veche, care au condus la încălcări de mică ampioare ale cristalinului peste depozitele triasice.

Cuaternarul este reprezentat prin depozite deluviale, depozite loessoide și depozite aluvionare.

Depozitele deluviale sunt constituite din argile fin nisipoase, cenusii și negricioase, sau maroni-roșcate, cu elemente de calcare triasice și de sisturi cristaline, cu diametrul de pînă la 30 cm. Aceste depozite se dezvoltă într-un paleorelief al sistemelor cristaline și al calcarelor triasice, aproximativ pe traseul Văii Seci.

Depozitele loessoide acoperă formațiunile mai vechi.

Depozitele aluvionare iau parte la alcătuirea luncii pîrîului Taită și sunt constituite din argile nisipoase și nisipuri argiloase, mai rar nisipuri fine cenusiu-albicioase.

Rocile eruptive sunt reprezentate prin corpul de porfire care este localizat la contactul dintre cristalin și depozitele triasice, partea sud-estică a acestuia străbătind depozitele triasice.

Hidrogeologia zăcamintului

Zăcamintul de minereu de fier și cupru aflorează în zona grupului 2 de lentile și se afundă către SE, fiind localizat în calcarele și faciesul grezos argilitic din baza depozitelor triasice.

Tezonizarea intensă a formațiunilor triasice și cristaline, situate în acoperișul și culcușul zăcamintului, a sugerat posibilitatea existenței în rețelele de fisuri care afectează formațiunile respective, a unor acumulări de ape subterane, care ar putea îngreuna procesul de valorificare a zăcamintului.

Existența rețelelor de fisuri și goluri de dizolvare în formațiunile triasice, a fost dovedită prin forajele de cercetare geologică, la care s-au înregistrat pierderi masive ale fluidului de foraj.

Prezența unor acumulări importante de ape subterane, în calcarele triasice, a fost constată prima dată, prin puțul nr. 2, care a fost executat de TPEDM pînă la adâncimea de 76 m, cu direcționale de circa 35 m și care a fost abandonat datorită viiturilor de apă, pentru evacuarea cărora nu s-a dispus de o dotare corespunzătoare.

Pentru cunoașterea condițiilor hidrogeologice naturale ale zăcamintului Iulia, IFUGS a executat în mai multe etape cercetări hidrogeologice prin foraje și lucrări miniere.

Potrivit datelor de cunoaștere obținute prin foraje hidrogeologice, s-a stabilit că în zona zăcamintului Iulia, există, în principal, două strate acvifere, generate în rețele de fisuri și goluri de dizolvare, care afectează calcarele triasice și respectiv în rețelele de fisuri din formațiunile cristaline.

Stratul acvifer din calcarele triasice prezintă variații mari ale potențialului de debitare, în funcție de intensitatea rețelelor de fisuri și goluri de dizolvare în care este generat. Astfel, prin forajele executate au fost înre-

gistrate debite de pînă la $190 \text{ m}^3/24$ ore pentru un metru denivelare de la nivelul hidrostatic, care se situează în jurul cotei de + 29 m.

Grosimea acestui strat acvifer crește către SE, pe măsură ce stiva de depozite triasice se afundă sub cota de 29 m.

Gradul de fisurare al calcarelor, care este reflectat prin potențialul de debitare al stratului acvifer generat în acestea, are o dezvoltare neregulată atât în plan orizontal, cât și pe verticală.

Valorile coeficientului de infiltratie, calculate pe baza datelor de cunoaștere obținute prin forajele hidrogeologice, variază de la $0,11 \text{ m}/24$ ore la $4,85 \text{ m}/24$ ore, ceea ce reflectă variațiile gradului de fisurare al calcarelor.

Analizele chimice executate pentru probele de apă, colectate în timpul pompărilor hidrogeologice experimentale, au arătat că stratul acvifer din calcarele triasice debitează apă bicarbonatată calcică, cu concentrație foarte mică, mineralizația totală situindu-se în jurul valorii de $0,70 \text{ gr/l}$.

În cadrul depozitelor triasice, calcarele și scarnele mineralizate cu oxizi de fier și sulfuri de fier și cupru sunt în general impermeabile, cu excepția unor zone izolate, unde acestea sunt afectate de fenomene disjunctive cu intervale mai largi de zdrobire.

