

MINISTERUL GEOLOGIEI
INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ
STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

138763

SERIA E

Hidrogeologie

Nr. 14

LUCRărILE SIMPOZIONULUI DE PROTECȚIE
ȘI EXPLOATARE RAȚIONALĂ A ZĂCĂMINTELOR
DE APE MINERALE

(CĂLIMĂNEȘTI 1 – 3 NOIEMBRIE 1978)



BUCUREȘTI
1984



Institutul Geologic al României

**Responsabilitatea asupra conținutului articolelor
revine în exclusivitate autorilor**



Institutul Geologic al României

MINISTERUL GEOLOGIEI
INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ
STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

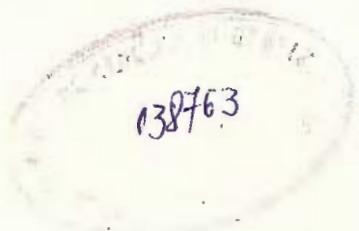
SERIA E

Hidrogeologie

Nr. 14

LUCRărILE SIMPOZIONULUI DE PROTECTIE
ȘI EXPLOATARE RAȚIONALĂ
A ZĂCĂMINTELOR DE APE MINERALE

(CĂLIMĂNEȘTI 1 – 3 NOIEMBRIE 1978)



138763

BUCUREŞTI
1984



Institutul Geologic al României

CONTENU

	<u>Page</u>
Albu M., Drăghici I. Quelques considérations sur l'optimisation de l'exploitation des eaux thermominérales	12
Albu M., Radu Cornelia. Sur l'estimation des ressources d'eaux carbogazeuses dans les conditions de la conservation des gisements hydrothermaux	20
Bandrabur T., Crăciun P., Alexandrescu G. Caractères hydrogéochimiques des aquifères minérales de la zone de Covasna—Voinești	37
Bandrabur T., Slăvoacă D., Ianc Rozette. Perspectives de valorisation des eaux minérales de la zone de Balvanyoş—Turia—Iaidon	61
Blaga L., Florian M. Contributions à l'étude hydrogéologique du gisement hydrominéral Olăneşti à l'aide des isotopes stables	84
Blaga L., Blaga Lucia, Ciobotaru Tamara. Méthode isotopique d'estimation des gisements d'eaux souterraines minéralisées	116
Crăciun P. Certains résultats de la simulation des aquifères du bassin de Huşniţa	124
Goliță Natalia, Goliță E. Les conditions hydrogéologiques du gisement des eaux minérales de la zone de Călimăneşti—Cozia, district Vilcea	139
Iancu Viorica, Capotă Ana, Ianculescu I., Florian M., Blaga L. Recherches hydrogéologiques et aspects de l'exploitation rationnelle du gisement hydrominéral de Govora	162
Maieru M., Maieru Cornelia. Les eaux minérales de Maramureş (Perspectives de valorisation).	173
Pascu R. M. Aspects nouveaux de la protection des gîtes hydrominéraux et thermaux	182
Elek P. Considérations sur les eaux thermominérales des Bains de Tuşnad et les possibilités de leur mise en valeur	196
Pricăjan A., Rădulescu A. Réglémentations de la protection et de l'exploitation rationnelle des gisements d'eau minérale, des lacs et vases thérapeutiques	207
Pricăjan A., Simuț O. D. Considérations sur l'exploitation du gisement hydrominéral de la zone des Bains de Buziaș	216
Tenu A., Davidescu F. L'estimation — par géothermométrie chimique — de la température des eaux du gisement thermal pontien, de la zone d'Oradea—Satu Mare	232
Ungureanu A., Schuch G. Les eaux phréatiques minérales d'Ivanda	245
Vasilescu G., Pirvu Maria, Udicioiu Viorica. Recherches hydrogéologiques pour eaux minérales dans la zone de la station balnéaire de Govora	257
Vasilescu G., Dragomirescu C., Mircescu V., Șinca A. Recherches hydrogéologiques pour eaux thermales dans la zone méridionale de la Dépression pannonique (district Timiș)	269
Vernescu M. Un nouveau système codifié de caractérisation et classification des eaux minérales et thermales	280



CUPRINS

	<u>Pag.</u>
Albu M., Drăghici I. Unele considerații privind optimizarea exploatarii apelor termominerale	5
Albu M., Radu Cornelia. Asupra evaluării resurselor de ape carbogazoase în condițiile conservării zăcămintelor hidrominerale	13
Bandrabur T., Crăciun P., Alexandrescu G. Caractere hidrogeochimice ale acviferelor minerale din zona Covasna—Voinești	21
Bandrabur T., Slăvociacă D., Ianc Rozette. Perspective de valorificare a apelor minerale din zona Balvanyos—Turia—Iaidon	41
Blaga L., Florian M. Contribuții la studiul hidrogeologic al zăcămintului hidro-mineral Olănești cu ajutorul izotopilor stabili	63
Blaga L., Blaga Lucia, Ciobotaru Tamară. Metodă izotopică de evaluare a zăcămintelor de ape subterane mineralizate	85
Crăciun P. Unele rezultate ale simulării acviferelor din bazinul Hușniței	117
Goliță Natalia, Goliță E. Condițiile hidrogeologice ale zăcămintului hidro-mineral de la Călimănești—Cozia județul Vîlcea	127
Iancu Viorica, Capotă Ana, Ianculescu I., Florian M., Blaga L. Cercetări hidrogeologice și aspecte ale exploatarii raționale a zăcămintului hidromineral Govora	141
Maieru M., Maieru Cornelia. Apele minerale din Maramureș (perspective de valorificare)	165
Pascu R. M. Noi aspecte ale protecției zăcămintelor hidrominerale și termale	175
Elek P. Considerații privind apele termominerale de la Băile Tușnad și posibilitățile de valorificare ale acestora	183
Pricăjan A., Rădulescu A. Reglementări privind protecția și exploatarea rațională a zăcămintelor de ape minerale, lacuri și nămoluri terapeutice	199
Pricăjan A., Simuț O. D. Considerații privind exploatarea zăcămintului hidro-mineral din zona Băilor Buziaș	209
Tenu A., Davidescu F. Evaluarea temperaturii apelor din zăcămintul termal pontian, zona Oradea—Satu Mare, prin geotermometrie chimică	217
Ungureanu A., Schuch G. Apele freatiche minerale de la Ivanda	233
Vasilescu G., Pirvu Maria, Udicioiu Viorica. Cercetări hidrogeologice pentru ape minerale în zona stațiunii balneare Govora	247
Vasilescu G., Dragomirescu C., Mircescu V., Șinca A. Cercetări hidrogeologice pentru ape termale în zona sudică a depresiunii pannonice (județul Timiș)	259
Vernescu M. Un nou sistem codificat de caracterizare și clasificare a apelor minerale și termale	271



Redactori responsabili : C. GHENEA, T. BANDRABUR
Tehnoredactor : ELENA BANDRABUR
Traducători : MARIANA BORCOŞ, ADRIANA BĂJENARU, ANCA BRATU
Ilustrația : V. NIȚU

Dat la cules: mai 1983. Bun de tipar: februarie 1984. Tiraj 700 ex.
Hartie scris IA. Format 70×100/56 g. Coli de tipar: 17,5 Comanda 159.
Pentru biblioteci indicele de clasificare: 55(058)

Tiparul executat la Intreprinderea poligrafică „Informația”
Str. Brezoianu nr. 23–25, București – România.



Institutul Geologic al României

UNELE CONSIDERATII PRIVIND OPTIMIZAREA EXPLOATĂRII APELOR TERMOMINERALE¹

DE

MARIUS ALBU², IOAN DRĂGHICI²

Thermomineral waters. Water exploitation improvement. Hydromineral reservoirs. Discharge. Water protection. Hydrogeological researches. Apuseni Mountains. Neogene basins — Beiuș. South Carpathians. Intramontane basins — Bahna.

Abstract

Remarks on the Improvement of the Exploitation of Thermomineral Waters. The possibilities of simulation of the evolution of the hydromineral reservoirs and of their better exploitation are revealed on the basis of the equations of hydraulic, thermonic and dispersive diffusivity under known initial and final conditions.

În zăcăminte hidrotermominerale, propagarea prin filtrație a interacțiunii particulelor de apă hidrodinamic activă, propagarea prin convecție și prin conduction a căldurii și propagarea prin dispersie hidrodinamică (convecție și difuzie moleculară) a concentrației componentelor în amestecul fluid de apă hidrodinamic activă se conformează ecuațiilor corespunzătoare de difuzivitate (De Josselin de Jong și Bosseň, 1961; Scheidegger, 1961; De Wiest, 1969; Bear, 1969; Emsellem, 1971; Witherspoon și Neuman, 1973; Aladiev și.a., 1975; Gringarten și Sauty, 1975) care pot fi acceptate, pentru marea majoritate a acestor zăcăminte, sub formele simplificate

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

$$\frac{\partial T^\circ}{\partial t} = \tilde{\chi} \operatorname{div} \operatorname{grad} T^\circ - \frac{\rho c}{\tilde{\rho} \tilde{c}} \tilde{v} \operatorname{grad} T^\circ \quad (2)$$

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești 1978.

² Comisia republicană de rezerve geologice, Calea Victoriei nr. 152, București.



și

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \operatorname{div} \operatorname{grad} C - \frac{\bar{v}}{m_e} \operatorname{grad} C, \quad (3)$$

unde $\partial h / \partial t$ și $\operatorname{div} \operatorname{grad} h$, $\partial T^\circ / \partial t$ și $\operatorname{div} \operatorname{grad} T^\circ$, $\partial C / \partial t$ și $\operatorname{div} \operatorname{grad} C$ reprezintă respectiv derivata locală și laplaceianul sarcinii (cotei) piezometrice h , temperaturii T° și concentrației C ; a , $\tilde{\chi}$ și D reprezintă respectiv coeficientul de difuzivitate hidraulică (piezotransmisivitate), coeficientul de difuzivitate termică prin ansamblul rocii și apei înmagazinate și coeficientul de difuzivitate dispersională (de dispersie hidrodinamică); ρ și c reprezintă masa specifică și respectiv căldura specifică (capacitatea calorică) ale apei hidrodinamic active; $\tilde{\rho}$ și \tilde{c} reprezintă masa specifică și respectiv căldura specifică ale ansamblului rocii de porozitate eficace m_e și apei înmagazinate; $\operatorname{grad} T^\circ$ și $\operatorname{grad} C$ reprezintă gradientul temperaturii și respectiv gradientul concentrației; iar $\bar{v} = -K \operatorname{grad} h$ reprezintă viteza de filtrare exprimată, potrivit legii lui Darcy, prin produsul între conductibilitatea hidraulică K și gradientul cu semn schimbat al sarcinii piezometrice — grad h .

În cazul propagărilor plane, cind $\partial h / \partial z = 0$, $\partial T^\circ / \partial z = 0$ și $\partial C / \partial z = 0$, ecuațiile de difuzivitate (1), (2) și (3) se reduc respectiv la formele

$$\frac{\partial h}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right), \quad (1')$$

$$\frac{\partial T^\circ}{\partial t} = \tilde{\chi} \left(\frac{\partial^2 T^\circ}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T^\circ}{\partial y^2} \right) + \frac{\rho c}{\tilde{\rho} \tilde{c}} K \left(\frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial T^\circ}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial T^\circ}{\partial y} \right) \quad (2')$$

și

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + \frac{K}{m_e} \left(\frac{\tilde{c} h}{\partial x} \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial C}{\partial y} \right). \quad (3')$$

Pentru rezolvarea problemelor de optimizare a exploatarii apelor subterane termominerale, aceste ecuații cu derivate parțiale pot fi integrate numeric, cunoscind condițiile inițiale date prin valorile funcțiilor $h = h(x, y, t)$, $T^\circ = T^\circ(x, y, t)$ și $C = C(x, y, t)$ la un anumit moment t_0 precum și condițiile la limită date prin valorile funcțiilor (de tip Dirichlet) sau ale derivatelor lor normale (de tip Neumann) sau încă ale unor combinații liniare ale funcțiilor și derivatelor lor normale (de tip Fourier) pe frontiera zăcământului investigat.

Dacă se divide, pentru comoditate în prezentare, domeniul zăcământului investigat printr-o rețea pătratică cu intervale $\Delta x = \Delta y = \lambda$ și timpul în intervale egale $\Delta t = \tau$, se notează cu $h_{i,j,k}$, $T_{i,j,k}^\circ$ și $C_{i,j,k}$ sarcina piezometrică, temperatura și concentrația într-un punct (i, j) la momentul k și se folosesc operatorul cu diferențe progresive pentru derivata



locală și operatorul cu diferențe centrale atât pentru derivatele parțiale în raport cu coordonatele spațiale cît și pentru laplaceian (Salvadori și Baron, 1972), adică

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{h_{i,j,k+1} - h_{i,j,k}}{\tau}, \quad \frac{\partial T^o}{\partial t} \approx \frac{T^o_{i,j,k+1} - T^o_{i,j,k}}{\tau}, \quad \frac{\partial C}{\partial t} \approx \frac{C_{i,j,k+1} - C_{i,j,k}}{\tau},$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{h_{i+1,j,k} - h_{i-1,j,k}}{2\lambda}, \quad \frac{\partial T^o}{\partial x} \approx \frac{T^o_{i+1,j,k} - T^o_{i-1,j,k}}{2\lambda}, \quad \frac{\partial C}{\partial x} \approx \frac{C_{i+1,j,k} - C_{i-1,j,k}}{2\lambda},$$

$$\frac{\partial h}{\partial y} \approx \frac{h_{i,j+1,k} - h_{i,j-1,k}}{2\lambda}, \quad \frac{\partial T^o}{\partial y} \approx \frac{T^o_{i,j+1,k} - T^o_{i,j-1,k}}{2\lambda}, \quad \frac{\partial C}{\partial y} \approx \frac{C_{i,j+1,k} - C_{i,j-1,k}}{2\lambda},$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \approx \frac{\frac{h_{i+1,j,k} - h_{i,j,k}}{\lambda} - \frac{h_{i,j,k} - h_{i-1,j,k}}{\lambda}}{\lambda} + \frac{\frac{h_{i,j+1,k} - h_{i,j,k}}{\lambda} - \frac{h_{i,j,k} - h_{i,j-1,k}}{\lambda}}{\lambda} = \\ = \frac{h_{i-1,j,k} + h_{i+1,j,k} + h_{i,j-1,k} + h_{i,j+1,k} - 4h_{i,j,k}}{\lambda^2},$$

$$\frac{\partial^2 T^o}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T^o}{\partial y^2} \approx \frac{T^o_{i-1,j,k} + T^o_{i+1,j,k} + T^o_{i,j-1,k} + T^o_{i,j+1,k} - 4T^o_{i,j,k}}{\lambda^2},$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \approx \frac{C_{i-1,j,k} + C_{i+1,j,k} + C_{i,j-1,k} + C_{i,j+1,k} - 4C_{i,j,k}}{\lambda^2},$$

atunci ecuațiile cu derivate parțiale (1'), (2') și (3') se transpun respectiv sub formele ecuațiilor cu diferențe finite

$$\frac{h_{i,j,k+1} - h_{i,j,k}}{\tau} = a \frac{h_{i-1,j,k} + h_{i+1,j,k} + h_{i,j-1,k} + h_{i,j+1,k} - 4h_{i,j,k}}{\lambda^2}, \quad (4)$$

$$\frac{T^o_{i,j,k+1} - T^o_{i,j,k}}{\tau} = \tilde{\chi} \frac{T^o_{i-1,j,k} + T^o_{i+1,j,k} + T^o_{i,j-1,k} + T^o_{i,j+1,k} - 4T^o_{i,j,k}}{\lambda^2} + \\ + \frac{\rho c}{\tilde{\rho} \tilde{c}} K \left(\frac{h_{i+1,j,k} - h_{i-1,j,k}}{2\lambda} \cdot \frac{T^o_{i+1,j,k} - T^o_{i-1,j,k}}{2\lambda} + \right. \\ \left. + \frac{h_{i,j+1,k} - h_{i,j-1,k}}{2\lambda} \cdot \frac{T^o_{i,j+1,k} - T^o_{i,j-1,k}}{2\lambda} \right) \quad (5)$$



și

$$\begin{aligned} \frac{C_{i,j,k+1} - C_{i,j,k}}{\tau} &= D \frac{C_{i-1,j,k} + C_{i+1,j,k} + C_{i,j-1,k} + C_{i,j+1,k} - 4C_{i,j,k}}{\lambda^2} + \\ &+ \frac{K}{m_e} \left(\frac{h_{i+1,j,k} - h_{i-1,j,k}}{2\lambda} \cdot \frac{C_{i+1,j,k} - C_{i-1,j,k}}{2\lambda} + \right. \\ &\left. + \frac{h_{i,j+1,k} - h_{i,j-1,k}}{2\lambda} \cdot \frac{C_{i,j+1,k} - C_{i,j-1,k}}{2\lambda} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Prin rezolvarea ecuațiilor (4), (5) și (6) în raport cu $h_{i,j,k+1}$, $T_{i,j,k+1}^\circ$ și $C_{i,j,k+1}$, se deduc următoarele relații de recurență care permit determinarea sarcinii piezometrice, temperaturii și concentrației în punctul (i, j) la momentul $k + 1$:

$$h_{i,j,k+1} = \left(1 - \frac{4a\tau}{\lambda^2}\right) h_{i,j,k} + \frac{a\tau}{\lambda^2} (h_{i-1,j,k} + h_{i+1,j,k} + h_{i,j-1,k} + h_{i,j+1,k}), \quad (4')$$

$$\begin{aligned} T_{i,j,k+1}^\circ &= \left(1 - \frac{4\tilde{\chi}\tau}{\lambda^2}\right) T_{i,j,k}^\circ + \frac{\tilde{\chi}\tau}{\lambda^2} (T_{i-1,j,k}^\circ + T_{i+1,j,k}^\circ + T_{i,j-1,k}^\circ + T_{i,j+1,k}^\circ) + \\ &+ \frac{\rho c}{\tilde{\rho}c} \frac{K\tau}{4\lambda^2} [(h_{i+1,j,k} - h_{i-1,j,k}) (T_{i+1,j,k}^\circ - T_{i-1,j,k}^\circ) + \\ &+ (h_{i,j+1,k} - h_{i,j-1,k}) (T_{i,j+1,k}^\circ - T_{i,j-1,k}^\circ)] \end{aligned} \quad (5')$$

și

$$\begin{aligned} C_{i,j,k+1} &= \left(1 - \frac{4D\tau}{\lambda^2}\right) C_{i,j,k} + \frac{D\tau}{\lambda^2} (C_{i-1,j,k} + C_{i+1,j,k} + C_{i,j-1,k} + C_{i,j+1,k}) + \\ &+ \frac{1}{m_e} \frac{K\tau}{4\lambda^2} [(h_{i+1,j,k} - h_{i-1,j,k}) (C_{i+1,j,k} - C_{i-1,j,k}) + \\ &+ (h_{i,j+1,k} - h_{i,j-1,k}) (C_{i,j+1,k} - C_{i,j-1,k})] \end{aligned} \quad (6')$$

Tinind seamă că soluția cu diferențe finite a ecuației cu deriveate parțiale (1') nu converge către soluția exactă dacă $\tau > \lambda^2/4a$ (Salvadori și Baron, 1972), se poate alege, pentru simplificarea calculelor, o valoarea a lui τ astfel încât

$$\frac{a\tau}{\lambda^2} = \frac{1}{4} \quad (7)$$



În acest caz, ecuațiile (4'), (5') și (6') se reduc respectiv la formele

$$h_{i,j,k+1} = \frac{1}{4} (h_{i-1,j,k} + h_{i+1,j,k} + h_{i,j-1,k} + h_{i,j+1,k}), \quad (8)$$

$$\begin{aligned} T_{i,j,k+1}^o = & \left(1 - \frac{\tilde{\chi}}{a}\right) T_{i,j,k}^o + \frac{\tilde{\chi}}{4a} (T_{i-1,j,k}^o + T_{i+1,j,k}^o + T_{i,j-1,k}^o + T_{i,j+1,k}^o) + \\ & + \frac{K \rho c}{16a \tilde{\rho} \tilde{c}} [(h_{i+1,j,k} - h_{i-1,j,k}) (T_{i+1,j,k}^o - T_{i-1,j,k}^o) + \\ & + (h_{i,j+1,k} - h_{i,j-1,k}) (T_{i,j+1,k}^o - T_{i,j-1,k}^o)] \end{aligned} \quad (9)$$

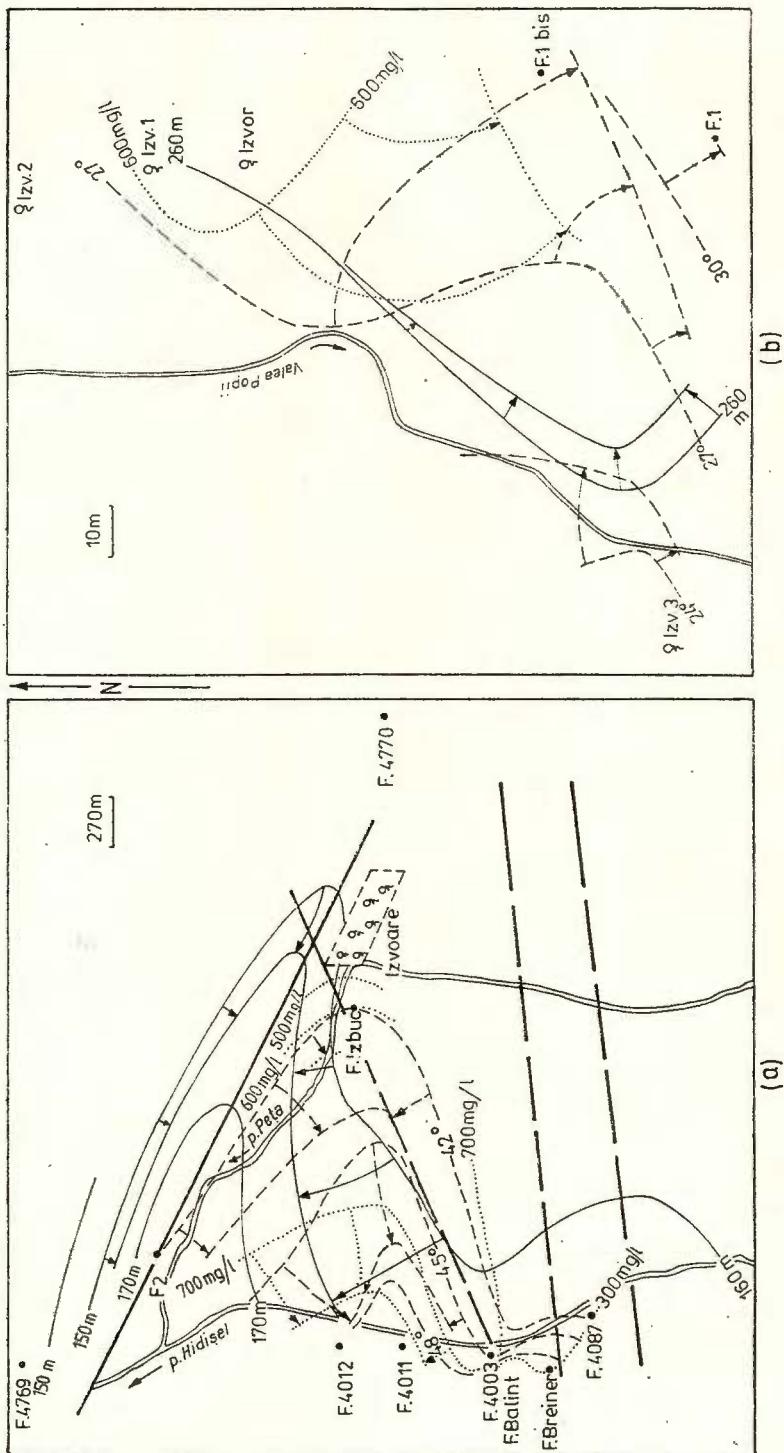
și

$$\begin{aligned} C_{i,j,k+1} = & \left(1 - \frac{D}{a}\right) C_{i,j,k} + \frac{D}{4a} (C_{i-1,j,k} + C_{i+1,j,k} + C_{i,j-1,k} + C_{i,j+1,k}) + \\ & + \frac{K}{16a m_e} [(h_{i+1,j,k} - h_{i-1,j,k}) (C_{i+1,j,k} - C_{i-1,j,k}) + \\ & + (h_{i,j+1,k} - h_{i,j-1,k}) (C_{i,j+1,k} - C_{i,j-1,k})] \end{aligned} \quad (10)$$

Variatiile în timp ale cotei piezometricice, temperaturii și concentrației pot fi determinate cu atât mai exact cu cât intervalele de timp τ dintre măsurările succesive sunt mai mici și implicit, potrivit cu (7), cu cât intervalele de spațiu λ dintre punctele successive de observație sunt mai mici și deci cu cât densitatea corespunzătoare a punctelor nodale ale caroiajului considerat este mai mare.

Practic, pe domeniul zăcământului investigat și pe frontierele sale atât cimpul hidrodinamic $h = h(x, y, t)$ cât și cimpurile de temperatură $T^o = T^o(x, y, t)$ și de concentrație $C = C(x, y, t)$ se determină pe baza unor valori locale obținute prin măsurători periodice ale sarcinii piezometricice, temperaturii și mineralizației apelor subterane termominerale în puncte de observație (foraje și emergențe naturale) dispuse la intervale în general inegale. Interpretând distribuția acestor valori locale în corelație cu condițiile specifice ale zăcământului investigat, se pot întocmi hărți hidrogeologice cu reprezentările succesive ale celor trei cimpuri (hărți cu hidroizopize sau hidroizohipse, hărți cu hidroizoterme și hărți hidrochimice) pe domeniul zăcământului presupus acoperit cu o rețea pătratică convenabilă în ale cărei puncte nodale se estimează, pe baza hărtilor respective, valorile sarcinii piezometricice, temperaturii și concentrației la momentele succesive considerate, astfel încât să fie justificată aplicabilitatea formulelor (4'), (5') și (6') sau (8), (9) și (10). Prin intermediul formulelor enumerate este posibilă simularea modificărilor spațiale și temporale ale celor trei cimpuri în diferite variante ale sistemului și regimului de exploatare a apelor termominerale. În figura anexată se prezintă modificările acestor cimpuri în variantele de exploatare actuală a apelor termominerale din complexul superior (I) al Cretacicului de la Băile Felix-1 Mai și din Sarmatianul de la Bala.





Simularea comportării zăcământului în diferite variante de exploatare a apelor termominerale fundamentează alegerea variantei optime de amplasare a captărilor și de reglare a debitelor lor, astfel încit să fie satisfăcute simultan atât cerințele privind debitul global, temperatura și mineralizația apelor exploataate cît și condițiile impuse pentru conservarea și protecția zăcământului. Problemele mai complicate de acest tip se pot rezolva operativ prin intermediul unui calculator, pe baza unui program adecvat.

BIBLIOGRAFIE

- Aladiev I. T., Trusov V. P., Peredery, A. D., Stringin E. M., Saperov E. V., Fardzинov V. K. (1975). Heat and Mass Transfer Processes in Aquifer Systems with Artificially Increased Fracturing. *Proceedings Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources*. vol. 3, Section VIII. *Production Technology Reservoir Engineering, and Field Management*, p. 1529—1535, San Francisco.
- Bear J. (1969). In «Flow through porous media» (ed. R.J.M. De Wiest). Chap. 4, *Hydrodynamic Dispersion*, Academic Press, p. 109—199, New York and London.
- De Josselin de Jong G., Bossem M. J. (1961). Discussion of paper by J. Bear, On the tensor form of dispersion, *Journal of Geophysical Research*, 66, p. 3623—3624.
- De Wiest R. J. M. (1969) In «Flow through porous media» (ed. R.J.M. De Wiest), Chap. 1. *Fundamental Principles of Ground-Water Flow*, Academic Press, p. 1—52, New York and London.
- Emseille Y. (1971). Modèles mathématiques pour la gestion intégrée des ressources en eau. *Ecole nationale supérieure des mines de Paris, Centre d'informatique géologique*, R/71/6, p. 1—43, Fontainebleau.
- Griengarten A. C., Sauny J. P. (1975). Influence de la Réinjection sur la Température d'un Réservoir Géothermique utilisé pour le Chauffage Urbain. *Proceedings Second United Nations Symposium of the Development and Use of Geothermal Resources*, Vol. 2, Section V, *Environmental Factor and Waste Disposal*, p. 1365—1370, San Francisco.



Modificările cimpului hidrodinamic $h = h(x, y, t)$ și ale cimpului de temperatură $T^o = T^o(x, y, t)$ și de concentrație $C = C(x, y, t)$ în variantele de exploatare actuală a apelor termominerale din complexul superior al Cretacicului de la Băile Felix-1 Mai (a) și Sarmățianul de la Bala (b).

1, falie ; 2, migrarea hidroizopiezelor ; 3, migrarea hidroizotermelor ; 4, migrarea curbelor de egală mineralizație a apelor subterane pe durata exploatarii.

Modification du champ hydrodynamique $h = h(x, y, t)$ et du champ de température $T^o = T^o(x, y, t)$ et de concentration $C = C(x, y, t)$ dans les variantes d'exploitation actuelle des eaux thermominérales du complexe supérieur du Crétacé de Băile Felix-1 Mai (a) et du Sarmatiens de Bala (b).

1, faille ; 2, migration des hydroisopiez ; 3, migration des hydroisothermes ; 4, migration des courbes de minéralisation égale des eaux souterraines pendant l'exploitation.



- Salvadori M. G., Baron M. L. (1972) Metode numerice în tehnică (trad. din l. engleză). Ed. tehn., Bucureşti.
- Scheidegger A. E. (1961) General theory of dispersion in porous media, *Journal of Geophysical Research*, 66, p. 3273—3278.
- Witherspoon P. A., Neuman S. P. (1973) La méthode des éléments finis appliqués à l'hydrogéologie-Finite Element Methods in Hydrogeology. *Bulletin du B.R.G.M., Deuxième série no. 4, Section III Hydrogéologie-Géologie de l'ingénieur*, p. 213—303, Paris.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR L'OPTIMISATION DE L'EXPLOITATION DES EAUX THERMOMINÉRALES

(Résumé)

Au point de vue hydrogéologique, l'optimisation de l'exploitation d'un gisement hydrothermominéral consiste dans l'optimisation de la distribution des captations et du régime d'exploitation, de sorte qu'on réponde simultanément aux besoins concernant le débit global, la température et la concentration des eaux thermominérales exploitées, ainsi qu'aux conditions imposées pour la conservation et la protection du gisement.

La solution des problèmes d'optimisation de l'exploitation des eaux souterraines thermominérales est possible à partir des équations générales des champs de température et de concentration superposées au champ hydrodynamique sur le domaine du gisement hydrothermominéral, ainsi que des conditions initiales et à limite connue, ainsi qu'on présente pour le complexe supérieur (I) du Crétacé de la zone des Bains Felix—1 Mai et pour le Sarmatien de la zone de Bala.



ASUPRA EVALUĂRII RESURSELOR DE APE CARBOGAZOASE ÎN CONDIȚIILE CONSERVĂRII ZĂCĂMINTELOR HIDROMINERALE¹

DE

MARIUS ALBU², CORNELIA RADU²

*Carbogaseous waters. Underground waters. Water resources. Hydrogeological methods.
Hydromineral reservoirs. Water protection. Hydrodynamics.*

Abstract

On the Evaluation of the Carbogaseous Waters Resources under the Conditions of Preserving the Hydromineral Reservoirs. Three methods of determining the resources of underground carbogaseous waters are presented; they are conceived and experimented in Romania for the preservation and protection of the hydromineral reservoirs as well as for the increased efficiency of the hydrogeological research works.

Zăcăminte de ape carbogazoase au, de regulă, o dezvoltare locală de-a lungul sau în apropierea unor fracturi ale fundamentului care constituie căi de acces spre suprafață ale bioxidului de carbon asociat manifestărilor post-vulcanice. De obicei, un astfel de zăcămint se găsește localizat într-un sistem acvifer subteran deschis sau cvasideschis al cărui domeniu cuprinde cel puțin un subdomeniu cu apă saturată în bioxid de carbon dizolvat în amestec eterogen cu bioxid de carbon liber. În aceste condiții hidrogeologice speciale, orice zăcămint de ape carbogazoase prezintă un grad mai mic sau mai mare de vulnerabilitate față de lucrările care-l interceptează, inclusiv față de forajele hidrogeologice executate în scopul obținerii datelor necesare determinării resurselor sale hidrominerale.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești octombrie 1978.

² Comisia republicană de rezerve geologice. Calea Victoriei nr. 152, București.



Forajele hidrogeologice pot provoca degazeificarea forțată a zăcământului prin drenarea rapidă, de pe subdomeniul apelor subterane carbogazoase sau direct de pe căile de ascensiune spre suprafață, a unei mari părți din bioxidul de carbon mineralizator al apelor subterane și, în consecință, dispariția sau modificarea nedorită a caracteristicilor unor emergențe naturale de ape cu proprietăți specifice (curative) remarcabile, reducerea debitelor captărilor, degradarea calității apelor urmată eventual de schimbarea destinației lor și chiar compromiterea întregii exploatari de ape minerale. Pentru evitarea acestor consecințe și totodată pentru creșterea eficienței lucrărilor de cercetare hidrogeologică, se impune ca programul de investigare a apelor subterane carbogazoase să fie judicios alcătuit în funcție de particularitățile conservării fiecărui zăcămînt care condiționează numărul, tipul, amplasamentul și adîncimea forajelor, astfel încît să permită totuși obținerea datelor necesare evaluării resurselor hidrominerale printr-o din următoarele metode adaptate cerințelor de conservare și adoptate corespunzător caracteristicilor de zăcămînt: metoda fizică-hidrogeologică, metoda răspunsurilor impulsionale (black box) și metoda hidrogazodinamică.

Metoda fizică-hidrogeologică

În cazul zăcămîntelor de ape carbogazoase localizate în sisteme acvifere subterane cu extindere mare și deschise (în ansamblu cu nivel liber și numai local sub presiune), resursele hidrominerale pot fi optim evaluate prin intermediul metodei fizice-hidrogeologice derivată din metoda fizică de identificare a sistemelor (Ems et al., 1971). Această metodă constă în a diseca sistemul investigat, astfel încit să î se evidențieze structura și să se determine valorile parametrilor caracteristici blocurilor componente, iar ulterior pe baza analizei comportării sistemului să se deducă relațiile între blocuri și legile fizice corespunzătoare ansamblului, urmărind ca modelul adoptat să se apropie cît mai mult de realitate. În esență, zăcămîntul de ape subterane carbogazoase se conturează și se testează prin lucrările de cercetare hidrogeologică dispuse după caroajele corespunzătoare etapelor succesive de investigare a sistemului (fig. 1) în care se individualizează blocuri componente caracterizate prin productivitate de volum Q_{exi}/V_i definită prin raportul dintre debitul optim exploatabil Q_{exi} și volumul domeniului de influență V_i aferent fiecărui foraj F_i , prevăzut pentru exploatare. Debitul optim exploataabil Q_{exi} de ape subterane carbogazoase se determină pe baza rezultatelor încercărilor experimentale în regim staționar sau cel puțin evasistaționar prin care se stabilesc corelațiile atât între valorile debitului și denivelării cît și între valorile debitului și conținutului apei în bioxid de carbon și eventual în alți compoziți în soluție (Albu și Hinculov, 1975), impunînd condițiile ca viteza apei la intrarea în foraj să nu depășească viteza maxim admisibilă în funcție de granulometria rocii acvifere și conținutul în bioxid de carbon să nu rămînă sub conținutul minim admis în funcție de exigențele consumatorilor (fig. 2). Volumul domeniului de influență V_i se poate exprima prin produsul între grosimea sistemului hidromineral subteran H_i stabilită prin forajul F_i sau estimată pe baza considerentelor de ordin



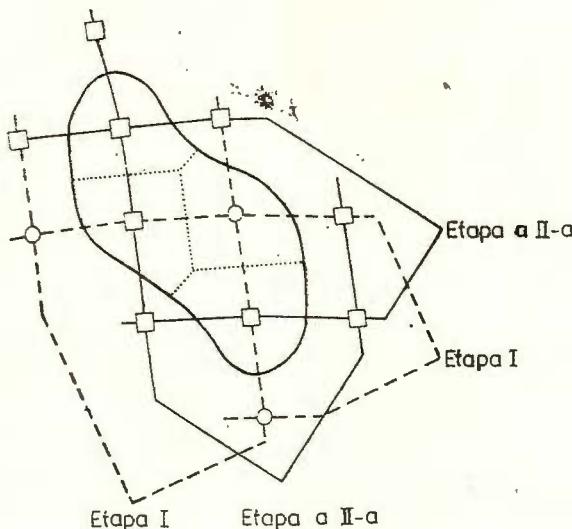


Fig. 1. — Conturarea și testarea zăcământului prin lucrări de cercetare hidrogeologică dispuse după carioaje corespunzătoare etapelor succesive de investigare a sistemului.

Contour et test du gisement par des travaux de recherche hydrogéologique disposés d'après des carroyages correspondant aux étapes successives d'investigation du système.

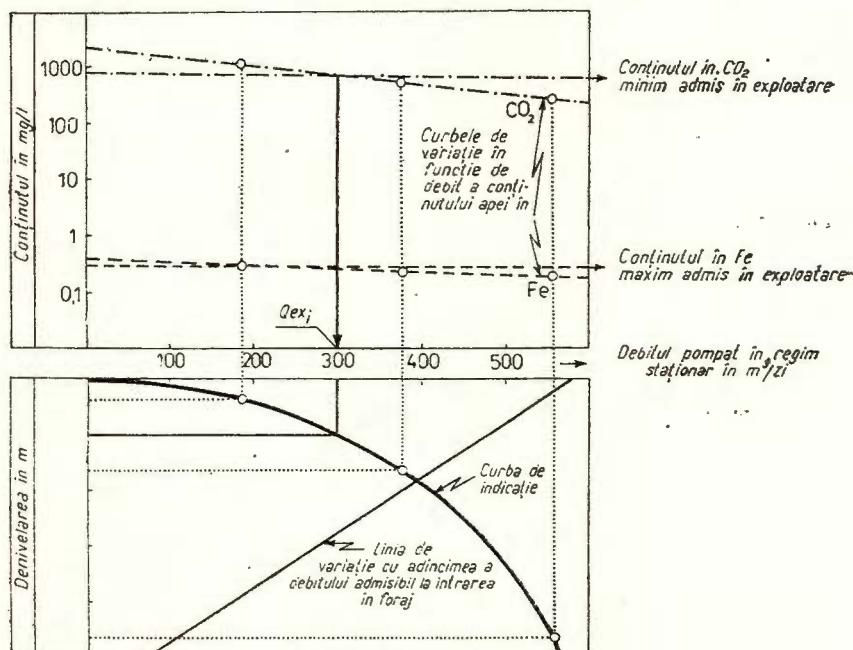


Fig. 2. — Stabilirea debitului optim exploatabil de ape subterane carbogazoase. Détermination du débit optimum exploitable d'eaux souterraines carbogaseuses.



structural și aria suprafeței de influență Ω_i corespunzătoare forajului F_i , determinată prin interpretarea rezultatelor încercărilor experimentale, astfel încit productivitatea de volum poate fi scrisă sub forma $Q_{exi}/V_i = = (1/H_i) (Q_{exi}/\Omega_i)$ în care se evidențiază productivitatea de suprafață Q_{exi}/Ω_i . Sintetizând, se conchide că ansamblul a n blocuri componente ale sistemului investigat poate fi caracterizat, în cazul sistemului izometric prin productivitatea medie de volum $\sum_{i=1}^n Q_{exi} / \sum_{i=1}^n V_i$ sau, în cazul sistemului stratiform de grosime relativ uniformă cu valoarea medie \tilde{H} , prin productivitatea medie de suprafață $\sum_{i=1}^n Q_{exi} / \sum_{i=1}^n \Omega_i = \tilde{H} \sum_{i=1}^n Q_{exi} / \sum_{i=1}^n V_i$. Corespunzător acestor două cazuri, resursele exploataabile (disponibile) globale Q_{ex} de ape carbogazoase ale întregului zăcămînt se evaluatează respectiv prin intermediul relațiilor

$$Q_{ex} = V \frac{\sum_{i=1}^n Q_{exi}}{\sum_{i=1}^n V_i} \text{ sau } Q_{ex} = \Omega \frac{\sum_{i=1}^n Q_{exi}}{\sum_{i=1}^n \Omega_i} \quad (1)$$

și cuprind, în funcție de gradul de cunoaștere realizat, atît resursele exploataabile sigure sau cel puțin probabile $\sum_{i=1}^n Q_{exi}$ cît și resursele exploataabile posibile sau cel mult probabile $Q_{ex} - \sum_{i=1}^n Q_{exi}$

Metoda răspunsurilor impulsionale (black box)

Dacă zăcămîntele de ape carbogazoase sunt localizate în sisteme acvifere subterane cu extindere mică și evasidescise (în ansamblu sub presiune, dar local deschise prin falii sau fracturi de-a lungul cărora zăcămînte se descarcă exclusiv prin emergențe naturale), atunci resursele lor hidrominerale pot fi optim evaluate prin intermediul metodei răspunsurilor impulsionale (black box) rezultate din aplicarea metodei sinonime de identificare a sistemelor (Emsellem, 1971). Această metodă constă în a determina răspunsurile sistemului față de o perturbație exterioară dată, stabilind valoarea medie a parametrului necunoscut mai întîi pe întregul sistem și apoi pe blocuri componente de mărime descreșcătoare. Concret, zăcămîntul se testează prin numai cîteva foraje hidrogeologice, fiind supus unor încercări succesive în trepte de debit constant pe intervale de timp suficient de mari pentru a se resimți o eventuală influență asupra emergențelor naturale de ape carbogazoase de la extremitatea superioară a zăcămîntului. Ca urmare a acestor încercări successive se obține un șir spre exemplu crescător

$$\left(\sum_{i=1}^n Q_i \right)_1 < \left(\sum_{i=1}^n Q_i \right)_2 < \dots < \left(\sum_{i=1}^n Q_i \right)_j < \left(\sum_{i=1}^n Q_i \right)_{j+1}$$



al valorilor sumei debitelor celor n foraje de testare la încercările $1, 2, \dots, j$ în care nu se resimte vreo influență nedorită asupra emergențelor naturale de ape carbogazoase de la extremitatea superioară a zăcământului și, în final, la încercarea $j + 1$ în care se resimte o astfel de influență nedorită (fig. 3). Evident, resursele exploataabile globale Q_{ex} de ape carbo-

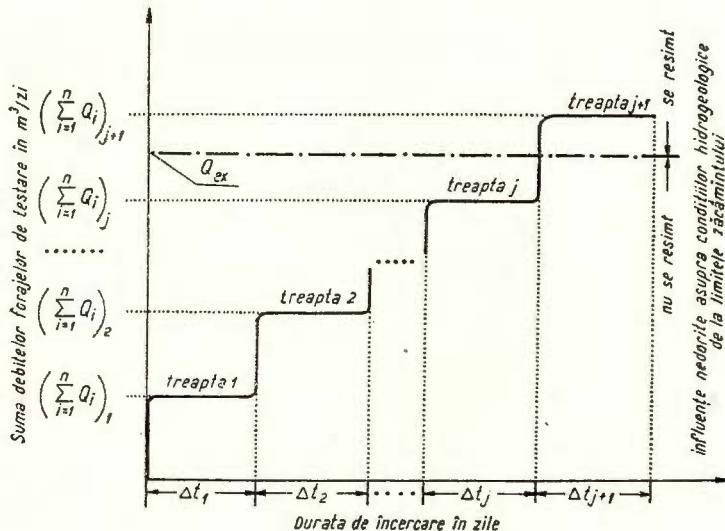


Fig. 3. — Estimarea resurselor exploataabile globale prin metoda răspunsurilor impulsionale (black box).

Estimation des ressources exploitables globales par la méthode des réponses à impulsions (black box).

gazoase au valoarea cuprinsă între $\left(\sum_{i=1}^n Q_i\right)_j$ și $\left(\sum_{i=1}^n Q_i\right)_{j+1}$, adică

$$\left(\sum_{i=1}^n Q_i\right)_j \leq Q_{ex} < \left(\sum_{i=1}^n Q_i\right)_{j+1}, \quad (2)$$

dar, pentru asigurarea conservării zăcământului, se poate admite că

$$Q_{ex} = \left(\sum_{i=1}^n Q_i\right)_j. \quad (2')$$

Antrenarea în exploatare a acestor resurse se realizează prin distribuirea lor optimă pe surse (foraje și izvoare) de exploatare cărora le corespund blocuri componente ale sistemului.