Gresiile argilitice, din baza depozitelor triasice mineralizate sau nu, cu oxizi de fier și sulfuri de fier și cupru, deși intens zdrobite, sunt practic impermeabile, datorită intercalărilor frecvente de argilite.

Dată fiind poziția depozitelor deluviale, cuaternare, pe paleorelieful calcarelor triasice și cristalinului, orizonturile permeabil-acvifere puse în evidență în depozitele deluviale, sunt în comunicare directă cu stratul acvifer din calcarele triasice și ar putea fi considerate ca un facies lateral al acestuia.

Orizonturile acvifere din depozitele deluviale totalizează în medie o grosime de 30 m și dispun de un potențial de debitare de $3,50 \text{ mc}/24$ ore pentru un metru denivelare de la nivelul hidrostatic, nivel care este comun cu cel al stratului acvifer din calcarele triasice.

Coefficienții de infiltratie au valori în jur de $0,13 \text{ m}/24$ ore, fiind în concordanță cu constituția litologică a orizonturilor permeabil-acvifere,

Chimic, apa debitată este bicarbonatată calcică, bromurată, cu concentrație foarte mică, mineralizația totală având valoarea de $0,667 \text{ gr/l}$, fiind foarte apropiată de aceea a apei debită din calcarele triasice.

Stratul acvifer din formațiunile cristaline are o dezvoltare neregulată, în funcție de rețelele de fisuri în care este generat și dispune de capacitați mici de debitare, respectiv $0,181 \text{ mc}/24$ ore și $0,22 \text{ mc}/24$ ore pentru un metru denivelare de la nivelul hidrostatic, care este situat în jurul cotei de + 29 m.

Valoarea medie a coefficientului de infiltratie este de $0,020 \text{ m}/24$ ore, corespunzătoare rocelor foarte slab permeabile.

Chimic, apa debitată de acest strat acvifer este bicarbonatată sodică, cu concentrație foarte mică, mineralizația totală variind între $0,537 \text{ gr/l}$ și $0,679 \text{ gr/l}$.

Datele de cunoaștere hidrogeologică obținute în urma executării cercetărilor experimentale prin foraje, au arătat că în zona zăcămîntului Iulia, numai stratul acvifer de adincime din rețelele de fisuri și goluri de

dizolvare ale calcarelor triasice, în care au fost înregistrate scăpări în gol ale garniturilor de foraj de pînă la 1,60 m, poate provoca greutăți importante în executarea lucrărilor miniere de deschidere a zăcamintului, situat sub nivelul hidrostatic. Dificultățile hidrogeologice constatate anterior la puțul nr. 2, au fost confirmate pe întreg perimetru, în care sunt localizate grupurile de lentile mineralizate nr. 3, 4 și 6, datorită potențialului mare de debitare a stratului acvifer respectiv.

Raportind poziția celor 6 grupuri de lentile ale zăcamintului Iulia, față de poziția nivelului hidrostatic situat la cota + 29 m, rezultă că grupurile principale de lentile mineralizate, care concentrează cea mai mare parte a rezervelor de minereu de fier și cupru puse în evidență, respectiv grupurile nr. 3, 4 și 6, sunt situate sub nivelul hidrostatic, în condiții hidrogeologice naturale grele.

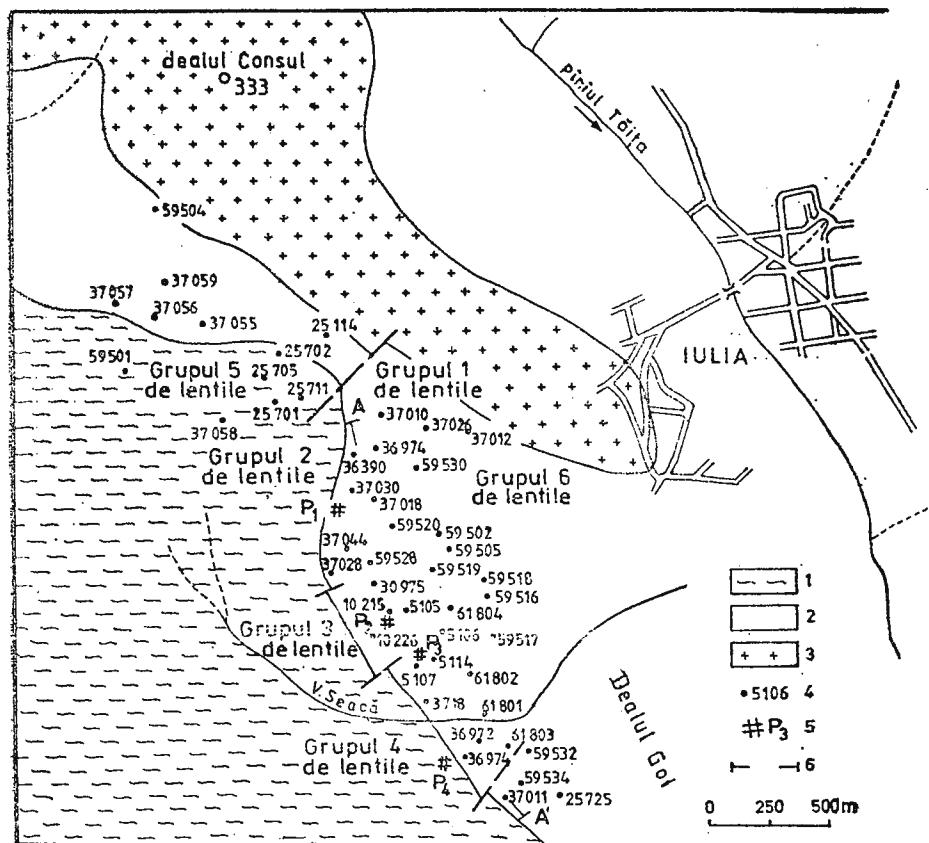


Fig. 1 — Schița geologică, la baza depozitelor cuaternare, a zonei Iulia. 1, Cristalin; 2, Triasic; 3, porfir; 4, foraj; 5, puț de mină; 6, secțiune geologică.

Geological design at the basis of the Quaternary deposits of the Iulia area; 1, Crystalline; 2, Triassic; 3, Porphyry; 4, drilling; 5, mine pit; 6, geological section.

Stratele acvifere de adîncime, din perimetru zăcămîntului Iulia, sunt alimentate prin infiltrarea precipitațiilor atmosferice, în zonele de aflorare ale formațiunilor în care acestea sunt generate, cît și prin drenarea nemijlocită a apelor superficiale și ale stratelor acvifere freatice, din baza depozitelor loessoide și a depozitelor aluvionare, ce iau parte la alcătuirea lunicii pîriului Taita.

Avind în vedere datele de cunoaștere hidrogeologică existente și pentru orientare cît mai judicioasă a lucrărilor miniere de deschidere a zăcămîntului (prin lucrări miniere) au fost completate cercetările hidrogeologice prin foraje, cu pompări de durată mai mare, în regim stabilizat.

În acest scop, a fost echipat forajul nr. 5107 cu pompă sistem aer-lift, iar forajele nr. 5105, situat la 220 m NNV de forajul nr. 5107 și nr. 5106, situat la 140 m NE de forajul nr. 5107, au fost pregătite ca foraje de hidroobservație.

Pompăriile experimentale din forajul nr. 5107, cu urmărirea efectului în forajele nr. 5105 și 5106, au durat 47 zile.

În primele 4 zile s-a pompat cu un debit de 7,3 l/s (630, 70 mc/24 ore), pentru o denivelare de la nivelul hidrostatic de 4,53 m, după care s-a mărit debitul de pompă la 14 l/s (1209,60 mc/24 ore), pentru o denivelare de la nivelul hidrostatic de 9,94 m, iar în ultimele 16 zile s-a pompat cu un debit de 16 l/sec. (1,382,40 mc/24 ore), pentru o denivelare de 11,62 m, regim hidrodinamic cu care a fost încheiată pomparea experimentală.

În timpul pompărilor experimentale din forajul nr. 5107, scăderi ale nivelului apei în forajele de hidroobservație, au fost înregistrate, în forajul nr. 5106 la 17, 1/2 ore de la începerea pompărilor cu debit de 7,30 l/s și la 19 ore de la începerea pompărilor în forajul nr. 5105.

În tot timpul pompărilor din forajul nr. 5107, în forajele de hidroobservație s-au înregistrat scăderi continue ale nivelului apei, dar foarte lente, astfel că la sfîrșitul acestei etape de cercetare, denivelările realizate au avut valori de 1,13 m în forajul nr. 5105 și de 0,85 m în forajul nr. 5106.