Metoda hidrogazodinamică

În cazul zăcămintelor de ape carbogazoase localizate în sisteme acvifere subterane deschise, indiferent de mărimea lor, determinarea resurselor hidrominerale este fundamentată teoretic printr-o metodă exactă (Albu, 1976) numită metoda hidrogazodinamică. În esență, această metodă constă în determinarea afluxului lateral de ape subterane necarbogazoase și afluxului ascensional de bioxid de carbon prin secțiunile caracteristice ale zăcământului de ape subterane carbogazoase. Practic, resursele de ape carbogazoase se pot evalua pe baza datelor obținute prin investigații

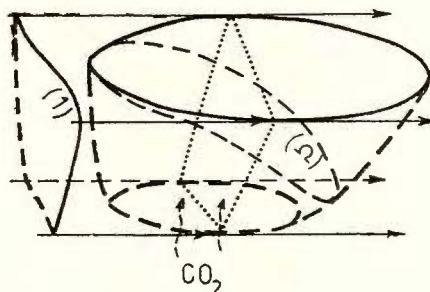


Fig. 4. — Reprezentarea schematică a volumului V în care sunt conținute apele carbogazoase și a tubului de curent prin care intră în V și ieș din V apele necarbogazoase.

Representation schématique du volume V où sont contenues les eaux carbogaseuses et du tube de courant par lequel les eaux non-carbogaseuses entrent en et sortent de V .

în punctele de ivire naturală și de deschidere artificială ale sistemului acvifer subteran care conține ape carbogazoase. Ca date principale, se rețin valorile locale stabilite pentru coeficientul K de filtrare, cota h a nivelului piezometric, grosimea H a sistemului acvifer subteran, raportul ρ_a/ρ al densității fazelor lichide la densitatea amestecului fluid eterogen și concentrația C_β a fazelor gazoase, în condițiile de zăcămînt ale apelor subterane. Reprezentind distribuțiile valorilor locale ale mărîmilor enumerate prin intermediul hărîjilor și secțiunilor hidrogeologice corespunzătoare, se pot evidenția atît volumul V în care sunt conținute apele carbogazoase ($C_\beta > 0$), cît și tubul de curent prin care intră în V și ieș din V apele necarbogazoase ($C_\beta = 0$), (fig. 4). În acest tub de curent se consideră o secțiune A ce trece prin punctele de investigație din apropierea volumului V fără însă a-l intersecta, iar în volumul V se consideră o secțiune Ω ce trece prin toate punctele de investigație din V și cuprinde eventual o porțiune Ω' unde concentrația C_β este mai mare sau cel puțin egală cu

valoarea minimă $C_{\beta \min}$ impusă prin condițiile de exploatare la un moment dat. Pe secțiunea A , se procedează la estimarea valorilor medii \tilde{K}_A și \tilde{I}_A ca medii ale valorilor stabilite pe A pentru coeficientul de filtrare laterală și panta hidraulică. În tubul de curent acvifer mărginit lateral la conturul secțiunii A , se evaluează mărimea ariei $A_0 = \tilde{l}_0 \tilde{H}_0$ a secțiunii vii, de lățime medie \tilde{l}_0 și grosime medie \tilde{H}_0 , ce trece prin centrul secțiunii A . Pe secțiunea Ω și separat pe porțiunea sa Ω' , se procedează la estimarea valorilor medii \tilde{K}_Ω , $(\rho_\alpha/\rho)_\Omega$ și $(\tilde{C}_\beta)_\Omega$ precum și $\tilde{K}_{\Omega'}$, $(\rho_\alpha/\rho)_{\Omega'}$ și $(\tilde{C}_\beta)_{\Omega'}$ ca medii ale valorilor locale stabilite pe Ω și respectiv pe Ω' pentru coeficientul de filtrare ascensională, raportul densității fazelor lichide la densitatea amestecului fluid eterogen și concentrația fazelor gazoase. În planul orizontal pe care se înscriu proiecțiile secțiunii Ω și porțiunii sale Ω' , se evaluează mărimele ariilor Ω_0 și Ω'_0 ale acestor proiecții prin planimetria reprezentărilor lor grafice de pe hărțile hidrogeologice. În definitiv, resursele naturale Q_n de ape carbogazoase, resursele exploataabile Q_{ex} de ape carbogazoase în ansamblu, resursele exploataabile Q'_{ex} de ape carbogazoase cu concentrația $C_\beta \geq C_{\beta \min}$ și resursele exploataabile Q''_{ex} de ape carbogazoase cu concentrația $C_\beta < C_{\beta \min}$ se evaluează (Albu, 1976) respectiv prin intermediul relațiilor

$$Q_n = \tilde{K}_A \tilde{I}_A \tilde{l}_0 \tilde{H}_0 + \tilde{K}_\Omega [(\rho_\alpha/\rho)_\Omega - 1] \Omega_0, \quad (3)$$

$$Q_{ex} = \tilde{K}_\Omega [(\rho_\alpha/\rho)_\Omega - 1] \Omega_0, \quad (4)$$

$$Q'_{ex} = \tilde{K}_{\Omega'} [(\rho_\alpha/\rho)_{\Omega'} - 1] \Omega'_0 \quad (5)$$

și

$$Q''_{ex} = Q_{ex} - Q'_{ex} = \tilde{K}_\Omega [(\rho_\alpha/\rho)_\Omega - 1] \Omega_0 - \tilde{K}_{\Omega'} [(\rho_\alpha/\rho)_{\Omega'} - 1] \Omega'_0. \quad (6)$$

BIBLIOGRAFIE

- Albu M., Hinculov A. (1975) Aspects de la détermination des réserves en eaux minérales. Lucrările simpozionului internațional de ape minerale și termale, Eforie 7–14 iunie 1974. *Stud. tehn. econ., Seria E, Hidrogeologie*, 12, p. 27–32, Institutul de geologie și geofizică, București.
- (1976) Determinarea resurselor de ape subterane carbogazoase. *Hidrotehnica*, vol. 21, nr. 1, p. 14–17, București și Mine, Petrol și Gaze, vol. 27, nr. 3, p. 131–136, București.
- Emelleine Y. (1971). Modèles mathématiques pour la gestion intégrée des ressources en eau. *Ecole nationale supérieure des mines de Paris, Centre d'informatique géologique*, R/71/6, p. 6–7, Fontainebleau.

SUR L'ESTIMATION DES RESOURCES D'EAUX CARBOGAZEUSES DANS LES CONDITIONS DE LA CONSERVATION DES GISEMENTS HYDROTHERMAUX

(Résumé)

Les gisements d'eaux souterraines carbogazeuses peuvent être parfois dégradés même par les forages hydrogéologiques exécutés dans le but d'acquérir les données nécessaires à la détermination des leurs ressources hydrominérales. Pour la conservation et la protection de ces gisements extrêmement vulnérables ainsi que pour une efficacité accrue des travaux de recherche hydrogéologique, on est confronté au problème de trouver des méthodes optima de détermination des ressources d'eaux souterraines carbogazeuses. Trois pareilles méthodes, conçues et expérimentées en Roumanie, sont : la méthode physico-hydrogéologique appliquée aux gisements Sinerăieni, Vatra Dornei, Lipova etc., la méthode des réponses par impulsions (*black box*) appliquée aux gisements Singeorz Băi et Bilbor et la méthode hydrogazodynamique appliquée aux gisements Borsec et Buziaș.



Institutul Geologic al României

138763

CARACTERE HIDROGEOCHIMICE ALE ACVIFERELOR MINERALE DIN ZONA COVASNA — VOINEŞTI¹

DE

TODERIȚĂ BANDRABUR², PETRE CRĂCIUN², GRIGORE ALEXANDRESCU²,

Mineral waters. Hydrogeochemistry. Hydrogeological researches. Aquifers. CO₂. Black shales nappe. Tarcău Nappe. Miopliocene. Quaternary. East Carpathians. External Flysch Zone. Buzău Mountains; Neogene basins. Tg. Secuiesc.

Abstract

Hydrogeochemical Characteristics of the Mineral Aquifers from the Covasna—Voinesti Zone. The geological, structural, hydrogeological and hydrogeochemical conditions of the hydromineral reservoirs in the Covasna—Voinesti zone are presented. The principal role played by the faults system, especially the transversal faults, on which the volcanic carbon dioxide vehiculated, is underlined. The latter's aggressiveness towards the rocks and quality of accelerating the chemical phenomena taking place between the rock and water are determining in the formation of the mineral waters in the mentioned zone. The chemical peculiarities of the mineral waters from this zone are presented, taking into consideration the following hydrogeochemical types: calcium-bicarbonate, sodium-chloride-bicarbonate or sodium-bicarbonate-chloride and, more rarely, sodium-bicarbonate. The origin of the HCO₃⁻, Na⁺ and Cl⁻ ions existing in the mineral waters from Covasna and determining the principal hydrochemical characteristics are explained.

I. INTRODUCERE

Interesul mereu crescind pentru dezvoltarea multilaterală a stațiunii Covasna a determinat Ministerul Turismului de a iniția noi cercetări în vederea precizării condițiilor geologice și structurale, condițiilor hidrogeologice și hidrogeochimice și potențialului acvifer de care dispune zăcământul hidromineral din această stațiune.

În acest sens s-au efectuat cartări de suprafață, completate cu analize de laborator și cu un număr mare de date rezultate din forajele executate în ultimii ani, precum și investigațiile geofizice complexe, toate conducind la o mai bună cunoaștere a zăcământului hidromineral de la Covasna.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale -- Călimănești octombrie 1978.

² Institutul de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr. 1, 78344 București, 32.



În articolul de față vom acorda o atenție deosebită particularităților chimice și genezei apelor minerale acumulate în sedimentele cretacic-paleogene, pliocen-cuaternare și în aluviunile pleistocene și holocene din terasele și lunca pîrîului Covasna.

II. SCURT ISTORIC

Informații geologice asupra regiunii Covasna posedăm din a doua jumătate a secolului trecut, la care se adaugă, după anul 1900, studii sporadice.

După anul 1950, cercetarea geologică a zonei Covasna și a împrejurimilor sale se intensifică, se utilizează noi metode de cercetare (stratigrafice, paleontologice, chimico-mineralogice, etc.). Se ajunge astfel la o imagine stratigrafică și tectonică nouă. Se orizontează seria șisturilor negre atât în pînza de Audia cît și din pînza de Tarcău (Filipescu et al., 1952; Băncilă, 1955) și se fac de asemenea detalieri în cele două unități structurale majore (Savul et al., 1955; Marinescu, 1962; Sandulescu și Sandulescu, 1964; Andreescu, 1964; Băncilă și Marinescu, 1966; Filipescu et al., 1966, 1968; Jana Sandulescu, 1972; Grigorescu, 1971).

Formațiunile de bazin pliocen-cuaternare, precum și caracterele hidrogeologice și hidrochimice au fost cercetate de Bandrabur și Popescu (1957, 1964), cercetări continue printr-o serie de foraje executate de IFLGS (1958–1972), ISPIF (1963–1978) și IBF (1970–1975). Airinei și Pricăjan (1970–1972) pun în evidență corelația dintre structura geologică profundă, aureola mofetică și aparițiile de ape carbogazoase. Apostol și Eisenburg (1976) întreprind cercetări geofizice complexe pentru emanații de bioxid de carbon și ape minerale. Studii hidrogeologice de sinteză asupra zonei Covasna au fost efectuate de ISPIF (1971), Vulpe (1972), Iancu (1976) și Bandrabur et al., (1977).

III. CONSIDERAȚII GEOLOGICE ȘI TECTONICE

La constituția geologică a zonei Covasna iau parte depozite cretacic-paleogene și de cuvertură (pliocen-cuaternare), care sunt repartizate la două unități structurale majore (pînza șisturilor negre și pînza de Tarcău) (pl. I, II).

A) Pînza șisturilor negre

La constituția sa iau parte formațiunea șisturilor negre, seria argilelor vărgate și gresia de Siriu.

1. *Seria șisturilor negre* (strate de Audia) este formațiunea cea mai veche și mai caracteristică. Ea a fost divizată de Filipescu et al., (1952) în 3 complexe litostratigrafice:

a) Complexul inferior cu roci sideritice (200–240 m) constituit preponderent din șisturi argiloase negre sau cenușii, siltite și arenite cuar-



țoase sau calcaroase. Nota caracteristică este dată de rocile ferolitice (pelosiderite și marnocalcare sideritice). Pe baze paleontologice acest complex a fost atribuit Hauerivianului superior-Barremianului (Filipescu și Grigorescu, 1966 a);

b) Complexul șistos cu lidiene (200—220 m) constituie din șisturi argilcase negre, argilite, siltite și subordonat arenite (cuart-arenite sau protocuarțite). Acestora li se adaugă silicolite negre (lidiene) și concrețiuni calcaroase (sferoidale sau elipsoidale). Resturile de fosile arată intervalul Aptian-Albian inferior (Filipescu et al., 1952; Marinescu, 1962, etc.);

c) Complexul gresiilor glauconitice silicificate (150—180 m) este constituit din arenite cuarțoase silicificate și șisturi argiloase negre, cenușii sau verzui. Subordonat apar brecii sedimentare cu fragmente de roci granitoide roci metamorfice și roci eruptive bazice (Grigorescu, 1976). Resturile de organisme indică prezența Albianului s.l.

2. *Seria argilelor vărgate cu marnocalcare* (25—45 m) este constituită din pânte (roșii și verzi), radiolarite, tufite și marnocalcare albicioase sau cenușii. În partea inferioară apar gresii cu concrețiuni de pirită și marcasită, iar în tufite se găsesc concrețiuni de rodocrodit. Resturile de organisme confirmă vîrstă vraconian-senoniană inferioară (Marinescu, 1962; Alexandrescu et al., 1974, etc.).

3. *Gresia le Siriu* (emend. Popescu, 1952). Este constituită dintr-o alternanță ritmică de arenite (cuarțoase sau litofeldspatice), șisturi argiloase (cenușii, roșii și verzi) și subordonat marnocalcare. Resturile de organisme (inocerami, amoniți, foraminifere) indică vîrstă senoniană cu trecere la Paleogen (Popescu, 1952; Marinescu, 1962; Bratu, 1966).

B) Pînza de Tăreău

Cretacicul din pînza de Tarcău este reprezentat prin :

1. *Sisturi negre* care apar sub forma unor butoniere cu caracter „diapir” (valea Cvasnei, Ghelința, Ojdula, etc.) și prezintă aceleași caractere litologice ca și cele din pinza șisturilor negre și au implicit aceeași vîrstă.

2. *Strate de Cîrnu-Șiclău* (Bâncilă, 1955). Sînt constituite din două suborizonturi : a) argile vărgate (roșii și verzui) cu tufite și radiolarite și b) marnocalare albe cenușii sau roșcate. Stratele de Cîrnu-Șiclău sunt echivalente atât cu seria argilelor vărgate din unitatea șisturilor negre cât și cu stratele de Lupchianu (Dumitrescu, 1952) și au aceeași vîrstă.

3. *Stratele de Lorgazu* (Bâncilă, 1955). Sînt constituite din patru entități litostraigrafice : marne și argile cenușii și marnocalcare roșii. Gresia de Horgav (80—100 m); argile cenușiu-verzui și marnocalcare roșii (25—40 m); rgile, gresii curbicorticale și marnocalcare (350—400 m).



Resturile de organisme (inocerami și foraminifere) din stratele de Horgazu, permit atribuirea lor la Senonian (Băncilă, 1955; Marinесcu, 1962; Jana Sandulescu, 1972) cu posibilitatea să cuprindă și o parte din Paleocen (Jana Sandulescu, 1972).

Eocenul este preponderent arenitic și este constituit din gresia de Tarcău, strate de Podu Secu și gresia bazală de Fusaru.

a) *Gresia de Tarcău* (Eocen inferior + mediu) este constituită din serii arenitice și subordonat pelitice. Local, se dezvoltă episoade ruditice și intercalații flișoide (valea Covasnei, pîriul Lorinț etc.). Sub secvența flișoidă apar argile roșii și verzi (pîriul Lorinț).

b) *Strate de Podu-Secu* (Priabonian, Băncilă, 1955). Sunt constituite din serii pelitice verzui și arenitice (cuarțo-feldspatic). Local, apar episoade ruditice mai groase (pîriul Ursului).

c) *Gresia bazală de Fusaru* (Băncilă, 1955). Este constituită din arenite cuarțo-feldspatic și subordonat din serii pelitice.

Seria oligocenă este preponderent detritică, în care se recunosc următoarele :

a) Orizontul šistos cu menilite (250–300 m), constitut preponderent din serii pelitice și serii arenitice, la care se adaugă menilite (partea bazală);

b) Gresia de Fusaru este alcătuită din arenite și subordonat pelite gălbui sau brune. Grosimea variază între 200–300 m;

c) Orizontul šistos - calcaros (Oligocen-Miocen inferior?), constituit din serii pelitice și subordonat arenitice.

În cadrul zonei de bazin, depozitele mai vechi (cratacic-paleogene) suportă sedimente pliocen-cuaternare, constituite dintr-o alternanță de nisipuri, argile, argile nisipoase, cu intercalații de pietrișuri, uneori bolovănișuri, a căror grosime crește de la E spre W, din jurul valorii de 6 m, pînă la 100 m (forajul de la gara Covasna). Această succesiune este acoperită de nisipuri, pietrișuri și bolovănișuri, groasă de 5–20 m, reprezentînd aluviumile celor trei terase și ale luncii pîriului Covasna, încadrate în intervalul stratigrafic Pleistocen superior-Holocen.

Structural, în regiunea Covasna se individualizează două unități structurale majore : pinza šisturilor negre și pinza de Tarcău (pl. I, II).

Stilul tectonic al primei unități se caracterizează prin cute-falii, încălecate de la W spre E. Linia dintre cele două unități (linia Audia), are un caracter sinuos, și nu constituie – ca de altfel și falile cutelor solzi, o cale importantă de acces a bioxidului de carbon. În pinza de Tarcău, se remarcă un stil tectonic mai diferit, caracterizat de cute normale, sau deversate și mai rar cute-falii. În valea Covasnei se individualizează un mare anticlinoriu (anticlinoriul Covasna-Șiclău) și un sinclinal larg (sinclinalul Voinești) (pl. I, II).

Atât pinza šisturilor negre cât și pinza de Tarcău sunt afectate de falii rupturale transversale, dintre care un rol principal îl joacă falia Covasna (Filipeșcu, 1955; Băncilă, 1955 etc.), în sensul că pe traseul acestei linii se înșiră majoritatea surselor de CO₂ liber și a apelor minerale, mai ales, în zonele de întretăiere cu falii longitudinale.

Producerea fracturilor longitudinale și transversale se apreciază că ar fi avut loc la o dată mai recentă decit înălțările unităților în pinză, și ar fi de vîrstă pliocenă (faza rhodaniană sau valahă), și pot fi



considerate ca efecte periferice ale sistemului de fracturi crustale, care au pus în loc edificiul vulcanic al Carpaților Orientali (Băncilă et al., 1966).

În timpul Pleistocenului și Holocenului, aria de bazin a fost afectată de mișcări neotectonice pozitive în zona de contact morfologic, puse în evidență de formarea teraselor și de mișcări negative spre centrul bazinului, confirmate de înecarea treptată a fiecărei terase sub sedimente mai noi (Bandler, 1964).

IV. CONSIDERAȚII HIDROGEOLOGICE

Apele minerale din zona Covasna – Voinești sunt cunoscute atât din iviri naturale – izvoare, cât și din lucrări artificiale, puțuri și foraje. În prezent există în această zonă un număr de 38 foraje execuțate de IBF, ISPIF, IFLGS și ISLGC ale căror parametri hidrogeologici sunt centralizați în tabelul 1.

Din corelarea datelor de foraje cu cele obținute din cartările de suprafață a reieșit că în zona Covasna-Voinești apele circulă, pe de o parte, în roci poroase, detritice (pliocen-cuaternare), cu posibilități mari de acumulare și mișcare, iar pe de altă parte, în roci consolidate (cretacic-paleogene), cu o permeabilitate redusă, reprezentată prin rețea de fisuri, falii, precum și fețe de strat.

Din punct de vedere hidrodinamic s-a constatat existența a două tipuri de acvifere și anume: acvifere cu nivel liber, respectiv stratele acvifere freaticе cantonate în aluviuurile teraselor și luncilor (pleistocen superioare și holocene) și acvifere sub presiune, respectiv acvifere de adâncime, acumulate atât în sedimente poroase – detritice (plio-pleistocene), cât și în sedimente consolidate (cretacic-paleogene), cu permeabilitate prin fisuri, falii și fețe de strat.

1. Strate acvifere freaticе

Suprafața piezometrică a stratelor acvifere freaticе, ridicată în vara anului 1976, este reprezentată grafic, prin hidroizohipse și hidroizobate, în planșa III.

Alimentarea acviferelor freaticе se realizează din precipitațiile atmosferice și din filtrații ascensionale din acviferele de adâncime; pe sectorul de la vest de centrul orașului Covasna, freaticul este alimentat și de pîrul Covasna.

Potrivit tabelului 1, din stratele acvifere freaticе s-au obținut, prin pompare, debite variind între 0,02–2,0 l/sec.

2. Acvifere de adâncime

După tipul depozitelor în care sunt acumulate apele, s-au separat două categorii de acvifere de adâncime și anume: acvifere cantonate în sedimente poroase detritice (pliocen-cuaternare) care participă la colmatarea bazinului și acvifere acumulate în sedimente consolidate (cretacic-paleogene) din fundamentul și rama bazinului.



TABELUL 1

Cu loralele executate la Covasna pentru ape minere sau CO_2
 (Materiale utilizate ; rapoarte din arhivele ISPIF, IBF, IFLGS)

Nr. cureau	Nr. forajului	Ampasă-	Anul	Adinimiea forajului-m-	Formațiunea geologică-m	Intervale de deschisă	Nivelul piezometric	Debit initial l/s	Debit actual l/s	CO_2 -kg/h	Pompa	Liber	CO_2 -kg/h	Starea actuală a forajului
1	F Azil bătrini	Orza-	1944	45	N ₂ - Q	2,70 - 10,0 20 - 22	- 6	- 0,4	4	-	-	-	-	degradat
		gos K.S.I.				20 - 29 33 - 38,50								
2	F.I. 1950	ACEX	Valea Hancău	1950	141	Pg ₃	71,50 - 101,50 111,50 - 121,00	- 2,4,5 0,1 - 0,3 intermitent	- 10 - 150	100 - - 150	-	-	-	degradat
3	S.1	IBF	P. Covasna Confluență cu P. Horgaz	1970	70	Q $\frac{0,70}{Pg_3}$	10,61 - 69,00 32,40 - 42,90 51,00 - 63,00 74,70 - 76,00	+ 2 - 0,30	0,15 0,80 0,30	15,5 17,60	-	0,108 0,80	-	In exploatare
4	S.2	IBF	Malul dr. al P. Covasna, cca 500 m confl. P. Horgaz	1970	85	Pg ₃								nu se exploatază
5	S.3	IBF	Str. Florilor	1970	9,30	Q	6,80 - 9,40	5,50	-	0,17 0,17	0,3 6,90	-	-	nu se exploatază
6	S.4 bis	IBF	"	1971	9,60	Q	4,00 - 8,40	6,50	-	-	-	-	-	nu se exploatază
7	S.4 bis	IBF	"		30	Q K	7,20 - 8,50	- 7,65	- 0,13	-	-	-	-	In rezervă
8	S.5	IBF	"	1971	35	Q K	12,00 - 33,00	+ 3,4	0,7	1,6 - 3	8 - 9	-	-	In rezervă
9	S.6	IBF	P. Horgaz la 150 m confl. cu P. Covasna	1971	70	Q $\frac{3,5}{Pg_3}$	25 - 46 53 - 57	+ 0,07	- 0,75	11,2	- f.mic	0,7	-	in rezervă ; curge liber intermitent

10	S.7	IBF	Ciupercă	1975	70	N ₂ - Q	22,0 - 26,0 32,0 - 34,0 38,9 - 46,0	-2,70	0,3	0,85	4,30	-	-	-	-	-	-	in exploatare
11	S.9	IBF	Gura văii Hanecău		66	N ₂ - Q Pg ₃ 25	7,25 - 28,00 32,00 - 42,00	-6	-	1 - 1,2	4	-	-	-	-	-	-	In rezervă
12	S.10	IBF	Spital de cardiologie	1975	200,70	Q Pg ₃ 11	116 - 132 146 - 156	-	0,016	-	-	15	-	-	-	-	-	in curs de amenajare
13	F 4251	IIFLGS	Gara Covasna la cca 550 m HW	1958	149	N ₂ - Q Pg 132,4 K	46,0 - 53,0 59,0 - 83,5 102,3 - 149,0	-5,75 -4,00 -4,50	1,40 1,00 0,80	28,5 16,7 21,5	-	-	-	-	-	-	nu se exploatează	
14	F 2375	IIFLGS	Str. Andrei Șaguna	1972	59	N ₂ - Q Pg ₃ 30	16,0 - 54,0	-6,8	-	3 2,5 18,4	-	-	-	-	-	-	-	in rezervă
15	F 2376	IIFLGS	Str. Andrei Șaguna		60	N ₂ - Q Pg ₃ 44,7	11,0 - 51,0	-7,8	-	1,6	36,3	-	-	-	-	-	-	in rezervă
16	F 2371	IIFLGS	Valea Horgaz	1972	3194	K	315,0 - 357,00 258,00 - 270,00	-19,0	-	-	-	300	-	-	-	-	-	in rezervă
17	F	ISPIF	Centrul Covasnei Ciuuperca	1963	9,90	Q	6,0 - 8,0	+3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	in rezervă
18	F ₁	ISPIF	50 m SE sursă APEMIN	1963	20	Q	3,6 - 4,3 9,0 - 15,5 18,6 - 2,20	-3 -2,60 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	degradat
19	F ₂	ISPIF	100 m E sursă APEMIN	1963	19,75	Q	8,15 - 9,0 10,20 - 13,20	-6,90 -6,5	-	0,135	-	-	-	-	-	-	-	abandonat
20	F ₃	ISPIF	100 m NV sursă APEMIN	1963	15,00	Q	8,5 - 9,9	-7,4	-	0,16	1,8	-	-	se exploat. 0,05	-	-	-	in exploatare
21	F ₄	ISPIF	Incinta vechii stații de imbut. a CO ₂	1963	22,30	N ₂ - Q	10,4 - 13,5 22,0 - 22,3	+3	0,6	1,8	1,2	65	2,45	-	-	-	-	in exploatare
22	F ₆	ISPIF	cca 150 m SE F ₄	1963	74,00	N ₂ - Q	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	abandonat

Nr. crt.	Nr. formularul	Intrepr. care a executat forajul	Amploasă - mentul	Admiciemea forajului	Formații - logica limi- te-m-	Intervale de deschisie	Nivelul piezometric	Debit initial l/s	Debit actual l/s	Starea actuală a forajului						
			Anul					CO ₂ -kg/h	Pompăt	Liber	CO ₂ -kg/h					
23	F ₆	ISPIF	115 m NNE de F ₄ , mal drept P. Govasna	1968	57,00	N ₂ ² - Q	4,0 - 14,0 20,0 - 29,0 43,0 - 51,50	1,9	-	4,5	2,5	-	-	-	abandonat	
24	F ₇	ISPIF	cca 180 m NE F ₆	1969	38,50	N ₂ ² - Q	-	-	-	-	-	-	-	-	abandonat	
25	F ₈	ISPIF	îngă nouă static îmbut- liat CO ₂	1968	70,00	N ₂ ² - Q	25,0 - 70,0	-	-	redus	-	15 - 20	-	-	-	abandonat
26	F _{8bis}	ISPIF	îngă nouă static îmbut- liat CO ₂	1968	25,00	N ₂ ² - Q	7,00 - 25,00	+3	0,1	-	-	15 - 19	0,09	-	18 - 20	In exploatare pentru CO ₂
27	F ₉	ISPIF	incinta stației de CO ₂	1971	150,00	N ₂ ² - Q / K 67,0	21,0 - 28,0 36,0 - 40,0 63,0 - 70,0	0,1 - - 4,40 - 0,2 inter- mittent	0,85	45	-	-	-	-	degradat	
28	F ₁₀	ISPIF	la 525 m ESE de Băile Veres	1971	100,00	Q / K 15,8	37,60 - 103,4	+3,5	0,38	-	81	0,07	0,1	10 - 50	curge liber intermitent	
29	F ₁₁	ISPIF	la 100 m SSV de F ₁₀	1972	75,10	Q / K 13,4	-	-	-	-	-	-	-	-	abandonat	
30													-	-	abandonat	

B1	F ₁₂	ISPIF	250 m SW filatura	1972	64,00	$\frac{Q}{K}$ 20,0	13-62 19,0- 37,0?	2,5	1	2,2- -2,5	7,45- 11,60	-	-	-	-	în rezervă
32	F ₁₃	ISPIF	450 m E de Băile Vereaș	1972	50,00	$\frac{Q}{K}$ 13,55	8,5-11 (30,0-50,0)	-12,30	-	1,1- -2,2	0,95- -1,90	-	-	-	-	în rezervă
33	F ₁₄	ISPIF	500 m S de Băile Vereaș	1972	100,00	$\frac{Q}{K}$ 28	acvifere între 19-22 29-35 58-100	4,20	2	-	-	-	-	-	-	în rezervă
34	F ₁₅	ISPIF	îngă nouă stație înhute- liat CO ₂	1973	100,00	$N_2^2 - \frac{Q}{K}$ 76,0	acvifere între 24,0-100,0	+0,60	0,6	-	-	-	-	-	-	în rezervă
35	F ₁₆	ISPIF	la cca 450 m ENE de Băile Vereaș	1973	60,00	$\frac{Q}{K}$ 17,0	acvifere între 20,0- 28,20 39,80- 52,0	4,80	1,85	3,12	11,50	-	-	-	-	în rezervă
36	F ₁	ISLGC	în spatele hotelului nou	1975	30,00	$N_2^2 - Q$	3,80-16 24-30	+1,50	initial liber	0,70	0,10	-	-	-	-	în exploatare
37	F ₁₇	ISPIF	îngă F ₉ IBF	1976	80	$\frac{Q}{Pg_3}$ 25	13-25 32-42 59-73,3	7,30	-	1,05	?	-	-	-	-	în rezervă

Prima categorie de acvifere este acumulată în nisipuri și pietrișuri cu intercalări lenticulare de argile, formând un complex acvifer a cărui grosime variază între 10 m, în partea de est, ajungind la cca 55 m, în partea de vest a zonei cercetate.

Nivelul piezometric al complexului acvifer plio-cuaternar este, în general, ascensional, indicind valori cuprinse între 1,20 și 1,90 m; în zona centrală a orașului Covasna, zonă în care efectele faliei transversale și a intersecției acesteia cu cea longitudinală sunt evidente — prin presiunea mare a bioxidului de carbon — nivelul complexului acvifer este artezian, situindu-se la 1,5—3,50 m deasupra solului. Potrivit cotelor la care este situat nivelul piezometric, drenajul general al acviferului plio-cuaternar se efectuează spre vest, spre centrul bazinului Brețcu-Tg. Secuiesc.

Alimentarea acestui complex acvifer se realizează din stratele acvifere freatice din terase și lunci și din aporturile ascensionale venind din formațiunile de fundament cretacic-paleogene.

Potențialul complexului acvifer plio-cuaternar este cunoscut din foraje din care se obțin liber, debite variind între 0,07 și 2,45 l/sec.; prin pompare, forajele au produs între 1,4 și 4,5 l/sec., cu denivelări între 1 și 28,5 m (tab. 1).

Variațiile constatate atât în ceea ce privește nivelul piezometric cît și debitul acestui complex acvifer se datorează fluxului variabil al bioxidului de carbon migrat din profunzime.

Cea de a doua categorie de acvifere de adincime se dezvoltă în sedimente consolidate de vîrstă cretacic-paleogenă.

Sedimentele cretacic-paleogene alcătuite, în general, dintr-o alternanță de șisturi argiloase, gresii și marnocalcare dispuse în plăci, permit o acumulare și o circulație a apelor pe fisuri, falii și fețe de strat.

Complexele acvifere din depozitele cretacice și paleogene se întâlnesc atât în zona de bazin, acoperite de succesiunea sedimentelor plio-cuaternare, cît și în aria de aflorare a lor, pe rama bazinului. Alimentarea acestor acvifere se efectuează din precipitații atmosferice, infiltrate în zonele de aflorare, precum și din apele superficiale.

Parametrii acviferelor din depozitele cretacic-paleogene sunt cunoscuți atât din foraje cît și din izvoare (tab. 1, pl. III).

Din tabelul menționat se constată că nivelele piezometrice ale acestor acvifere, cunoscute în anumite puncte, sunt în majoritate ascensionale și mai rar arteziene.

Datorită gradului de permeabilitate al depozitelor cretacice și paleogene, relativ scăzut, capacitatea de debitare a complexelor acvifere închise este redusă (0,3 — 1,5 l/sec.). Fac excepție gresiile glauconitice albiene și cazurile cînd se exploatează cumulat, atât acviferele din Cretacic sau Paleogen cu cele din plio-Cuaternar, din care se obțin debite pînă la 3 l/sec. (tab. 1).

V. PARTICULARITĂȚI HIDROCHIMICE

Date cu privire la compoziția chimică a apelor minerale din zona Covasna-Voinești sunt redate în lucrările de cercetare hidrogeologică efectuate de Bandrabur (1957—1959) în raportul IGEX asupra for-



jului hidrogeologic 4251 de la gara Covasna (1958) și în rapoartele asupra forajelor de studii executate de ISPIF (1963—1975), IBF (1970—1975) și IFLGS (1952).

Studii de teren complexe, geologice, hidrogeologice și geofizice care s-au întreprins de IGG în anii 1975—1977 au detaliat problemele chimismului apelor ținând cont de aspectele acumulării și dinamicii lor.

Pentru examinarea conținutului mineral total al apelor, gazelor dizolvate și a microcomponentilor specifici dispunem de cca 100 analize de laborator efectuate pe probe recoltate din izvoare, puțuri și foraje.

Componentii minerali ai apelor subterane din zona Covasna-Voinești sunt centralizați în tabelul 2. Avind în vedere condițiile geologice structurale diferite de la o zonă la alta din cadrul ariei cu ape minerale și CO_2 , vom analiza caracteristicile hidrochimice pe formațiuni în intervalul cărora se includ complexele acvifere.

1. Chimismul apelor din depozitele cuaternare

Aapele din depozitele cuaternare au o mineralizație variind în limite destul de largi (0,370—18,7 gr/l), cele cu conținuturi mari situindu-se în general în apropierea faliilor transversale sau satelite.

Aapele dulci cu mineralizații sub 2 gr/l se dezvoltă în aluviunile teraselor Covasnei în zone mai depărtate de fracturile care afectează formațiunile prepliocene.

Pe baza raporturilor procentuale ale ionilor majori în miliechivalenți prezenti în ape, rezultă trei tipuri: bicarbonat-clorurat-sodic, bicarbonat-calcic și bicarbonat-clorurat-calcic. Aapele de tipul bicarbonat-clorurat-sodic se caracterizează prin predominanța anionului HCO_3^- (25—32%), a clorului (15—20%) și a cationului Na^+ (32—44%); conținutul mineral total cuprinde un interval larg — 1,9—18,7 gr/l. Pe lîngă acest conținut mineral analizele chimice indică și prezența CO_2 dizolvat în concentrație de 0,58—1,2 gr/l, ceea ce le conferă și caracterul carbogazos. Aapele cu conținut de CO_2 mai mare de 1 gr/l provin din surse localizate în două zone distințe pe terasa superioară a Covasnei, respectiv în perimetru fostelor băi Verea și în localitatea Voinești, pe partea dreaptă a văii Covasna.

Ambele zone se încadrează în anomalii ale CO_2 dozat în probele de gaz din sol (Apostol, Eisenburger, 1975—1976).

Tipul bicarbonat-clorurat-sodic a fost pus în evidență în zona conului de dejecție a pîriului Crăciunului (F_3 —ISPIF-băile Arpad). Conținutul mineral sporit al acestor ape îl punem pe seama intercomunicării acumulărilor acvifere din depozitele aluvial-proluviale cu apele care circulă în secțiunea alterată a depozitelor flișoide din substratul Cuaternarului. Alte surse apar pe terasa joasă a pîriului Covasna.

Aapele bicarbonat-calcice sunt caracterizate printr-un conținut ridicat în HCO_3^- (28—43%), și Ca (21—33%). Conținutul mineral se găsește între limite relativ restrînse (0,50—2,45 gr/l); majoritatea apelor subterane de acest tip sunt acumulate în aluviunile terasei joase a pîriului Covasna, fiind tipul genetic reprezentativ al apelor de infiltratie din surse superficiale. O excepție, o reprezintă apele din Balta Dracului unde apare



mineralizația crescută ($2,45 \text{ gr/l}$), fapt explicat de aportul unor ape mai de adâncime; care probabil în circulația lor ascensională, de-a lungul faliei Covasna, sănt drenate în acviferul din terasă. Deși la această sursă se manifestă pregnant CO_2 liber, totuși conținutul dozat în apele respective nu este ridicat. Acest lucru poate fi determinat de lipsa unui acoperiș impermeabil al stratului freatic, dind astfel posibilitatea degajării rapide de CO_2 , liber venit cu presiune din adâncime.

Apele aparținând tipului bicarbonat-clorurat-calcic sunt localizate în acumulările aluvionare ale terasei superioare a părții superioare a părții Crăciunului cu valea Covasnei. Majoritatea apelor de acest tip au mineralizația redusă ($0,37 - 1,5 \text{ gr/l}$), asemănătoare unor ape freatiche normale.

Singura sursă de la P_2 cardiologie are mineralizație crescută ($3,7 \text{ gr/l}$), fapt explicat de existența unui aport de ape de adâncime, din depozite cretacice, care probabil se găsesc imediat sub talpa puțului.

2. Chimismul apelor din depozitele pliocen-cuaternare

Date cu privire la chimismul apelor din acviferele cantonate în sedimentele menționate provin din cîteva puncte situate în zona gării Covasna (F. 4251) și pe terasa joasă a Covasnei, în centrul orașului. Ele au o mineralizație în majoritate de $2,3 - 6,8 \text{ gr/l}$ și aparțin tipurilor bicarbonat-clorurat-sodic sau, mai rar, clorurat-bicarbonat-sodic. Există o sursă (F. 7IBF), care deși produce ape dintr-un interval cu depozite pliocene, are însă un conținut mineral solid mult crescut ($10 - 15,8 \text{ gr/l}$). Acest fapt este explicat prin poziția apropiată față de fală transversală Covasna, care probabil favorizează drenarea verticală a complexului acvifer mineralizat acumulat în stratul flișoid cretic. În general sursele menționate au un conținut de CO_2 oscilând în jurul valorii de 1 gr/l .

3. Chimismul apelor din baza depozitelor cuaternare și din partea superioară a sedimentelor oligocene

S-au putut separa două tipuri hidrochimice în cadrul acestor acvifere și anume: bicarbonat-clorurat-sodic și bicarbonat-sodic.

Primul tip a fost identificat pe terasa superioară a Covasnei, lingă confluența cu valea Hancău (F. 2376, S9 și F. 17), în zona „la Porumbei” pe valea Hancău și în puțul de pe valea Horgazu. Mineralizația acestor ape variază în limite largi, $3,3 - 12 \text{ gr/l}$, cea mai scăzută constățindu-se la F. 2376 și cea mai ridicată la ultima sursă menționată. Diferențierea mare a mineralizației în cadrul acestor surse se datorează proporțiilor variate de amestec al apelor din depozitele cuaternare cu cele din Oligocen. Se remarcă concentrații ridicate de CO_2 ($> 1 \text{ gr/l}$) la majoritatea surselor.

Al doilea tip bicarbonat-sodic se întâlnește numai în forajul F. 2375 de pe terasa superioară a văii Covasna. Apa din acest foraj are mineralizație de $7,8 \text{ gr/l}$ și un conținut în CO_2 de $1,2 \text{ gr/l}$.