După terminarea programului de pompări experimentale, s-a urmărit viteza de creștere a nivelului apei, atât în forajul nr. 5107, cît și în forajele de hidroobservație. Din datele obținute, a rezultat că în forajul nr. 5107, în primele 15 minute a avut loc o creștere de 7,38 m, iar după 26, 1/2 ore de la cîprirea pompării, creșterea de nivel a fost de 10,87 m, în timp ce la forajele de hidroobservație creșterile de nivel au fost de 4 cm la forajul nr. 5105 și de 3 cm la forajul nr. 5106. Urmărind în continuare nivelul apei în foraje, după 504 ore, respectiv 21 de zile, existau denivelări de la nivelul hidrostatic de 0,99 m la forajul nr. 5107, de 0,56 m la forajul nr. 5106 și de 0,85 m la forajul nr. 5105.

Revenirea la nivelul hidrostatic, extrem de lentă, a confirmat că sursa de alimentare a stratului acvifer din calcarile triasice este redusă și drenarea acestuia este posibilă.

În această situație, amplasamentul puțului nr. 3 a fost stabilit la 25 m NE de forajul nr. 5107, unde condițiile hidrogeologice au fost controlate în prealabil prin forajul nr. 5114, situat la 20 m NE de forajul nr. 5107, cu adîncime de 160 m.

Prin forajul nr. 5114, pentru calcarile triasice, s-a stabilit un potențial de debitare de 0,74 mc/24 ore, pentru un metru de denivelare de la nivelul hidrostatic, dovedind variațiile foarte mari pe distanțe mici, ale



rețelelor de fisuri care afectează calcarile, cît și ale potențialului de debitare a stratului acvifer.

Înainte de a se trece la săparea puțului nr. 3, au fost reluate încercările hidrogeologice experimentale prin forajul nr. 5107 și timp de 1200 ore, s-a pompat cu un debit de pînă la 25 l/s., realizându-se un debit specific de 88,81 mc/24 ore pentru un metru de denivelare de la nivelul hidrostatic. În timpul pompărilor experimentale, în forajele de hidroobservație, au fost înregistrate denivelări de 7,53 m la forajul nr. 5114, de 2,45 m la forajul nr. 5106 și de 2 m la forajul nr. 5105.

După 358 ore de la terminarea pompărilor, denivelările de la nivelul hidrostatic, măsurate în foraje, erau de 1,01 m la forajul nr. 5107, de 1,06 m la forajul nr. 5114, de 0,94 m la forajul nr. 5105 și de 0,67 m la forajul nr. 5106.

Considerind bună cunoașterea hidrogeologică pentru amplasamentul puțului nr. 3, s-a trecut la săparea puțului la 25 m NE de forajul nr. 5107, amplasament în care datele hidrogeologice stabilite prin foraje au fost confirmate.

Pentru urmărirea efectului de drenare ce urma să fie realizat prin lucrările miniere, au mai fost executate patru foraje de hidroobservație, amplasate în acoperișul grupurilor de lentile mineralizate nr. 3 și 4, respectiv forajul nr. 61801 cu adâncime de 300 m, și forajul nr. 61802 cu adâncime de 260 m, forajul nr. 61803 cu adâncime de 300 m, forajul nr. 61804 cu adâncime de 170 m.

Cunoașterea hidrogeologică a zăcămîntului Iulia a fost completată prin datele furnizate de lucrările miniere subterane de cercetare geologică. Astfel, puțul nr. 3 cu galerii la orizonturile – 100m, – 150m și – 200 m și puțul nr. 4 cu galerii la orizonturile –196 m și –246 m, au confirmat în general, datele de cunoaștere hidrogeologică obținute prin foraje, privind stratele acvifere de adâncime din zona zăcămîntului Iulia.

Pentru prevenirea unor erupții violente de apă în lucrările miniere, în avansul lucrărilor, au fost executate foraje de identificare și drenare prealabilă a orizonturilor acvifere ce urmau să fie interceptate prin lucrările miniere. În funcție de cerințele și condițiile de execuție, acest gen de foraje au avut lungimi de pînă la 68 m și au fost amenajate la gură cu ventile.

Urmărind debitul de apă evacuat din lucrările miniere subterane, a rezultat că pentru orizontul – 100 m din puțul nr. 3, situat la 59 m sub nivelul hidrostatic, debitul maxim a fost de 5160 mc/24 ore în anul 1976 și a scăzut în timp la 3840 mc/24 ore în anul 1977, la 3360 m c/24 ore în 1979, la 2852 mc/24 ore în 1980 și 86,40 m³/24 ore în 1986.

Scăderile substanțiale de debit s-au înregistrat pe măsura dezvoltării de noi orizonturi de galerii în adâncime, care au preluat rolul principal în drenare. Astfel, orizontul –150 m din puțul nr. 3, după ce a ajuns la un debit de apă de 5086 mc/24 ore, a scăzut pînă la 1990 mc/24 ore în anul 1986.

După realizarea legăturii între orizontul – 200 m din puțul nr. 3 și orizontul –196 m din puțul nr. 4, debitul drenat la acest orizont este de 864 mc/24 ore prin puțul nr. 3 și de 172,80 mc/24 ore prin puțul nr. 4.

Prin orizontul – 246 m din puțul nr. 4, debitul evacuat este de 1382,40 mc/24 ore.

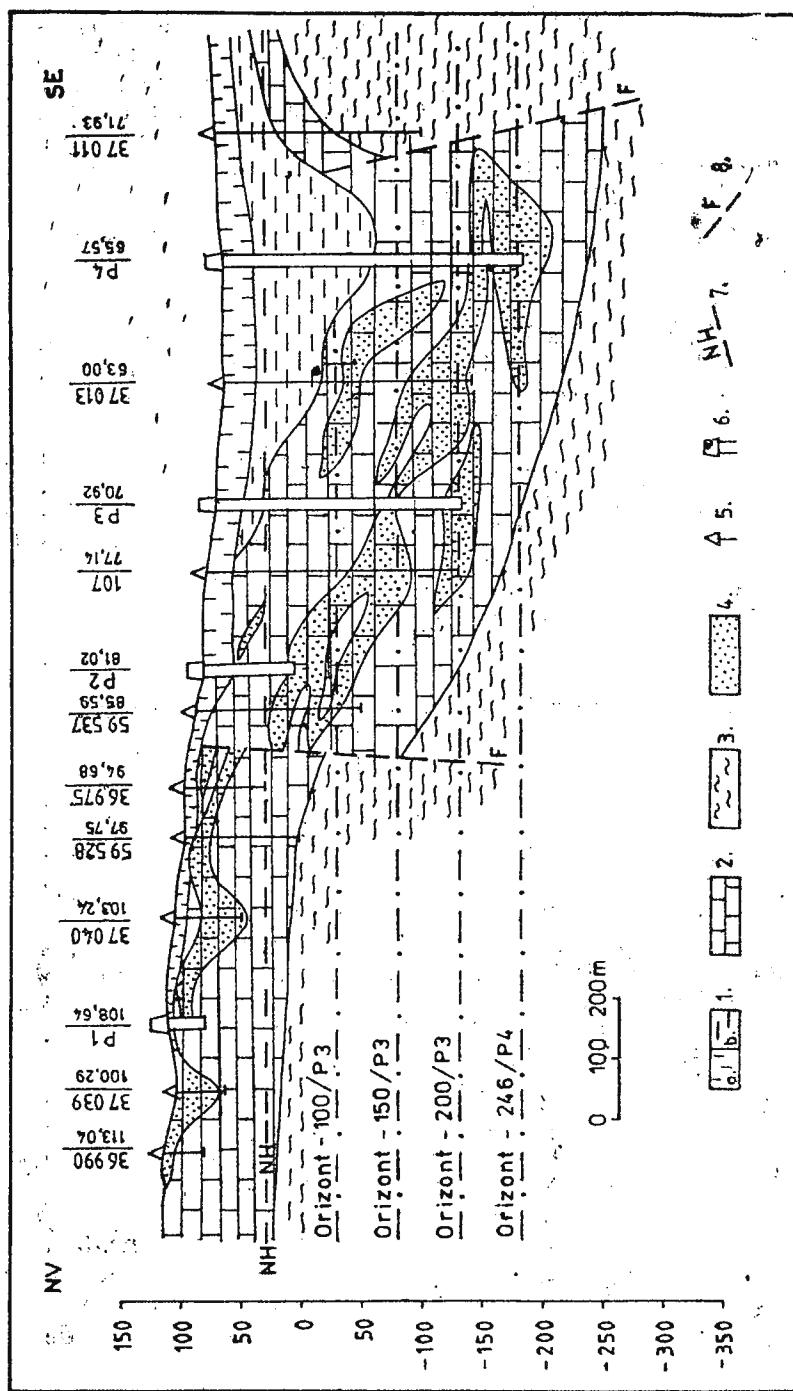


Fig. 2 — Secțiune geologică prin zăcământul Iulia. 1, Cuaternar; a) loess; b) deluvii; 2, Triasic; 3, Cristalin; 4, minereu; 5, foraj număr _____; 6, put _____; 7, nivel hidrostatic; 8, fâlfie.