Apele acumulate numai în depozite oligocene se încadrează în tipul bicarbonat-clorurat-sodic prezintind conținuturi mult mai ridicate, de $15 - 27 \text{ gr/l}$ la sursele S6 și S10, amplasate la confluența părții Horgazu cu valea Covasna. Aproape peste tot apele cele mai mineralizate din Oli-



TABELUL 2

Tabel centralizator cu compozitia chimica a probelor de ape freacete si de adincime din zona Covasna-Voineshti

Nr. crt.	Forma geol.	Sursa	Data recoltarii	pH	Reziduu fix la 180°C mg/l	ANIONI															CATIONI															N ₂ SiO ₄	HBO ₃	CO ₂	Mineralizatie totala mg/l	Duratare totala grade germ.					
						Cl ⁻			Br ⁻			NO ₃ ⁻			NO ₂ ⁻			SO ₄ ⁻			HCO ₃ ⁻			Na ⁺			K ⁺			NH ₄ ⁺			Ca ⁺⁺			Mg ⁺⁺			Fe ⁺⁺						
						mg/l	m.e.	m.e.%	mg/l	m.e.	mg/l	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.	mg/l	m.e.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44		
1	PLIOCEN CUAVERNA R	F.1 ISLGC	07.1976	7.0	4354,8	964,5	27,20	17,5	U	—	2,5	0,0196	abs	—	abs	—	23,0	0,4788	0,3	3062,7	50,20	32,2	1441,3	62,667	40,2	53,5	1,3680	0,8	6,0	0,3825	141,1	7,040	4,6	72,5	5,960	3,8	14,8	0,530	23,3	283,5	730,4	6819,1	36,4		
2		F.4 ISPIF	07.1976	6,5	778,3	156,0	4,400	18,2	U	—	0,2	0,0016	abs	—	U	—	53,7	1,1179	4,6	402,6	6,602	27,2	120,3	5,2307	21,7	21,6	0,5524	2,2	2,0	0,1108	76,9	3,840	15,8	26,8	2,1600	8,9	6,3	0,2256	15,5	22,3	748,0	1651,7	16,8		
3		F.7 IBF	10.1975	7,0	6990,0	1496,4	42,20	16,8	U	—	0,2	0,0157	abs	—	abs	—	67,2	1,7980	0,4	7296,7	119,60	31,9	3634,6	138,02	42,1	144,0	3,6828	1,0	4,0	0,2217	64,1	3,198	0,8	278,4	22,894	6,1	0,2	0,0071	23,2	44,5	1029,6	14951,2	73,0		
4		F.4251	1960	—	—	459,2	—	16,8	—	—	—	—	—	—	—	22,6	—	0,6	1537,4	—	32,6	494,9	—	27,9	—	—	—	218,8	—	14,1	74,9	—	8,0	—	37,5	—	804,6	3642,6	—						
5		Tronson II	1960	—	—	283,7	—	13,4	—	—	—	—	—	—	—	9,9	—	0,3	1317,8	—	36,3	379,5	—	27,8	—	—	—	64,1	—	5,4	31,4	—	4,3	210,0	—	28,5	—	796,4	3134,5	—					
6		Tronson III	1960	—	—	1225,0	361,7	10,200	23,9	abs	—	0,4	0,0031	abs	—	abs	—	67,2	1,3900	3,3	597,8	9,800	22,8	217,2	9,4431	22,3	17,7	0,4527	1,0	5,0	0,2771	120,2	6,000	14,0	60,8	5,000	11,6	6,4	0,2292	23,3	38,4	1281,1	2763,9	30,4	
7		F.8 bis ISPIF	10.1975	6,3	—	1950,0	54,990	30,658	9,4	0,117	2,1	0,016	3,0	0,048	—	abs	—	59,3	1,234	0,688	7503,0	122,974	88,55	3645,9	158,53	88,383	75,0	1,018	1,069	abs	—	170,4	8,504	4,741	120,5	9,910	5,524	13,2	18,7	30,4	1984,0	15702,0	—		
8		F. 4 bis IBF	07.1976	—	5462,0	1226,9	34,60	18,6	0,0750	1,5	0,0118	abs	—	4,0	—	139,2	2,8980	1,5	3379,9	55,40	29,9	1792,8	77,952	42,0	70,0	2,0204	1,9	5,0	0,2771	99,8	14,980	2,60	92,4	7,598	4,1	6,8	0,2435	25,8	283,5	1411,6	8554,2	35,8			
9		P. 1 Hotel	10.1975	6,0	510,2	106,4	3,000	18,3	2,0	0,025	U	—	abs	—	abs	—	134,4	1,7980	1,9	1207,4	3,400	20,7	67,3	2,9268	17,8	12,9	0,3299	2,0	3,0	0,1663	64,1	3,20	19,5	17,0	1,400	8,5	5,6	0,2006	18,1	1285,2	1882,0	2410,0	12,9		
10		P. 2 Cardiologie	07.1976	6,5	1985,3	375,8	10,60	15,7	U	—	0,5	0,0039	abs	—	abs	—	134,4	2,980	4,2	1232,4	20,20	30,1	525,9	22,8667	34,0	30,1	0,7698	1,2	7,0	0,3880	113,4	5,6580	8,4	36,2	2,9769	4,4	26,3	0,9419	18,1	101,2	1847,4	44,8	24,2		
11		P. 1 Vereş	07.1975	6,5	1195,0	120,5	3,400	9,1	abs	—	0,2	0,0016	abs	—	abs	—	63,3	1,3178	3,5	854,1	14,00	37,4	296,4	12,890	34,4	29,4	0,7519	2,0	U	—	129,8	3,240	8,7	20,4	1,680	4,5	4,4	0,1575	33,8	44,6	1204,5	2801,1	13,1		
12		P. 2 Vereş	10.1975	6,4	3050,0	645,4	18,200	17,3	3,0	0,0275	0,5	0,0039	abs	—	abs	—	182,4	3,7973	3,6	1868,9	30,600	29,1	806,0	36,0440	33,5	97,5	2,4936	2,3	1,5	0,0831	168,3	8,400	8,0	80,2	6,600	6,2	0,0180	20,7	113,4	1001,7	4988,0	42,0			
13		P. 3 Vereş	10.1975	6,3	2080,0	418,4	11,800	15,5	1,0	0,0125	0,5	0,0039	abs	—	abs	—	86,4	1,7987	2,4	1488,6	24,40	32,1	461,9	20,083	26,5	84,0	2,1483	2,8	10,0	0,5443	160,3	8,000	10,5	85,1	7,000	9,2	6,4	0,2292	33,8	69,1	1143,1	4068,4	2,0		
14		Fintina centru vis-a-vis	07.1975	6,0	592,3	85,1	2,400	11,2	U	—	abs	—	10,0	0,1612	U	—	76,8	1,5989	7,4	402,7	6,600	30,7	4,7	0,2053	1,0	19,4	0,4961	2,3	abs	—	151,9	7,5798	35,2	30,1	2,4753	11,5	0,1	0,0036	12,9	abs	6,1	1405,8	28,1	—	
15		Balta Dracului	07.1976	6,5	1249,2	42,5	1,200	2,6	abs	—	0,5	0,0039	abs	—	abs	—	134,4	2,7980	6,0	1171,3	19,200	41,4	114,4	4,9758	10,7	39,5	1,0102	2,2	6,0	0,3325	255,7	12,759	27,8	47,1	3,8733	8,3	7,0	0,2500	20,7	10,1	766,8	2616,0	46,0	—	
16		Fintina Farmacie	07.1975	6,0	891,5	85,1	2,400	9,8	abs	—	5,0	0,0806	2,0	0,434	105,6	2,1984	8,9	463,6	7,600	30,9	45,1	1,9636	7,9	81,0	2,0716	8,5	abs	—	133,0	6,6400	26,9	19,0	1,640	6,7	0,2	0,0072	15,5	754,0	1710,0	23,2	—				
17		Fintina	str. Cămin Nr. 5	07.1975	6,5	680,0	35,5	1,000	4,1	U	—	abs	—	abs	—	abs	—	155,5	3,2373	13,4	475,8	7,800	32,5	32,7	1,4210	5,3	17,7	0,4621	1,9	abs	—	155,1	7,780	32,2	20,2	2,40	10,0	0,1	0,0036	15,5	abs	193,6	1111,1	2,4	—
18		Fintina	str. Cămin Nr. 1	07.1975	6,3	435,0	21,3	0,600	6,3	U	—	abs	—	abs	—	abs	—	55,7	1,1596	12,2	183,0	3,600	31,5	1,5	0,0668	0,7	16,0	0,4092	4,3	abs	—	56,1	2,800	29,5	179,8	1,480	15,5	0,1	0,0036	12,9	abs	35,2	561,7	11,9	—
19		Fintina	str. Gării Nr. 26	04.1975	7,2	715,0	120,5	3,400	13,9	abs	—	abs	—	U	—	abs	—	115,2	2,3983	9,8	390,5	6,400	26,3	98,2	4,2683	17,4	41,5	1,0613	4,3	abs	—	91,4	4,560	19,0	27,7	2,280	9,3	0,8	0,0287	15,5	6,1	105,6	1013,0	19,1	—
20		Fintina str. Gării Nr. 26	07.1976	5,5	297,8	42,5	1,200	12,1	U	—																																			

gocen provin din depozite situate la adâncimi mai mari, deschise prin foraje; frecvențele secvențe de șisturi argiloase din Oligocen asigură condiții de izolare hidrodinamică față de apele circulând în partea superioară a acestuia și care sunt în legătură cu apele din Cuaternar.

4. Chimismul apelor din depozitele cretacice

Sursele care debitează ape provenind din diferite orizonturi ale Cretacicului se situează pe terasa superioară (S5 și F. 12), pe terasa medie (F.9) și în șesul aluvionar (F.4251). Mineralizația apelor din aceste acvifere depășește de regulă 8 gr/l ajungînd pînă la 22,4 gr/l (F. 5 IBF) și aparțin tipurilor bicarbonat-clorurat-sodic, sau clorurat-bicarbonat-sodic. Variația pronunțată a mineralizației de la o zonă la alta poate fi determinată de diferențierile petrografice ale diverselor complexe litologice din Cretacic în care circulă apele. Se remarcă însă la toate sursele o apropiere în ceea ce privește rapoartele principaliilor compoziții ionice.

Analizele speciale efectuate pentru elemente minore au indicat prezența ionilor Br și I. Bromul apare în general în concentrații scăzute, remarcindu-se totuși conținuturi de 10–20 mg/l la sursele F. 2375 și izvorul „la Porumbei”. Iodul a fost dozat în concentrații de 5–6 mg/l la sursele F.10–12, ISPIF, S5 și Puț 2 din zona „La Porumbei”, ceea ce le conferă caracterul iodurat (Tolstihin, Posohov, 1975).

Se menționează de asemenea existența arseniului în apele din zona văii Hancău, care deși în cantități mici, 0,7 mg/l, conferă surselor caracterul arsenical. Cîteva analize au indicat prezența unor elemente minore nespecifice cum sunt Cu, Pb, Zn, Ag și Ni în concentrații nesemnificative.

Analiza gazelor dizolvate în apele din această zonă a arătat că pe lingă predominanța netă a CO_2 (95–98%) se mai găsesc și unele hidrocarburi (metan, etan, propan etc.) cu concentrații în majoritate sub 1%. Geneza lor este pusă pe seama proceselor diagenetice ce au loc în faciesurile șistoase ale Cretacicului și Oligocenului, fapt confirmat și de indicațiile slabe de hidrocarburi gazeoase semnalate în fluidele cu CO_2 , puse în evidență în cîteva sonde adînci din regiune.

Pe lingă caracterele hidrochimice prezentate, trebuie menționate rezultatele determinărilor de radioactivitate efectuate pe gaze mofetice (Szabo, 1976). S-a constatat că radioactivitatea gazelor mofetice la Covasna este apreciabilă, comparativ cu alte gaze mofetice din țară, constituind prin aceasta un factor terapeutic însemnat. Concentrațiile de radon sunt cuprinse între 53–467 p. Ci/l, cele mai ridicate fiind la mofeta Bene. Apele minerale nu au o radioactivitate mare.

Din prezentarea caracterelor chimice ale surselor de ape minerale existente în zona Covasna-Voinești reies două grupe hidrochimice distincte: o grupă reprezentată de apele dulci, cu mineralizații sub 2 gr/l, acumulate în sedimentele aluvionare și deluviale cuaternare, încadrate în tipul bicarbonat-calcic și a două grupă reprezentată de apele minerale cu concentrații medii (în jur de 5 gr/l) sau mari (cca 8–27 gr/l), acumulate în depozite cretacice, paleogene și mai rar în cele pliocen-cuaternare; apele din această grupă revin tipurilor bicarbonat-clorurat-sodic sau



clorurat-bicarbonat-sodic și mai rar celui bicarbonat-sodic. De regulă apele mineralizate conțin și CO_2 (0,600–1,500 gr/l), concentrațiile mai ridicate fiind semnalate la sursele situate pe traseul sau în imediata apropiere a sistemului de falii (pl. I, III).

Examinând conținutul mineral dizolvat în apele de la Covasna constatăm mineralizații totale crescute (5–27 gr/l), iar concentrațiile compoziților principali HCO_3^- , Cl^- , N^+ diferă în general de acelea ale apelor subterane care circulă prin depozite pliocen-cuaternare din regiuni nectate sau chiar față de acviferele din formațiuni prepliocene ale aceleiași regiuni.

Pentru apele cu concentrații mari de la Covasna s-ar putea presupune că mineralizația este rezultatul proceselor de levigare ale unor săruri solubile disseminate în depozitele prin care circulă. Dacă am admite această situație atunci concentrațiile clorului ar fi trebuit să fie mult crescute, față de valoarea de numai 4 gr/l, frecvent constatată în apele de la Covasna. Pe lîngă aceasta, conținuturile ridicate ale ionului bicarbonatic, respectiv 5–12 gr/l, depășesc cu mult concentrațiile cunoscute în apele clorosodice din formațiunile cu săruri solubile.

Prezența ionului HCO_3^- în concentrații ridicate nu poate fi rezultatul unui proces de dizolvare a carbonaților existenți în depozitele detritice acvifere. Această afirmație se sprijină pe concluziile experiențelor de laborator care au demonstrat că solubilitatea maximă a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, la presiuni mari, nu trebuie să depășească 6,5 gr/l (Tolstikhin, Posokhov, 1975).

Pentru explicarea genezei tipului hidrochimic bicarbonat-sodic încercăm să reproducem o ipoteză a autorilor înainte cități. Conform acestea, ionii de hidroxoni (H_3O^+) generați în apele subterane, datorită razelor ionice reduse, pătrund în rețeaua cristalină a mineralelor din rocă și realizează un schimb cationic cu Na^+ din rețea care trece în soluție. În acest proces apar concomitent în soluții cationul Na^+ și ionul HCO_3^- ultimul ca urmare a intrării în reacție a CO_2 (vulcanic) cu apa disociată. Pe măsură ce hidroxoniul ieșe din soluție și intră în rețeaua cristalină minerală, sensul reacției se deplasează în direcția generării a noi compozitii de H_3O^+ care în continuare produc desorbția Na^+ din structura mineralelor. Deoarece prima constantă de disociere a H_2CO_3 este mică ($K_1 = 3,04 \cdot 10^{-7}$) pentru a crește concentrația HCO_3^- – în ape, trebuie să treacă un interval indelungat de timp. Reiese de aici caracterul paleohidrogeologic al proceselor hidrogeochimice care au dus la geneza apelor minerale carbogazoase, concentrate din zona Covasna-Voinești.

În ceea ce privește proveniența clorului, judecind după concentrația dozată în apele de adâncime (~4 gr/l), aceasta pare a fi caracteristică condițiilor de geneză a apelor de formăție (connate waters, White, 1957). Conform acestei ipoteze faciesul hidrochimic este determinat de condițiile geochimice ale bazinului de sedimentare, suferind apoi în perioadele geologice procese de metamorfozare, unul din factorii principali fiind și cel paleoclimatic. Tinând cont de activitatea postvulcanică cunoscută în regiune, este posibil ca o parte din clorul existent în apele subterane să fie și produsul exhalatiilor vulcanice.



Asupra provenienței CO_2 toți cercetătorii regiunii sunt de acord cu originea postvulcanică a acestuia. Așa după cum s-a arătat mai înainte regiunea Covasna-Voinești are o structură destul de complexă. Ca urmare, apreciem că în ceea ce privește căile de acces ale CO_2 din profunzime, un rol important l-au avut și îl au faliile transversale, pe structurile formațiunilor cretacice și paleogene (falia Covasna) împreună cu fracturile satelite, precum și unele faliile longitudinale majore care delimită cicluri de sedimentare diferite (exemplu falia Horgaz-Șiclău).

Acolo unde gazul carbonic în ascensiunea sa nu a interceptat acumulări acifere și nici ecrane impermeabile se produc emanații de gaz uscat, dind naștere la mofete.

VI. CONCLUZII

În această lucrare s-au prezentat sumar condițiile geologice, structurale, hidrogeologice și hidrogeochimice ale zăcământului hidrominerale din zona Covasna-Voinești, reiese din cartările de suprafață și în special din datele forajelor executate în ultimii ani, de diferite întreprinderi. S-au descris depozitele de fundament — cretacic-paleogene — de obicei consolidate, cu permeabilitate prin fisuri, fali și fețe de strat și pe cele de cuvertură — pliocen-cuaternare —, poroase, în care sunt acumulate apele minerale de la Covasna.

S-a subliniat rolul principal al sistemului de fali, în special al celor transversale, pe care migrează bioxidul de carbon vulcanic din adîncime, a cărui agresivitate, față de roci, și calitate de a accelera fenomenele chimice dintre rocă și apă și invers, sunt determinante în formarea apelor minerale din zona menționată.

S-au prezentat particularitățile chimice ale apelor minerale din zona Covasna-Voinești, separat, pe formațiuni; în cadrul acestei zone, predominante sunt următoarele tipuri hidrogeochimice: bicarbonat-calcic, bicarbonat-clorurat-sodic sau clorurat-bicarbonat-sodic și mai rar cel bicarbonat-sodic.

Pentru explicarea valorilor ionilor HCO_3^- și Na^+ care diferă cu mult față de cele cunoscute în apele minerale formate prin simpla levigare a sedimentelor, se face apel la ipoteza elaborată de T o l s t i h i n și P o s o h o v, potrivit căreia ionii de hidroxoniu (H_3O^+) din ape, datorită razelor ionice reduse, pătrund în rețeaua cristalină a mineralelor, realizând un schimb cationic cu Na^+ din rețea; concomitent cu Na^+ în soluție apare și HCO_3^- ca urmare a intrării în reacție a CO_2 (vulcanic) cu apa disociată.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei St., Pricăjan A. (1970) Corelații între structura geologică adincă și aureola mofetică din jud. Covasna, cu privire la zonele de apariție a apelor minerale carbogazoase. *Bul. Soc. St. geol. Rom.* XII, București.



- Alexandrescu Gr., Alexandrescu Ecaterina (1964) Asupra Cretacicului superior din flișul extern din regiunea Covasna-Zăgan (Carpații Orientali). *Stud. cerc. geol., Acad. RPR.*, 9,1 București.
- Micu M., Szasz L. (1974) Pithonella ovalis microfacies from Eastern Carpathians. *Rev Roum. de Géologie*, 18, București.
- Apostol A., Eisenburger D. (1976) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Bandrabur T., Popescu Elena. (1957) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- (1964) Cercetări hidrogeologice în regiunea Covasna—Tufalău—Peteni. *Com. Geol. Dări de seamă*, XLIX, București.
- Alexandrescu Gr., Crăciun P., Iancu Viorica. (1977) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Băncilă I. (1955) Paleogenul zonei mediane a flișului. *Bul. șt. al Acad. R.P.R.*, VII/4, București.
- Marinescu I. (1966) Contribuții noi la cunoașterea geologiei regiunii Covasna. *An. Inst. Geol.* XXXV, București.
- Cristodulo D., Marinescu I. (1966) Prezentarea hărții geologice a regiunii dintre Brețcu și valea Oituzului. *D.S. Inst. geol.*, LII/1, București.
- Bratu Elena (1966) Microbiostratigrafia Cretacicului superior din zona șisturilor negre, cuprinse între Covasna și Valea Buzăului. *D.S. Inst. geol.*, LII/2, București.
- Dumitrescu I. (1952) Studiul geologic al regiunii dintre Oituz și Coza. *An. Com. Geol.*, XXIV, București.
- Filipescu G. M., Drăghindă I., Mutihac V. (1952) Contribuții la orizontarea și stabilirea vîrstei șisturilor negre din zona mediană a flișului Carpaților Orientali. *Comunic Acad. R.P.R.*, II, 9–10, București.
- (1955) Vederi noi asupra tectonicii flișului Carpaților Orientali. *Rev. Univ. București Ser. St. Nat.*, 6–7, București.
- Filipescu M. G., Botez C., Olaru D., Donos Maria, Donos I. (1966) Chimismul șisturilor negre din valea Covasnei — complexul șistos și complexul gresiilor glauconitice silicificate. *An. Univ. Al. I. Cuza, Geol.—Geogr.*, XII, Iași.
- Grigorescu D. (1966 a) Contribuții la cunoașterea faunei cretacie din flișul Carpaților Orientali. *Stud. Cerc. geol., Ed. Acad.* 11, 2, București.
- Botez C., Nacu D., Nacu Al. (1968) Carbonul organic și conținutul unor elemente urmă în șisturile negre de la Covasna. *Stud. cerc. geol., Ed. Acad.*, XIII/2, București.
- Grigorescu D., Anastasiu N. (1976) Constituentele clastice grosiere ai depozitelor cretacie din unitatea șisturilor negre. *Stud. cerc. geol., Ed. Acad.* 21, București.
- Iancu Viorica (1976) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Marinescu I. (1962) Structura geologică a flișului dintre Valea Bisca Mare și Izvorul Putnei. *D.S. Com. Geol.*, XLVI, București.
- Pitulescu G., Crasu V., Repanovici D. (1953) Analize de ape minerale din R.P.R. *St. tehn. econ. seria B (chimie)*, 37 București.
- Popescu Gh. (1952) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din România. Edit. tehnică, București.
- Savul M., Filipescu M. G., Olaru D., Donos Maria, Donos I. (1965) Chimismul șisturilor negre de pe valea Covasnei (complexul sferosideritic). *Stud. Cerc. geol., Ed. Acad.*, 10, 1, București.
- Săndulescu M., Săndulescu Jana (1964) Cercetări geologice în regiunea Ojdula-Ghelința. *D.S. Inst. geol.*, XLIX/1, București.



- Săndulescu Jana (1972) Studiul micropaleontologic și stratigrafic al flișului Cretacic superior-Paleocen din regiunea Brețcu—Comandău. *Mem. Inst. Geol.*, XVII, București.
- Szabo A., Bogdan Delia. (1976) Raport, arhiva Organizației județene de turism Covasna.
- Tolstihin N., Posohov E. (1975) Apele minerale (traducere din l. rusă), Leningrad.
- Vulpe F. (1972) Raport, arhiva Institutului de Balneologie și Fizioterapie, București.
- White D. E. (1957) Magmatic, connate and metamorphic waters. *Geol. Soc. Americ. Bull.* 68(12), 1659—1682.
- IBF (1961) Apele minerale și nămolurile terapeutice din R.S.R. *Editura Medicală*, vol. I, București.
- ISPIF (1971) Raport, arhiva ISPIF, București.

CARACTÈRES HYDROGÉOCHIMIQUES DES AQUIFÈRES MINÉRALES DE LA ZONE DE COVASNA — VOINEȘTI

(Résumé)

Dans cet ouvrage les auteurs présentent les conditions géologiques, structurales, hydrogéologiques et hydrogéochemiques du gisement hydrominéral de la zone de Covasna—Voinești, obtenues par les leviers au jour et particulièrement des données des forages exécutés les dernières années par différentes entreprises.

Ainsi on décrit les dépôts de soubassement — crétacéo-paléogènes, d'habitude consolidés à perméabilité par fissures, failles et faces de couches et ceux de couverture — Pliocène-Quaternaire — poreux, dans lesquels se sont accumulées les eaux minérales de Covasna.

On souligne le rôle principal du système de failles, spécialement de celles transversales, sur lesquelles a migré le boroxyde de carbon volcanique, dont l'agressivité envers les roches et la capacité d'accélérer les phénomènes chimiques entre roche et eaux et inversement sont déterminantes dans la formation des eaux minérales de la zone mentionnée.

On présente les particularités chimiques des eaux minérales de la zone de Covasna—Voinești, à part sur formations ; au sein de cette zone, sont prédominants les suivants types hydrogéochemiques : bicarbonato-calcique, bicarbonato-chlorure-sodique ou chloruro-bicarbonato-sodique et moins souvent celui bicarbonato-sodique. La minéralisation des eaux présente des valeurs comprises entre 0,5 et 26 g/l.

Afin d'expliquer les valeurs des ions HCO_3^- et Na^+ beaucoup accrues par rapport à celles connues dans les eaux minérales formées par la simple évaporation des sédiments, on fait appel à l'hypothèse élaborée par Tolstihin et Posohov (1975), selon laquelle les ions de hydroxone (H_3O^+) des eaux, à cause des rayons ioniques réduites, pénètrent dans le réseau cristallin des minéraux, en réalisant un échange cationique avec Na^+ du réseau ; à la fois que le Na^+ , dans la solution apparaît également HCO_3^- , par suite de l'entrée en réaction du CO_2 (volcanique) avec l'eau dissociée.



EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I

Carte géologique de la zone de Covasna—Voinești.

A) Quaternaire. 1, Holocène (qh) : dépôts alluvionnaires des vallées (a) ; dépôts des cônes de déjection (b) ; 2, Pléistocène supérieur-Holocène ($qp_3 - qh$) ; dépôts deluviaux de pente ; 3, Pléistocène supérieur : dépôts de la terrasse inférieure (qp_3^1) ; 4, dépôts de la terrasse moyenne (qp_3^2) ; 5, dépôts de la terrasse supérieure (qp_3^3).

B) Nappe de Schistes Noirs (= nappe d'Audia) ; 6, Sénonien — ? Éocène inférieur ($Sn + Pg_1$) : Grès de Siriu (rares intercalations d'argiles rouges et vertes) ; 7, Vraconien-Turonien ($Vr - Tu$) : Série des argiles bariolées à tuffites et radiolarites (= couches de Bota) ; 8, Albien (Al) : complexe des grès glauconitiques silicifiés ; 9, Aptien-Albien inférieur ($Ap + Al_1$) : complexe schisteux à des lydiennes et concrétions calcaires ; 10, Hauterivien supérieur-Barrémien ($H + Br$) : complexe inférieur à roches sidéritiques ; 10 bis, série des schistes noirs (= couches d'Audia).

C) Nappe de Tarcău (unité moyenne-marginale). 11, Oligocène-Miocène inférieur horizon schisteux supérieur à marno-calcaires (couches de Pucioasa) ($Ol + M_1$) ; 12, Grès de Fusaru (Ol_f) ; 13, horizon schisteux inférieur à schistes disodiliques et ménilites inférieures (a) (Ol) ; 14, Éocène supérieur (Priabonien) : Couche de Podu Secu et le Grès de Fusaru basal (Pr) ; 15, Éocène moyenne Grès de Tarcău à intercalations flychoïdes noirâtres ou verdâtres ($Pg_1 - Lt$) ; 16, Sénonien : arénites calcaires courbicorticales ; 17, argiles et marno-calcaires (a) ; marno-argiles grises et rouges (b) ; 18, Grès de Horgazu (c) ; 19, marnes et argiles rouges (d) ; a, b, c, d = couches de Horgazu ; 20, Sénonien nondivisé ; 21, Vraconien-Turonien : argiles bariolées à tuffites et radiolarites (a) ; marno-calcaires en plaques (b) ; a, b = couches de Lupchianu = couches de Cîrnu-Șiclău ; 22, Albien (Al) complexe des grès glauconitiques silicifiés ; 23, Aptien-Albien inférieur ($Ap + Al_1$) : complexe schisteux à lydiennes et concrétions calcaires (22 + 23 = série des schistes noirs = couches d'Audia).

Planche II

Sections géologiques.

A) Dépôts de colmatage. 1, Holocène (qh) : dépôts de la basse plaine et des cônes de déjection ; 2, Pléistocène supérieur : dépôts de la terrasse inférieure (qp_3^3) ; 3, dépôts de la terrasse moyenne (qp_3^2) ; 4, dépôts de la terrasse supérieure (qp_3^1) ; 5, Pléistocène supérieur — Holocène ($qp_3 - qh$) ; dépôts proluviaux ; 6, Quaternaire (Q) : dépôts déluviaux ; 7, Pliocène supérieur — Pléistocène inférieur ($N_2 - Q$) : sables, graviers, argiles.

B) Nappe des schistes noirs (Audia). 8, Sénonien-Éocène inférieur ($Sn + Pg_1$) : Grès de Siriu ; 9, Cénomanien-Turonien ($Cm + Tu$) : Horizon des argiles bariolées à tuffites et radiolarites et calcaire lithographiques ; 10, Albien (Al) : Complexe des grès glauconitiques silicifiés ; 11, Aptien-Albien inférieur ($Ap + Al_1$) : Complexé schisteux à silicolites (lydiennes) et concrétions calcaires ; 12, Crétacé nondivisé (Cr).

C) Nappe de Tarcău. 13, Oligocène-Miocène inférieur ($Pg_3 + Mi$) : Grès de Fusaru et schistes disodiliques ; 14, F_{12} : forage hydrogéologique ; 15, ligne de charriage ; 16, faille ; 17, limite de discordance.



Planche III

Carte hydrogéologique de la zone de Covasna— Voinești.

A) Morphologique. 1, limite de la terrasse supérieure ; 2, limite de la terrasse moyenne ; 3, limite de la terrasse inférieure.

B) Géologique. 4, Holocène (qh) : dépôts alluvionnaires des basses plaines (a) et des cônes de déjection (b) ; 5, Pléistocène supérieur : dépôts de la terrasse inférieure (qp_3^3) ; 6, dépôts de la terrasse moyenne (qp_3^2) ; 7, dépôts de la terrasse supérieure (qp_3^1) ; 8, Pléistocène supérieur-Holocène (qp_3^1 —qh). Dépôts déluviaux de pente ; 9, Oligocène (O1) : Grès de Fusaru, schistes argileux ; 10, Crétacé—Paléogène (Cr—Pg) : Grès de Siriu ; 11, Crétacé (Cr) : Schistes noirs, couches de Horgazu ; 12, ligne de charriage (ligne d'Audia) ; 13, faille inverse 14, faille (normale et verticale).

C) Hydrogéologique. 15, hydroisohyps de la couche phréatique (NH — mois de juillet 1976) ; 16, zone à profondeur du NH entre 0—2 m ; 17, zone à profondeur du NH entre 2—5 m ; 18, zone à profondeur du NH plus grande de 5 m ; 19, eaux accumulées dans les dépôts oligocènes ; 20, eaux accumulées dans des dépôts crétacés-paléogènes ; 21, eaux accumulées dans des dépôts crétacés ; 22, direction des sections hydrogéologiques.

D) Signes conventionnels. 23, sources minérales ; 24, puits à eau minérale ; 25, molettes aménagées ; 26, émanations de CO_2 ; 27, forage hydrogéologique ; 28, forage en conservation ; 29, forage d'exploitation ; 30, forage à des résultats (eau minéralisée et CO_2) ; 31, forage proposé ; 32, isoconcentrations CO_2 %.

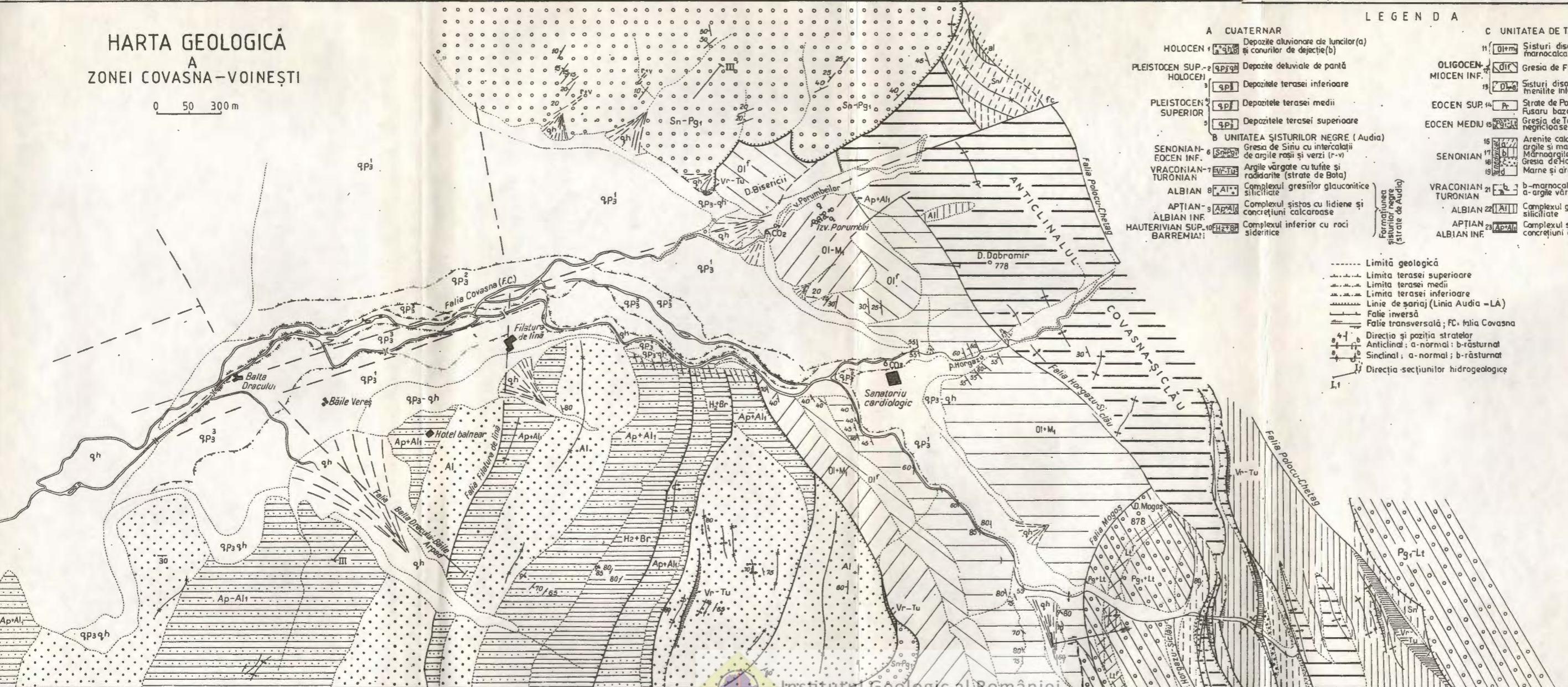




Institutul Geologic al României

HARTA GEOLOGICĂ A ZONEI COVASNA-VOINEȘTI

0 50 300 m



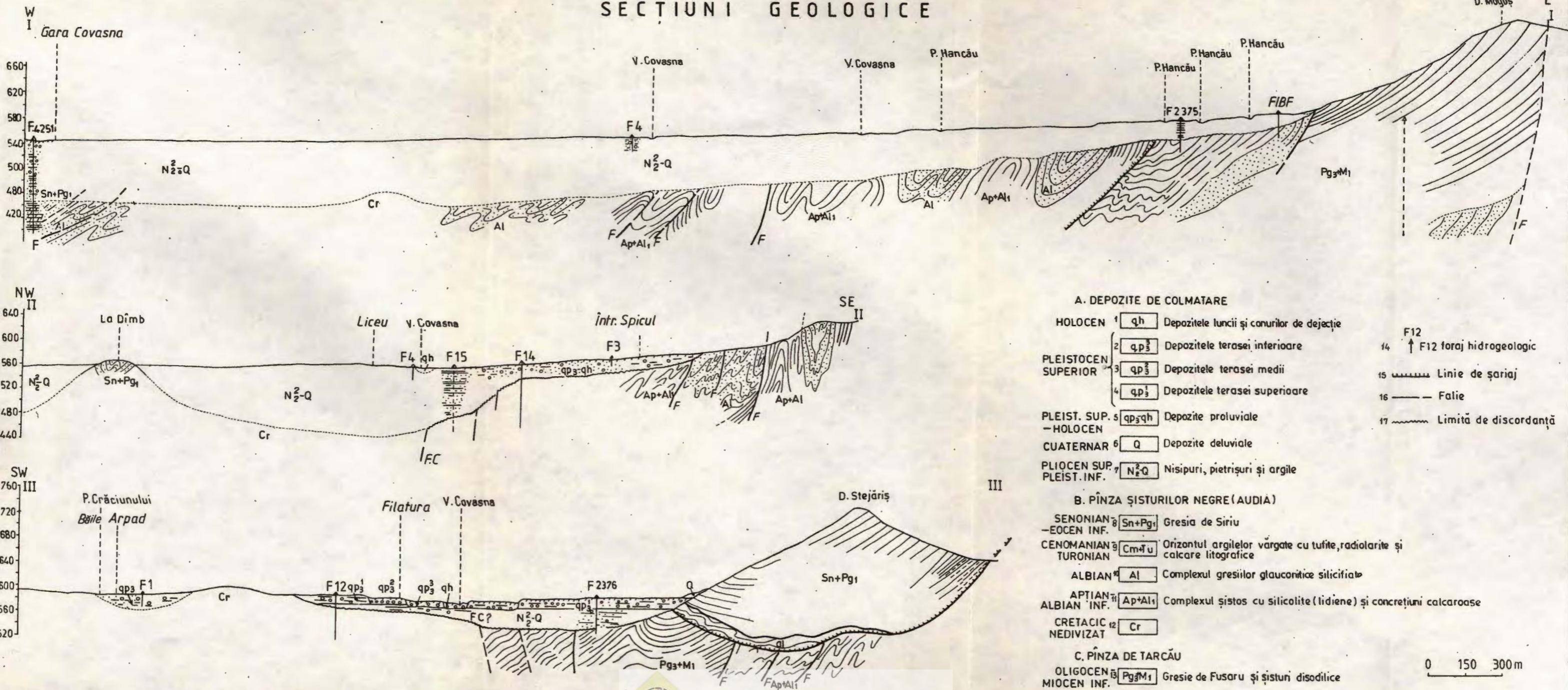
LEGENDA

A CUATERNAR		
HOLOCEN 1	Depozite alluvionare de luncilor(a) și conurilor de deflecție(b)	
PLEISTOCEN SUP. 2	Depozite deluviale de pantă	
HOLOCEN	Depozitele terasei inferioare	
PLEISTOCEN SUPERIOR	3 Depozitele terasei medii	
	4 Depozitele terasei superioare	
B UNITATEA ȘISTURILOR NEGRE (Audia)		
SENONIAN-6	Gresia de Siniu cu intercalări de argile roșii și verzi (r-v)	
EOCEN INF.	Argile vărgate cu lutite și radiolarite (strate de Boala)	
VRACONIAN-7	TURONIAN	Complexul gresiilor glauconitice silicificate
ALBIAN 8	APTIAN-9	Complexul șistos cu lidiene și concrecțiuni calcaroase
ALBIAN INF.	HAUTERIVIAN SUP.10	Complexul inferior cu rocii sideritice
BARREMIAN		
Formațiunea șisturilor negre (strate de Audia)		

C UNITATEA DE TARCĂU		
11	Sisturi disodilice superioare cu marnocalcare (strate de Pucioasa)	
12	Oligocene	Gresia de Fusaru
13	MIOCEN INF.	Sisturi disodiliforme și menitele inferioare (a)
14	EOCEN SUP.	Strate de Podu Secu și gresia de Fusaru bazală
15	EOCEN MEDIU	Gresia de Tarcău cu intercalări flisoide negricioase sau verzu (t-r)
16	SENONIAN	Arenite calcaroase curbicorticale, argile și marnocalcare
17		Mânoargile cenușii și roșii
18		Gresia de Horgașu
19		Marne și argile roșii
VRACONIAN		
20	b-marnocalcare în plăci	Strate de Lupchianu
	a-argile vărgate cu lutite și radiolarite	Str. de Cîrmu-Sidău
TURONIAN		
21	Complexul gresiilor glauconitice silicificate	Formațiunea șisturilor negre (strate de Audia)
22	ALBIAN	Complexul șistos cu lidiene și concrecțiuni calcaroase
23	ALBIAN INF.	Complexul inferior cu rocii sideritice

- Limita geologică
 - - - Limita terasei superioare
 - - - Limita terasei medii
 - - - Limita terasei inferioare
 - - - Linie de săriaj (Linia Audia - L.A.)
 — Falie inversă
 — Falie transversală ; FC: Ială Covasna
 — Direcția și poziția straturilor
 — Anticlinal; a-normal; b-răsturnat
 — Sinclinal; a-normal; b-răsturnat
 — Direcția secțiunilor hidrogeologice

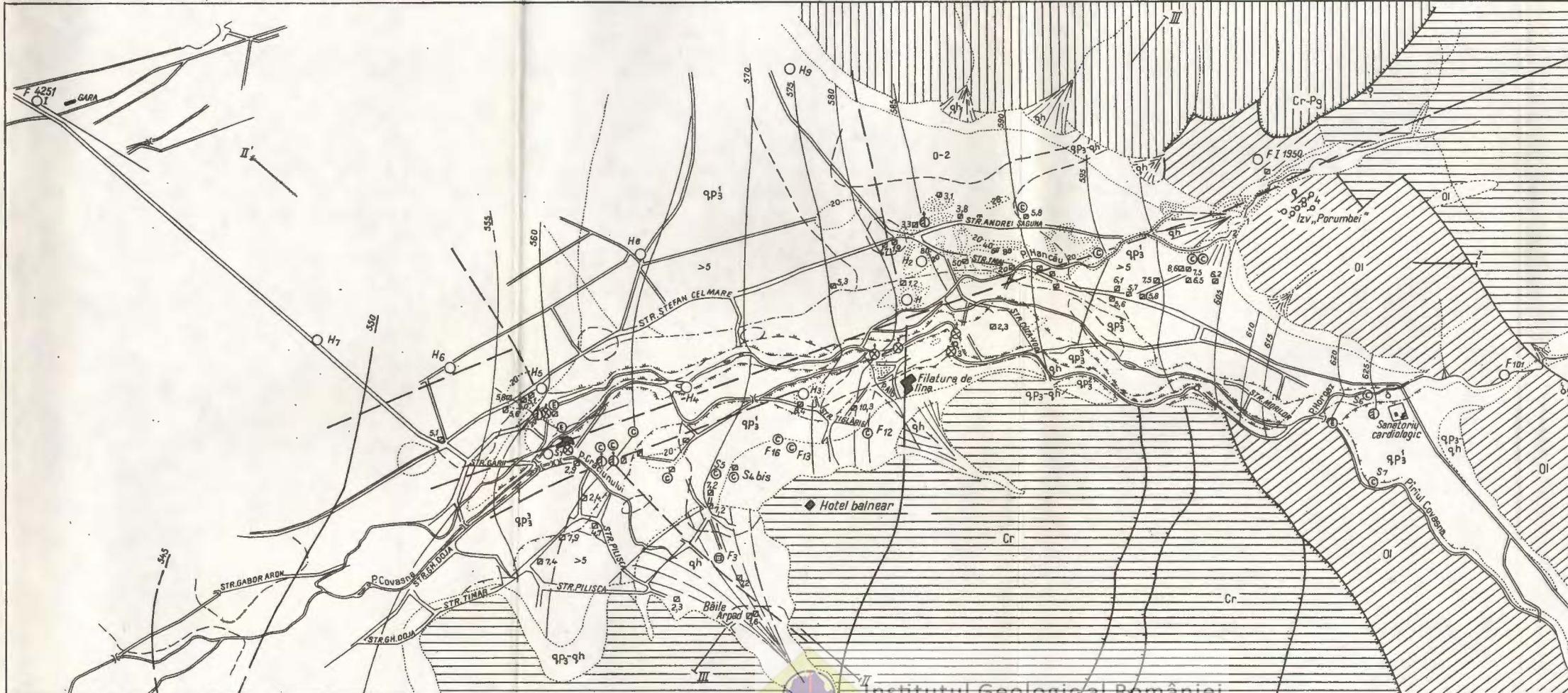
SECȚIUNI GEOLOGICE



HARTA HIDROGEOLOGICĂ A ZONEI COVASNA-VOINEŞTI

Pl. III

T. BANDRABUR et al. Chimismul apelor minerale de la Covasna



- MORFOLOGICĂ**
- A. 1... Limita terasei superioare
 - 2... Limita terasei medii
 - 3... Limita terasei inferioare
- GEOLOGICĂ**
- B. HOLOCEN 4. Q_h Depozite aluvionare ale luncilor(a) și conurilor de deiecție(b)
 - 5. QP₃ Depozitele terasei inferioare
 - 6. QP₂ Depozitele terasei medii
 - 7. QP₁ Depozitele terasei superioare
- PLEIST. SUP.-HOLOCEN** 8. Q_{ph} Depozite deluviale de pântă
- OLIGOCEN** 9. OI Gresia de Fusaru, sisturi argiloase
- CRETACIC-PALEOGEN** 10. Cr Gresia de Siriu
- CRETACIC** 11. Cr Sisturi negre, strate de Horgazu
12. Liniile de șanț (linia de Audia)
13. Falie inversă
14. Falie (normală și verticală)
- HIDROGEOLOGICĂ**
- 15. Hidroizopisele stratului freatic (cartarea NH în luna iulie 1976)
 - 16. Zonă cu adâncimea NH cuprinsă între 0-2 m
 - 17. Zonă cu adâncimea NH cuprinsă între 2-5 m
 - 18. Zonă cu adâncimea NH > 5
 - 19. Ape acumulate în depozite oligocene
 - 20. Ape acumulate în depozite cretacic-paleogene
 - 21. Ape acumulate în depozite cretacice
 - 22. Direcția secțiunilor hidrogeologice
- SEMNE CONVENTIONALE**
- 23. Izvoare minerale
 - 24. Puț cu apă minerală
 - 25. Nofete amenajate
 - 26. Emanării de CO₂
 - 27. Foraj hidrogeologic
 - 28. Foraj în conservare
 - 29. Foraj în exploatare
 - 30. Foraj cu rezultat(apă mineralizată și CO₂)
 - 31. Foraj propus
 - 32. Isoconcentrații CO₂ %

Imprim. Atel. Inst. Geol. Geof.

PERSPECTIVE DE VALORIZARE A APELOR MINERALE DIN ZONA BALVANYOS-TURIA-IAIDON¹

DE

TODERIȚĂ BANDRABUR², DAN SLĂVOACĂ³, ROZETTE IANC²

Mineral-carbogaseous waters. Water chemism. Post-volcanic activity. CO₂. Aquiferous potential. East Carpathians. Internal Flysch Zone. Bodoc Mountains.

Abstract

Utilization Prospects of the Mineral Waters in the Balvanyos-Turia-Iaidon Zone. The geological, structural, hydrogeological conditions and the chemical characteristics of the mineral waters from the Balvanyos-Turia-Iaidon zone are specified. The principal role played by the post-volcanic carbon dioxide in the formation of the mineral waters is underlined. The presence of the following types of carbogaseous waters is established: calcium-bicarbonate, sodium-bicarbonate, sodium-calcium-sulphate and sodium-chloride bicarbonate; the water mineralization varies between 0,5 and 5 gr/l and more rarely over 5 gr/l. The aquiferous potential is estimated, while some specifications regarding the superior utilization of the existing source water capacity are made as well as suggestions in connection with the foundation of new smaller resorts within the investigated area.

I. Introducere

În vederea valorificării superioare a resurselor hidrominerale, a factorilor balneo-climatici, a posibilităților de turism în județul Covasna, Ministerul Turismului prin OJT-Covasna a inițiat executarea unor studii complexe, geologice, geofizice, hidrogeochimice și de radioactivitate într-o

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale Călimănești, octombrie 1978.

² Institutul de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr. 1, 78344 București, 32.

³ Întreprinderea geologică de prospecții pentru substanțe minerale solide, str. Caransebeș nr. 1, 78344 București, 32.



serie de stațiuni din cadrul județului menționat. În lucrarea de față prezentăm unele aspecte geologice, hidrogeologice și hidrochimice caracteristice zonei Balvanyos-Turia-Iaidon.

Zona cercetată se extinde în bazinile superioare ale văilor: Roșie, Lungă și Pescăriei (Aloșag), acoperind o suprafață de circa 40 km² (vezi planșa).

II. Seură istorică

Date cu caracter geologic asupra zonei Balvanyos-Turia-Iaidon și împrejurimi găsim în lucrările lui H e r b i c h (1878), F i l i p e s c u et al. (1963), N i c o l a e s c u și G a i t ă (1965), U r c a n (1965), N i c o l a e s c u și I o n e s c u (1970) și B u c u r (1977).

Informații generale asupra apelor minerale deținem de la P a s c u (1925—1929), C r a s u, M a n o l e și C o c i a ș u (1952—1955), care în cadrul unor lucrări asupra întregului teritoriu al țării, se referă și la zona prezentată de noi. O primă descriere mai detaliată a apelor minerale din zona Balvanyos-Turia-Iaidon este realizată de P r i c ă j a n și B a n d r a b u r (1956) și de S l ă v o a c ă (1957). În anul 1964, V i t a l i s, M a r o s i și S z a b o fac o inventariere a izvoarelor minerale din complexul balneo-turistic „Turia”, iar în 1968, P a s c u și D a n a V e l i c i u și în 1969, N e d e l c u, întreprind cîte un studiu hidrogeologic preliminar în vederea dezvoltării sectorului balneologic Balvanyos-Fidelis. În 1977, S z a b o și D e l i a B o g d a n determină radioactivitatea apelor minerale de la Balvanyos, iar A p o s t o l et al. execută un studiu geofizic complex pentru bioxid de carbon și ape minerale în aceeași zonă. Un ultim studiu pe care-l mai cităm aparține lui B a n d r a b u r et al., (1978), studiu în care sint prezentate detaliat condițiile geologice, hidrogeologice și hidrochimice ale zăcămintelor de ape minerale din zona Balvanyos-Turia-Iaidon, ale cărui rezultate fac obiectul lucrării de față.

III. Date orografice și hidrografice

Zona Balvanyos-Turia-Iaidon se încadrează în lanțul muntos al Bodocului, prezentând altitudinile cele mai mari pe o culme orientată S—N formată din vîrfurile: Cărpeneș (1240,7 m), Ciuma Mare (1220 m) Rövid (1099 m) și Puturosu (1136 m). Această culme constituie cumpăna de ape dintre bazinile hidrografice ale rîului Olt și affluentului său de ordinul I-Riul Negru.

Drenajul superficial spre rîul Olt este efectuat de Valea Roșie, cu o serie de afluenți cu caracter torrential (piraiele Rövid, Dealul Mare, Porcului etc.), care delimită culmi mai scunde, orientate în general WNW sau W.

Spre Rîul Negru, drenajul se realizează prin văile Turia și Pescăriei (Aloșag). În zona de obârsie, Valea Turia este formată din pîriul Sărat și Valea Lungă, între care se ridică vîrful Puturosu, iar între Valea Lungă și pîriul Boroș, affluent de stînga al Turiei, este situat vîrful Balvanyos (1042m). Pe partea dreaptă, valea Turia confluăză cu pîriul Ciumă,



care și are obîrșia sub vîrfurile Ciuma Mare și Rövid, curgînd printre dealul Albinelor la N și dealul Piatra Zimbrului la S.

Cel mai mare affluent de dreapta al Văii Turia este pîriul Pescăriei (Aloșag), format din pîraiele Iaidon, Iadului, Piatra Zimbrului, Seregatului (pe partea stîngă) și pîraiele Borzic și Almaș (pe partea dreaptă). Această rețea hidrografică fragmentează puternic relieful, determinînd siluetele a o serie de culmi orientate fie W-E, fie N-S.

IV. Considerații geologice și tectonice

La alcătuirea geologică a zonei Balvanyos-Turia-Iaidon participă formațiuni sedimentare de vîrstă cretacică, produse vulcanice — lave andezitice și complexul vulcano-sedimentar — de vîrstă pliocen superior-pleistocen inferioară, depozite fluviatile, deluviale și de precipitare chimică, de vîrstă cuaternară.

Sedimentele cretacice aparțin la două unități structurale majore: pinza de Ceahlău și pinza flișului curbicortical (Dumitrescu et al. 1962).

Din prima unitate, în zona cercetată se întîlnesc doar „flișul de Bodoc” (Albian) alcătuit la partea inferioară, pe o grosime de 150—200 m, dintr-o alternanță ritmică de șisturi argiloase și gresii centimetrice sau decimetrice, iar la partea superioară, pe o grosime de 800—1000 m, predomină gresiile dispuse în strate metrice sau submetrice, cu intercalării subțiri de șisturi argiloase.

Cea de-a doua unitate — pinza flișului curbicortical — este prezentă prin seria curbicorticală (Băncilă 1955, 1958) — aptian superior-albian inferioară, gresia de Cotumba (Băncilă, 1958) — albiană — și argile și marne vraco-cenomaniene.

În seria curbicorticală predomină șisturile argiloase, alternind cu gresii dispuse în strate submetrice; gresia de Cotumba (600—700 m) este alcătuită, așa după cum arată și numele, din gresii, formînd strate pînă la 4 m grosime, în alternanță cu șisturi argiloase sau marnocalcare.

Argilele și marnele au o grosime de 80—100 m și se întîlnesc pe o porțiune restrînsă pe Valea Lungă, la N de stațiunea Balvanyos.

Produsele vulcanice sunt reprezentate prin lave andezitice, care alcătuiesc masivele Dealul Mare, Puturosu și Balvanyos și prin complexul vulcano-sedimentar, constituit din nisipuri, microconglomerate și aglomerate andezitice, piatraponce și lapili; acestea se dezvoltă pe partea dreaptă a Văii Roșii.

Sedimentele cuaternare au o extensiune mare în regiune și sunt reprezentate, în deosebi, prin depozite deluviale (argile, argile nisipoase, cu elemente nerulate de gresii diseminate în masă), care acoperă atît depozitele cretacice cit și produsele vulcanice cu o pătură groasă, de obicei, de 0,5—2 m; urmează aluviunile luncilor (nisipuri și pietrișuri), depozitele coluviale (argile, argile nisipoase cu blocuri, grohotișuri) din jurul masivelor andezitice și depunerile de travertin, cu o extensiune relativ mică, în incinta sanatoriului Turia.

Stilul tectonic al pinzei de Ceahlău și al flișului curbicortical se caracterizează prin cute-fali (solzi), cute normale sau deversate.



În afara liniei Lutu Roșu și a elementelor structurale menționate mai înainte, B a n d r a b u r et al. (1978), pe baza aliniamentelor pe care apar manifestările de bioxid de carbon, solfatarea și apele minerale, preconizează prezența următoarelor sisteme de falii: Lăzărești-Puturosu-Iaidon, Valea Roșie-Turia, Harghita-Covasna, Haromul Mare-Balvanyoș și Gorganu-Seregat (vezi planșa). Primul sistem de falii este confirmat și geofizic (A p o s t o l et al. 1977).

Legată de particularitățile structurale deosebite ale regiunii este și anomalia geotermică locală, pusă în evidență de V e l i c i u (1975) în zona masivului andezitic Balvanyoș, în cadrul căreia gradientul geotermic indică valori de $10-15^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

V. Apele minerale din zona Balvanyoș-Turia-Iaidon

În zona Balvanyoș-Turia-valea Iaidon există un număr mare de izvoare naturale de ape minerale cu un grad de diversitate destul de important.

Apariția acestor ape minerale este facilitată atât de elementele structurale ce afectează regiunea și care asigură ascensiunea bioxidului de carbon din adâncime, cât și de caracterul permeabil al unora din sedimentele ce participă la alcătuirea geologică a regiunii. Astfel, colectoarele principale de ape minerale din perimetru cercetat sunt reprezentate, în deosebi, prin depozitele cretacice și mai puțin prin produsele de natură vulcanică — lave și pirolastrite andezitice ca urmare a extensiunii lor reduse. Depozitele deluviale, cu o răspândire largă în regiune, nu constituie un colector, ci prin ele se efectuează, de cele mai multe ori, transferul apelor minerale care vin din depozitele subjacente.

Cu excepția unui mic număr de izvoare care apar din pirolastrite sau lave andezitice, marea majoritate își au originea în sedimentele cretacice: termenii litologici cretacici cu un grad mai mare de permeabilitate fac parte din complexul grezos al flișului de Bodoc, constituit preponderent din gresii cuarțo-feldspatice, cu grosimi de $0,5-5\text{ m}$. La acestea se mai adaugă arenitele din flișul curbicortical, importanța cea mai mare având-o astăzi numita „gresie de Cotumba”, dezvoltată în strate de pînă la 3 m grosime.

Ca urmare a proceselor tectonice, complexele grezoase prezentate mai înainte au fost afectate de o serie de falii și fisuri, care îndeplinește funcțiile de colector și căi de circulație ale apelor minerale. Din cartările de suprafață cit și din puținele date oferite de forajele 1 și 2 executate de ISPIF în zona Balvanyoș, se poate deduce că atât colectorul cit și căile de circulație mai active se situează cu precădere deasupra bazei de eroziune, pe primii zeci de metri de la suprafața solului.

Gradul insuficient de cunoaștere a distribuției sistemelor de falii și fisuri și a zonelor de ascensiune a bioxidului de carbon nu ne permite să face aprecieri cu privire la extensiunea și forma complexelor hidrominerale din zona respectivă, decât la modul general, funcție de evenimentele cunoscute pînă în prezent.

Alimentarea complexelor hidrominerale din gresile cretacice, pirolastrite și lavele andezitice se efectuează din precipitațiile atmosferice și apele superficiale, în zonele unde sedimentele menționate aflorează.



Distribuția surselor principale de ape minerale din zona Balvanyos-Turia-Iaidon este prezentată pe harta anexată, iar în tabelul 1 sunt consiminate datele privind aceste surse ca: formațiunea colectoare, felul captării, debitul, caracterele organoleptice etc.

În perimetru strict al stațiunii Balvanyos, dintre izvoarele minerale mai solicitate menționăm: izvoarele Iordan, Sofia, Aluniș, izvoarele de la km 20 și 18, izvorul Viorica și cel din camping. La o distanță de ordinul sutelor de metri de stațiune se află izvorul „Balvanyos”, situat pe versantul estic al virfului „Puturosu” și izvorul din aval de așa numitul „Bufuitor” de pe valea cu același nume, necitate încă în literatură; acestea sunt necapțate, iar accesul la ele lasă de dorit. Ceva mai departe de stațiune se află izvoarele „Ciobot” de la SE de virful Balvanyos și cele de pe pîriul Goților.

În zona sanatoriuului Turia, în afara cunoșcutelor izvoare minerale: Carol, Fidelis și Aceru, din incinta sanatoriuului, toate captate și utilizate de bolnavi, mai menționăm pentru prima dată așa numitul izvor „cu morișcă” situat la circa 400 m SW de sanatoriu, cu un debit de pînă la 0,22 l/sec. a cărui apă este destul de plăcută la gust. În imediata apropiere a masivului Dealul Mare, în partea nordică, semnalăm două izvoare și alte două mai spre vest, pe Valea Roșie și Valea Porcului.

Pe pîriul Ciuma, imediat la sud de stațiunea Balvanyos, demn de menționat este izvorul „Troacelor”.

Trecind la perimetru văilor Iaidon-Pescăriei, rețin atenția: izvorul „din vale”, de la obîrșia văii Iaidon, izvoarele „de pe coastă” și „de la pod”, ultimul la confluența pîriului Iaidon cu pîriul Pescăriei, iar pe acesta din urmă, izvorul „de sub coastă” și izvorul de pe pîriul Seregat, affluent de stînga al pîriului Pescăriei, toate prezintă debite și calități chimice deosebite.

VI. Emanății de bioxid de carbon

În perimetru Balvanyos-Turia-Iaidon există numeroase arii în care și fac apariția manifestările postvulcanice reprezentate, în deosebi, prin emanății de bioxid de carbon și mai puțin de hidrogen sulfurat.

Distribuția manifestărilor postvulcanice enunțate este controlată de unele aliniamente cu anumite direcții, marcate de accidente tectonice profunde, prin intermediul căror bioxidul de carbon vine spre suprafață formind aici fie mofete uscate, fie mofete umede. Acestea au fost consiminate, de asemenea, în tabelul 1 și pe harta anexată.

În stațiunea Balvanyos mofetele sunt aglomerate în zona de obîrșie a pîriului Iordan, unde menționăm mofeta uscată a stațiunii, așa numitele băi „de reumatism”, „de nervi”, bazinele de „agrement”, „cenușiu”, bazinele cu „izvorul de ochi” și izvorul „de fier”, toate reprezentând mofete umede, amenajate în bazine construite din scînduri sau bîrne.

Pe componentul de dreapta al Văii Lungi, imediat sub Dealul Nebunului, este amplasată așa numita mofetă „Bufuitor”, într-o zonă mlăștinoasă în cadrul căreia puternice emanății de bioxid de carbon bolborosesc cu zgomet la suprafața apei, de unde și numele care-l poartă.



TABELA

cu situația surselor de apă minerală și mofetelor

Nr. crt.	Denumirea sursei	Nr. pe hartă	Sursă de apă		Mofetă		Formațiunea	Felul captării
			izvor	foraj	uscată	umedă		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Balvanyos Izvor „Iordan”	1	izvor	—			Albian	captare beton, țeavă metal 1 cm
2	Izvor „Sofia”	2	”	—			”	captare lemn țeavă P.V.C., 1,5 cm
3	Izvor Aluniș	8	”	—			”	captare rudim. lemn, țeavă P.V.C., 1,5 cm
3bis	Mofeta Balvanyos	5	”	—	uscată		”	Captare cons- trucție lemn
4	Baia pentru reumatism	6	”	—		ume- dă	”	bazin căptușit cu scinduri
5	Baia pentru nervi	10	”	—		”	”	”
6	Bazin agrement	9	”	—		”	”	”
7	Bazin cenușiu	12	”	—		”	”	”
8	Bazin mare aliment. băi calde	13	”	—		”	”	”
9	Bazin cu „izvorul de fer”	3a	”	—		ume- dă	”	”
10	Bazin cu izvorul de ochi	3b	”	—		”	”	”
11	Izvorul „de ochi”	11	”				”	necaptat
12	Sonda 2.N. bazin agrement	4	”	foraj			”	sondă, ad. 250 m
13	Sonda 1 E. Bufet	34	”	”			Apțian- Albian inf.	sondă
14	Izvor „de Fer” km 20	21	izvor	—			”	captare beton
15	Izvor km 18,2	36	”	—			Albian	captat în tub beton
16	Izvor „Camping”	111	”	—			Albian— Apțian inf.	captat cu les- pezi, acoperit, prevăzut cu țeavă și robi- net



LUL 1

din perimetru Balvanyoș-Turia-V.Iaidon

Debit l/sec anterior	1977	Caractere organoleptice	Eman. de CO ₂	Depuneri	Starea actuală a captării	Observații
10	11	12	13	14	15	16
0,001	0,01+ 0,18++	gust acidulat feruginos		depuneri feruginoase	satisfăcătoare	
0,001	0,01+ 0,006	"		"	"	
	0,025+ 0,015	"		"	nesatisfăcătoare	
—	—	da		"	bună	construcție 5,50/5,50m
0,04	0,022+	.	da	"	bună	bazin : 7,15m lung. 4,8 m lăț. 2,3 m adinc.
0,09			da	"	bună	bazin : 7,52m lung. 4,36m lăț. 2,40m adinc.
			da	"	bună	bazin : 30,5m lung. 6,60 m lăț. 1,82 m adinc.
0,001		puternice	depuneri de sulf coloidal		satisfăcătoare	bazin : 2,13m lung. 1,88 m lăț. 0,68 m adinc.
0,09			depuneri feruginoase		bună	bazin : 7,0 m lung. 7,0 m lăț. 1,85m adinc.
0,015			da	"	nesatisfăcătoare	bazin : 3,60 m lung. 2,37m lăț. 1,80m adinc.
0,009			da	"	"	bazin : 3,72 m lung. 3,80m lăț. 2,20m adinc.
	0,001	gust acidulat, sulfuros	da	"	necaptat	
0,042		gust sărat acidulat	puternice		satisfăcătoare	CO ₂ din sondă este dus printr-o conductă în bazinul de agrement
	0,005+	gust sărat	"	depuneri oxi- zi, fer, cloruri	"	
0,01	0,133+ 0,125++	gust acidulat, slab feruginos		depuneri feruginoase	"	
		gust acidulat puțin sărat	—	—	necorespunză- toare, neigienic	tub beton Ø = 0,25 m NH = 0,5 m
	0,004	gust acidulat	da	depuneri feruginoase	satisfăcătoare	



1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	Izvor „Viorica I”	16	”	—			”	captat în tub beton
18	Izvor „Viorica II”	17	”	—			”	”
19	Bazin I, baia veche Transilvania	14	”	—			”	bazin căptușit cu scinduri
20	Bazin II, baia veche Transilvania	14 bis	”	—			”	excavație nearmată
21	Bazin III, baia veche Transilvania	15	”	—			”	excavație nearmată
22	Bazin „Sărăt” baia Transilvania	18	”	—			”	bazin căptușit cu scinduri
23	Izvor „Balvanyoş”	57	”	—			Albian	
24	Izvor mal stîng V. Lungă	59	”	—			Apṭian Albian inf.	captat într-o mică excavație
25	Izvor aval „Bufuitor”	50	”	—			Albian	”
26	Izvorul „Ciobot”	75a	”	—			Albian Apṭian inf.	”
27	Izvor sulfuros P. Goțiilor	99		—			Albian	”
28	Izvor „cabana II” P. Goțiilor	100	”	—			”	captat rudimentar în lezezi
29	Mofeta „Bufuitor”	48				ume- dă	”	
30	Mofeta „Cimitirul păsărilor”	51			uscată		andezite	crăpături și goluri în andezit
31	Mofeta „Grota Putu-rosu”	47		”	”		”	galerie amenajată
32	Sanat. Turia Izvor „Carol”	31	izvor	—			Albian	captare beton prevăzută cu robinet
33	Izvor „Fidelis”	32	”	—			”	”
34	Izvor „Acru”	33	”	—		ume- dă	”	captat în lezezi, prevăzută cu ţeavă met. Ø 2 cm



Tabelul 1

10	11	12	13	14	15	16
0,001	0,01÷ 0,016++	gust acidulat plăcut		”	”	tub beton O = 0,30m deversează
	0,005÷	gust acidulat, feruginos	da	”	nesatisfătoare	nu deversează
0,08			da	”	deteriorată	bazin : 6 m lung. 5 m lăț. 2 m adinc.
			da	”	excavație nearmată	bazin : 6,6 m lung. 6,5 m lăț. 2,2 m adinc.
0,09	0,041+		—	”	excavație nearm. malu- rile se năruie	bazin : 9,75 m lung. 5 m lăț. 1,85m adinc.
0,023	0,01+	gust sărat	da	”	deteriorată	bazin : 2,9 m lung. 2,5 m lăț. 2,0 m adinc.
	0,1÷ 0,62++	gust acidulat, plăcut	da	”	captare rudimentară necorespunză- toare	
	0,01+	gust acidulat, feruginos	—	”	necorespunză- toare	
	0,125÷ 0,83++	gust acidulat slab feruginos	da	”	”	
	0,015÷	”	da	”	”	
	0,27+	gust acidulat, miros de H ₂ S	da	depunerile de sulf coloidal	”	
	0,034÷ 0,023	gust acidulat, slab feruginos	da	depunerile feruginoase	”	
			puter- nic		deteriorată	
			”		neamenajată	
			”		satisfătoare	
0,005	0,033÷ 0,022++	gust acidulat slab feruginos		depunerile feruginoase	bună	
0,01	0,025÷ 0,017++	”		”	bună	
	0,04÷ 0,03++	”		”	satisfătoare	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	Valea arsă „Baia Acră”	24	”	—		”	”	bazin căptușit cu scinduri
36	Valea arsă, Baia pentru reumatism	23	”	—			”	”
37	Izvor de ochi km 22,3	22	”	—			”	”
38	Izvorul „Sărăt” P. Sărăt	113	”	—			”	necaptat
39	Izvor carbogazos P. Sărăt	83	”	—			”	”
40	Sanat. Turia S. Izvor carbogazos	73	”	—			”	captat în tub beton
41	Sanat. Turia SW Izvor „Sărăt”	25	”	—			”	captat în bazin de scinduri prevăzut cu țeavă 12 cm
42	Izvor „cu morișcă” SW sanatoriu	26	”	—			”	captat într-o excav. prevăzut cu o țeavă Ø = 7cm
43	Mofeta Baia sagului	27	”	—	ume-dă		”	captat în bazin de btrne
44	Izvor E. Baia „Fagului”	28	”	—			”	captat rudiment. în lespezi, prevăzut cu țeavă Ø = 2cm
45	Mofeta Baia „Stejarului”	29	”	—	ume-dă		”	captat în bazin armat cu scinduri
46	Mofeta Baia „Vallato”	30	”	—		”	”	captat în bazin armat cu birne
47	Izvor carbogazos NE Dl. Mare	74	”	—			piroclastite	captat rudimentar scorbură de copac
47 bis	Izvor N. Dl. Mare	114	”	—			lave andezitice	necaptat
48	Izvor confl. V. Porcului cu V. Roșie	95	”	—			”	captat rudimentar într-o excavare
49	Izvor pe V. Porcului	89	”	—			”	”
50	Mofetă pe P. Ciumă	53	”	—	ume-dă		”	”
51	Puț canton pădure-Ciumă	54	”	—			”	captat în puț armat cu lenin



tabelul 1

10	11	12	13	14	15	16
0,005		miros puternic de H ₂ S	puternic	depunerile de sulf coloidal	deteriorată	bazin cu dimensiuni neidentificate
0,002		"	"	depunerile de sulf	"	bazin : 5,6 m lung., 2,5 m lăț., 1,6 m adinc.
0,001		"	"	depunerile de sulf coloidal	"	
	0,001+	gust sărat		depunerile feruginoase	necaptat	
	0,012+	gust slab acidulat „feruginos”	da	"	"	
	0,018+	"		"	nesatisfătoare	tub-O-0,39 m deversoră
	0,22+	gust sărat feruginos		"	nesatisfătoare neigienic	
	0,22+ 0,12++	gust acidulat placut		"	nesatisfătoare	
	0,001+		puternice	"	deteriorată	bazin : 3,5 m lung., 3 m lăț., 1,5 m adinc.
	0,045+ 0,040++	gust acidulat, feruginos		"	nesatisfătoare	
		miros de H ₂ S	puternice		deteriorată	bazin : 4,0 m lung., 3,5 m lăț., 1,5 m adinc.
		apa are culoare roșie miros de H ₂ S gust acidulat		"	deteriorată	
	0,02+ 0,02++	gust acidulat placut	da	depunerile feruginoase	nesatisfătoare	
	0,007	"	--	"	neamenajată	
	0,033+	gust acidulat, slab feruginos	da	"	"	
	0,033++	gust puternic acidulat feruginos		"	"	
		apa are culoare rosie	da	"	neamenajată	
		gust acidulat limpede slab feruginos	--	"	nesatisfătoare	



1	2	3	4	5	6	7	8	9
52	Mofete pe Valea Mofetelor	81			usca-tă	ume-dă	"	captat în exca-vății
53	Izvor E Dl. Rövid	78	"				"	captat rudi-mentar intr-o excavație
54	Mofetă E.DI. Rövid	79	"			ume-dă	"	"
55	Izvorul „Troa-celor” P. Ciuma	55	"				"	"
56	Izvor P. Piatra Zimbrului	66	"				"	"
57	Mofetă, afl. P. Piatra Zimbrului	64	"			ume-dă	"	"
58	Izvor P. Seregaț	67	"				"	captat intr-un bazin de beton
59	Mofeta V. Iadului	39	"		uscată		"	captat rudi-ment. intr-o căsuță de scin-dură
60	Mofeta V. Iadului	40	izvor			ume-dă	"	bazin nearmat
61	Mofeta V. Iadului	41	"				"	bazin armat cu birne
62	Mofeta V. Iadului	43	"				"	excavație
63	Mofeta V. Iaidon	3a bis	"				"	bazin armat cu birne
64	Izvor V. Iaidon	38	"	—			"	captat rudi-ment. intr-o excavație
65	Izvorul „de pe coasta” V. Iaidon	37	"	—			"	captat rudi-mentar în lespezi
66	Izvor „din vale” V. Iaidon	36 bis	"	—			"	captat rudi-mentar excavație
67	Izvor de la „Pod” V. Iaidon	44	"	—			"	captat rudi-mentar în les-pezi
68	Izvorul „de sub coastă” V. Pescăriciei	45	"	—			"	"
69	Izvorul „din albia” V. Pescăriciei	61	"	—			"	necaptat
70	Izvorul din marginea plan-țăției V. Pes-căriciei	62	"	—			"	"



tabelul 1

10	11	12	13	14	15	16
		miros de H ₂ S	puternice	depuneri de sulf	neamenajată	
	0,033	gust acidulat, feruginos		depuneri feruginoase	neamenajată	
			puternice		"	
	0,045 ⁺ 0,033 ⁺⁺	gust acidulat ferug. limpede	da	depuneri feruginoase	"	
	0,033 ⁺	"	da	"	"	
			da	"	"	
	0,050 ⁺ 0,041 ⁺⁺	gust acidulat, plăcut	da	"	nesatisfăcător	
			da		nesatisfăcătoare	
			puternice		"	
			"		satisfăcătoare	
			"		neamenajată	
		gust sărat acidulat	"		deteriorată	
	0,017 ⁺	gust acidulat, fără miros	da	fără depuneri	neamenajată	
	0,08 ⁺ 0,062 ⁺⁺	gust acidulat, feruginos	da	depuneri ferug.	nesatisfăcătoare	
	0,028 ⁺ 0,022 ⁺⁺	gust acidulat, plăcut, limpede	da	"	neamenajată	
	0,1 ⁺ 0,071 ⁺⁺	gust acidulat, slab feruginos limpede	da	"	nesatisfăcătoare	
	0,038 ⁺ 0,26 ⁺⁺	"	da	"	"	
	0,03 ⁺ 10,02 ⁺⁺	"	da	"	"	
	0,02 ⁺ 0,01 ⁺⁺	"	da	"	neamenajată	



urmare

1	2	3	4	5	6	7	8	9
71	Izvorul „Dl. Jder”	63	”	—			”	”
72	Izvorul de pe P. Borzie	110	”	—			”	”
73	Izvor „Măngălăriei”, P. Pescăriei	46	”	—			”	captat rudimentar într-o excavație
74	Izvorul Pepinierei P. Almaș	104	”	—			”	captat rudimentar cu leșapezi

+ Debit măsurat în iunie 1977; ++ Debit măsurat în septembrie 1977.

În zona sanatoriului Turia, mofete uscate se întâlnesc pe versantul sudic și estic al masivului andezitic „Puturosu” unde se cunosc așa numitele „grotă Puturosu”, una dintre cele mai puternice mofete din țara noastră, „grotă Ucigașului” și „cimitirul păsărilor”. Peretii unora dintre aceste grotă sunt căptușiți cu o crustă groasă de pînă la cîțiva mm de sulf nativ generat prin procesul de sublimare.

Gazele libere determinate (la laboratorul I.G.P.S.M.S.) în grotă „Puturosu” constau din CO_2 (69–91,8%), N_2 (2,6–22%), O_2 (0,14–5,95%), CH_4 (1,71%) și Ar(0,26%).

Mai la sud de masivul Puturosu, pe așa numita „Vale Arsă” pe o lungime de circa 150 m și o lățime de circa 60 m se cunosc o serie de emanații de bioxid de carbon și hidrogen sulfurat, constituind fie mofete uscate, fie mofete umede. În această zonă, în sol, pe o grosime de pînă la 2 m se constată prezența unor cruste de 1–3 mm de sulf nativ.

Dintre mofetele umede amintim, în zona Văii Arse, „baia Acră” și „baia de reumatism”.

Asemenea fenomene mofetice se mai întâlnesc pe Valea Roșie, în zona de obîrșie, constituind băile „Vallato”, „Stejarului” și „Fagului”.

Bazinul superior al pîriului Ciuma este demn de menționat prin bogăția manifestărilor mofetice, în special pe unul din compoziții de dreapta, căruia i-am dat denumirea de „Valea Mofetelor”; pe această vale, pe o lungime de circa 300 m și o lățime de cîteva zeci de m, apar numeroase și puternice emanații de bioxid de carbon și hidrogen sulfurat, însă în nici un loc captate pînă în prezent. Bioxidul de carbon iese cu presiune la suprafața solului, făcîndu-se imediat auzit, chiar dacă lipsește apa. Ca și pe Valea Arsă și aici, în unele puncte se constată în sol cruste de sulf nativ (1–2 mm grosime) sau eflorescențe de sulf.

În extremitatea sudică a perimetrlui cercetat, manifestările mofetice principale se dispun în primul rînd pe componentul de stînga al văii Iaidon, respectiv pe așa numita „Valea Iadului” și pe un affluent de dreapta al pîriului Piatra Zimbrului. Pe Valea Iadului, deocamdată, s-au amenajat rudimentar o mofetă uscată și alte două mofete umede, în care bioxidul



tabelul 1

10	11	12	13	14	15	16
	0,03 ⁺ 0,02 ⁺⁺	"	da	"	neamenajată	
	0,02 ⁺	"	da	"	"	
	0,016 ⁺	gust slab acidulat feruginos	da			
	0,005 ⁺	"		"	"	

de carbon barbotează puternic. Emanăriile de bioxid de carbon se manifestă pe aceeași vale și mai înspre nord de aceste mofete.

Aruncind o privire pe harta anexată constatăm că majoritatea manifestărilor mofetice puternice menționate pe Valea Iadului, Valea Mofetelor, obîrșia pîriului Iordan, Valea Arsă, grotete din masivul Puturosu și Bufuitorul se dispun de-a lungul faliei Lăzărești-Puturosu-Iaidon, demonstrând caracterul activ al acesteia.

VII. Caracterizarea hidrochimică a apelor minerale din zona Balvanyoş-Turia-Iaidon

Caracterul chimic al apelor minerale din zona Balvanyoş-Turia-Iaidon s-a stabilit pe baza unui număr de 44 de analize chimice, efectuate în anul 1977, precum și pe baza analizelor executate de-a lungul anilor la mare parte din izvoarele mai importante din regiune. La un număr important de izvoare s-au făcut determinări la fața locului, stabilindu-se conținutul în bioxid de carbon, ionului bicarbonic și pH-ului, determinări care au pus în evidență, de cele mai multe ori, valori cu mult mai mari, în special pentru bioxidul de carbon și mai mici pentru pH.

Rezultatele acestor analize sunt prezentate în tabelul 2.

Marea majoritate a apelor minerale din zona Balvanyoş-Turia-Iaidon se caracterizează printr-o mineralizație cuprinsă între 0,4 și 5 gr/l; un număr de 6 probe au mineralizații de 5,0–13,4 gr/l și două probe au valorile cele mai mari — una de 28,37 gr/l (foraj 2 ISPIF) și alta de 34,71 gr/l (foraj 1 ISPIF). Aceste valori, destul de mari, se datorează faptului că apele respective provin de la adincimi mai mari, de sub 85 m, unde circulația apei este foarte lentă, dind posibilitatea unei spălări intense a rocilor și totodată, un schimb cationic activ între rocă și apă și invers. Normal, valorile mai mici caracterizează apele situate în imediata apropiere a solului, în scoarța de alterare, unde atât circulația cât și alimentarea sunt cu mult mai active.



Din analiza valorilor mineralizației determinate la unul și același izvor, în ani diferiți (Bandrabur et al., 1978), s-a constatat, în general, o creștere a lor, de la 0,2 gr pînă în jur de 2 gr/l; la puține izvoare se observă o scădere și apoi din nou o creștere a mineralizației.

PH-ul apelor minerale din zona Balvanyoș-Turia-Iaidon prezintă valori situate la limita superioară a acidității (5–6) la mai bine de 60% din ele, circa 30% au un PH alcalin (între 6 și 7) și circa 10% din ape au o aciditate puternică cuprinsă între 2,5–5. Aceste din urmă ape apar în zona sanatoriului Turia (izvorul Fidelis, Baia Acră, izvor de ochi etc.) precum și în zona de obîrșie a pîrîului Iordan (Baia de reumatism, bazinele cu izvoarele de fier și de ochi).

Aciditatea crescută a unor ape, în special din zona sanatoriului Turia se datoră prezenței acidului sulfuric, din cauza căruia aceste ape sunt cunoscute și sub numele de ape vitriolice.

Cantitatea de bioxid de carbon variază de asemenea în limite destul de largi, între 0,5 și 4 gr/l și în mod excepțional 5 gr/l. Ca și în cazul mineralizației, valoarea cea mai mare a bioxidului de carbon, de 5 gr/l, s-a înregistrat la ape care vin mai din adîncime, respectiv din forajul 1 ISPIF. Valoarea de 668 mg/l CO₂ determinată în apele sondei 2 ISPIF, considerăm că este eronată, mai ales dacă ținem seama de emanațiile puternice de CO₂ liber, exact ca și în cazul sondei 1 ISPIF.

Atragem și cu această ocazie atenția asupra valorilor bioxidului de carbon determinat la fața locului, care sunt de fiecare dată mai mari, cu 1 pînă la chiar 3 gr/l, față de valorile aceluiasi gaz, fixat cu NaOH, determinat în laborator. Este de la sine înțeles că operația de fixare nu reține în intregime bioxidul de carbon, iar cel nefixat, în timpul transportului, sau din cauza timpului îndelungat pînă la determinare, se degaja și în consecință, valorile foarte mici ale acestui gaz la izvoare a căror apă este puternic acidulată.

După predominanța anionilor în compoziția chimică a apelor din zona Balvanyoș-Turia-Iaidon, mare parte din izvoare sunt bicarbonatace, o bună parte sunt bicarbonatate-clorurate, un număr mai mic de ape sunt sulfatace sau clorurate.

Luînd în considerație atît anionii cât și cationii, apele minerale din zona menționată se încadrează în următoarele tipuri hidrochimice: bicarbonat-calcic (11 izvoare), bicarbonat-sodic (3 izvoare), bicarbonat-clorurat-sodic (15 izvoare), clorurat-bicarbonat-sodic (4 izvoare), clorurat sodic (2 izvoare), sulfat-calcic sau sodic (7 izvoare) și alte 2 izvoare aparțin tipului sulfat-bicarbonat-calcic și sulfat-clorurat-sodic.

La tipurile hidrochimice mai înainte menționate, cu excepția izvoarelor sulfatace-calcice, se adaugă și caracterul carbogazoas dat de bioxidul de carbon.

Compoziția chimică și distribuția tipurilor de ape minerale sunt reprezentate grafic în planșă.

Pe lîngă elementele majore (anioni și cationi principali) în compoziția chimică a apelor din zona Balvanyoș-Turia-Iaidon au fost puși în evidență compoziții minori ca Br (0,05–15 mg/l), I (0,04–6,38 mg/l) și F (0,3–3,19 mg/l).



TABELUL 2

Analizele chimice ale apelor minerale din zona Balvanyos - Turia - Valea Iaidon

Nr. crt.	Denumirea sursei	Data recoltăril	Nr. pe hartă	Mineralizația tot.	CO ₂		H ₂ S		Cl ⁻			Br ⁻		I ⁻		F ⁻		SO ₄ ²⁻			HCO ₃ ⁻			NO ₃ ⁻			Na ⁺			K ⁺			Li ⁺		Ca ⁺⁺			Mg ⁺⁺			Fe ⁺⁺			H ₂ SiO ₄	HBO ₃	pH
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	me/l	me%	µg/l	mg/l	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%	mg/l	me/l	me%						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39								
1	Balvanyos Izvor Iordan	1977	1	3852,9	3267,2	abs	31,2	0,88	12,5	abs	0,013	0,40	19,2	0,40	5,6	353,8	5,80	81,9	abs	27,2	1,18	15,6	3,8	0,10	1,3	abs	86,6	4,32	56,9	11,8	0,97	12,8	28,5	1,02	13,4	20,4	2,8	5,45								
2	Izvor Sofia	1977	2	2441,2	1992,0	0,60	abs	—	—	3,0	0,004	0,70	42,2	0,88	16,7	268,4	4,40	83,3	abs	7,2	0,31	5,9	1,8	0,05	1,0	abs	82,2	3,10	58,4	7,4	0,61	11,7	32,2	1,15	22,0	23,5	abs	5,50								
3	Izvor Aluniș	1977	8	2812,1	1356,0	abs	76,6	2,16	11,7	abs	0,023	0,32	32,6	0,68	3,7	951,4	15,60	84,6	abs	70,0	3,04	16,9	6,1	0,16	0,9	abs	232,5	11,60	64,5	24,0	1,97	11,0	33,6	1,20	6,7	23,1	5,7	5,85								
4	Baie reumatism	1977	6	406,7	abs	abs	—	—	abs	0,003	0,80	283,6	5,91	100,	abs	—	—	abs	11,5	0,50	8,9	2,7	0,07	1,2	abs	52,9	2,64	47,2	27,2	2,24	40,0	4,2	0,15	2,7	22,2	1,6	3,60									
5	Baie nervi	1977	10	4103,0	2132,4	0,63	398,4	11,24	42,0	1,5	0,146	0,73	44,1	0,92	3,4	890,6	14,60	54,6	abs	372,00	16,17	60,4	32,6	0,83	3,7	abs	130,7	6,52	24,4	37,8	3,11	11,6	3,3	0,12	0,5	15,6	40,5	6,00								
6	Bazin cenușiu	1977	12	3732,0	2804,4	0,20	175,8	4,96	32,9	abs	0,133	0,86	155,2	3,23	21,4	419,7	6,88	45,7	abs	162,0	7,04	46,5	19,2	0,48	3,2	abs	108,6	5,42	35,7	20,2	1,86	10,9	15,5	0,56	3,7	26,4	23,9	5,65								
7	Izvor ochi	1977	11	1288,1	500,4	abs	73,7	2,08	21,7	abs	0,031	0,60	69,0	1,44	14,5	390,4	6,44	64,5	abs	66,0	2,84	27,3	8,0	0,20	1,9	abs	111,4	5,56	52,7	12,4	1,02	9,7	24,7	0,88	8,4	23,4	8,1	6,10								
8	Bazin agreement	1977	9	1326,5	463,2	abs	174,7	4,92	34,0	1,0	0,137	0,62	17,2	0,36	2,5	561,2	9,20	63,5	abs	178,0	7,78	54,2	15,6	0,40	2,8	abs	98,2	4,80	33,4	15,4	1,27	8,8	3,3	0,12	0,8	13,4	24,3	6,60								
9	Bazin mare alimentare baie caldă	1977	13	1865,4	463,3	abs	263,7	7,44	40,0	abs	0,159	0,69	17,2	0,36	1,9	658,8	10,80	58,1	abs	234,00	10,17	54,3	26,6	0,68	3,6	abs	112,0	5,59	29,8	22,4	1,84	9,8	12,8	0,46	2,5	19,5	34,5	6,40								
10	Bazin cu izv. de fier	1977	3a	441,9	abs	abs	—	—	abs	0,004	0,57	249,1	5,19	85,5	53,7	0,88	14,5	abs	27,6	1,20	20,3	5,8	0,15	2,5	abs	59,1	2,95	50,0	10,9	0,90	15,3	19,5	0,70	11,9	15,6	abs	4,00									
11	Bazin cu izv. de ochi	1978 ^a	3b	391,9	abs	abs	4,0	0,11	1,8	—	—	—	285,9	5,95	98,2	abs	—	—	0,2	15,7	0,68	13,6	4,6	0,11	2,2	abs	55,2	2,81	56,1	12,7	1,05	20,9	10,1	0,36	7,2	—	—	3,30								
12	Foraj 2N bazin agreement (85 - 93m)	1978 ^a	4	28370,9	668,8	abs	7100,0	200,00	50,1	—	—	—	6,79	1,41	0,4	12078,0	198,00	49,5	abs	7636,5	332,00	83,1	817,0	20,94	5,2	—	284,9	14,24	3,6	386,6	32,21	8,1	urme	—	—	—	6,85									
13	Foraj 1 E Restaurant	1977	34	36633,8	5019,7	abs	13201,6	372,4	76,5	9,0	6,38	0,30	88,1	1,84	0,4	6868,6	112,60	23,1	abs	10410,0	452,61	93,2	436,0	11,15	2,3	27,5	246,9	12,32	2,5	104,0	8,56	2,0	6,3	0,23	—	abs	209,5	6,40								
14	Izvor Fe - Km 20	1977	21	4189,9	2922,1	0,20	175,8	4,96	31,2	4,0	0,088	0,44	17,2	0,36	2,2	646,6	10,60	66,6	abs	146,0	6,35	40,9	15,6	0,40	2,6	abs	139,5	6,96	44,8	15,2	1,25	8,0	16,0	0,57	3,7	45,8	45,4	5,60								
15	Izvor km 18,2	1977	36	10702,7	3915,7	0,30	977,0	27,56	30,7	abs	1,38	0,46	17,3	0,36	0,4	3782,0	62,00	68,9	abs	1527,9	66,43	74,2	123,9	3,17	3,5	2,0	195,0	9,73	10,9	121,5	9,99	11,2	4,5	0,16	0,2	23,5	10,3	6,15								
16	Izvor camping	1977	111	3993,6	1878,4	abs	61,0	1,72	6,5	4,8	0,07	0,52	15,3	0,32	1,2	1488,4	24,40	92,3	abs	85,0	3,70	14																								

Unele ape mai primesc și caracterul feruginos datorită prezenței fierului care se găsește în cantități de pînă la 48 mg/l, precum și caracterul sulfuros determinat de H_2S , dozat în cantități de obicei între 0,2 și 0,88 mg/l, și în mod excepțional de 3,18 mg/l la Baia Acră și de 105,4 mg/l în apa izvorului de ochi de la km 22,3.

În privința variației compozitiei chimice de-a lungul anilor, potrivit celor constatate de B a n d r a b u r et al., 1978 nu se poate stabili o regulă în sensul creșterii sau diminuării cantitative a diferitelor elemente; la unele se constată creșteri, la altele diminuări, în funcție de anumiți factori care au influențat evoluția compozitiei chimice. Aceste creșteri sau diminuări s-au făcut în general proporțional, nederanjind echilibrul chimic între elemente; cu alte cuvinte, tipul hidrochimic al apei respective s-a menținut același continuu. O excepție o constituie sursele Carol, Fidelis și izvorul de ochi de la km 22,3 la care se constată un tip hidrochimic la analizele din 1968 și altul la analizele din 1977. În cazul cînd analizele nu sunt eronate, această neconcordanță s-ar explica printr-un amestec cu ape de alt tip chimic, care a condus la formarea unui tip hidrochimic nou.

Analizele gazelor dizolvate în unele ape din zona Balvanyoș-Turia au indicat prezența CO_2 (40–87,4%), N_2 (10–65%), O_2 (2–17%), Ar (0,1–0,7%) și a unor hidrocarburi în procente infime (CH_4 = 0,1–0,4%; C_3H_8 = 0,00003–0,0008%).

Radioactivitatea apelor minerale și gazelor mofetice din zona Balvanyoș, potrivit analizelor efectuate de A. S z a b o și D e l i a B o g d a n în 1977, prezintă valori relativ mici: activitatea globală = = 0,48–2,28 p.Cu/l; Radon = 0,81–360 p. Cu/l; Radium = 0,17–2,74 p. Cu/l. Excepție fac izvoarele de la km 18 și grota Puturosu, unde valorile menționate sunt cu mult mai mari.

Concentrația redusă a radonului și a altor radioizotopi naturali din apele de la Balvanyoș s-ar datora, după autorii cități, radioactivității mici a rocilor prin care circulă apele în cauză, la care se mai adaugă și captarea necorespunzătoare a izvoarelor.

VIII. Modul de formare a apelor minerale din zona Balvanyoș-Turia-Iaidon

Zona cercetată este situată în interiorul aureolei mofetice Harghita-Călimani, în cadrul căreia manifestările postvulcanice — mofetice și solfatare — sunt foarte active, datorită particularităților structurale deosebite ale regiunii.

În aria de extensiune a lanțului vulcanic Harghita - Călimani s-au determinat geofizic sisteme de fracturi de diferite ordine: crustale, regionale, locale și de cuvertură, constituind un complex arborescent, cu tulpiini spre zonele adânci și cu ramificații din ce în ce mai dese către suprafață (A i r i n e i et al., 1977). Acest complex arborescent de fracturi formează căile principale de ascensiune a bioxidului de carbon și a altor gaze postvulcanice spre zonele din apropierea solului.

În perimetru Balvanyoș-Turia-Iaidon, aşa după cum s-a precizat mai înainte, s-a presupus continuarea aliniamentului G_{18} , existența faliei Lăzărești-Puturosu-Iaidon, falia Harom-dealul Balvanyoș, falia-



Gorganu-Seregat și falia Văii Roșii. Aceste falii la care se adaugă și rețeaua de fisuri fine care afectează rocile din regiune, asigură difuzia bioxidului de carbon pînă la suprafața solului.

În ascensiunea bioxidului de carbon, de la anumite adîncimi, acesta întilnește ape subterane care rețin o parte din bioxidul de carbon, iar cel nedizolvat ieșe la suprafața solului.