Geological section through Iulia deposit. 1, Quaternary; a) loess; b) alluvium; 2, Triassic; 3, Crystalline; 4, ore; 5, pit number _____; 6, pit _____ depth _____; 7, hydrostatic level; 8, fault.

6, pit number ; 7, hydrostatical level; 8, fault.

Rezultă că în anul 1986, prin cele 3 orizonturi de galerii din puțul nr. 3, este drenat un debit de 2940 mc/24 ore, iar prin două orizonturi din puțul nr. 4, debitul drenat este de 1555 mc/24 ore, care pe zăcamint, pentru lucrările realizate, însumează 4495 mc/24 ore.

Faptul că la orizontul — 150 m din puțul nr. 3, debitul înregistrează o scădere foarte lentă și că valoarea este mai mare față de debitele evacuate de la celelalte orizonturi, constituie o dovedă în plus, privind variația foarte mare a permeabilității calcarelor triasice, ca urmare a unei dezvoltări neregulate a rețelelor de fisuri și goluri de dizolvare, care afectează depozitele triasice, atât pe orizontală cât și pe verticală.

Evoluția debitelor de apă evacuate, în raport cu dezvoltarea lucrărilor miniere subterane, ne îndreptățește să considerăm, că cea mai mare parte a debitelor drenate provin din rezervele statice ale stratului acvifer respectiv.

În acest sens, arătăm că debitul evacuat în anul 1986, prin cinci orizonturi de lucrări miniere situate între adâncimile de 100 m în puțul nr. 3 și 246 m în puțul nr. 4, este mai mic decit debitele maxime înregistrate la orizontul —100 m, sau la —150 m din puțul nr. 3.

Pe măsura executării de lucrări miniere la nivele inferioare, sunt atrase în procesul de drenare noi volume de apă, care la schimbarea nivelului de drenare, prin afluxul puternic de apă, dau impresia unei alimentări intense. Această situație a fost confirmată cu ocazia intreruperii activității de pompărie la puțul nr. 3, pe o perioadă de 12 zile, în luna noiembrie 1981, timp în care nivelul apei a ajuns pînă la 11 m sub poziția nivelului hidrostatic inițial.

Datele de cunoaștere hidrogeologică obținute conduc la concluzia că stratul acvifer din calcarele triasice din zona zăcamintului Iulia, poate fi drenat direct prin lucrări miniere.

Volumele de apă ce trebuie evacuate, variază în funcție de mărimea treptelor de asecare și de intensitatea rețelelor de fisuri și goluri de dizolvare, care se înscriu în domeniul de asecat.

Dat fiind modul de dezvoltare foarte neregulat al rețelelor de fisuri și goluri de dizolvare, la proiectarea și realizarea lucrărilor de drenare va trebui să se aibă în vedere faptul că în condițiile cele mai favorabile, numai aproximativ 40% din potențialul de debitare ar putea fi controlat prin închiderea cu ventile a forajelor executate în subteran, sau alte lucrări de siguranță.

Așa cum s-a constatat prin lucrările de cercetare hidrogeologice executate în procesul de drenare-asecare al stratului acvifer din calcarele triasice, în zona zăcamintului Iulia, dificultățile majore, din punct de vedere hidrogeologic, sunt datorate rezervelor statice de apă acumulate în timp.

BIBLIOGRAFIE

Ciocirlă R. (1957) Hidrogeologie. Ed. tehn., București.

Gheorghe Al., Bomboe P. (1963) Hidrogeologie minieră. Ed. tehn. București.

— (1974) Prelucrarea și sinteza datelor hidrogeologice. Ed. tehnică, București.