Bioxidul de carbon este factorul cel mai important în mineralizarea apelor subterane din zona Balvanyoș-Turia-Iaidon; odată pătruns în apă, bioxidul de carbon îi sporește agresivitatea față de rocă, activind astfel reacțiile chimice care au loc la contactul dintre apă și rocă. În acest fel, apele de infiltratie, provenite din precipitații, cu un grad mic de mineralizare, prin spălare, prin schimb cationic sau alte reacții produse la contactul apă/rocă, toate acestea activate de bioxidul de carbon, își sporesc concentrația, devenind ape minerale, încadrate în tipurile hidrochimice menționate mai înainte. La formarea tipurilor hidrochimice sulfatace-calcice sau sodice, un rol important îl are bioxidul de sulf de origine, de asemenea, postvulcanică.

Bioxidul de carbon nedizolvat în apele subterane ieșe la suprafața solului formînd mofete uscate sau umede.

IX. Considerații privind potențialul acvifer mineral și efectul terapeutic al apelor minerale din stațiunea Balvanyoș, zona sanatoriului Turia și zona Iaidon

Deoarece sursele de ape minerale din cadrul stațiunii Balvanyoș sunt distribuite destul de neuniform, potențialul acvifer mineral se va estima pe grupe de izvoare, la alcătuirea cărora s-a ținut seama de apropierea dintre surse și accesibilitatea la ele.

Izvoarele folosite pentru cura internă în cadrul perimetrlui strict al stațiunii Balvanyoș, la care s-a adăugat și izvorul de la km 18, au un debit cumulat de 46.137 l/zi.

Măsurătoarea debitelor s-a efectuat în anul 1977, în lunile iunie și septembrie (tab. 1), iar valoarea lor reprezintă media celor două măsurători.

Alte grupe de izvoare situate în afara perimetrlui stațiunii prezintă următoarele debite: izvoarele Balvanyoș, Bufuitor și Valea Lungă = 16.761 l/zi; izvoarele Ciobot = 2036 l/zi și izvoarele de pe pîriul Goților = 4320 l/zi.

În zona sanatoriului Turia, o primă grupă de izvoare, Carol, Fidelis și Aceru, debitează 7.257 l/zi; izvorul cu morișcă și cel de la E de bazinul Fagului = 18.316 l/zi.

În zonele văilor Iaidon și Pescăriei, izvoarele principale cumulează un debit de circa 35.000 l/zi.

În ceea ce privește sursele de ape minerale folosite pentru cură externă în cadrul stațiunii Balvanyoș, acestea dispun de un debit de 22.321 l/zi.

Efectul terapeutic al apelor minerale a fost stabilit doar pentru cele din stațiunea Balvanyoș; potrivit indicațiilor Institutului de Balneologie și Fizioterapie, apele minerale și mofetele din stațiunea menționată sunt



folosite, în special, la tratarea bolilor aparatului cardio-vascular, nevrozelor astenice, afecțiunilor reumatismale degenerative, afecțiunilor reumatismale abarticulare și bolilor profesionale.

X. Considerații privind perspective de valorificare și dezvoltare a sectorului balnear Balvanyos-Turia-Iaidon

Din cele relatate mai înainte reiese că regiunea cercetată dispune de o serie de factori naturali foarte importanți care o deosebesc de alte regiuni. Dintre aceștia, subliniem clima care este foarte favorabilă, relieful cu covorul vegetal de un pitoresc deosebit și în special abundența și marea varietate a apelor minerale, precum și a mofetelor.

Pentru o valorificare superioară a acestor factori naturali și în special al celor balneari se impun o serie de măsuri constând din renovarea unora dintre captări din stațiunea Balvanyos, captarea corespunzătoare a noilor surse, modernizarea anexelor balneare existente, precum și construirea unei telecabine care să asigure, în condiții bune, accesul la grota Puturosu. De asemenea se impune a se interzice acțiunile de defrișare în cadrul perimetrelor de protecție instituite; în unele zone cum ar fi la E de Bufuitor, obîrșia Văii Ciumă și versantul estic al văii Iadului, deja s-au defrișat suprafețe importante, creând un peisaj dezolant.

Dezvoltarea sectorului balnear al stațiunii Balvanyos reprezintă o problemă delicată, aceasta depinzând în primul rînd de capacitatea de debitare a surselor minerale; după cum s-a văzut mai înainte, debitul disponibil pentru cură internă este de 46.137 l/zi, iar cel pentru cură externă este de numai 22.321 l/zi, debite cu totul insuficiente pentru asigurarea necesarului prevăzut de norme.

Possibilitatea obținerii unor debite de apă minerală mai ridicate din adîncime este ipotetică, situație confirmată de cele două foraje executate de ISPIF în anul 1968.

Neacordarea atenției cuvenite debitului de care dispune stațiunea și trecerea la o dezvoltare a ei, ar duce negreșit la rezultate negative, mai ales în ceea ce privește cura de tratament extern, care nu poate fi făcută conform normelor corespunzătoare acestui tip de cură.

Potrivit celor menționate, Stațiunea Balvanyos ar urma să rămînă și în viitor o stațiune cu dezvoltare medie, cu o capacitate de tratament balnear de 150—200 pacienți pe serie; dar și pentru această capacitate este necesar a se face reamenajarea corespunzătoare a surselor și anexelor balneare.

O dezvoltare mai mare a acestei stațiuni ar duce negreșit la pierdereala farmecului deosebit pe care îl are la ora actuală.

În perimetrul Balvanyos-Turia-Iaidon s-ar mai putea construi o serie de microstațiuni cu o capacitate de pînă la 100 pacienți pe serie, în următoarele zone: zona de obîrșie a pîrîului Bufuitor, imediat la N de dealul Puturosu, care ar beneficia de izvoarele și mofetele de pe pîrîul amintit, precum și de mofetele din dealul Puturosu. O altă microstațiune ar putea fi amplasată în zona de obîrșie a Văii Roșii, unde există izvoarele „cu morișcă”, Fagului, precum și mofetele Fagului, Stejarului și Vallató. De asemenea pîrîul Ciumă, în zona de obîrșie ar putea constitui



amplasamentul unei microstațiuni, disponind atât de izvoare cu apă minerală cit și de mofete de pe Valea Mofetelor. În sfîrșit, zona de confluență a pîriului Iaidon cu Valea Iadului merită a fi luată în considerație în vederea construirii unei microstațiuni care ar dispune din plin și de ape minerale și de mofete.

XI. Concluzii

Cartările de suprafață efectuate în zona Balvanyos-Turia-Iaidon au condus la cunoașterea condițiilor geologice, hidrogeologice și caracterelor chimice ale apelor minerale din zona menționată.

Apele minerale, cu o distribuție largă în zonă, sunt acumulate în complexul grezos al flișului de Bodoc (Albian), în seria curbicorticală (Aptian superior-Albian inferior) și în gresia de Cotumba (Albian), ale căror depozite se caracterizează printr-o permeabilitate reprezentată prin falii, fisuri și fețe de strat.

Emanatiile de bioxid de carbon, principalul factor mineralizator al apelor din regiune, dispuse după anumite aliniamente, au permis preconizarea unor sisteme de falii, orientate, în general, N-S sau NW-SE, falii care controlează distribuția izvoarelor minerale.

Chimismul apelor din zona Balvanyos-Turia-Iaidon este destul de variat; o mare parte dintre ele se încadrează în tipul bicarbonatocalcic și bicarbonat-clorurat-sodic, alte ape sint sulfata-calcice-sodice sau clorurate-bicarbonatate-sodice. Majoritatea apelor sint carbogazoase, cu mineralizații cuprinse între 0,5 și 5 gr/l și mai rar peste această valoare.

S-a estimat potențialul acvifer mineral al Stațiunii Balvanyos, s-au adus unele precizări cu privire la valorificarea superioară a fondului balnear existent și s-au făcut propuneri în legătură cu înființarea a noi microstațiuni balneare în perimetru cercetat.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei Șt., Pricăjan A., Bandrabur T. (1976) Conceptual pattern concerning the study of geothermalism and the thermalization process of underground waters in Romania. *Acad. RSR Rev. Roum. de geol., geoph. et geogr. Série Géologie*, Tom 20, Nr. 2, București.
- Apostol A., Svoronos D., Constantinescu P., Teodorescu V., Gheorgescu Mihaela (1977) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Bandrabur T., Alexandrescu Gr., Ianc Rozette. (1978) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Băncilă I. (1958) Geologia Carpaților Orientali. Ed. Tehn. București.
- Bucur I. (1977) Asupra geologiei văii Cașinului între Plăieși-Turia-Sinzeni. *Rev. Mine, Petrol, Gaze*, 28, 2, București.
- Filipescu G. M., Bratu Elena, Iliescu Gh., Iliescu M., Neagu T., Săndulescu Jana, Vinogradov C. (1963) Sur le Crétacé de la zone du Flysch interne entre les rivières Teleajen et Trotuș et implications sur la structure des Carpates Orientales. *Assoc. Geol. Carp.-Balc.*, V-lea Congr., III/1, București.



- Konya A., Kovacs S. (1973) — Băile Balvanyoş. Ghid turistic, Sf. Gheorghe.
- Nedelcu C. (1969) Raport, arhiva ISPIF, Bucureşti.
- Nicolae scu V., Gaia tă C. (1965) Contribuţii la cunoaşterea flişului cretacic din munţii Bodocului (Carpaţii Orientali) *Bul. Soc. de St. Geol. din RSR*, X, Bucureşti.
- Ionescu S. (1970) Observaţii asupra flişului cretacic din partea de sud a munţilor Ciucului. *D.S. Inst. geol.*, LVI, 5, Bucureşti,
- Pascu M., Veliciu Dana. (1968) Raport, arhiva ISPIF, Bucureşti.
- Pricăjan A., Bandrabur T. (1956) Raport, arhiva Institutului de geologie şi geofizică, Bucureşti.
- (1972) Apele minerale şi termale din România. Ed. Tehn., Bucureşti.
- Săndulescu M., Vasilescu A., Popescu A., Mureşan M., Drăgulescu Adela, Bandrabur T. (1968) Harta geologică a RSR, sc. 1 : 200 000 — foaia Odorhei + text explicativ. I.G. Bucureşti.
- Slăvoacă D. (1957) Raport, arhiva Institutului de geologie şi geofizică, Bucureşti.
- Szabó Z., Bogdan Delia. (1977) Raport, arhiva Institutului de geologie şi geofizică, Bucureşti.
- Urcan T. (1965) Raport, arhiva Întreprinderii geologice de prospecţiuni pentru substanţe minerale solide, Bucureşti.
- Vitalis A., Marosi P., Szabó Z. (1964) Raport, arhiva OJT, Covasna-Sf. Gheorghe.

PERSPECTIVES DE VALORISATION DES EAUX MINÉRALES DE LA ZONE DE BALVANYOŞ-TURIA-IAIDON

(Résumé)

Les recherches effectuées par les auteurs dans la zone de Balvanyoş—Turia—Iaidon ont mené à la connaissance des conditions géologiques, hydrogéologiques et des caractères chimiques des eaux minérales de la zone mentionnée.

Les eaux minérales, avec une large distribution dans la zone, sont accumulées dans le complexe gréseux du flysch de Bodoc (Albien), dans la série curbicorticale (Aptien supérieur-Albien inférieur) et dans le grès de Cotumba (Albien), dont les sédiments sont caractérisés par une perméabilité représentée par des failles, fissures et facettes de couche.

Les émanations de bioxyde de carbon, le principal facteur minéralisateur des eaux de la région, disposées d'après certains alignements ont permis la préconisation de certains systèmes de failles, orientés généralement NS ou NO—SE, failles qui contrôlent la distribution des sources minérales.

Le chimisme des eaux de la zone de Balvanyos—Turia—Iaidon est assez varié; une grande partie s'en rangent dans le type bicarbonaté-calcique et bicarbonaté-chloruré-sodique, d'autres eaux sont sulfatée-calcique-sodiques ou chlorurée-bicarbonatée-sodiques. La majeure partie des eaux sont carbogazeuses, à minéralisations comprises entre 0,5 et 5 g/l et moins souvent dépassant cette dernière valeur.

On a estimé le potentiel aquifère minéral de la station Balvanyos, on a apporté certaines précisions sur la valorisation supérieure du fond balnéaire existant et on a fait des propositions en ce qui concerne la construction de nouvelles microstations balnéaires dans le périmètre étudié.



EXPLICATION DE LA PLANCHE

Carte hydrogéologique et hydrochimique de la zone de Balvanyoş-Turia-V. Iaidon.

1. Holocène : alluvions de la basse plaine 2. Pléistocène supérieur-Holocène : dépôts déluviaux-colluviaux ; 3, Pléistocène supérieur ; alluvions de la terrasse inférieure ; 4, Pliocène supérieur - Pléistocène inférieur : complexe volcano-sédimentaire (a) ; laves andésitiques (b). I. Nappe de Ceahlău ; 5, Albien : flysch de Bodoc-sousdivision inférieure (a) ; 6, complexe arénitique (b). II. Nappe du flysch courbicalcaré. 7, Vraconien-Cénomanien : argiles et marnes ; 8, Albien : Grès de Cotumba ; 9, Aptien supérieur-Albien inférieur : série courbicalcarée ; 10, ligne de Lutu Roşu ; 11, faille inverse ; 12, faille ; 13, faille supposée ; 14, périmètre de protection. III. Hydrogéologie. 15, source d'eau minérale ; 16, puits d'eau minérale ; 17, source d'eau douce ; 18, mofette sèche aménagée ; 19, mofette sèche non-aménagée ; 20, mofette humide aménagée ; 21, mofette humide non-aménagée ; 22, bassin d'alimentation des bains ; 23, captage d'eau douce ; 24, forage existant ; 25, forage proposé. IV. Hydrochimie.



CONTRIBUTII LA STUDIUL HIDROGEOLOGIC
AL ZĂCĂMÎNTULUI HIDROMINERAL OLĂNEȘTI
CU AJUTORUL IZOTOPILOR STABILI¹

DE

LIVIU BLAGA², MIRCEA FLORIAN³

Regional hydrogeology. Mineral waters. Sulphur waters. Shallow waters. Water circulation. Hydrochemistry. Stable isotopes. South Carpathians. Southern Subcarpathian zone. The Olt Hillocks.

Abstract

Contributions to the Hydrogeologic Study of the Hydro-mineral Deposit from Olănești Using Stable Isotopes. The hydrogeologic research work carried out in the Olănești region for a four year period has been performed simultaneously with the research based on D — concentration measurements for : mineral waters, phreatic and flowing waters, and waters from the precipitations fallen in the region. The purpose of this research was to establish the mutual influences and, finally, to elucidate some aspects of the sulphur mineral water genesis. The results presented in the paper are synthesized from a multitude of isotopic data and correlated with the hydrogeological characteristics of the deposits and with the prescriptions given as therapeutical use of the mineral water. The paper also includes some conclusions derived from these results. The method described in the paper proves to be a helpful one in outlining some factors which determine the forming of the mineral waters in the region and influence their modification.

1. Introducere

Din cele cunoscute pînă în prezent, apele minerale sulfuroase din zona Olănești-Cheia sunt utilizate și cercetate de mai bine de două secole.

Faima lor, justificată desigur prin efectul terapeutic verificat de-a lungul vremii de miile de oameni care au frecventat stațiunea, a trecut de mult hotarele țării noastre.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Institutul de tehnologie izotopică și moleculară, str. Donath nr. 65—103, Cluj-Napoca.

³ Ministerul Turismului, Bd. Magheru nr. 7 București.



Cercetători experimentați s-au preocupat de studierea geologiei zonei, întocmind documentații îmbunătățite permanent, astfel încit astăzi preocupările noastre pornesc de la un volum apreciabil de date geologice cunoscute.

Importanța deosebită, recunoscută unanim stațiunii Olănești, în tămăduirea și ameliorarea multitudinii de afecțiuni tratate aici, îndreptățește interesul acordat, mai ales în ultimii ani, pentru mărirea gradului de cunoaștere a zăcământului hidromineral precum și pentru instituirea protecției și exploatarii raționale ale acestuia.

Complexitatea și interdependentă factorilor determinanți ai proceselor de formare și circulație a apelor minerale, implică folosirea unei largi game metodologice de cercetare.

Prospectarea geologică și hidrogeologică clasică, efectuată pînă în prezent, s-a concretizat prin concluzii asupra cărora au căzut de acord majoritatea cercetătorilor.

Astfel, geneza și apariția la zi a apelor, cu o largă diversitate de mineralizare, din perimetrul Olănești, au fost explicate în esență, prin amestecarea în diferite proporții a unor ape de tip zăcămînt ce emigrează dinspre sud cu ape de infiltrății, amestecuri antrenate ascendent de gazele ce le însoțesc pe cele dintii (Feru, 1969).

Lucrarea de față expune rezultatele obținute prin aplicarea la zăcămîntul Olănești, pe o perioadă de cinci ani (1973–1978) a metodei izotopice, metodă cu ajutorul căreia s-a pătruns mai adînc în fenomenele naturale care condiționează formarea și dinamica apelor minerale, în cunoașterea influențelor factorilor exogeni asupra caracteristicilor lor hidrogeochimice (Baga et al., 1978).

Seismul din 4 martie 1977, resimțit puternic de sursele de apă minerală ale stațiunii Olănești, a adus noi și interesante date asupra zăcămîntului. În lucrarea de față ne referim numai la acele aspecte, ale urmărilor seismului, ce fundamentează cercetarea, deoarece parametrii actuali ai surselor de la Olănești, se găsesc într-un regim nestabilizat, ca urmare a seismului.

2. Date geologice și aspecte hidrogeologice generale

Studiile efectuate în perimetrul hidrogeologic Olănești-Cheia, au pus în evidență prezența Cretacicului superior (Senonian), dispus transversiv peste calcarale jurasice, și a Eocenului.

Eocenul, principala formațiune geologică a zonei, este alcătuit din trei orizonturi litologice :

- Orizontul conglomeratic inferior ;
- Orizontul marnos mediu :
- Orizontul conglomeratic-grezos superior.

În perimetrul orașului Olănești, aflorează orizontul marnos, care a determinat de fapt spațiul dezvoltării urbane, valea pîriului Olănești lărgindu-se aici apreciabil pe seama eroziunii acestui orizont.

În amonte, îngustarea văii este condiționată de apariția orizontului inferior, deschis pe circa 1–5 km și reprezentat prin conglomerate poligenе și gresii grosiere, cu intercalații subțiri de marne nisipoase cenușii.



Aval de stațiune, valea se strîmtează din nou ca urmare a apariției orizontului conglomeratic-grezos superior, cu o constituție petrografică similară celui inferior, respectiv cu elemente de șisturi cristaline, blocuri calcaroase jurasice, gresii, marne cenușii, marnocalcare.

Versanții văilor din zonă sunt acoperiți cu depozite deluviale cuaternare; tot Cuaternarului aparțin și depozitele aluvionare de luncă în special pe valea pîrului Olănești.

Izvoarele minerale sulfuroase de care ne ocupăm, apar din conglomeratele Eocenului inferior, formațiune acoperită de marnele orizontului mediu. Cu toate că formațiunile conglomeratice și grezoase admit acumulații de fluide și chiar o oarecare deplasare a acestora în mediul poros respectiv, constituția lor nu reprezintă factorul determinant în formarea și dinamica apelor mineralizate.

Într-adevăr, debitele izvoarelor și sondelor din cadrul zăcămîntului Olănești, caracterul specific hidrogeochimic al apei minerale respective, temperatura și alte caracteristici, sunt condiționate de existența unei rețele de fisuri și falii ce străbat formațiunile eocene în toate direcțiile.

Tectonica complicată a zonei nu a fost însă suficient studiată geologic și geofizic; prin metoda utilizată de noi la Olănești, se poate afirma că s-a suplinit în mare măsură această cerință, reușindu-se a verifica ipoteza circulației masive prin căile deschise în roci de deranjamentele tectonice și a stabili noi parametri determinanți ai zăcămîntului și ai surselor hidrominerale.

Încercind să aprofunda una din principalele ipoteze lansate pînă în prezent privind originea apelor minerale sulfuroase de la Olănești și anume că la baza amestecurilor ce se produc în timpul circulației prin roci a diferitelor tipuri de apă se află componenta ce reprezintă apa puternic mineralizată de zăcămînt, am observat totuși că variația mineralizației surselor, în paralel cu modificările de debit, temperatură, chimism nu este reprezentată printr-o corelare proporțională și condiționare relativă.

Spre exemplificare vom arăta că după seismul citat, debitul izvorului 30 crește de peste trei ori, temperatura prezintă un salt de 6°C (de la 9° la 15°) dar minerația totală a sursei rămîne neschimbată. Mai mult, izvoarele 7 și 9 își amplifică debitele de peste trei ori, temperatura crește cu 4° și respectiv 6°C , iar minerația totală în loc să crească într-o anumită proporție, scade substanțial.

Luînd în considerare numai aceste aspecte, observăm că problema comportării zăcămîntului hidromineral este mult mai complexă decît s-a crezut pînă în prezent, metodele clasice de investigare fiind insuficiente pentru a conculde asupra genezei și dinamicii apei minerale din zona Olănești-Cheia.

3. Rezultate și discuții

3.1. Ariele de peregrinare CD – Δ Dens

Se observă pe figura 1 că fiecărei surse îi corespunde o arie de peregrinare limitată în plan, a căror formă specifică și poziție indică:

— apele minerale din zona Olănești sunt tributare sub o formă sau alta circuitului meteoric general;

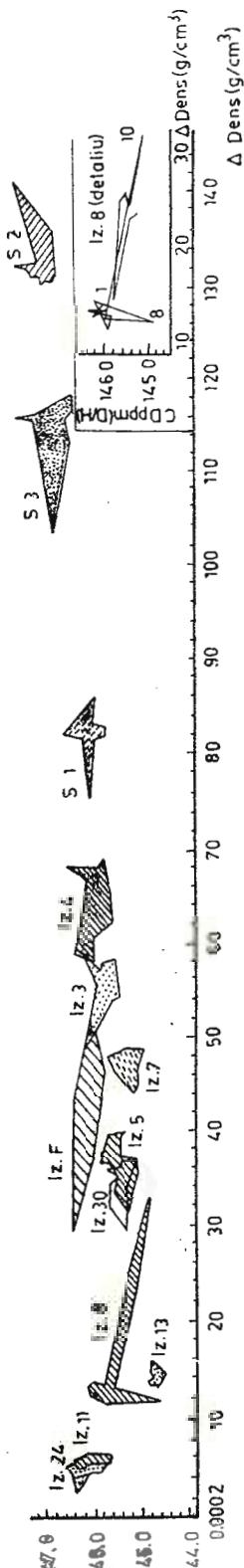


Fig. 1. — ARIILE DE PETROGRINARE CD — Δ DENS PENTRU SURSELE DE APĂ SUBTERANĂ DIN PERIMETRUL OLĂNEȘTI.
Aires de distribution CD — Δ Dens pour les sources d'eau souterraine du périmètre d'Olănești.

— fiecare sursă are un comportament propriu, individual, corespunzător unei anumite zone a cîmpului caracteristic zăcămîntului;

— distribuția încărcării minerale a zăcămîntului este variabilă în timp și spațiu, fapt care dovedește existența unei complexități de factori endogeni și exogeni care imprimă un anumit sistem dinamic.

În funcție de mărimea ariilor de peregrinare s-au stabilit anumiți coeficienți care pot fi considerați ca o măsură a instabilității în timp a valorilor CD și Δ Dens, respectiv, a unei surse.

Luind pentru izvorul 11, care are cea mai mică arie de peregrinare, valoarea 1, s-a calculat, pentru fiecare sursă în parte, coeficientul de instabilitate care este proporțională cu mărimea ariei de peregrinare. Acești coeficienți sunt dați în tabelul 1.

TABELUL 1

*Coefficienți de instabilitate a valorilor CD — Δ Dens,
pentru izvoarele minerale din zona Olănești*

Sursa	Coef. de instabilitate
Izvor 11	1,00
Izvor 13	1,17
Izvor 12	2,01
Izvor 10	3,02
Izvor 24	3,03
Izvor 15	3,10
Izvor 14	3,53
Izvor 16	3,75
Izvor 13	4,08
Izvor 7	5,12
Izvor 19	5,23
Izvor 5	6,05
Izvor 9	6,37
Izvor 3	6,93
Izvor 4 (necapitat)	13,36

Sbuliniem că acești coeficienți sunt calculați din valorile CD și Δ Dens anterioare seismului din 1977.

3.2. Valorile medii CD — Δ Dens

Dacă modul de prezentare din figura 1 dă o imagine a fiecărei surse în parte, valorile medii CD — Δ Dens vor scoate în evidență interdependența dintre surse.

Atât datele obținute în întreaga perioadă de cercetare de dinainte de seism (1973—1977) cât și comportarea surselor (în ce privește variația valorilor CD și Δ Dens) imediat după seism, constituie dovezi asupra existenței unei interdependențe între sursele de apă minerală din zăcămintul Olănești.

În cazul amestecării a trei tipuri de ape principale, sursele rezultate din amestec, vor prezenta valori medii CD — Δ Dens, care pe o diagramă corespunzătoare se vor așeza în interiorul unui triunghi, numit „domeniul



al amestecului ternar". Evident că în vîrfurile acestui triunghi se vor găsi valorile medii corespunzătoare componentelor principale determinante.

Examinind figura 2, ce cuprinde dispunerea valorilor medii CD — Δ Dens, observăm că unul din vîrfurile triunghiului, care constituie domeniul amestecului ternar, este reprezentat de valoarea pîriului Olănești, sau mai exact, de totalitatea apelor superficiale din zonă, tip de apă notată în lucrare sub forma componentei „A”.

Cele mai apropiate surse de ape minerale de apă de tip A se dovedesc, de pe figura 2, a fi izvorul 24 și izvorul 11. Secvența de surse 14, 13, 10, 12, Comanca dulce, ale căror valori medii se aşază de-a lungul unei linii, face parte dintr-un sistem de amestec al apelor de tip A cu o altă componentă principală notată cu „B”, ce provine din infiltrării de ape din circuitul meteoric amonte de Olănești, la altitudini mai ridicate. Componenta B străbate un volum imens de roci mai mult sau mai puțin permeabile, renșind să și ridice temperatură și să se incarce într-o măsură oarecare în săruri. Reprezentanta tipică a acestei mase de apă este apa debitată de izvorul 14.

O a treia componentă principală este constituită de o apă de adâncime, relativ bogată în săruri, apă de tip sonda 2. Această componentă am numit-o componentă „C”. — Amestecul direct dintre apă de tip B și apă de tip C caracterizează izvoarele 9, 15 și 16.

Folosind valorile medii CD — Δ Dens, aferente grupării de surse 9, 15 și 16, ale căror puncte reprezentative, în diagrama CD — Δ Dens, se află în apropierea liniei de amestec direct al componentelor B și C, am calculat dreptele de amestec binar. Pentru comparație am calculat și dreptele ce reprezintă valorile medii ale componentelor principale B și C, respectiv izvorul 14 și sonda 2.

Alinierea anteseism :

Pentru grupul de surse 9, 15 și 16 :

$$CD = 212,66 \Delta \text{ Dens} + 144,38 \quad (r = 0,86) \quad (1)$$

Pentru B și C :

$$CD = 232,52 \Delta \text{ Dens} + 143,94 \quad (2)$$

Alinierea postseism :

Pentru grupul de surse 9, 15 și 16 :

$$CD = 214,91 \Delta \text{ Dens} + 144,10 \quad (r = 0,89) \quad (3)$$

Pentru B și C :

$$CD = 217,77 \Delta \text{ Dens} + 143,89 \quad (4)$$

Alinierea calculată din toate valorile

Pentru grupul de surse 9, 15 și 16 :

$$CD = 223,00 \Delta \text{ Dens} + 144,00 \quad (r = 0,999) \quad (5)$$

Pentru B și C :

$$CD = 227,50 \Delta \text{ Dens} + 143,93 \quad (6)$$



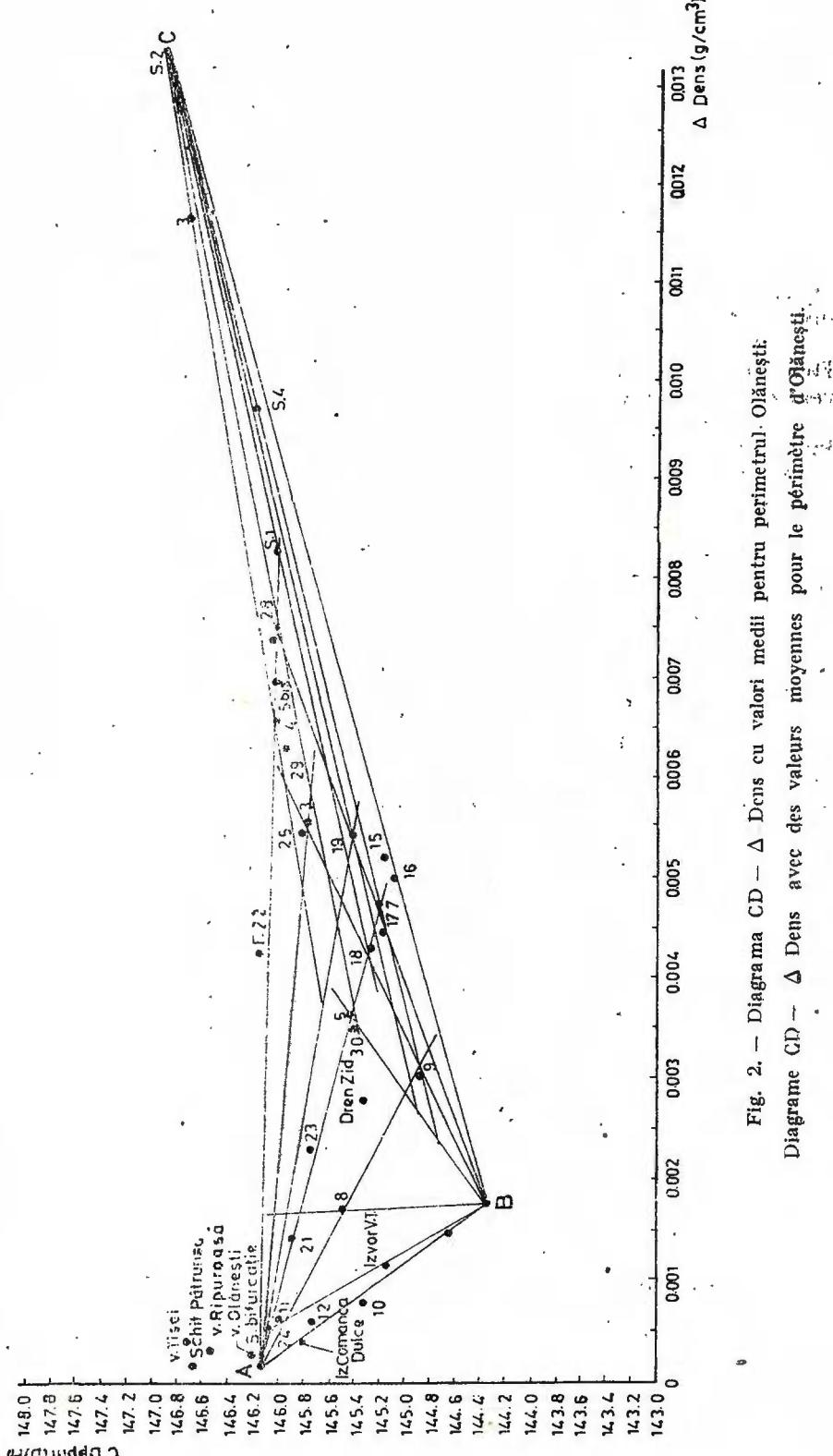


Fig. 2. — Diagrama CD — Δ Dens cu valori medii pentru perimetrul Olănești.
Diagramme CD — Δ Dens avec des valeurs moyennes pour le périmètre d'Olănești.



Se remarcă parametri apropiati pentru cele două drepte, (3) și (4) din perioada de după cutremur. Totodată trebuie relevat factorul de corelație $r = 0,999$ pentru dreapta de aliniere (5) calculată cu valori obținute ante și postseism.

Rezultatelor obținute li se poate da următoarea interpretare: înainte de seism, o parte din sursele luate în considerare primeau un oarecare aport de ape de altă natură. După seism, circulația componentelor principale în cadrul zonei de amestec s-a intensificat, diminuind celelalte influențe, sursele 9, 15 și 16 primind practic numai ape de tip B și C.

Alinierea aproape perfectă a punctelor obținute din valorile $CD - \Delta Dens$ pentru o lungă perioadă de timp, indică faptul că în zăcămînt se realizează și echilibre hidrodinamice de lungă durată.

O aliniere similară de puncte reprezentative este dată de valorile izvoarelor 13, 17, 7, 19 și sondele 4 și 2. Apele de tipul izvoarelor 9, 16 și 19, care se obțin în modul arătat mai sus, reușesc la rîndul lor ca prin amestec cu apa de tip A să conducă la cîteva sisteme secundare de amestecare (fig. 2).

Sistemele secundare de amestec, împreună cu sistemul primar A + B, dau naștere celor mai multe izvoare de cură internă. S-a remarcat că sursele de pe aceeași linie de amestec constituie grupe de izvoare cu proprietăți terapeutice similare, indicate, în consecință, acelorași grupe de maladii sau chiar pentru aceleași tratamente. Fiecare linie de amestecare, în parte, reprezintă proprietăți terapeutice specifice.

Considerarea surselor de ape minerale din stațiunea Olănești, ca aparținînd unui sistem ternar de amestec a apelor în zăcămînt, ne permite să calculăm procentele medii de participare a celor trei tipuri principale de ape la acest amestec, prin rezolvarea sistemului :

$$\begin{cases} 146,13x + 144,35y + 147,01z = CD_{probă} \times 100 \\ 0,000165x + 0,001742y + 0,013181z = \Delta Dens_{probă} \times 100 \\ x + y + z = 100 \end{cases}$$

unde :

x reprezintă valoarea procentuală de participare la amestec a apei de tip A caracterizată de

$$\begin{cases} CD_{med.} = 146,13 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens_{med.} = 0,006165 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

y reprezintă valoarea procentuală de participare la amestec a apei de tip B caracterizată de

$$\begin{cases} CD_{med.} = 144,35 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens_{med.} = 0,001742 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

z reprezintă valoarea procentuală de participare la amestec a apei de tip C caracterizată de

$$\begin{cases} CD_{med.} = 147,01 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens_{med.} = 0,013181 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$



Valorile procentuale de participare la amestec, astfel obținute, sunt prezentate în tabelul 2. Valorile din tabel reprezintă valori medii. Din cauza peregrinărilor în timp ale valorilor CD și Δ Dens, proporțiile de amestecare se schimbă în mod corespunzător.

TABELUL 2

Procente medii de amestecare ale apelor de tip „A”, „B” și „C”
pentru perioada nov. 1973 — febr. 1977

Nr. crt.	Sursa de apă minerală rezultată din amestec	% apă de tip „A”	% apă de tip „B”	% apă de tip „C”
0	1	2	3	4
1	Izvor 10	55,00	45,00	0,00
2	Izvor 13	17,42	82,58	0,00
3	Izvor 12	76,74	22,73	0,53
4	Izvor 24	93,50	4,41	2,09
5	Dren zid (1)	90,90	7,52	1,58
6	Izvor 11	89,21	8,46	2,33
7	Izvor Comanca sulf	60,98	36,22	2,80
8	Izvor 8	54,30	38,80	6,90
9	Izvor 9	10,31	74,41	12,27
10	Izvor 23	58,86	28,27	12,87
11	Izvor 30	30,46	50,45	19,09
12	Izvor 5	29,10	50,52	20,38
13	Izvor 18	16,18	59,69	24,14
14	Izvor 17	9,00	66,19	24,80
15	Izvor 7	8,01	65,02	26,97
16	Izvor 16	1,01	71,09	27,90
17	Izvor 27	57,29	13,38	29,33
18	Izvor 15	1,66	68,25	30,09
19	Izvor 19	10,77	56,21	33,02
20	Izvor 25	30,88	33,02	36,10
21	Izvor 3	26,09	37,61	36,30
22	Izvor 29	27,26	30,08	42,66
23	Izvor 4	27,58	26,97	45,46
24	Izvor 28	20,68	27,75	51,58
25	Sonda 1	10,36	31,91	57,73
26	Sonda 3	8,42	5,22	86,36

În cazul unui aport preponderent al apelor superficiale de altă natură cu valoarea CD mult diferită decât cea pentru valea Olănești (apa de tip A), se modifică procentajele calculate, în special în secvență de amestec cu apele de tip izvor 14 (apa de tip 8).

3.3. Variațiile CD — timp

Se observă pe diagrama CD — Δ Dens cu valori medii (fig. 2) că alinierile de puncte apar cu precădere pe direcții care converg către punctul caracteristic pentru pârâul Olănești (apa de tip A). Înțînd cont de acest fapt, am grupat pe cîteva figuri curbele de variație CD-timp pentru surse



care aparțin cîte unui sistem de amestecare (aliniere). Pe fiecare figură am reprezentat și variația CD-timp pentru componenta „A”.

Prima aliniere pe care am luat-o în considerare include sursele: pîriul Olănești și izvoarele 12, 10, 13 și 14 (fig. 3). Se observă pe figură că:

- în perioada noiembrie 1973 — iulie 1974 izvorul 10 avea o valoare CD comparabilă cu cea a lui 12, iar în perioada iunie 1976 — aprilie 1977, valorile CD se mișorează la izvorul 10 dar își mențin paralelismul cu 12.

- variațiile CD-timp ale izvorului 13 deși sunt apropriate ca valoare de 14, nu urmăresc variațiile acestuia.

Fiind în primul rînd un rezultat al amestecului de ape, variațiile CD-timp, la multe din surse, sunt legate mai degrabă de variațiile proporțiilor de amestecare, decît de variațiile CD rezultate din fluctuațiile de natură meteorică.

Se observă totuși, că valori CD extreme, maxime și minime ale apelor de suprafață sunt „resimțite” și în zăcămînt. Valoarea CD maximă a apei din pîriul Olănești, din noiembrie 1976, are corespondență în izvoarele de ape minerale. Izvoarele 10 și 12 prezintă astfel un maxim pronunțat în luna februarie 1977, deci cu o întîrziere de trei luni, ceea ce ar reprezenta tocmai perioada de rezidență.

Observînd alinierea care cuprinde izvoarele 24, 11, 8 și 9 și comparînd variațiile CD-timp cu cele ale pîriului Olănești, se constată că maximul CD din lunile martie-aprilie 1974 apare la toate sursele. Minimul CD din luna octombrie 1976 al pîriului Olănești, apare simultan și mult estompat la izvoarele 24 și 11 și cu o decalare de circa o lună la izvoarele 8 și 9 (fig. 4).

Se poate deduce că o anumită influență a componentei A se resimte în zăcămînt destul de repede, datorită unor căi de pătrundere relativ ușoare, în timp de circa una maximum două luni.

Maximul CD din luna octombrie 1977 apare simultan la toate sursele. Acest aspect poate duce la concluzia că există o componentă comună care are o viteză de pătrundere mai mare decît a componentei „A”.

Din cazurile cercetate și în parte prezentate, notăm că „impulsurile” de deuteriu se regăsesc simultan sau decalat în timp, practic la toate sursele de apă din zăcămîntul Olănești (fig. 5, 6). Acest fapt denotă că în totalitate, sau în cea mai mare parte, sursele sunt tributare circuitului meteoric al apelor din natură și că există o componentă principală, sau influențe directe ale ei cu o viteză de circulație și pătrundere în zăcămînt relativ mare.

3.4. Observații săptămînale

Începînd din luna noiembrie 1977 s-au efectuat colectări săptămînale de probe de apă de la izvorul 14 și sonda 2, iar din martie 1978 și din pîriul Olănești, acestea reprezentînd în fond cele trei componente majore notate de noi cu A, B și C.

În reprezentarea grafică CD-timp, surprinde existența unor variații CD mai mari la sonda 2 față de izvorul 14 (fig. 7). Abaterile față de medie ale valorilor CD pentru izvorul 14 sunt de $\pm 0,116$ ppm D/H, pe cind la



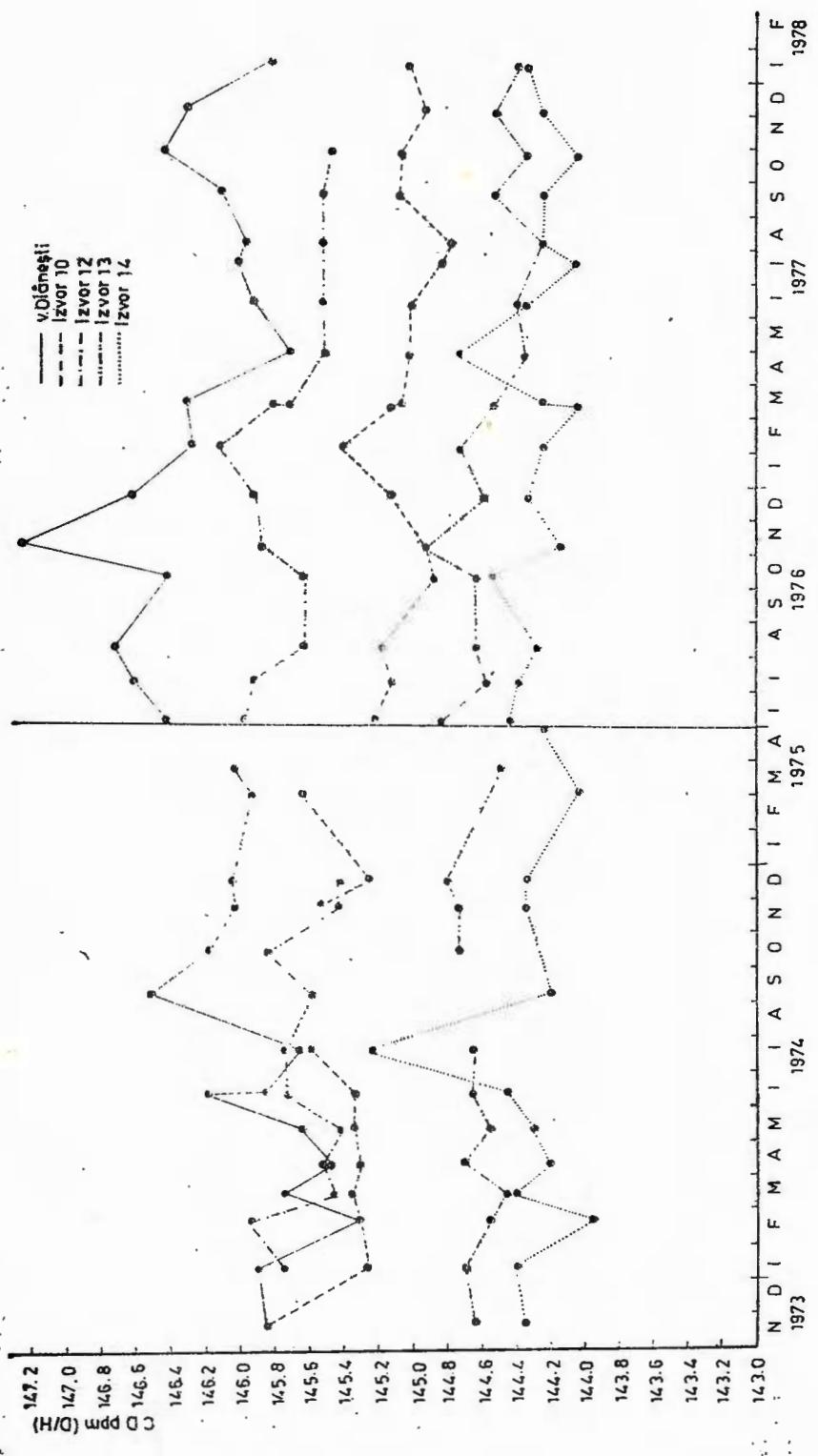


Fig. 3. – Variatia CD – timp pentru izvoarele 10, 12, 13 și 14 în comparație cu cea pentru pârâul Olănești.
Variation CD – temps pour les sources 10, 12, 13 et 14 en comparaison avec celle pour le ruisseau d'Olănești.

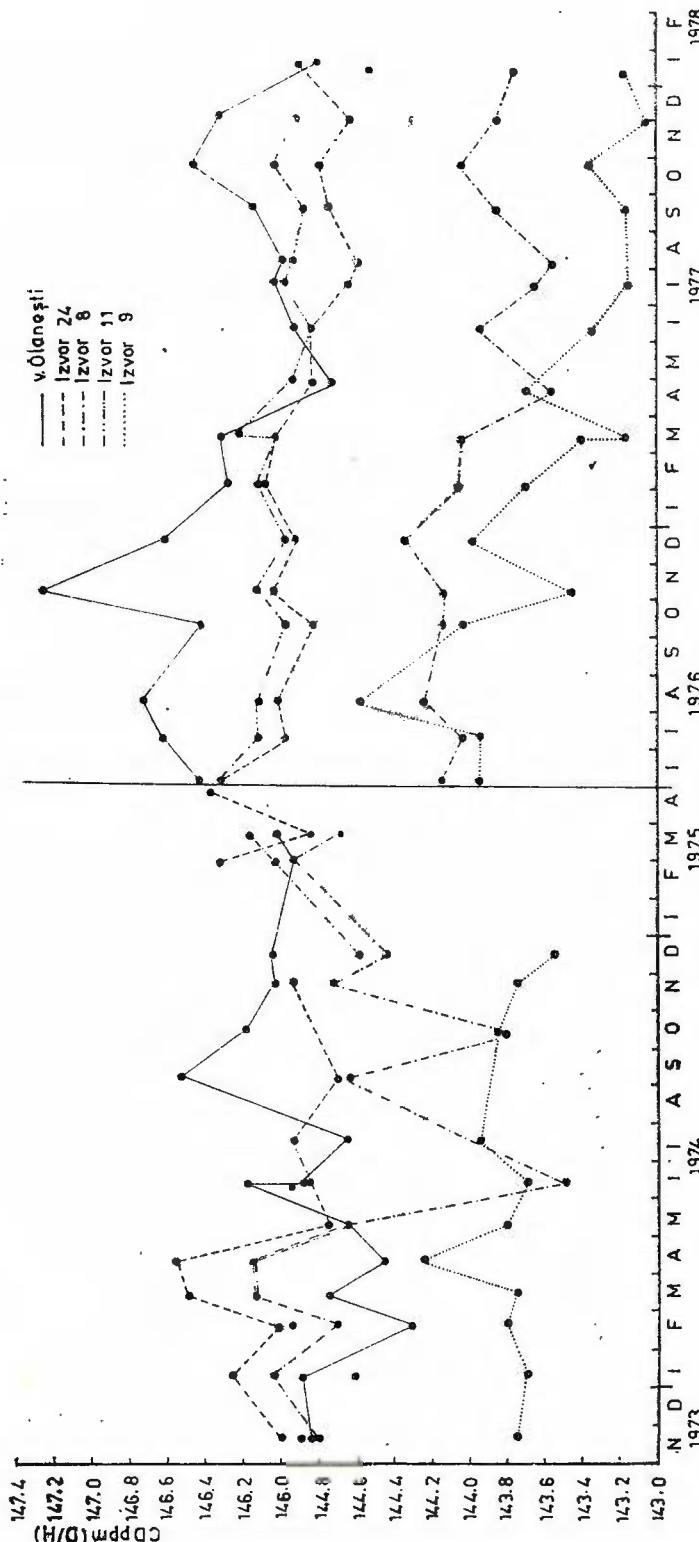


Fig. 4. — Variatia CD — timp pentru izvoarele 24, 8, 11 și 9 în comparație cu cea pentru pârâul Olănești.
Variation CD — temps pour les sources 24, 8, 11 et 9 en comparaison avec celle pour le ruisseau d'Olănești.

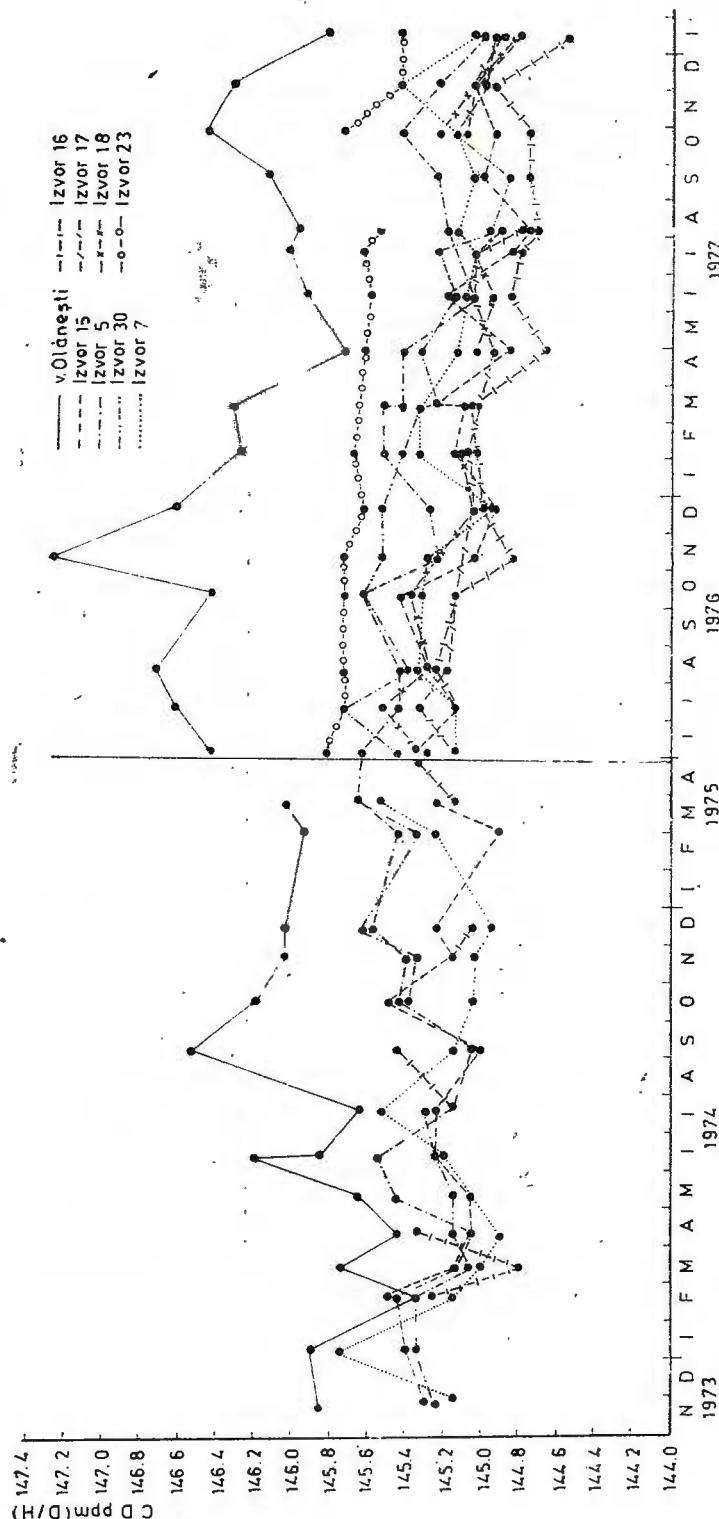


Fig. 5. — Variația CD — timp pentru izvoarele 15, 5, 30, 7, 16, 17, 18 și 23 în comparație cu cea pentru pârâul Olănești.
Variation CD — temps pour les sources 15, 5, 30, 7, 16, 17, 18, et 23 en comparaison avec celle pour le ruisseau d'Olănești.



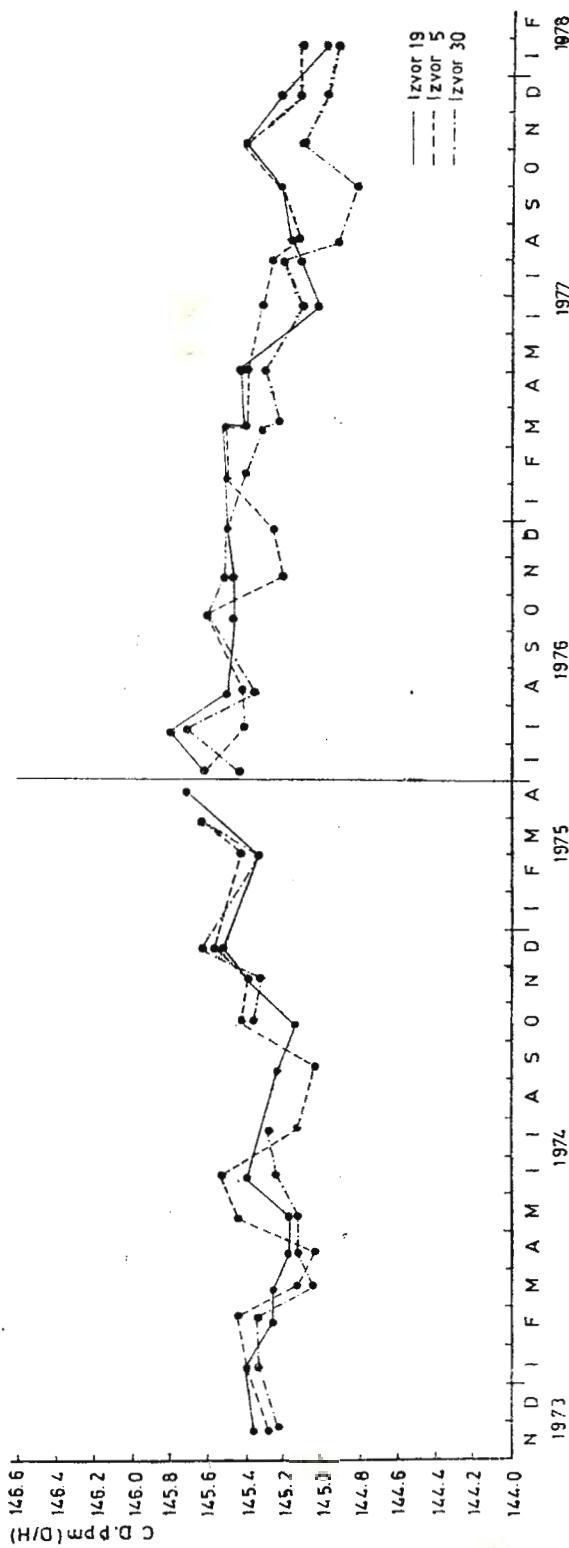


Fig. 6. — Variatia comparativa CD — timp pentru grupul de izvoare 19, 5 și 30.
Variation comparative CD — temps pour le groupe de sources 19, 5 et 30.

sonda 2 acestea sint de $\pm 0,138$ ppm D/H. În mod normal, pentru apa de tip zăcămînt sau fosilă, abaterile de la medie trebuie să fie foarte reduse, teoretic zero.

Succesiunea valorilor CD maxime și minime nu se face simultan la cele două surse. Dacă se acceptă o decalare de o săptămînă, în sensul că o valoarea CD maximă, de exemplu, apare la sonda 2 după o săptămînă,

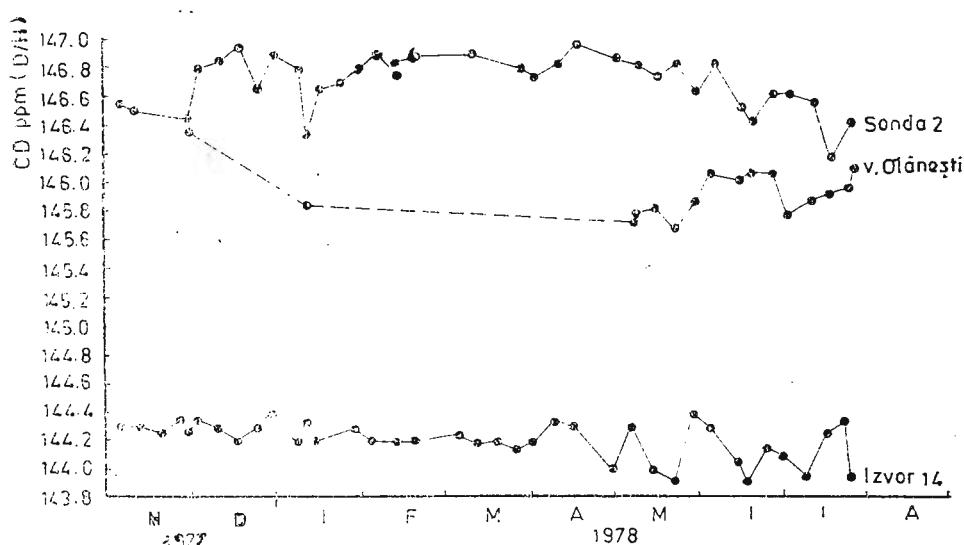


Fig. 7. — Variația comparativă CD – timp pentru sonda 2, izvorul 14 și pârâul Olănești.

Variation comparative CD – temps pour le forage 2, source 14 et le ruisseau d'Olănești.

față de izvorul 14, corelația CD pentru sonda 2 – CD pentru izvorul 14, după cum se va vedea mai jos, este mult mai bună. Astfel, corelind valorile CD de la izvorul 14 cu valorile CD de la sonda 2 pentru perechile de valori de la probe de apă colectate în aceeași zi se obține un factor de corelare $r = 0,007$, pe cînd cu perechile de valori decalate cu o săptămînă, se obține un factor de corelare $r = 0,434$. Se deduce de aici că impulsul de deuteriu dat de o precipitație abundantă se resimte și la sonda 2 dar cu o întîrziere de o săptămînă față de izvorul 14.

Avînd zone de încărcare diferite este normal ca alături de „impulsurile” comune să apară și impulsuri specifice uneia sau alteia din surse, ca urmare a precipitațiilor cu caracter local, sau din alte cauze.

Legătura dintre fenomenele meteorologice (precipitații, perioade de secetă etc.) este bine pusă în evidență prin observațiile săptămînale. Astfel de observații, făcute pentru toate sursele, ar evidenția particularității de influență specifice fiecareia din ele.



3.5. Peregrinarea valorilor $CD - \Delta Dens$

În tabelul 3 se prezintă parametrii dreptelor de peregrinare și factorii de corelație, drepte care definesc componenta instabilă din amestec.

TABELUL 3

*Parametrii dreptelor de peregrinare ($CD = a \Delta Dens + b$)
și coeficienții de corelare r*

Nr. crt.	Sursa	a	b	r
0	1	2	3	4
1	Sonda 2	429,31	141,36	0,42
2	Izvor 15	736,16	141,41	0,45
3	Izvor 23	1178,33	143,05	0,76
4	Izvor 25	429,79	143,55	0,46
5	Izvor 14	- 57,51	144,45	-0,28
6	Izvor 5	221,15	144,62	0,21
7	Izvor 9	57,53	144,69	0,05
8	Izvor 13	- 160,43	144,90	-0,12
9	Izvor 7	- 86,57	145,61	-0,05
10	Izvor 10	- 1018,77	146,16	-0,68
11	Izvor 4	- 16,22	146,16	-0,02
12	Izvor 8	- 436,50	146,25	-0,61
13	Izvor 3	- 85,05	146,25	-0,09
14	Izvor 30	- 275,37	146,35	-0,25
15	Izvor 16	- 256,51	146,40	-0,32
16	Izvor 24	- 1046,62	146,60	-0,30
17	Sonda 1	- 63,62	146,61	-0,05
18	Izvor 11	- 1047,73	146,64	-0,16
19	Izvor 17	- 351,54	146,74	-0,64
20	Izvor 12	- 1753,90	146,77	-0,41
21	Izvor 27	- 222,11	147,09	-0,70
22	Izvor 19	- 334,67	147,21	-0,30
23	Izvor G	- 786,08	147,29	-0,75
24	Sonda 3	- 116,35	148,08	-0,10
25	Izvor 28	- 289,29	148,20	-0,96
26	Izvor 18	- 753,44	148,48	-0,66
27	Comanca sulf	- 3799,20	149,69	-0,81

La mareea majoritate a surselor de ape minerale, intersecțiile dreptelor de peregrinare cu axa CD se face la valori întinute frecvent în ape superficiale, fapt ce indică din nou participarea acestor ape la formarea tuturor surselor din zona Olănești.

3.6. Elemente din evoluția postseismică

Seismul din 4 martie 1977 a afectat puternic zăcământul hidromineral Olănești, înregistrîndu-se și modificări ale valorilor $CD - \Delta Dens$.



Spre exemplu, urmărind evoluția izvorului 3 se constată, după seism, o creștere a conținutului în săruri, urmată de o micșorare a valorilor CD (fig. 8). Dreapta de peregrinare anteseism este :

$$CD = -85,05 \Delta \text{Dens} + 146,25 \quad (r = -0,09)$$

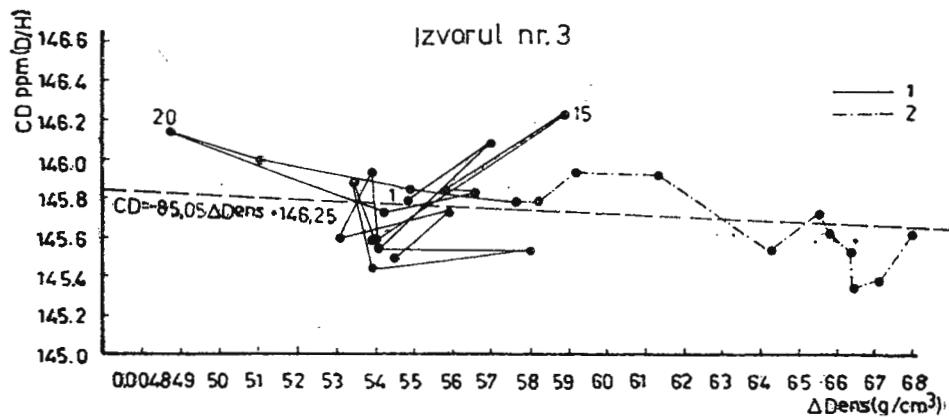


Fig. 8. — Peregrinarea $CD - \Delta \text{Dens}$ ante(1) și postseism(2) pentru izvorul 3.

Distribution $CD - \Delta \text{Dens}$ anté (1) et postseisme (2) pour la source 3.

iar dreapta de peregrinare postseism este :

$$CD = -450,34 \Delta \text{Dens} + 148,55 \quad (r = -0,75)$$

Factorul de corelare relativ mare ($-0,75$) confirmă de altfel ceea ce observăm pe figura 8 și anume că izvorul 3 este încă în evoluție pe direcția dreptei de peregrinare postseismică. Deoarece termenul liber depășește valorile normale pentru ape de infiltratie locală, iar conținutul în săruri este, rezultă apariția unui aport de apă ce provine dintr-un amestec secundar, tributar componentelor B și C, care formează amestecul primar descris de linia de amestecare inferioară de pe figura 2.

La izvorul 7 efectul seismului s-a simțit în primul rînd printr-o micșorare apreciabilă a conținutului în săruri (fig. 9). Parametrii legați de conținutul în deuteriu au rămas practic nemodificați.

Anteseism

dreapta de peregrinare : $CD = -86,57 \Delta \text{Dens} + 145,61 \quad (r = -0,05)$

$$\begin{cases} CD_{\text{medie}} = 145,20 \text{ ppm D/H} \\ \Delta \text{Dens}_{\text{medie}} = 0,004701 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Postseism

dreapta de peregrinare : $CD = -87,90 \Delta \text{Dens} + 145,51 \quad (r = 0,30)$

$$\begin{cases} CD_{\text{medie}} = 145,18 \text{ ppm D/H} \\ \Delta \text{Dens}_{\text{medie}} = 0,003758 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$



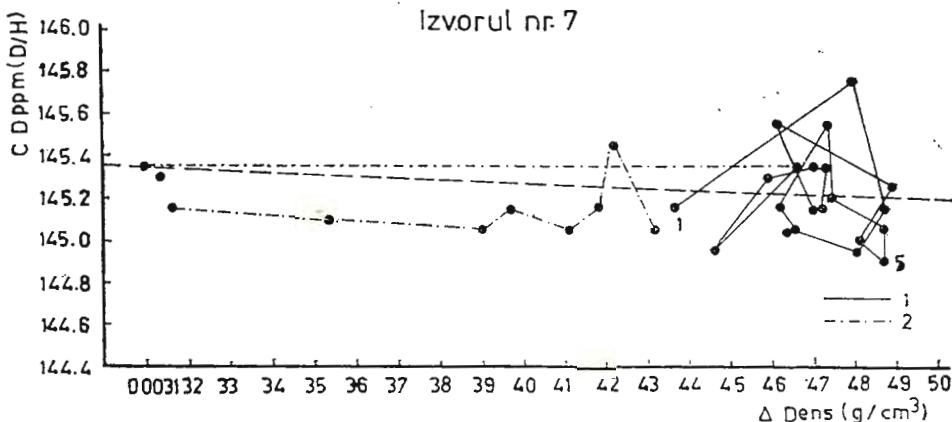


Fig. 9. — Peregrinarea CD — Δ Dens , ante (1) și postseism(2) pentru izvorul 7.

Distribution CD — Δ Dens, anté (1) et postséisme (2) pour la source 7.

Rezultă că la acest izvor, salinitatea lui poate fi urmarea unui proces de levigare, amestecul componentelor făcindu-se înaintea încărcării minerale.

Pentru izvorul 9 (fig. 10) efectul cutremurului a însemnat o „inundare” a lui cu apă de tip componentă B.

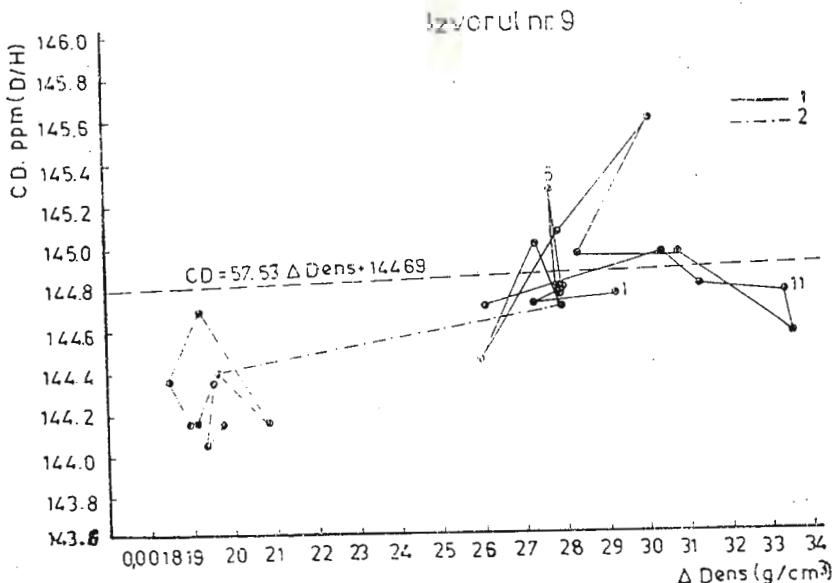


Fig. 10. — Peregrinarea CD — Δ Dens ante(1) și postseism (2) pentru izvorul 9.

Distribution CD — Δ Dens anté (1) et postséisme (2) pour la source 9.



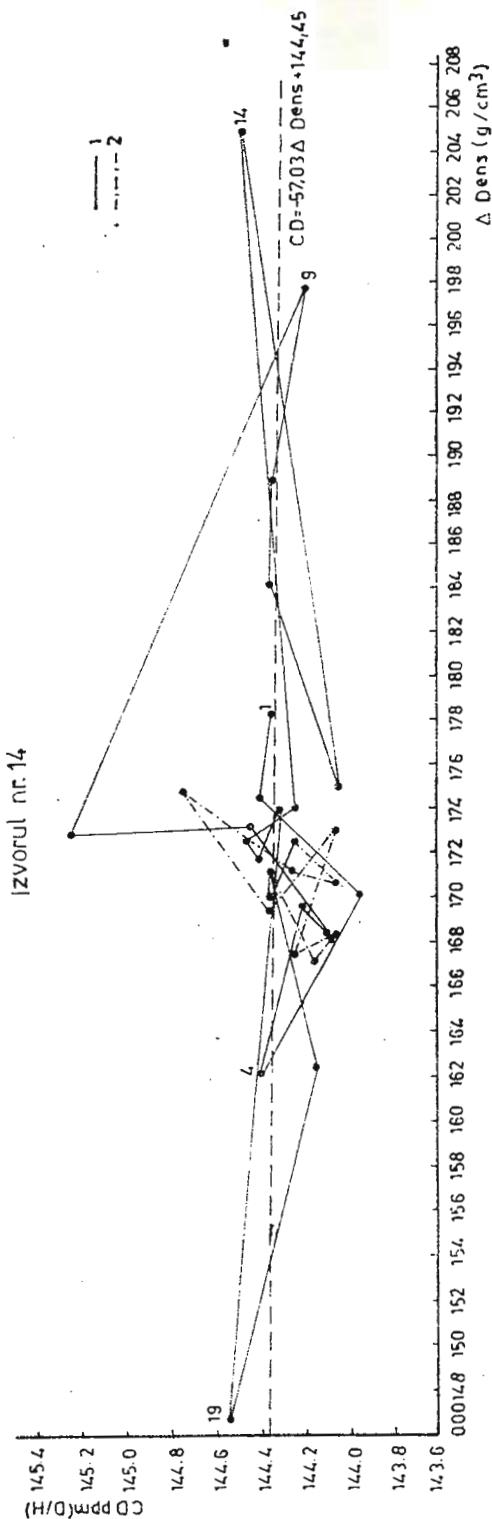


Fig. 11. — Peregrinarea $CD - \Delta Dens$ ante(1) și postseism (2) pentru izvorul 14.

Distribution $CD - \Delta Dens$ anté (1) et postéisme (2) pour la source 14.

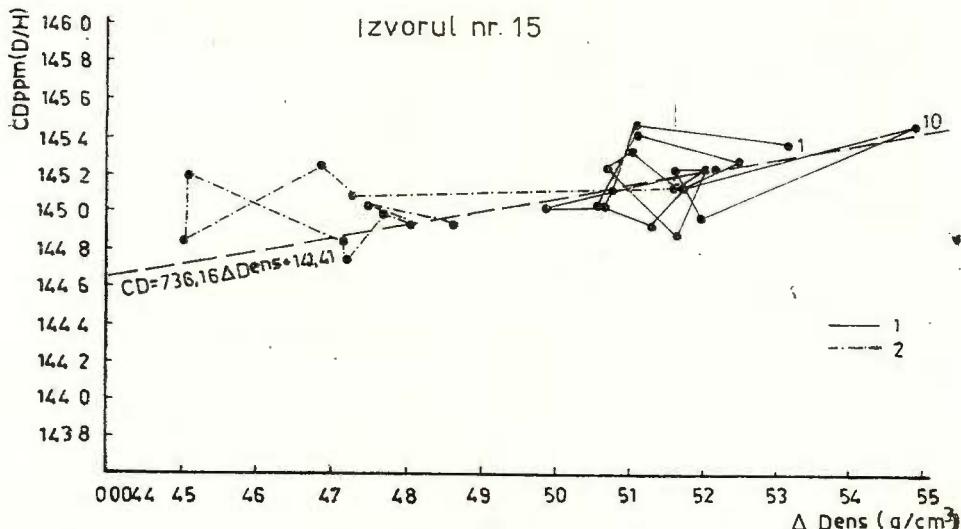


Fig. 12. — Peregrinarea $CD - \Delta Dens$ ante (1) și postseism (2) pentru izvorul 15.

Distribution $CD - \Delta Dens$ anté (1) et postséisme (2) pour la source 15.

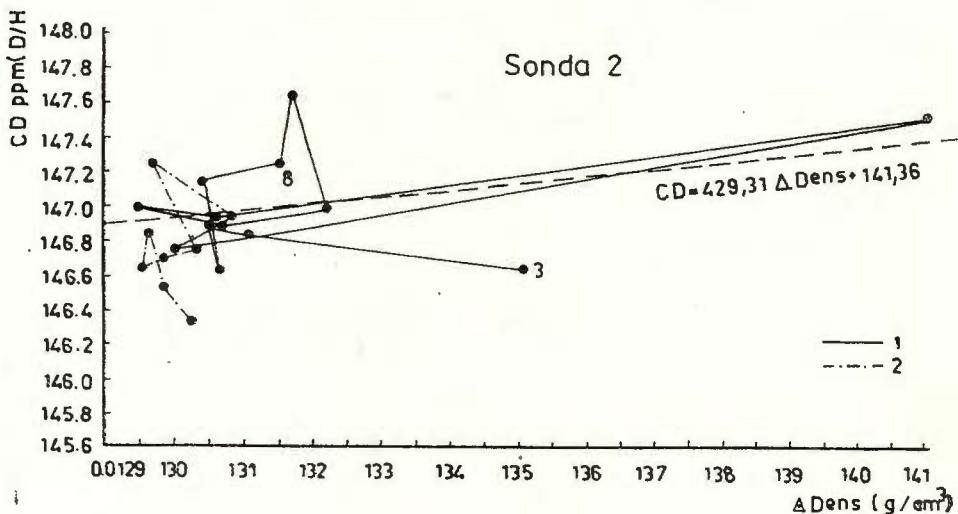


Fig. 13. — Peregrinarea $CD - \Delta Dens$ ante(1) și postseism (2) pentru sonda 2.

Distribution $CD - \Delta Dens$ anté(1) et postséisme (2) pour le forage 2.

Anteseism :

dreapta de peregrinare : $CD = 57,53 \Delta Dens + 144,69$ ($r = 0,05$)

$$\left\{ \begin{array}{l} CD_{\text{medie}} = 144,86 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens_{\text{medie}} = 0,002984 \text{ g/cm}^3 \end{array} \right.$$

Postseism :

dreapta de peregrinare : $CD = -527,85 \Delta \text{Dens} + 145,33$ ($r == -0,17$)

$$\begin{cases} CD_{\text{medie}} = 144,26 \text{ ppm D/H} \\ \Delta \text{Dens}_{\text{medie}} = 0,002034 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

4. Concluzii

1. Apele minerale sulfuroase din zona Olănești iau naștere dintr-un amestec eterogen, în care se pot însă distinge trei componente esențiale de origine :

A) ape superficiale, ce pătrund în scoarță pe întreaga arie de alimentare a zăcământului, datorită atât rețelei de ape curgătoare, cât și a freaticului și precipitațiilor. Pătrunderea are loc în special prin sistemul complex de fisuri ce afectează zăcământul.

B) ape infiltrate în bazinul hidrografic superior, în special în zonele de aflorare ale Jurasicului calcaros, carstificat (goluri, canale carstice, diaclaze, fisuri), în Cretacicul format din conglomerate și gresii — constituind un bun rezervor — precum și în Eocenul intens tectonizat.

C) ape accentuat mineralizate cu o concentrație crescută în deuteriu. Le putem considera ape de tip zăcămînt, cu circulație lentă.

2. Energia de zăcămînt ce conferă surselor caracterul artezian, se poate pune pe seama cotei ridicate a zonelor de alimentare a componentei B.

3. Circulația are loc preponderent în zăcămînt printr-un sistem complex de fracturi și fisuri, care favorizează atât rapiditatea pătrunderii componentei A cât și debitele foarte mari înregistrate la unele surse.

4. În zăcămînt se produc amestecuri de diferite ordine între cele trei tipuri principale de ape minerale, ceea ce asigură izvoarelor de la Olănești o gamă largă de mineralizare și în consecință o mare diversificare terapeutică.

5. Modificările aduse de seism zăcămîntului hidromineral Olănești au fost puse în evidență atât de creșterea debitelor și schimbarea unor caracteristici hidrogeochimice, cât și de variația valorilor $CD - \Delta \text{Dens}$.

Metoda de cercetare s-a verificat în mod deosebit cu această ocazie, relevându-se aspecte inedite, ce formează de fapt pentru perioada postseismică obiectul unui studiu în plină desfășurare.

BIBLIOGRAFIE

- Blaga L., Blaga Lucia, Ciobotaru Tamara (1981) Metodă izotopică de evazuară a zăcămîntelor de ape subterane mineralizate. *St. tehn. econ. E 14, seria Hidrogeologie*, București.
- Feru M. (1969) Cercetări hidrogeologice pentru apele minerale în zona Olănești. *St. tehn. econ. E 13, seria Hidrogeologie*, București.



CONTRIBUTIONS À L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU GISEMENT HYDROMINÉRAL OLĂNEȘTI À L'AIDE DES ISOTOPES STABLES

(Résumé)

Les recherches hydrogéologiques effectuées, pendant une période de 4 ans, à Olănești se sont déroulées en parallèle avec des recherches fondées sur des déterminations de concentration du déuterium des eaux minérales, des eaux coulantes et phréatiques et des précipitations tombées dans cette zone. Le but de ces recherches a été d'établir l'interdépendance et, finalement, d'élucider certains aspects concernant la genèse des eaux minérales sulfureuses.

Dans cet ouvrage on expose les résultats synthétisés d'une multitude de données isotopiques, corrélées avec les caractéristiques hydrogéologiques du gisement et avec les indications thérapeutiques d'utilisation de l'eau minérale. On trouve aussi quelques conclusions tirées des résultats obtenus.

La méthode de recherche utilisée s'avère être une aide précieuse dans la détermination des facteurs responsables de la formation et avec influence sur les modifications des eaux minérales de la zone.



METODĂ IZOTOPICĂ DE EVALUARE A ZĂCĂMINTELOR DE APE SUBTERANE MINERALIZATE¹

DE

LIVIU BLAGA², LUCIA M. BLAGA², TAMARA CIOBOTARU²

Applied hydrogeology. Underground waters. Mineralized waters. Hydrochemistry. Aquifers. Isotopic method. Deuterium.

Abstract

Isotopic Method of Estimating the Mineralized Underground Water Reservoirs. An isotopic methodology is presented in the paper, by means of which the problem of the origin and dynamics of an underground mineralized water reservoir is solved. The results were obtained on the basis of some programs of measurements for the deuterium content (DC) for long periods of time, at least a year. The total dissolved solid content, measured as a density excess with respect to a standard distilled water (Δ Dens) was taken as an auxiliary work parameter. Both the deuterium content and the mineralization vary in time.

1. Introducere

În ultimul deceniu hidrologia izotopică s-a dezvoltat rapid, că o metodă nouă de cercetare. Izotopii naturali, pe care se bazează, dintre care cei mai de folos sunt deuteriul și oxigenul -18, îl ajută pe hidrogeolog în probleme de origine, procese de amestecare, viteze de mișcare a apei și altele. Este adevărat că acești izotopi pot fi considerați și folosiți ca orișe alți trăsori geochimici naturali, ei au însă marele avantaj de a nu reacționa cu solul în care se găsește acviferul de studiat, sau chiar dacă interacționează, această interacțiune este simplu de evaluat. Astfel spus, compoziția izotopică este o proprietate mult mai conservativă a apei,

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Institutul de tehnologie izotopică și moleculară, str. Donath nr. 64—103, 3400 Cluj-Napoca.



deci ar fi compoziția chimică. Se prevede că în viitor compoziția izotopică a apei va fi o determinare de rutină în proiectele hidrogeologice, aşa cum este astăzi compoziția chimică (Bocchin et al., 1972).

Lucrarea de față descrie rezultatele experimentale pe care le-am obținut în studiul nostru (cu o durată de aproximativ cinci ani) asupra variațiilor în abundența izotopică a hidrogenului în apele subterane mineralizate, rezultate ce au dus la punerea la punct a unei metodologii de studiere a lor.

2. Concentrația deuteriului în apele naturale

La scară terestră, compoziția izotopică a apelor naturale acoperă un larg domeniu de concentrație care se cifrează la mai mult de 400 δ_D ‰ (~ 60 ppm D/H) pentru deuteriu.

H. C. Urey a fost primul (1947) care a atras atenția asupra importanței studiului concentrației izotopilor stabili din compușii naturali. Bazată pe raționamente termodinamice, teoria sa asupra variației compoziției izotopice a elementelor rezultă din posibilitatea unei fracționări în natură, în funcție de condițiile fizice.

Așa a apărut și ipoteza că compușii naturali pot conserva, prin rapoartele izotopice unele particularități din istoria lor (Marcé 1971).

Hidrogenul, unul din constituenții apei, are doi izotopi stabili: protiul — 1H cu o concentrație naturală medie de 99,985 % deuteriu — 2H sau D cu o concentrație naturală medie de 0,015 %. Printre speciile izotopice de apă posibile, de interes practic sunt: $^1H_{2}^{16}O$ cu o concentrație medie în apa de ocean de 99,73 %; $^1HD^{16}O$ cu o concentrație medie de 0,031 % și $^1H_{2}^{18}O$ cu o concentrație medie de 0,199 %.

2.1. Ape de suprafață

În distribuția regională a concentrației deuteriului în apele de suprafață continentale, un rol esențial îl are temperatura care predomină și de aceea concentrațiile de deuteriu tind să descrească cu latitudinea și cu altitudinea. Astfel, la latitudinea nordică de $9^{\circ}10'$ și altitudinea zero (lacul Maracaibo din Venezuela) s-a găsit o concentrație în deuteriu de — 108 ‰ (154,2 ppmD/H) sau la rîul Merida din Venezuela ($8^{\circ}40'$ latitudine nordică și ~ 2000 m altitudine) o concentrație în deuteriu de — 548 ‰ (147,35 ppmD/H). La latitudinea de $69^{\circ}16'$ N s-a găsit pentru deuteriu o concentrație de — 209 δ ‰ (123,20 ppmD/H) — gura râului Chamberlain din Alaska (Friedman et al., 1964).

Valorile date mai sus sunt orientative intrucât concentrația deuteriului variază în anumite limite definite de procesele fizice de echilibru. Într-adevăr, variațiile de concentrație a deuteriului sunt cele ce pot să apară ca urmare a fracționării izotopice care se produce la schimbarea de stare a apei, iar eficacitatea acestor procese de fracionare, în aceea ce privește producerea de variații în concentrația deuteriului la scară geografică, depinde de procesele geofizice care separă produșii de fracionare prin mișcarea aerului și apei.



Concentrația deuteriului în apele de suprafață de pe teritoriul țării noastre se inscrie în limitele observate pentru teritoriile de pe glob cu climă temperată. Această concentrație variază între 140 și 150 ppmD/H sau $-101 \delta\text{\textperthousand}$, și $-37 \delta\text{\textperthousand}$. Media de concentrație a deuteriului pentru apele de riu de pe teritoriul României este de $-68,95 \delta\text{\textperthousand}$ (145,02 ppm D/H) [Blaga L., Blaga L. M. 1972].

2.2. Precipitații

S-au pus în evidență variații considerabile în concentrația deuteriului din precipitații. Din datele noastre am putut stabili un domeniu de variație pentru precipitațiile căzute la Cluj-Napoca de la 124,0 ppmD/H pînă la 160,0 ppm D/H. Aceste variații sunt în primul rînd sezoniere, pentru o latitudine și altitudine dată, dar tot așa de bine ele pot să apară pe durata unei singure ploi. Tot date obținute de noi arată o variație de la 149,15 ppmD/H (începutul ploii) pînă la 142,35 ppm D/H (sfîrșitul ploii), pe o durată de șase ore.

Procesul cel mai important pentru compoziția izotopică din precipitații este condensarea, în timpul căreia are loc o fracționare izotopică. Deoarece presiunea de vapori și punctul de înghețare al ${}^2\text{HDO}$ sunt ceva mai joase decât pentru ${}^1\text{H}_2$, ${}^{18}\text{O}$, concentrația deuteriului este totdeauna mai mare în faza lichidă decât în faza de vapori și mai mare în faza solidă decât în faza lichidă, dacă schimbarea de fază se face în condiții de echilibru. În consecință, la evaporare faza lichidă se imbogătește progresiv în izotopul greu pe cînd masa de vapori de deasupra sărăceaște progresiv în izotop greu, iar la condensare faza lichidă sărăceaște progresiv în izotop greu iar masa de vapori din care se produce condensarea se imbogătește progresiv în acesta (D a n s g a a r d , 1964).

Multe din precipitații se produc printr-o răcire adiabatică a masei de aer umed în ascensiune peste munți (precipitații orografice). Pe durata unei astfel de precipitații porțiunile succesive de condensat, formate la temperaturi din ce în ce mai joase pe măsură ce conținutul de umezeală descrește, au conținut de deuteriu din ce în ce mai scăzut. Astfel, conținutul de deuteriu al precipitațiilor se va corela cu temperatura de condensare care este de așteptat să fie reflectată de temperatura aerului la sol, fapt de altfel observat (B r o w n et al., 1971). Drept consecință a corelației dintre conținutul de deuteriu al precipitațiilor și temperatura de condensare, sunt variațiile observate cu altitudinea și latitudinea precum și cele sezoniere.

2.3. Ape freaticе, ape de adâncime

Aapele freaticе au în general valori ale concentrației deuteriului (CD) asemănătoare cu cele ale apelor curgătoare din regiunea luată în considerare. Ele sunt caracterizate, ca și acestea, de variații sezoniere ale concentrației deuteriului. Întrucît, după cum am arătat, temperatura are un rol principal în ce privește compoziția apelor din circuitul meteoric, succesiunea sezonieră a valorilor CD maxime și minime obținute pentru o apă freatică, reprezintă o dovedă asupra apartenenței ei la ciclul meteoric.



Bazați pe efectul de altitudine și pe cel sezonier, oricind se poate afirma că o apă freatică cu concentrația deuteriului cborită poate proveni de la altitudine ridicată sau dintr-o precipitație de iarnă sau una care însoțește un front rece de aer. Apele freatici cu conținut ridicat în deuteriu provin fie din precipitații de vară, fie de la altitudini cborite.

Apele fosile (rămase din mările și oceanele vechi) au valorile de concentrație a deuteriului cele mai ridicate, putindu-se ajunge pînă la circa — 156,0 ppmD/H. Ele se caracterizează prin aceea că nu prezintă variații sezoniere pentru compoziția izotopică.

Tipurilor de ape definite mai sus, pe baza concentrației deuteriului, se adaugă o gamă largă de ape subterane provenite din amestecul apelor din circuitul meteoric cu apele fosile de diferite vîrste.

3. Metodica de analiză și modul de exprimare a concentrației deuteriului

La ora actuală concentrația deuteriului se măsoară cel mai adesea cu spectrometrul de masă. Noi dispunem de un spectrometru de masă THN 202 (sistem CEA Franța) specializat pentru analiza deuteriului în domeniul concentrațiilor naturale. El este echipat cu o linie de introducere a unor microcantități de apă și un cuptor cu uraniu încălzit la 600°C unde se face descompunerea cantitativă a apei cu formare de hidrogen gazos care intră direct în sursa de ioni a spectrometrului de masă. Cu acest instrument se pot obține valori de concentrație a deuteriului cu o reproducibilitate mai bună de $\pm 0,1$ ppmD/H (N i e f, B o t t e r, 1959).

Concentrația deuteriului în apă naturală se poate exprima ca „părți pe milion de apă grea” (ppm), ceea ce înseamnă pe bază moleculară

$$\left[\frac{D_2O}{H_2O + D_2O} \right] \times 10^6$$

chiar dacă deuteriul prezent în apă se află în întregime sub formă de HDO. În domeniul concentrațiilor naturale raportul de mai sus este esențial echivalent cu raportul atomic $\frac{D}{H} \times 10^6$, deoarece concentrația D_2O este mult mai mică decît cea a H_2O .

Încă din 1961 Craig a propus, din motive de intercomparare a rezultatelor, SMOW-ul (Standard Mean Ocean Water) ca standard unic la care să se raporteze concentrațiile de deuteriu. Raportarea se face sub forma

$$\delta_{SMOW} \% = \left[\frac{\left(\frac{D}{H} \right)_{probă} - \left(\frac{D}{H} \right)_{SMOW}}{\left(\frac{D}{H} \right)_{SMOW}} \right] \times 1000$$

Relativ recent AIEA Viena a distribuit un standard de referință cu o concentrație a deuteriului apropiată de cea a vechiului SMOW, probă indicată V-SMOW.



Concentrația absolută a deuteriului din V—SMOW a fost determinată la CEN-Saclay (Hagen et al., 1970) și este de $155,76 \pm 0,05$ ppmD/H.

Semnul — (minus) din fața lui $\delta\text{SMOW}\%$ semnifică o concentrație mai mică decât concentrația deuteriului din SMOW, semnul + semnifică o concentrație mai mare.

4. Problema zăcămintelor de ape subterane minerale

Pentru o exploatare rațională a apelor minerale este necesară cunoașterea originei, evoluției în timp a diferitelor izvoare precum și a rezervelor, în sensul dacă ele sunt finite sau dacă se regenerează continuu. Sub acest aspect, cercetările bazate pe metode izotopice sunt capabile de a furniza o serie de informații pe care metodele specifice hidrogeologice nu le pot furniza, sau dacă totuși o fac necesită eforturi mai mari.

În scopul punerii la punct a metodologiei izotopice am lansat un program de măsurători de concentrație a deuteriului (CD) pe o perioadă lungă de timp și pe o varietate destul de mare de zăcăminte de ape minerale (Borsec, Bazna, Govora, Călimănești, Olănești, Someșeni, Sîngiorz-Băi, Felix, 1 Mai, Oaș-Satu Mare etc.). Am urmărit de asemenea variațiile conținutului în săruri, luat ca un parametru adițional de lucru și măsurat sub forma diferenței de densitate (Δ Dens) dintre apa minerală și apa distilată. Măsurătorile se fac cu un densimetru digital DMA02C, cu o reproductibilitate a valorilor de $\pm 3,5 \times 10^{-5}$ g/cm³.