- Liteanu E (1953) Hidrogeologie aplicată. Ed. tehn. Bucureşti.
- Vasilescu Gh., Vamvu V., Frugină E. (1961–1962) Considerații hidrogeologice asupra zăcămintului de minereu de fier de la Palazu Mare. *D.S. Inst. Geol. XLIX*, Bucureşti.
- (1983) Recherche hydrogéologique minière dans Roumanie. *An Inst. Geol., Geofiz.*, LXIII, p. 275–282, Bucureşti.
 - Dragomirescu C. (1983) Recherches hydrogéologiques pour les eaux potables de la Dobrogea du sud. *An. Inst. Geol. Geofiz.*, LXIII, p. 283–289, Bucureşti.
-

HYDROGEOLOGY OF IRON AND COPPER ORES AT IULIA, TULCEA DISTRICT

(Summary)

The iron and copper ores at Iulia are located in clayey limestones and sandstones at the basis of the Triassic deposits, at the contact with the Bochlugea Crystalline formations west of the Taița brook, between the Consul Hill to the north and the Gol Hill to the south.

In order to find out the ore hydrogeological conditions, hydrogeological attempts have been made by drillings, establishing that within the networks of fractures and dissolution cavities that affect the Triassic limestones and less the sandstones at the basis of the Triassic, an important aquifer is generated, that can be directly drained by ground mining works. Within the poorly developed networks of fractures that affect the Crystalline formations, an irregularly developed aquifer with a reduced discharge potential is generated.

The carrying on of the hydrogeological research programme by mining works, aiming at a deep knowledge of the respective ore, confirmed the possibility of draining an aquifer in the Triassic deposits, according to the requirements for the performing of opening and exploitation mining works.

Taking into account the hydrogeological data, the position of the iron ore within the geological structure of the area, as well as the fact that the aquifer in the Triassic limestones is decisive for the degree of hydrogeological difficulty, it results that, within the Iulia ore, the first, the second and partially the fifth ore lenses groups are not difficult from a hydrogeological point of view, while the third, fourth and sixth ore lenses groups are located in difficult hydrogeological conditions, the degree of difficulty increasing with the sinking of mineralized formations southwards.

Coordonator științific :
dr. doc. CONSTANTIN GHENEÀ

Redactor : D. ROBU
Traducători : D. CORNACIU, A. BRATU
Illustrația : V. VLAD

Dat la cules : septembrie 1988. Bun de tipar : februarie 1989.
Tiraj 700 ex. Hârtie scris IA. Format 70×100/56 g.
Coli de tipar : 11. Comanda : 884
Pentru biblioteci indicele de clasificare : 55(058)

Tiparul executat la Intreprinderea poligrafică „Informația”



Str. Brezoianu nr. 23—25, București — Romania.



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

Studii tehnice și economice, serile A—J, au apărut
în decursul timpului în cadrul următoarelor instituții:

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMANIEI
COMITETUL GEOLOGIC
COMITETUL DE STAT AL GEOLOGIEI
INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ



Institutul Geologic al României

CUPRINS

Pag.

S. AIRINEI, A. PRICAJAN, M. FACO	RITMICITATEA CO ₂ IN APELE CARBOGAZOASE DIN CARPAȚII ORIENTALI	5
P. CRĂCIUN, I. BARNES, T. BANDRABUR	STABLE ISOTOPES IN HYDROGEOTHERMAL STRUCTURES	17
P. CRĂCIUN, P. POLONIC	THE GEOTHERMAL CONDITIONS IN THE OLT-ARGEȘ INTERSTREAM	41
D. ENACHESCU, R. PLAVIȚĂ	NUMERICAL SIMULATION OF THE ORADEA GEOTHER- MAL AREA	57
P. ENCIU, S. GRIGORESCU	CONSIDERAȚII PRIVIND ACVIFERELE COMPLEXULUI CĂRBUNOS DACIAN	67
N. MIHAIALA, P. GIURGEA	APELE SUBTERANE DIN ZONA ARAD-VINGA-PECICA	79
R. PLAVIȚĂ	RESERVOIR MODEL OF THE ORADEA GEOTHERMAL AREA	133
R. PLAVIȚĂ, I. COHUT	PARAMETRII HIDRODINAMICI AI UNOR SISTEME GEOTERMALE	141
O. POPESCU	MANIFESTĂRI HIDROMINERALE IN FLIȘUL CRETACIC	149
GH. VASILESCU	HIDROGEOLOGIA ZACĂMINTULUI DE MINEREU DE FIER ȘI CUPRU – IULIA	163