5. Rezultate și model de interpretare a datelor izotopice pentru zăcămintele de ape minerale subterane

În construirea modelului de interpretare ne bazăm pe seria de rezultate experimentale obținute de-a lungul cîtorva ani pe mai multe zăcăminte, rezultate parțial publicate (Balagă et al. 1975), (Balagă et al.)..

5.1. Variația în timp a CD și Δ Dens. Paralelisme pentru grupe de surse. Valori medii specifice

După cum am arătat mai sus, apele meteorice prezintă variații sezoniere ale conținutului de deuteriu. Apariția unor astfel de variații la sursele de apă minerală (fie ele izvoare, fântâni sau foraje) reprezintă un criteriu de stabilire fie a originei meteorice fie că apele meteorice au o influență asupra unei surse sau alta.

Într-adevăr, la majoritatea surselor de apă minerală din diferitele stațiuni cercetate, apar variații CD în timp, cu maxime și minime mai pronunțate sau mai puțin pronunțate (fig. 1—8).

Variații în timp apar și la conținutul global în săruri (fig. 9, 10).

Pe figuri apar cîteva situații demne de remarcat.

— La grupe de surse apropiate (geografic) există analogii de variație în timp atât pentru CD cât și pentru Δ Dens.



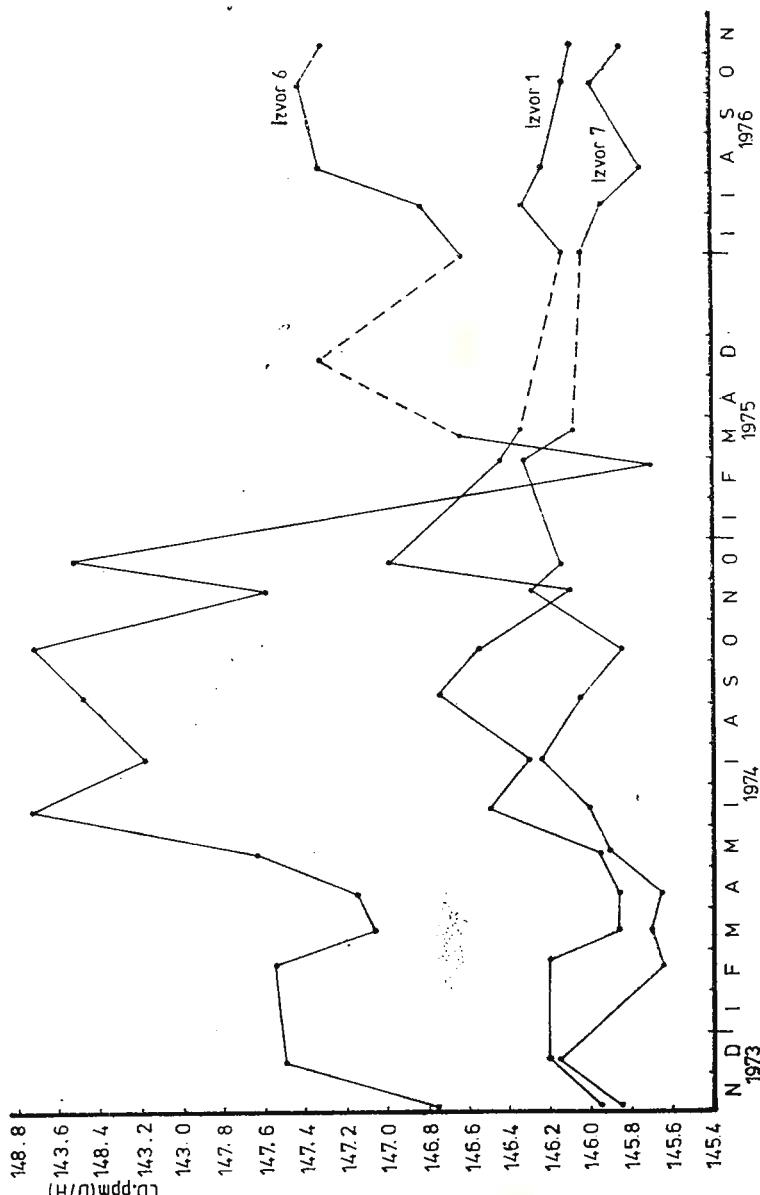


Fig. 1. — Variația în timp a concentrației deuteriului pentru trei izvoare din stațiunea Călimănești.

Variation temporelle de la concentration du deutérium pour trois sources de la station de Călimănești.

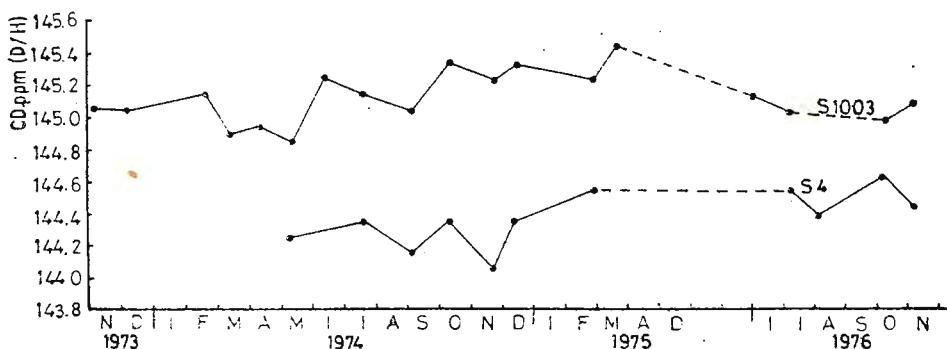


Fig. 2. — Variația în timp a concentrației deuteriului pentru sonda 4 și sonda 1003 din stație Călimănești.

Variation temporelle de la concentration du deutérium pour les sondes 4 et 1003 de la station de Călimănești.

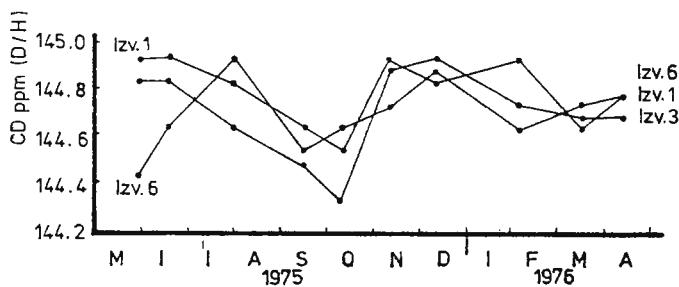


Fig. 3.— Variația în timp a concentrației deuteriului pentru un grup de izvoare din stație Singiorz-Băi.

Variation temporelle de la concentration du deutérium pour un groupe de sources de la station de Singiorz-Băi.

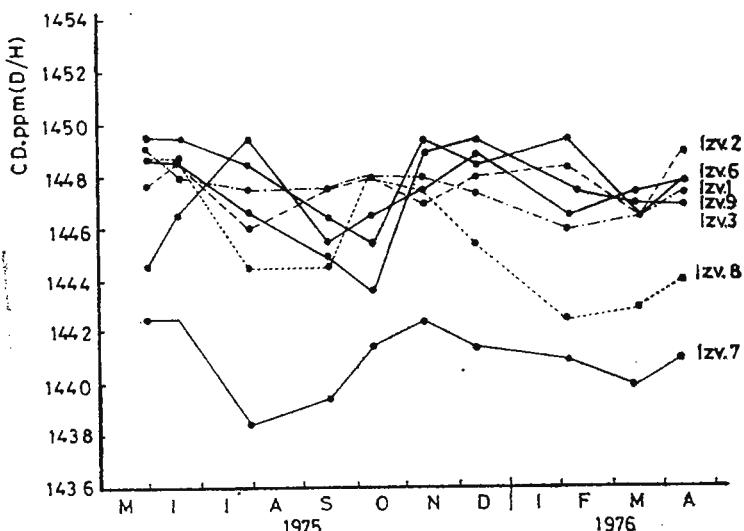
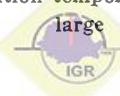


Fig. 4. — Variația în timp a concentrației deuteriului pentru o grupare mare de izvoare din stație Singiorz-Băi.

Variation temporelle de la concentration du deutérium pour un groupe large de sources de la station de Singiorz-Băi.



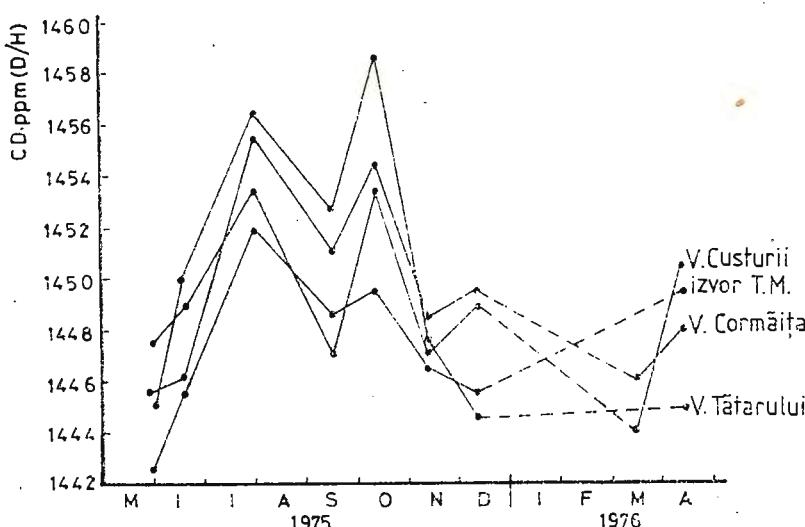


Fig. 5. — Analogie de variație în timp a concentrației deuteriului la apele de suprafață și un izvor din stațunea Singorz-Băi.

Analogie de variation temporelle de la concentration du deutérium aux eaux de surface et une source de la station de Singorz-Băi.

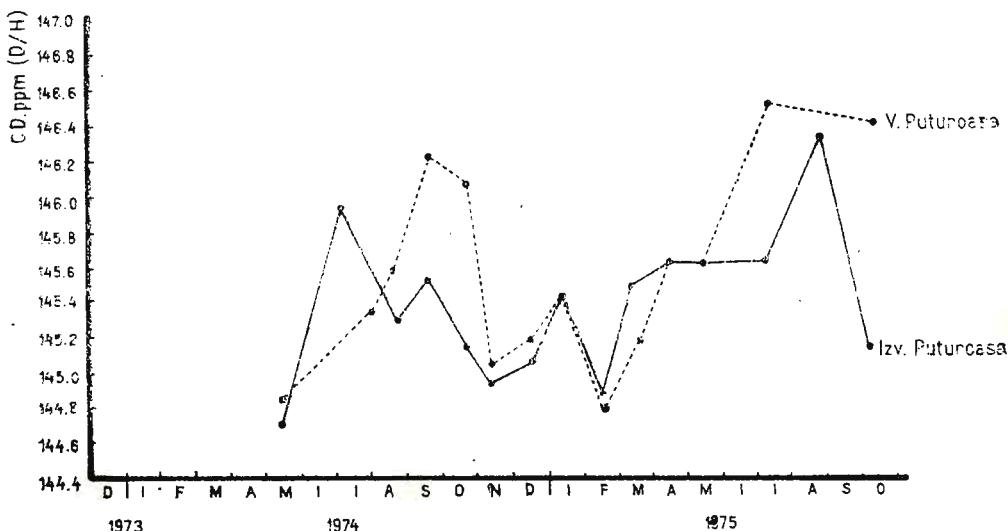


Fig. 6. — Analogie de variație în timp a concentrației deuteriului la izvorul Puturoasa și Valea Puturoasa din perimetru Satu Mare.

Analogie de variation temporelle de la concentration du deutérium à la source de Puturoasa et Valea Puturoasa du périmètre de Satu Mare.



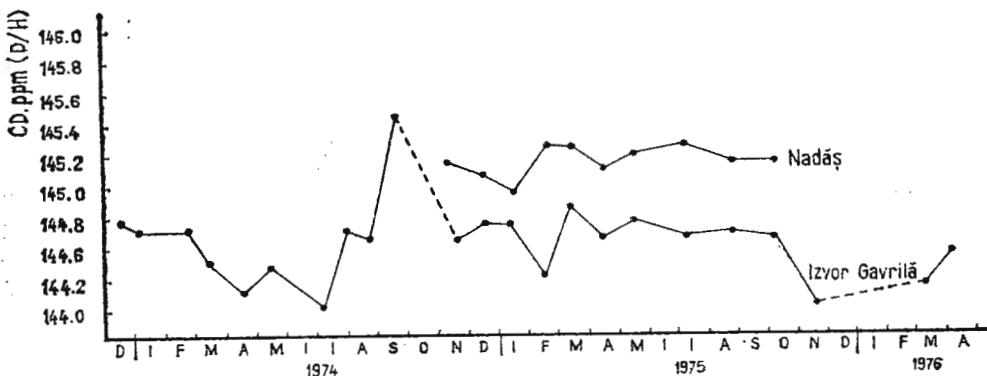


Fig. 7. — Analogie de variație în timp a concentrației deuteriului la izvorul Găvrilă și Valea Nadaș din perimetrul Satu Mare.

Analogie de variation temporelle de la concentration du deutérium à la source de Găvrilă et Valea Nadaș du périmètre de Satu Mare.

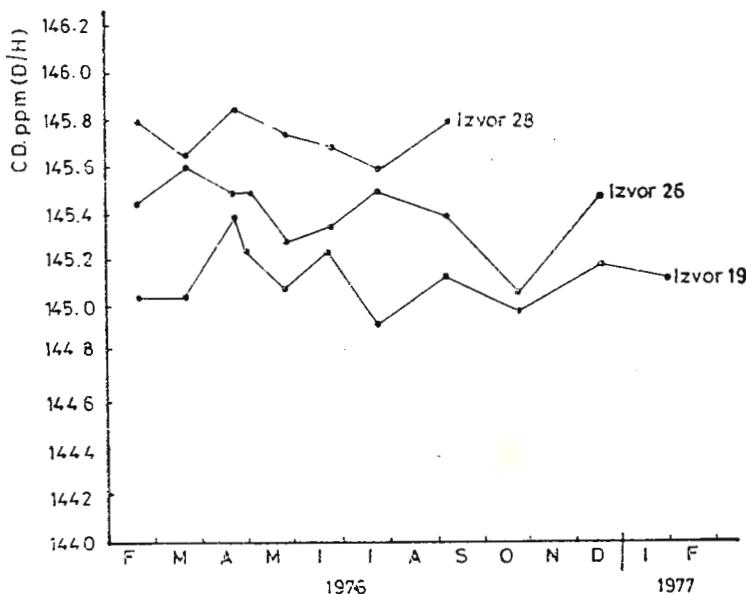


Fig. 8. — Analogie de variație în timp a concentrației deuteriului la trei izvoare din stațiunea Someșeni ale căror puncte reprezentative se aliniază în diagrama CD — Δ Dens cu valori medii.

Analogie de variation temporelle de la concentration du deutérium à trois sources de la station de Someșeni dont les points représentatifs s'alignent dans le diagramme CD — Δ Dens avec des valeurs moyennes.



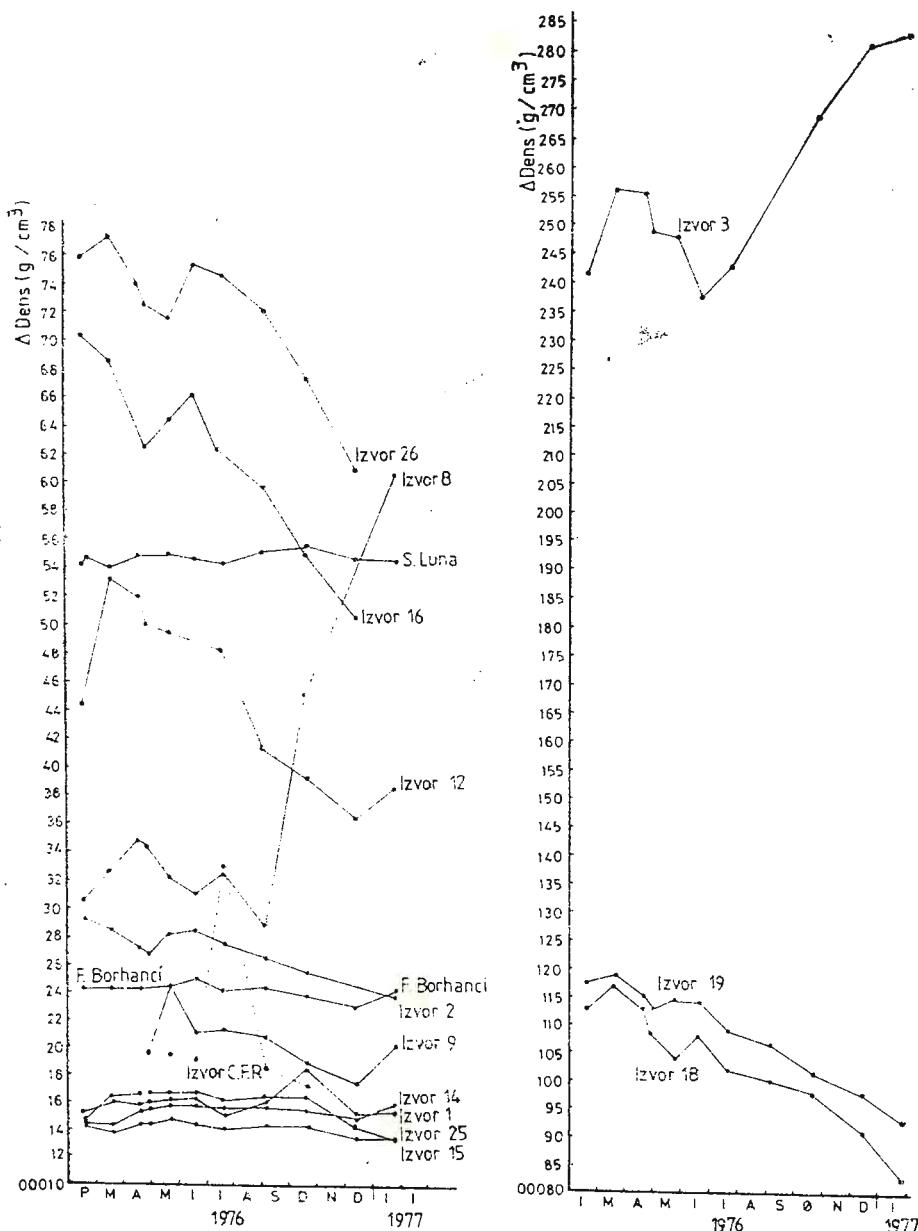


Fig. 9. — Variația în timp a Δ Dens pentru sursele de apă din perimetrul Someșeni.

Variation temporelle de la Δ Dens pour sources d'eaux du périmètre de Someșeni.

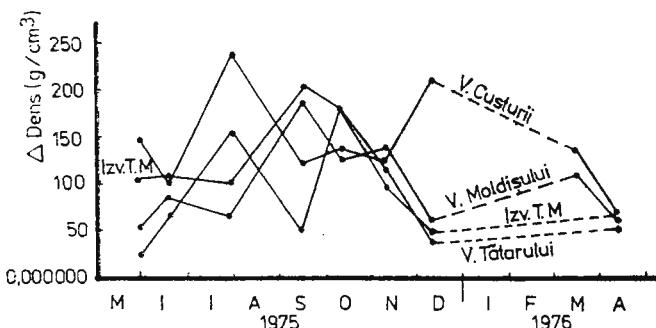


Fig. 10. — Variația în timp a Δ Dens pentru același grup de surse pentru care este dată variația CD — timp din figura 5.

Variation temporelle de la Δ Dens le même groupe de sources pour lequel on a donné la variation CD — temps de la fig. 5.

Sunt cazuri, destul de frecvente, cind deși există analogii de variație CD sau Δ Dens în timp, pentru grupe de surse, apare o decalare între maxime și minime. Această decalare poate fi datorată unor viteze de curgere diferite în subteran. Compararea pentru diferite surse, a decalărilor în timp în succesiunea valorilor CD, reprezintă o modalitate de apreciere a vitezei de curgere în subteran. Aceste viteze determinate din date izotopice, vor fi cu atât mai apropiate de realitate, cu cât frecvența de prelevare a probelor va fi mai mare.

— Domeniul de variație CD-timp este bine definit pentru fiecare sursă în parte, astfel încit în marea lor majoritate curbele nu se întrelătă. Acest fapt dă un înalt grad de specificitate pentru valorile medii CD sau Δ Dens, pentru o sursă dată.

Valorile medii CD ale surselor de apă din circuitul meteoric diferă de la o sursă la alta în funcție de originea apei respective (ape provenite din infiltrări la altitudini diferite, de pe versanți orientați diferit etc.).

— Variațiile CD-timp care apar la o sursă dată pot fi, în unele cazuri, similare celor care apar în apa din rîul învecinat. Considerăm păstrarea formei curbei de variație CD-timp, pentru un grup de surse de apă minerală dintr-o regiune, ca o dovedă a unor legături genetice dintre aceste surse.

5.2. Diagrama CD — Δ Dens cu valori medii

Diagrama CD — Δ Dens cu valori medii, definește zone specifice pentru diferitele tipuri de apă. Pe figura 11 am reprezentat schematic zonele (cu intervale de variație CD și Δ Dens specifice) pe care le ocupă în diagramă diferitele tipuri de apă. Astfel, precipitațiile au un domeniu larg de variație CD dar Δ Dens foarte mic.

La o concentrație foarte scăzută în deuteriu se situează apele de infiltratie de la altitudini ridicate. Aceste ape de infiltratie de la altitudini ridicate pot să prezinte variații Δ Dens foarte mari dacă pe parcursul lor se încarcă în săruri prin solvire.

Domeniul mediu de concentrație a deuteriului este ocupat de apele de râuri, cu un interval de variație CD ceva mai restrins decât cel al precipitațiilor și cu Δ Dens relativ mic. După apa din râuri urmează apa din lacuri care poate atinge valori CD destul de mari din cauza evaporării. Domeniul de variație Δ Dens este ceva mai mare decât la râuri.

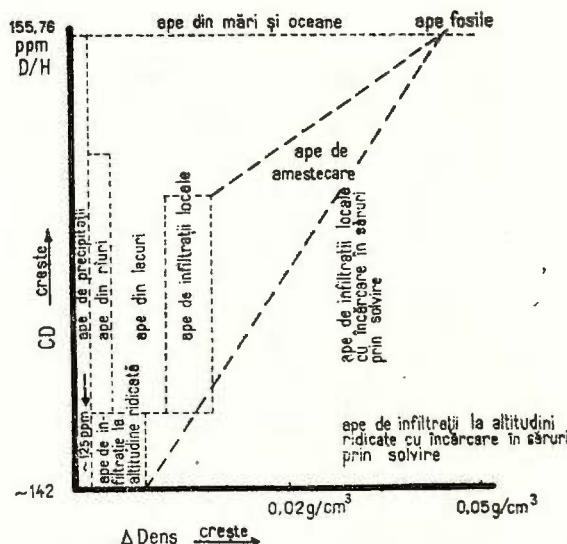


Fig. 11. — Modul de grupare a diferitelor tipuri de apă în diagrama CD – Δ Dens.

Manières de grouper les divers types d'eau dans le diagramme CD – Δ Dens

Zona pentru apele de infiltratie locală se află situată la valori Δ Dens ceva mai mari, iar domeniul de variație CD este similar cu cel al apelor de râuri. Un domeniu mare îl ocupă apele de infiltratie locală care se încarcă în săruri prin solvare.

Limita maximă de concentrație CD este atinsă în apele din mări și oceane. Apele fosile au cele mai mari valori CD și Δ Dens.

În subteran, apele de diferite proveniențe se pot amesteca între ele dind o varietate mare de perechi de valori CD și Δ Dens. Zona CD- Δ Dens pentru apele de amestecare este schițată și ea pe diagramă.

Este de la sine înțeles că zonele definite pe figura 11 nu au limite fixe. Aceste zone se pot întrepătrunde întrucât valorile CD specifice unui tip de apă sau altul se modifică ușor de la o regiune geografică la alta. Ceea ce se păstrează este poziția relativă pe diagramă a acestor zone.

Cind se construiește diagrama reală CD- Δ Dens cu valori medii, pentru un zăcămînt dat, trebuie avut în vedere că cu cît este mai corect stabilită poziția punctelor reprezentative, cu atât va fi mai mare certitudinea asupra informației extrase. Din cauza variațiilor CD sezoniere, adesea relativ mari, este necesar ca mediile să se calculeze dintr-un număr mai mare de valori, obținute eșalonat, de-a lungul celor patru anotimpuri.

În figurile 12 și 13 care prezintă situația pentru stațiunile Sîngiorz-Băi și Felix-1 Mai apar clar grupări și ordonări ale punctelor după tipurile de apă din diferitele surse.

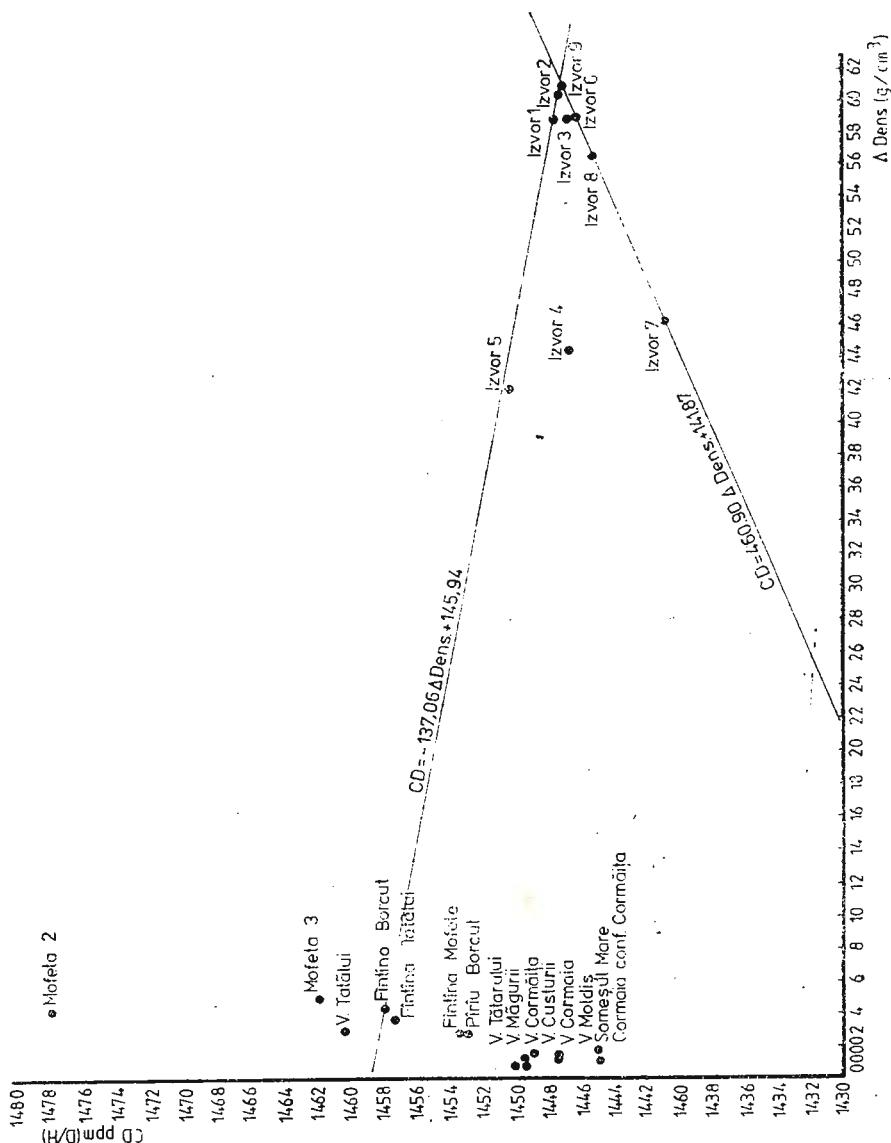


Fig. 12. — Diagrama CD — Δ Dens cu valori medii pentru stațiunea Sîngiorz-Băi.

Diagramme CD — Δ Dens avec des valeurs moyennes pour la station de Sîngiorz-Băi.

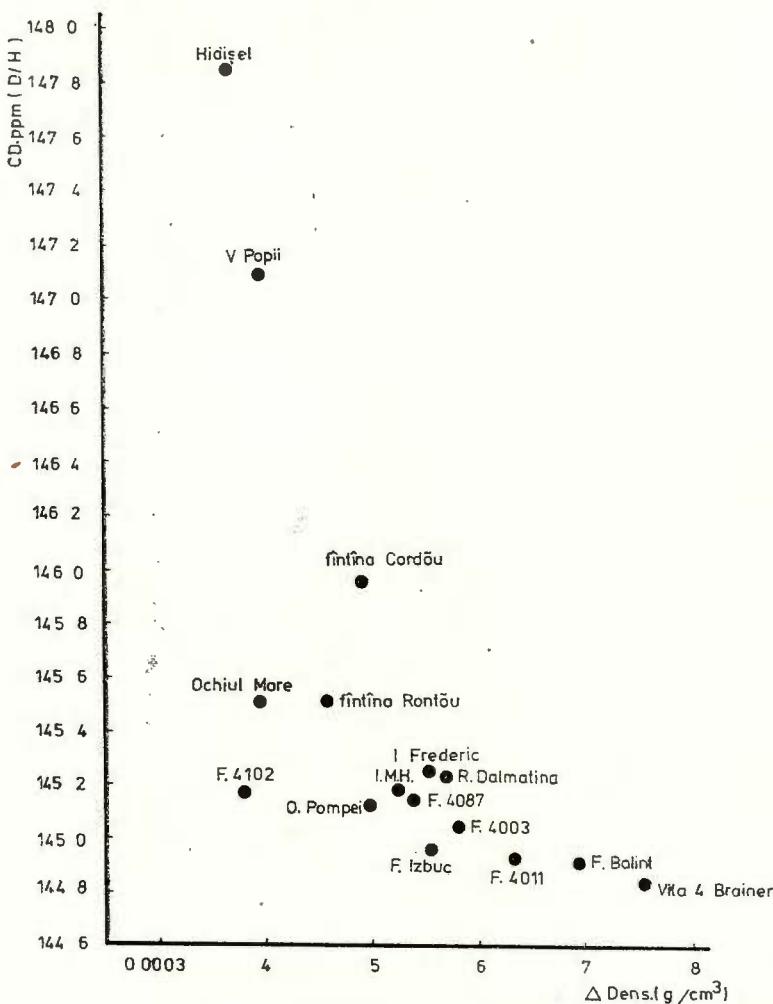


Fig. 13. — Așezarea punctelor reprezentative pentru diferitele tipuri de apă din zona Felix — 1 Mai, în diagrama CD — Δ Dens cu valori medii.

Emplacement des points représentatifs pour les divers types d'eau de la zone de Felix — 1 Mai, dans le diagramme CD — Δ Dens avec des valeurs moyennes.

Întrucit, în primă aproximatie valorile CD ale apei sunt un parametru intrinsec al acesteia și caracterizează tipul de apă, o astfel de diagramă corect construită ne permite să facem clasificarea surselor, stabilindu-le proveniența și interdependența dintre ele.

Pe diagramele CD- Δ Dens, punctele reprezentative ale surselor de apă dintr-o anumită zonă se pot așeza în diferite moduri dintre care reținem :

— Grupări ordonate de puncte, caz în care se poate vorbi, din punct de vedere izotopic, de existența unei unități hidrodinamice prin-

cipale, alcătuită din mai multe unități secundare. Astfel de cazuri s-au întîlnit în zona Călimănești-Căciulata (fig. 14) și în zona Oaș-Satu Mare, (fig. 15).

În judecarea situației care apare din diagramă, de un real folos sînt curbele de variație CD-timp care pentru un grup de surse interdependente, rezultat din diagramă, trebuie să prezinte analogii de variație (vezi figurile 8 și 16).

Pentru eliminarea coincidențelor unor valori izotopice la surse care aparțin unor unități hidrodinamice izotopice diferite, coincidențe care ne pot induce uneori în eroare, trebuie să ne folosim de criteriile geografice și geologice.

— Puncte colineare, alinierile de puncte CD-Δ Dens, obținute din valori medii, reprezintă un criteriu de apartenență a surselor de apă subterană la diferite sisteme de amestecare.

Figura 16 ilustrează situația obținută cu sursele din perimetru Someșeni. Concluzia care s-a tras din această diagramă a fost aceea că izvoarele din stațiunea Someșeni, care debitează liber, sînt, în cea mai mare parte a lor, rezultatul unui amestec dintre apa de tip fintină Borhanci și apa de tip fintină Canton — 64 (Blaag et al. 1977).

5.3. Peregrinarea valorilor momentane CD — Δ Dens. Linii de peregrinare. ARII DE PEREGRINARE

Dacă în diagrama CD-Δ Dens se reprezintă valorile obținute la diferite date de colectare, pentru una și aceeași sursă, iar punctele corespunzătoare se unesc prin linii în ordinea succesiunii temporale, se obține o linie frîntă care reprezintă o reflectare a evoluției sursei respective, în perioada de timp considerată. Aceste linii frînte, obținute pentru tot felul de surse, au fost numite de noi „linii de peregrinare” care delimită „arii de peregrinare”, arii care diferă de la o sursă la alta. Pe figura 17 sunt reprezentate o parte din ariile de peregrinare obținute la marea varietate de surse de apă din perimetru Olănești (Blaag L. et al. 1977). Din cauza complexității desenelor s-au dat numai punctele extreme. În chenar este dată o figură detaliată.

În funcție de direcția de peregrinare a punctelor în planul CD-Δ Dens, pot să apară mai multe cazuri care se pot interpreta în felul următor:

1. CD crește, Δ Dens constant — se modifică caracterul apei de infiltratie; apa este infiltrată în cursul verii sau există un aport al unei precipitații bogate în deuteriu.

2. CD crește, Δ Dens crește — crește aportul stratului cu CD ridicat și conținut mai bogat în săruri.

3. CD crește, Δ Dens scade — crește aportul apei infiltrate în cursul verii sau aportul unei precipitații bogate în deuteriu.

4. CD constant, Δ Dens constant (sau modificări neînsemnante ale acestor parametri) — strat bogat în apă sau consum mic de apă în strat sau în fine apă stagnantă în strat.

5. CD constant, Δ Dens crește — crește aportul de apă de strat bogat (săruri și CD) în paralel cu creșterea influenței apelor infiltrate ară sau există un aport de precipitații cu deuteriu puțin.



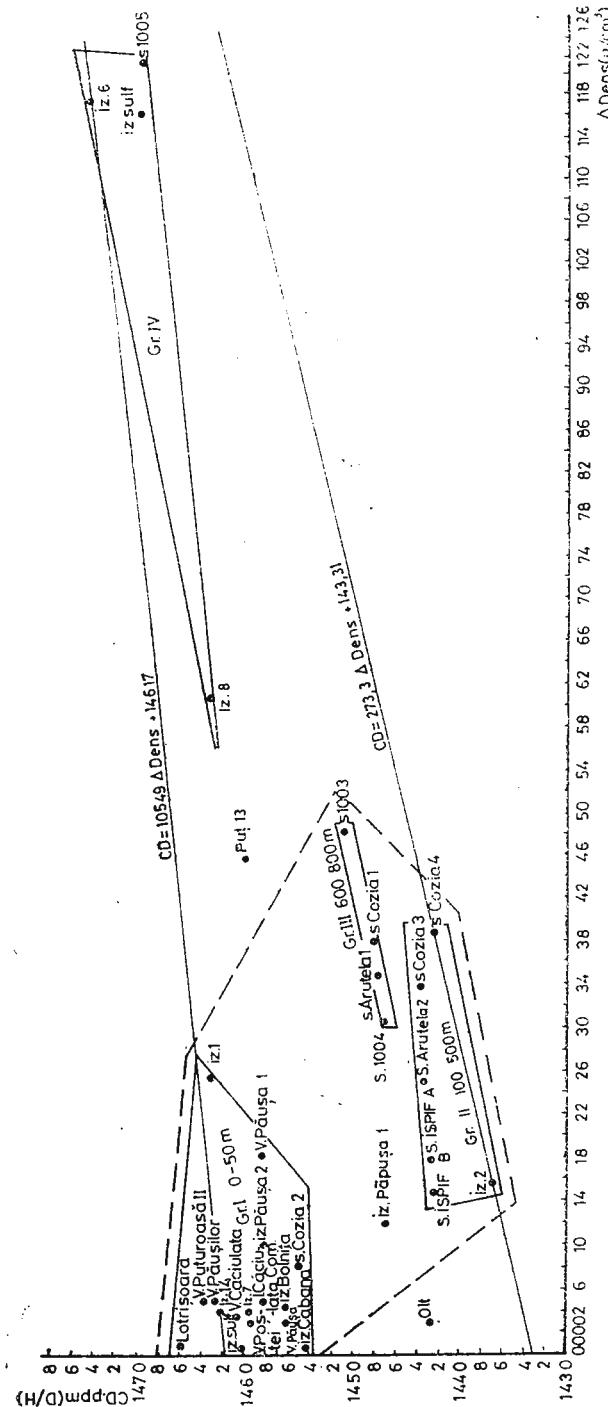


Fig. 14. — Gruparea diferențelor lipurii de apă din stațiunea Călimănești în diagrama $CD - \Delta$ Dens eu valori medii. Toate sursele de apă se află în interiorul spațiului mărginit de dreptele de amestecare $CD = 105,49 \Delta$ Dens + 146,17 și $CD = 273,8 \Delta$ Dens + 143,31.

Groupement des divers types d'eau de la station de Călimănești dans le diagramme $CD - \Delta$ Dens avec des valeurs moyennes. Toutes les sources d'eau sont comprises dans l'espace délimité par les droites de mélange $CD = 105,49 \Delta$ Dens + 146,17 et $CD = 273,8 \Delta$ Dens + 143,31.

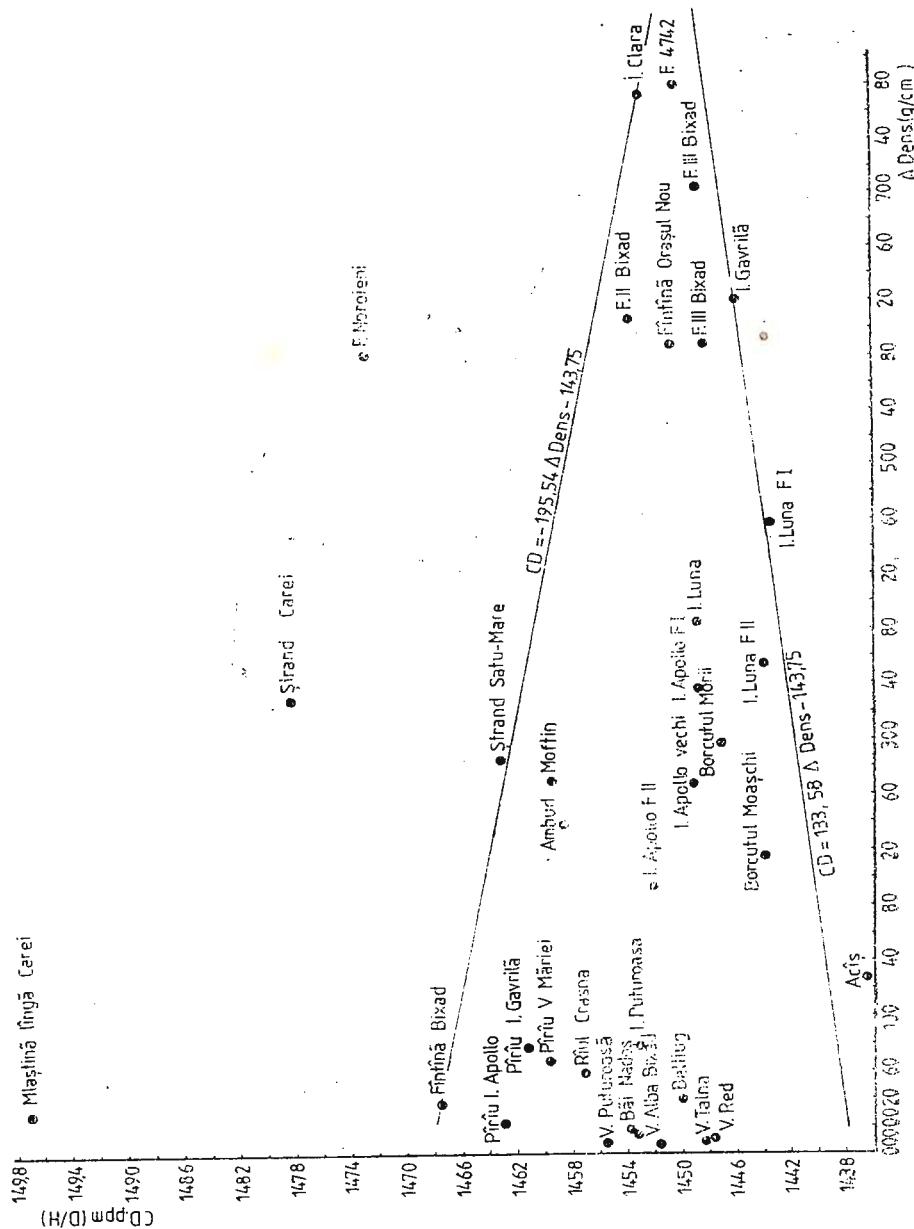


Fig. 15. — Diagrama CD – Δ Dens cu valori medii pentru zona Oaş – Satu Mare. Se evidenţiază grupări de puncte reprezentative.

Diagramme CD – Δ Dens avec des valeurs moyennes pour la zone d'Oaș Satu-Mare. On remarque des groupements de points représentatifs.

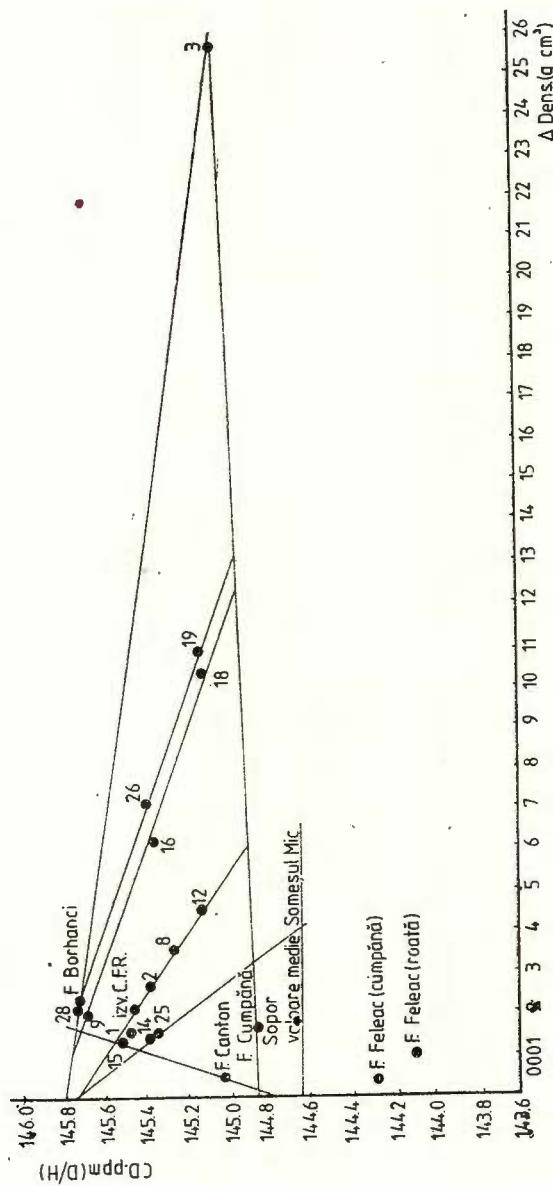


Fig. 16. — Alinarea punctelor reprezentative ale diferențelor surse de apă din zona Someșeni-Băi, în diagramă a CD – Δ Dens cu valori medii.

Alignement des points représentatifs des diverses sources d'eau de la zone de Someșeni-Băi, dans le diagramme CD – Δ Dens avec des valeurs moyennes.

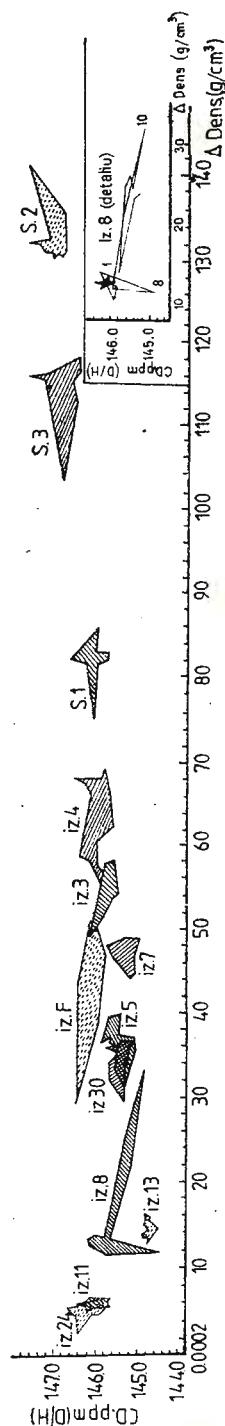


Fig. 17. – Așezarea și forma ariilor de peregrinare CD – Δ Dens pentru izvoare și sondă cu apă minerală din perimetru Olănești.
Emplacement et forme des aires de distribution CD – Δ Dens pour de sources et forges à eau minérale du périmètre d'Olănești.

6. CD constant, Δ Dens scade — se micșorează aportul apei de strat bogat (săruri și CD) în paralel cu creșterea influenței apei infiltrate vara sau a unei precipitații bogate în deuteriu.

7. CD scade, Δ Dens constant — se modifică caracterul apei infiltrate vara prin amestecarea cu apă infiltrată iarna sau cu precipitații sărace în deuteriu.

8. CD scade, Δ Dens crește — crește aportul de strat bogat în paralel cu creșterea influenței apei infiltrate iarna sau aportul unei precipitații sărace în deuteriu.

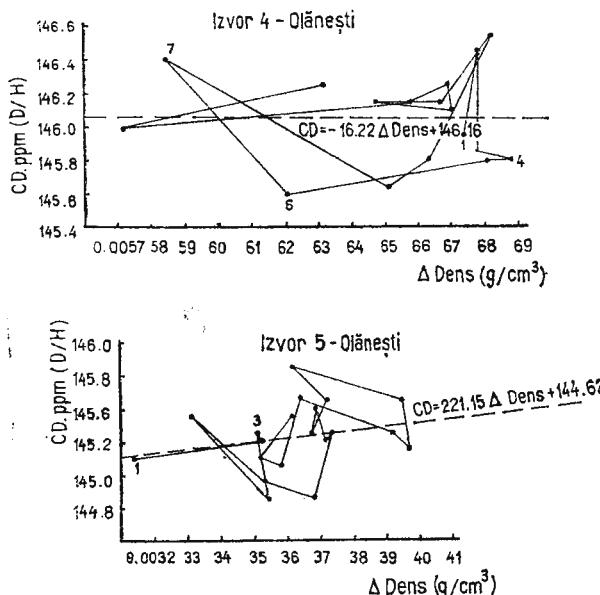


Fig. 18. — Dreptele de peregrinare și ariile de peregrinare obținute pentru două izvoare de apă minerală din stațiunea Olănești.

Droites et aires de distribution obtenues pour deux sources d'eau minérale de la station d'Olănești.

9. CD scade, Δ Dens scade — se micșorează aportul apă de strat bogat, în paralel cu creșterea apei infiltrate iarna sau a unei precipitații sărace în deuteriu.

Ariile de peregrinare sunt diferite de la o sursă la alta. Mărimea ariei de peregrinare poate constitui o măsură a instabilității unei surse. Cu cât aria de peregrinare este mai mare, cu atât sursa respectivă este mai instabilă.

Pentru zăcămîntul Olănești s-a reușit să se stabilească o serie de coeficienți de instabilitate, în funcție de mărimea ariilor de peregrinare (Blaga et al. 1977).

Faptul că de multe ori punctele CD- Δ Dens se plasază de-a lungul unor direcții ne-a sugerat să calculăm dreptele de regresie definite de aceste puncte. Coeficienții de corelare pentru aceste drepte pot varia între 0,01 și 0,96—0,98. Am denumit aceste drepte de regresie „drepte de peregrinare” pentru a le deosebi de liniile de amestecare. În figura 18 sunt date ariile și dreptele de peregrinare pentru două surse diferite.

În cazul cînd sursele au compoñenți variabili în timp iar variația are loc în lungul dreptelor de peregrinare, putem găsi tipurile de ape care, cel mai probabil, influențează asupra sursei luate în considerare.

În multe cazuri dreptele de peregrinare se suprapun peste liniile de amestecare, calculate din valorile medii. Liniile de peregrinare sunt și linii de amestecare, însă ele definesc mai degrabă compoñenta cea mai nestabilă în timp, decit compoñenți principali, parteneri la amestec.

5.4. Problema amestecului în subteran

Rezultatele obținute în urma acestor cercetări ne-au permis să admitem că varietatea de ape minerale într-un spațiu geografic restrîns este rezultatul unui amestec în subteran, în proporții diferite, al cîtorva tipuri de ape „principale” de regulă două sau trei.

Amestecul de ape în subteran poate fi pus în evidență dacă se măsoară doi parametri aditivi ai acestor ape. În cazul de față acești parametri sunt concentrația deuteriului (CD) și conținutul în săruri (Δ Dens).

Pentru un amestec binar, procentele de amestecare se pot obține simplu. Astfel, pentru două tipuri de ape principale „A” și „B”, care se amestecă în proporții diferite pentru a rezulta tipul de apă „M” procentele de amestecare se calculează după

$$\left\{ \begin{array}{l} CD_A X + CD_B Y = 100 \text{ CD}_M \\ X + Y = 100 \end{array} \right.$$

Este evident că în loc de CD se pot folosi valorile Δ Dens.

Prin modificările survenite la diferențele izvoare de ape minerale de la Olănești, modificări previzibile prin această metodă izotopică, am avut o dovedă asupra existenței unor interdependențe între sursele de ape minerale din acest zăcămînt (vezi bibliografia citată relativ la zăcămîntul Olănești). Cu aceste rezultate am obținut un înalt grad de siguranță că prin diagrama CD – Δ Dens cu valori medii se poate obține interdependența dintre surse.

O aliniere a valorilor medii CD- Δ Dens, la un grup de surse de ape minerale, înseamnă că sursele aparțin unui sistem de amestecare. Cu alte cuvinte, orice grup de surse de ape minerale care rezultă din amestecarea a două tipuri de ape diferențe va avea valorile medii CD- Δ Dens, așezate de-a lungul unei drepte. Totuși, nu orice aliniere de puncte reprezentative, într-o diagramă CD- Δ Dens, trebuie neapărat să reprezinte un amestec. Trebuie avut în vedere cîteva lucruri. Măsurători singulare efectuate simultan, la aceeași dată, dan o împărtășire a punctelor reprezentative CD- Δ Dens destul de mare, care adesea maschează o aliniere chiar în cazul cînd sursele de apă aparțin unui sistem de amestecare. Din cauza distanței dintre izvoare, a vitezelor de curgere în subteran diferențe, apar decalări în timp (vîrste diferențe) ale apelor care ajung să se amestecă. După cum am arătat valorile CD la apele din circuitul meteoric suferă variații periodice. Una și aceeași apă poate ajunge la două izvoare depărtate între ele, la momente diferențite. Ca urmare a acestui fapt, împărtășirea



punctelor reprezentative CD-Δ Dens obținute dintr-o singură măsurătoare este mare. La acestea se adaugă evident și erorile de măsură. De aici importanța ca valorile medii CD-Δ Dens să fie obținute dintr-un număr cît mai mare de măsurători, efectuate pe probe colectate la date succeseive și eșalonate pe o perioadă lungă de timp. Astfel [de măsurători au indicat o tendință crescută de aliniere a punctelor reprezentative.

Amestecuri ternare. În unul și același loc, în subteran, se întâlnesc strate acvifere aflate la diferite adîncimi și la care valorile CD și Dens diferă între ele. În zonele active — cu izvoare de ape minerale sau cu foraje efectuate la diferite adîncimi — unde sunt prezente și falii, circulația apelor permite o amestecare simultană a mai multor tipuri de apă. Aceste tipuri de apă care participă la amestec și pe care noi le denumim „principale” sunt de regulă de trei, patru feluri :

- ape de infiltrăție locală din stratul freatic superior, cu un conținut în săruri redus (ape potabile) ;
- ape provenite din infiltrății la altitudini ridicate, cu concentrații în deuteriu coborîte și cu un conținut în săruri ușor crescut ;
- ape meteorice puternic încărcate în săruri prin solvire ;
- ape fosile caracterizate prin conținut ridicat în deuteriu și în săruri.

În multe zăcăminte de ape minerale cercetate de noi a reesit că pe diagramele CD-Δ Dens, valorile reprezentative pentru diferitele surse de ape se află cuprinse în interiorul unui triunghi, în virfurile căruia se află sursele care debitează tipurile de ape principale (vezi figurile 12 și 14).

În cazul amestecului ternar de ape, procentele de amestecare se determină după :

$$\left\{ \begin{array}{l} CD_A X + CD_B Y + CD_F Z = 100 CD_M \\ \Delta Dens_A X + \Delta Dens_B Y + \Delta Dens_F Z = 100 \Delta Dens_M \\ X + Y + Z = 100 \end{array} \right.$$

Unde indicii A, B și F se referă la tipurile de ape care se amestecă, iar M se referă la sursa care rezultă din amestec.

În interiorul unor astfel de triunghiuri definite de amestecurile ternare pe diagramele de tipul CD-Δ Dens, apar ordonări ale punctelor reprezentative. Diferitele moduri de ordonare definesc sisteme de amestecare cu caracter secundar. Acestea la rindul lor indică mulțimea de posibilități de amestecare existente într-un astfel de zăcămînt. Ele indică de asemenea posibilitățile de a influența un anumit grup de izvoare, prin producerea unei deplasări barice într-un punct oarecare din zăcămînt (de exemplu aport crescut de apă provenită din infiltrății la altitudini ridicate sau pompări puternice într-unul din stratele acvifere).

S-a putut dovedi de exemplu că varietatea de izvoare din zăcămîntul Olănești provine din amestecarea în diferite proporții a apelor din valea Olănești, Izvorul 14 și Sonda 2. (Vezi bibliografia citată pentru zăcămîntul Olănești).



5.5. Model de interpretare a datelor izotopice pentru zăcămîntul Bazna

Vom ilustra metoda izotopică prin studiul pe care l-am întreprins pentru zăcămîntul Bazna (Blaaga et al. 1976).

Prima acțiune de mare importanță este aceea de a stabili sursele de apă din perimetru, asupra cărora urmează să se facă măsurările. Acestea trebuie să fie judicioase alese.

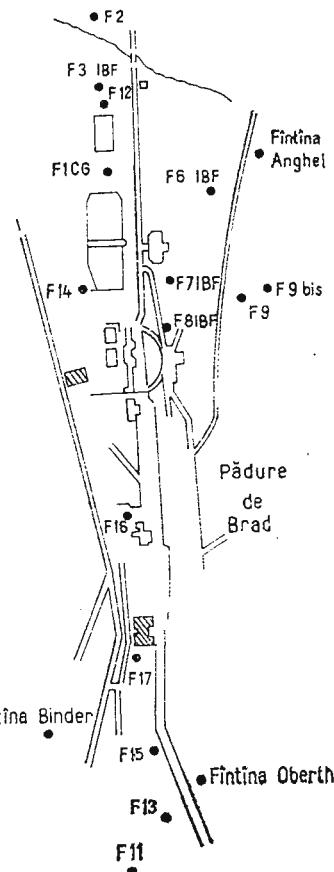


Fig. 19. — Poziția pe harta stațiunii Bazna a fântinilor Anghel, Binder și Oberth.
Position sur la carte de la station de Bazna des fontaines Anghel, Binder et Oberth.

Au fost luate în considerare, pentru studierea zăcămîntului Bazna, sondele de apă sărată 7, 8, 9 bis, 10, 11, 12, 13, 14, 15 și 16. Pentru a putea face o corelare a acestor ape sărate cu apele de la suprafață s-au ales pentru colectare cîteva fântini cu apă potabilă aflate pe versante diferite. Astfel, în apropierea sondei 11, la sud, s-a ales fântina de la casa Binder (vezi fig. 19). În apropierea sondei 13 s-a ales fântina de la casa Oberth. În partea de NV a stațiunii s-a ales fântina de la casa Anghel.

Pentru completarea gamei de surse de apă, de la suprafață, s-a luat în considerare și pîrîul Bazna, în amonte de stațiune și pîrîul affluent dinspre ferma Gostat.

Pentru a putea face o legătură cu apele de zăcăminte din stratele gazeifere, de la adincime, s-au făcut colectări de probe de apă de la separatoarele sondelor de gaz metan. Dintre aceste sondă, singurele care pot fi luate în considerare sunt sondele 26 și 40 la care conținutul în săruri prezintă valori ridicate și relativ constante în timp. La celelalte sondă apele au un conținut redus de săruri, ele fiind de fapt ape de condensare.

O încercare s-a făcut și prin prelevarea de probe de apă din craterul aflat în amonte de ferma Gostat.

Colectarea s-a repetat de șapte ori, pentru fiecare punct de colectare stabilit.

5.5.1. Variația CD și Δ Dens în timp

Variația CD — timp este ilustrată pe figura 20. Se remarcă existența unor variații în timp destul de pronunțate precum și gruparea ca valori CD a diferitelor tipuri de apă.

Variațiile în timp ale valorilor CD, pentru apele sărate debitate de sondă, le explicăm prin fluctuații ale proporțiilor în care se amestecă diferitele tipuri de apă. Creșterea proporției de ape de infiltratie de la suprafață este totdeauna însoțită de o micșorare a valorilor CD.

Sondele cu ape sărate de tip Bazna prezintă valori Δ Dens medii între limitele $0,025 \text{ g/cm}^3$ și $0,052 \text{ g/cm}^3$. Există sondă cu valori Δ Dens practic constante în timp. În această categorie intră sondele 14 și 9 bis. Celelalte sondă prezintă variații Δ Dens în timp, dar relativ mici.

5.5.2. Peregrinarea valorilor CD- Δ Dens

După cum am arătat într-un capitol precedent, prin peregrinarea CD- Δ Dens și prin dreapta de peregrinare este evidențiată individualitatea unei surse și evoluția ei.

În figura 21 sunt date ariile de peregrinare pentru cîteva sondă cu ape sărate.

Sonda 7, reprezintă un caz tipic de amestec, în proporții ușor variabile, a două ape diferențiate. Punctele reprezentative CD- Δ Dens prezintă cea mai bună aliniere :

$$CD = 450,11 \Delta Dens + 130,66 \quad (r = 0,86)$$

Sonda 9 bis prezintă o stabilitate în timp relativ bună a conținutului global în săruri, fiind și sonda care debitează apă cu cel mai mare conținut în săruri.

Dreapta de peregrinare este

$$CD = -1234,92 \Delta Dens + 214,53 \quad (r = 0,116)$$

Sonda 10. Peregrinarea CD- Δ Dens este de asemenea tipică pentru amestecul în proporții variabile a două tipuri de ape.

$$CD = 111,71 \Delta Dens + 143,87 \quad (r = 0,56)$$



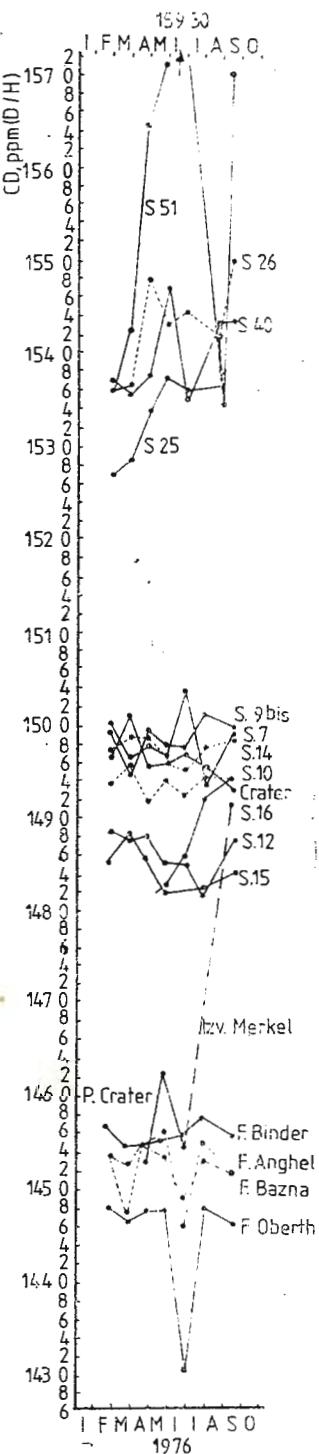


Fig. 20. — Variația CD —
timp pentru toate sursele
de apă luate în conside-
rare pentru stațiunea
Bazna.

Variation CD — temps
pour toutes les sources
d'eau prises en considé-
ration pour la station de
Bazna.

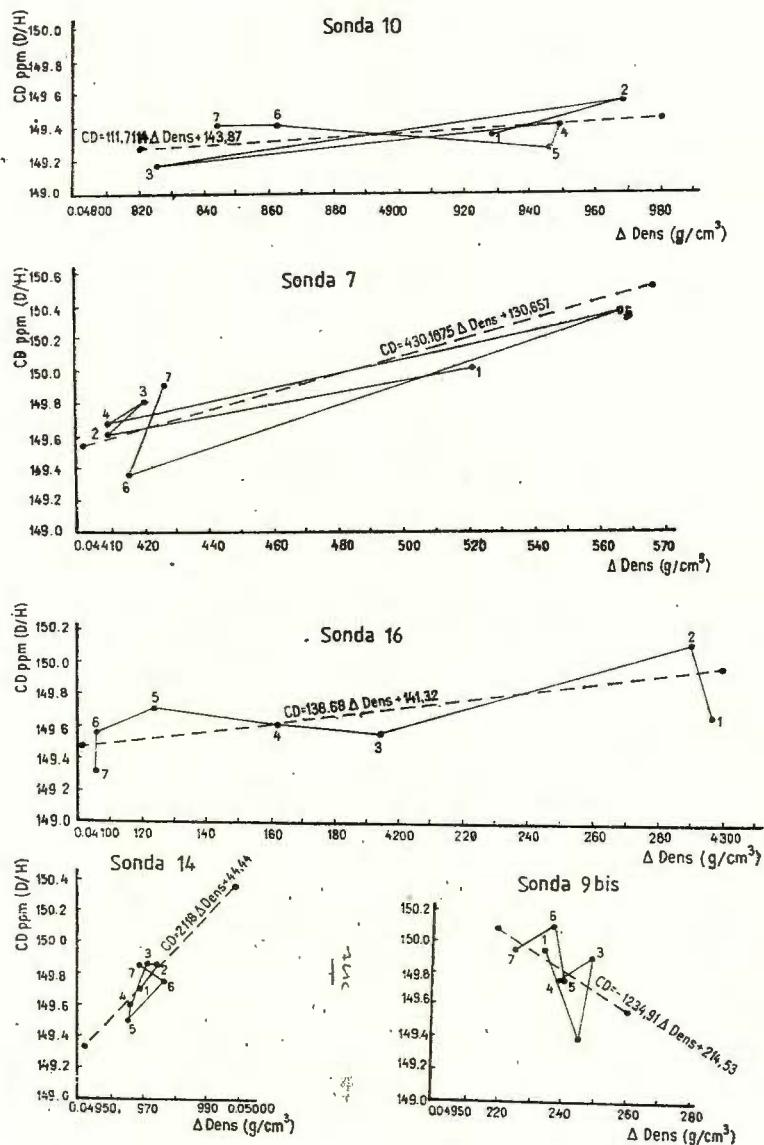


Fig. 21. — ARII DE PEREGRINARE SI DREpte DE PEREGRINARE PENTRU SONDELE CU APĂ SĂRATĂ DIN STĂIUNEA BAZNA.

Aires et droites de distribution pour les forages à eau saline de la station de Bazna.

Sonda 14 prezintă cea mai mică arie de peregrinare a valorilor CD-Δ Dens, fapt care trebuie legat de o bună stabilitate a condițiilor din subteran.

$$CD = 2118,40 \Delta Dens + 44,44 \quad (r = 0,63)$$

Sonda 16 prezintă o peregrinare a valorilor, tipică pentru condițiile în care ne-am imagina un „declin” al sondei. Cu alte cuvinte în perioada cercetată sonda prezintă micsorări continui atât ale valorilor CD cât și ale valorilor Δ Dens. Asistăm la un proces lent de indulcire a apei prin creșterea aportului de ape de infiltratie locală.

5.5.3. Diagrama $CD - \Delta Dens$ cu valori medii

Diagrama este reprezentată pe figura 22. După felul cum se ordonează punctele reprezentative pe diagramă se evidențiază prezența a trei grupe mari de ape din zonă.

- apele de suprafață (fântâni, pîruri)
- apele sărate
- apele de zăcămînt

Apele de suprafață, cu un conținut mic în săruri, se însiră între valorile CD de 144,40 și 146,60 ppmD/H.

Apele sărate prezintă valori CD ridicate 148,4–149,8 ppmD/H cu o varietate destul de mare a conținutului în săruri.

Apele de zăcămînt, cu valori superioare lui 153,0 ppmD/H, reprezintă un grup aparte de ape.

Să ne oprim la apele sărate. Varietatea de valori CD și Δ Dens exclud admiterea unui simplu proces de solvire. Ordonarea punctelor reprezentative ne sugerează în primul rînd participarea la un proces amplu de amestecare în subteran a cîtorva tipuri de apă.

Probele de apă pentru care punctele reprezentative se aşază de-a lungul unei linii drepte pot fi luate în considerare ca aparținătoare unui proces de amestecare.

În cazul de față ecuația unei linii (drepte) de amestecare este $CD = a \Delta Dens + b$.

Zona de întîlnire a două sau mai multe drepte poate fi considerată ca definiție pentru un component principal, participant la amestec.

Ecuațiile dreptelor au fost calculate fie simplu (în cazul a două puncte) fie cu ajutorul calculatorului Hewlett Packard în cazul mai multor puncte cînd s-a calculat de fapt dreapta de regresie.

5.5.3.1. Amestecul definit de valorile medii $CD - \Delta Dens$

În trasarea liniilor de amestecare ținem cont de cîteva criterii. În cazul participării apelor de suprafață, la un amestec în subteran, încercăm să unire a punctelor cu valorile CD cele mai ridicate și de asemenea să unire a punctelor cu valorile CD cele mai mici. Folosind valorile de la fântâna Binder și cele de la sonda 15 am obținut dreapta

$$CD = 115,6304 \Delta Dens + 145,49 \quad (1)$$



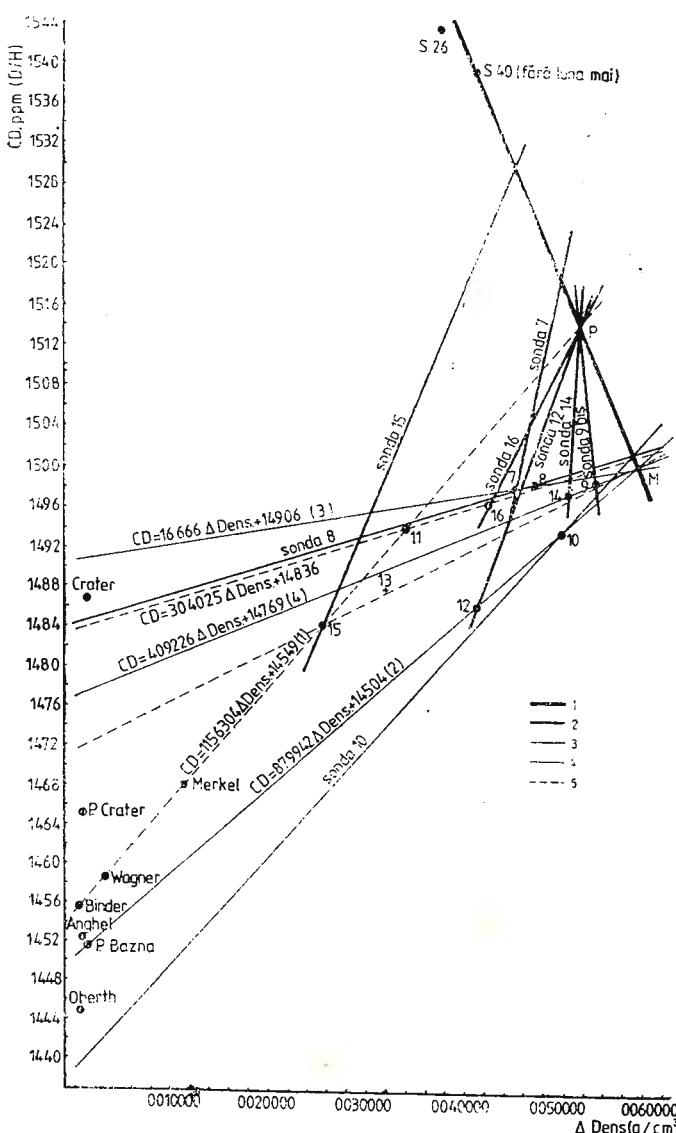


Fig. 22. — Diagrama CD —
— Δ Dens cu valori medii
construită pentru stațiunea
Bazna. Linii subțiri-drepte
de amestecare.

Linii îngroșate — drepte de peregrinare pentru sondele cu apă sărată indicate în dreptul fiecărei linii. Linia foarte îngroșată — dreapta de aliniere a punctelor M.

P, punctul pentru sonda
40 și punctul pentru
sonda 26.

Diagramme CD — Δ Dens avec des valeurs moyennes construite pour la station de Bazna. Lignes fines-droites de mélange.

Lignes épaisses-droites de distribution pour les forages à eau saline indiqués à chaque ligne.

Ligne très épaisse — droite d'alignement des points M, P, point pour le forage 40 et point pour le forage 26,

Fiecare medie este obținută din șapte valori. Observăm că pe dreapta astfel construită se plasează bine și punctele reprezentative pentru fintă Wagner, fintă Merkel și sonda 11.

$$\text{Dreapta CD} = 87,9942 \Delta \text{Dens} + 145,04 \quad (2)$$

trece prin punctele reprezentative ale sondelor 10 și 12, întlnind punctul reprezentativ pentru fintina Anghel. Din punct de vedere geografic sonda 12 se află în apropierea pîriului Bazna, iar sonda 10 în apropierea fintinii Anghel.

Cu punctele reprezentative pentru sondele 7 și 8 am obținut dreapta

$$CD = 16,6666 \Delta Dens + 149,06 \quad (3)$$

Punctele reprezentative pentru sondele 14 și 9 bis definesc dreapta

$$CD = 40,9226 \Delta Dens + 147,69 \quad (4)$$

Dreptele (2), (3) și (4) se întâlnesc două cîte două în punctele de coordinate :

$$(3) \text{ cu } (4) \begin{cases} CD = 150,00 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens = 0,056480 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

$$(2) \text{ cu } (3) \begin{cases} CD = 150,00 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens = 0,056359 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

$$(2) \text{ cu } (4) \begin{cases} CD = 149,99 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens = 0,056296 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Media valorilor ne dă coordonatele punctului de interacție M :

$$\begin{cases} CD = 150,00 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens = 0,056378 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Aceste două valori medii CD și Δ Dens ar reprezenta valorile caracteristice ale unei mase mari de apă subterană care prin amestecare, în diferite proporții, cu alte ape ne dă varietatea de ape de la diferitele sonde.

Unirea, pe figura 22, a punctelor reprezentative ale sondelor 15 și, 13 ne dă dreapta care trece destul de aproape de punctul M (150, 00, 0,056378) definit mai sus. Precizăm că pentru sonda 13 dispunem de o singură măsurătoare.

Punctul reprezentativ al sondei 11 (media din două, valori) cu punctul reprezentativ al sondei 16, pot defini o altă dreaptă care trece prin apropierea zonei de intersecție de mai sus.

5.5.3.2. Amestecul definit de peregrinări

Faptul că peregrinarea CD-Δ Dens la cîteva sonde (sondele 7, 10, 16, 5) este aproape lineară, reprezintă un indiciu în plus al apartenenței apelor sărate la un proces de amestecare. Pornind de la această constatăre am trasat pe figura 22, pentru fiecare sondă în parte, dreptele de regresie definite de valorile momentane CD și Δ Dens. Se constată că majoritatea acestor drepte se întâlnesc într-un punct definit după cum urmează :

Punctul de intersecție pentru dreptele sondelor 14 și 12

$$\begin{cases} CD = 151,29 \text{ ppm D/H} \\ \Delta Dens = 0,050443 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Punctul de intersecție pentru dreptele sondelor 14 și 16

$$\begin{cases} CD = 151,35 \text{ ppm D/H} \\ \Delta \text{Dens} = 0,050469 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Punctul de intersecție pentru dreptele sondelor 12 și 16

$$\begin{cases} CD = 151,47 \text{ ppm D/H} \\ \Delta \text{Dens} = 0,051108 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Tot în această zonă converge și dreapta (1), iar intersecția ei cu dreapta sondei 14 ne dă

$$\begin{cases} CD = 151,32 \text{ ppm D/H} \\ \Delta \text{Dens} = 0,050455 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Media tuturor acestor valori ne dă coordonatele punctului de intersecție P

$$\begin{cases} CD = 151,35 \text{ ppm D/H} \\ \Delta \text{Dens} = 0,050618 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

În calculul valorilor de mai sus am folosit numai o parte din combinațiile posibile de intersecții de drepte de amestecare. Aproape de punctul definit mai sus trece și dreapta de peregrinare a sondei 9 bis.

O orientare diferită prezintă dreapta de peregrinare a sondei 15, fapt care, ținând cont de orientarea dreptei, sugerează o participare și a apei de zăcămînt de la adincime. O influență a acestei ape este posibilă și în cazul sondei 7.

Dreptele de peregrinare ale sondelor 10 și 8 se intersectează în apropierea punctului de intersecție M.

5.5.3.3. Participarea apelor de zăcămînt

Figura 22 relevă un fapt căruia trebuie să-i acordăm o atenție deosebită. Am fixat pe figură punctele corespunzătoare valorilor CD și Δ Dens medii pentru sondele de gaz metan 26 și 40. Observăm că și aceste puncte sunt practic colineare cu punctele M și P definite mai sus. Dreapta pe care se află punctele M, P, sonda 40 și sonda 26, poate reprezenta o dreaptă de amestecare la care participă apele de zăcămînt și apele definite de valorile CD și Δ Dens care sunt coordonatele punctului M. Din amestecul acestor două ape ar putea lua naștere apa de tip P (definită de valorile CD și Δ Dens care sunt coordonatele punctului P).

5.5.3.4. Model de amestec

Datele obținute mai sus ne permit să ne imaginăm următorul model de amestec al apelor subterane din perimetru Bazna.

Apele de zăcămînt pot ajunge în stratele apelor sărate fie prin fracturi existente (?) fie în urma forajelor multiple necesitate de exploataările de gaz metan. Amestecul acestor ape cu apele sărate de tip M dă apele



de tip P care influențează în proporții relativ reduse apele de la diferite sonde.

Apele de tip M, prin valorile CD intermediare între apele de suprafață și cele de zăcămînt au un caracter relativ stabil și dețin o pondere însemnată în formarea apelor exploataate prin sonde. Cea mai apropiată apă de acest tip este apa de la sonda 9 bis. Apele de tip M în amestec direct (sondele 12 și 10) sau indirect cu apele de suprafață, în proporții constante în timp, definesc în cea mai mare măsură apele sărate de diferite concentrații.

Apele de tip P se amestecă la rîndul lor cu apele de suprafață în diferite proporții, cu predilecție de-a lungul dreptei de amestec (1).

În concluzie, la formarea apelor sărate din zăcămîntul Bazna participă: apele de suprafață, apele de zăcămînt, apele de tip M și apele de tip P.

Ca urmare a valorilor CD intermediare între apele de suprafață și apele de zăcămînt (~ 149 ppm D/H), precum și a unei salinități ridicate, se poate admite că apele de tip Bazna reprezintă un amestec de ape de suprafață cu ape de zăcămînt, peste care s-a suprapus și un proces de solvire a unor săruri.

BIBLIOGRAFIE

- Blaga L., Blaga L. M. Raport, arhiva Comitetului de Stat pentru energia nuclear București.
- Blaga L. M., Ciobotaru T. (1975) The Origin and Evolution of Some Mineral Water Sources Estimated from Their Deuterium Content Isotopenpraxis vol. 11, 9.
 - Blaga L. M., Ciobotaru T. Raport 742 ITIM, Cluj-Napoca (1976).
 - Blaga L. M., Ciobotaru T. Raport 771 ITIM, Cluj-Napoca (1977).
 - Blaga L. M., Feurdean V., Ciobotaru T. Raport 767 ITIM, Cluj-Napoca (1977).
 - Blaga L. M., Ciobotaru T., Bindea C. (1979) *Geochimia* 6.
 - Blaga L. M., Bindea C., Florian M. (1980) Comunicare la Simpozionul Unional „Izotopii stabili în Geochimie”, Moscova.
 - Florian M. (1984) Contribuții la studiul hidrogeologic al zăcămîntului hidromineral Olănești cu ajutorul izotopilor stabili. *St. tehn. econ. E* 14, *Inst. geol. geofiz.*, București, Bochin N., Dumitrescu S., Bradley E., Ferronsky V. I., Gonfiantini R., Payne B. R., (1972) Status of and Reasons for Using Isotope Techniques in Hydrology „Peaceful Uses of Atomic Energy” IAEA’, 14, Vienna.
 - Brown R. M., Robertson E., Thurston W. M. (1971) Deuterium Content of Canadian Waters AECL, Ontario.
 - Craig H. (1961) Standard for Reporting Concentration of Deuterium and Oxygen – 18 in Natural Waters Science, 13.
 - Dansgaard W. (1964) Stable Isotopes in Precipitation. *Tellus* vol. 16,4.
 - Friedman I., Redfield A. C., Scheon B., Harris J. (1964) The Variation of the Hydrologic Cycle Reviews of Geophysics. Vol. 2, 1.
 - Hagemann R., Niel G., Roth E. (1970) Absolute Isotopic Scale for Deuterium Analysis of Natural Waters. *Absolute D/H Ratio for SMOW Tellus*, vol. XXII, 6.



- Marcé A. (1971) Éléments d'Hydrogéologie Isotopique Applications aux Sources Minérales d'Evian et Mont-Dore. *La Presse Thermale et Climatique* nr. 3.
- Nief G., Botter R. (1959) Mass Spectrometric Analysis of Simple Hydrogen Compounds Advances in Mass Spectrometry Waldrom Pergamon.

MÉTHODE ISOTOPIQUE D'ESTIMATION DES GISEMENTS D'EAUX SOUTERRAINES MINÉRALISÉES

(Résumé)

Dans cet ouvrage on présente une méthodologie isotopique par laquelle on a trouvé la solution du problème de l'origine et de la dynamique des eaux souterraines minéralisées d'un gisement.

Les résultats ont été obtenus à partir des programmes de mesurages de la teneur en déuterium (CD) sur de longs laps de temps, une années au minimum. On a considéré le contenu global en sels, mesuré comme excès de densité par rapport à une eau distillée standard (ΔDens), comme un paramètre de travail auxiliaire. La concentration en déuterium, ainsi que la minéralisation, varie dans le temps.

Par les corrélations $\text{CD} - \Delta \text{Dens}$ (valeurs moyennes) on établit le type d'eau des différentes sources. La place occupée par un point représentatif sur le diagramme $\text{CD} - \Delta \text{Dens}$ moyen, est différente pour les eaux infiltrées à des altitudes élevées, les eaux d'infiltration locale, les eaux fossiles et les eaux résultées du mélange. On peut rencontrer la situation quand sur un tel diagramme les points représentatifs s'étalement sur des lignes droites. Les sources dont les points représentatifs se rangent sur une même ligne peuvent appartenir à une système de mélange des eaux au souterrain. Compte tenu des alignements des points représentatifs et de leur mode de groupage sur le diagramme $\text{CD} - \Delta \text{Dens}$ (valeurs moyennes), on peut établir les principaux types d'eaux qui, par mélange en différentes proportions, donnent la variété des sources d'eaux minérales d'un certain lieu.

Une fois établi le système de mélange, on calcule les proportions du mélange.

La succession dans le temps des valeurs CD et ΔDens pour une source donnée (pérégrination des valeurs momentanées CD et ΔDens) sur le diagramme $\text{CD} - \Delta \text{Dens}$ représente une source d'information précieuse quant aux caractéristiques de évolution de l'eau souterraine minéralisée. La multitude des valeurs $\text{CD} - \Delta \text{Dens}$, obtenues dans le temps pour chaque source minérale à part, permet la détermination de la direction principale d'évolution des différentes sources.

La droite de régression (nommée par nous la ligne de pérégrination des valeurs $\text{CD} - \Delta \text{Dens}$) est calculée avec les valeurs momentanées obtenues pour chaque source à part. La superposition des droites de pérégrination sur les droites de mélange représente une preuve de la réalité du système de mélange dans le souterrain.

On donne des exemples sur quelques types de gisements d'eau minérale (Bazna, Someșeni, Călimănești, Olănești etc.) qui illustrent la méthodologie de travail adoptée.

Une vérification de la validité de la méthodologie isotopique présentée dans cet ouvrage a été possible par suite du tremblement de terre du 4 mars 1977. Les changements post-sismiques survenus dans la composition des eaux minérales d'Olărești a suivi des directions prévisibles par la méthode présentée dans cette étude.



UNELE REZULTATE ALE SIMULĂRII ACVIFERELOR DIN BAZINUL HUŞNIȚEI¹

DE

PETRE CRĂCIUN²

Lignite. Borehole. Aquifers. Mathematical modelling. Mathematical simulation. Dacian. Romanian. Getic Plateau. Strelaia Platform.

Abstract

Certain Results of the Simulation of the Aquifers in the Huşniţa Basin. In the paper the main multiaquifer systems are described, developed in the coal-bearing Pliocene formations of the western part of the Huşniţa Basin.

For a detailed analysis of the aquifer dynamics numerical modelling has been used and with the help of a GEOH computer program, hydrogeometric maps and the transmissivity distribution have been worked out for three aquifer complexes.

By referring the aquifer characteristics to the position of the main coal beds certain conclusions have been drawn on the hydrogeologic conditions.

Introducere

Cercetările prin foraje executate de Întreprinderea de foraje și lucrări geologice speciale (IFLGS) în bazinul carbonifer dintre valea Huşniței și valea Blahniței (vestul Olteniei) au conturat mai multe perimetre cu formațiuni purtătoare de lignit (Husnicioara, Izvorul Aneștilor-Livezile, Balota-Ghelmegioaia). În prezența luerare se analizează cîteva complexe acvifere, care au legătură cu dezvoltarea zăcămintelor de lignit menționate.

Zona care constituie obiectul studiului de față este situată în partea de vest a Depresiunii Getice, cuprinsă în arealul bazinelor hidrografice Huşnița și Blahnița, în partea de origine a acestora spre vest, iar spre est pînă la o linie care ar trece prin localitățile Degerați-Timna-Igiroasa.

¹ Depusă la 5 mai 1982, acceptată pentru comunicare și publicare la 10 mai 1982, comunicață în ședința din 25 mai 1982.

² Institutul de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr. 1, 78344 București, 32.



Stratele de lignit sunt intercalate în depozitele daciene și romaniene, la adâncimi de pînă la 250 m.

Pe baza unui program de execuție specială, forajele hidrogeologice au investigat stratele de nisipuri, intercalate între cărbuni, furnizînd date asupra acviferelor din raza amplasamentelor respective.

Pentru stabilirea distribuției areale a caracteristicilor hidrogeologice ale complexelor acvifere, în prezentul studiu s-a aplicat metoda modelării numerice a dinamicii apelor subterane, în medii granulare.

Înainte de a trece la prezentarea metodei de analiză și a rezultatelor obținute, vom face o descriere generală a complexelor permeabile în scopul de a contura geometria și proprietățile hidrodispersive ale nisipurilor colectoare.

Pentru cunoașterea mai în detaliu a litologiei complexelor acvifere necesare la precizarea elementelor de modelare, precum și a datelor hidrogeologice de la forajele executate, am utilizat rapoartele IFLGS asupra lucrărilor din vestul Olteniei, executate pentru ligniți (Vamvu, Marin, 1976; Vasilescu, Dragomirescu, 1966). De un real ajutor au fost rezultatele prospectiunilor hidrogeologice efectuate în zonă, de cercetătorii Ghenea și Ghenea (1958) și Feru et al. (1963).

Date geologice și hidrogeologice luate în considerare la elaborarea modelului numeric

Zona valea Hușniței – valea Blahniței este constituită la partea superioară din depozite de vîrstă daciană, romană și cuaternară. Depozitele daciene care urmează Pontianului apar alcătuite dintr-o serie nisipoasă în bază și argiloasă nisipoasă la partea superioară. În secvența psamo-pelitică s-au identificat două pînă la patru strate de lignit de grosimi variabile (0,5–2 m), cunoscute în activitatea de explorare drept stratele D, C, B și A, enumerate în ordinea depunerii lor. Grosimea medie a depozitelor daciene este în jur de 120 m. Peste Dacian se suprapune o serie de depozite argiloase, nisipoase în care prin foraje s-au interceptat 8–7 strate de cărbuni (numerotate în rapoartele de explorare I–VII). Stratigrafic această secvență se plasează în baza Romanianului. Datele forajelor de explorare arată că dintre cărbunii menționați numai stratele I și IV prezintă grosimi exploataibile în cea mai mare parte a regiunii.

În continuarea seriei bogat cărbunoase din Romanian, urmează un complex de strate nisipoase, argiloase, aproape lipsit de cărbuni, cu o grosime variabilă pînă la 100 m. Aceste strate se dezvoltă predominant în secvențele de deasupra cotelor văilor principale.

Dispoziția depozitelor pliocene indică un monoclin NE-SW cu căderi de pînă la 12° spre S.

Prin forajele de explorare nu s-au pus în evidență dislocații tectonice care ar putea crea discontinuități sensibile în extensiunea stratelor de nisipuri.

Examînînd aspectele faciale ale depozitelor pliocene se constată că apar variații semnificative de granulometrie ale depozitelor nisipoase atât în secțiune verticală cât și în plan orizontal, fapt care determină vari-



ații de grosime a acviferelor, sau pe anumite locuri creează canale permeabile de legătură pe verticală între două acvifere vecine.

Corelarea stratelor de cărbuni din zonele explorate între Cosuștea și Bahnița a constituit, pentru prezentul studiu, criteriu de bază al separării complexelor acvifere. Conform acestui criteriu am luat în considerare trei entități acvifere după cum urmează :

— Orizontul acvifer din culcușul stratului C de cărbune în zona de nord de valea Ghelmegioaia sau din culcușul stratului A de cărbune în perimetrele de la sud de această vale;

— Complexul acvifer din intervalul stratelor C(A) — I de cărbuni ;

— Complexul acvifer din intervalul str. I — str. IV de cărbuni.

Această partajare pe verticală este eficientă, având în vedere că orizonturile acvifere respective determină în mod selectiv condițiile hidrogeologice ale principalelor strate de cărbuni.

Întrucît extensiunea stratelor de nisipuri de deasupra cărbunelui se restringe în general la ariile dealurilor, volumul de date hidrogeologice existent pentru acest orizont permeabil nu este suficient pentru simularea matematică a acviferelor respective.

Orizontul acvifer din culcușul stratului C(A) de cărbune se dezvoltă în baza complexului cărbunos și se extinde pînă la limita D/P, avînd grosimi care ating 80—110 m în perimetru Izvorul Aneștilor-Livezile și 50—90 m în zona Husnicioara. În sectoarele sudice și centrale ale perimetrlui Husnicioara, orizontul nisipos a fost interceptat pe adîncimi de 60—75 m.

Întrucît stratul C de cărbune, practic se efilează la nord de Valea Hușnița, orizontul nisipos din intervalul C—A și acela din culcușul lui C se unifică, generînd astfel un acvifer singular.

Pentru caracterizarea capacitatei de filtrare a nisipurilor vom analiza distribuția transmisivității pe ansamblul regiunii. Acest parametru hidrofizic s-a estimat în zona fiecărui foraj, considerîndu-se o variabilă în plan orizontal, în tot cîmpul perimetrelor (Crăciun, 1977, 1978). Determinarea transmisivității s-a efectuat pentru două cazuri distincte. Primul caz și cel mai frecvent, se referă la utilizarea diagramei semilogaritmice de restabilire a nivelului piezometric în sonde, la finele perioadei de pompăre. Acest procedeu s-a utilizat la acviferele care au fost testate prin extragere continuă de debite. Diagramele întocmite reprezintă graficele relației analitice binecunoscute (Gheorghie, 1973).

$$S_{t_0+t} = \frac{0,183}{T} \times Q \lg(1 + t_0/t) \quad (1)$$

În relația (1), S_{t_0+t} reprezintă denivelarea la momentul t de la oprirea pompării, t_0 este durata pompării care precede procesul de restabilire a presiunii inițiale a stratului, Q este debitul (constant), extras în timpul pompării (m^3/zi). T reprezintă transmisivitatea acviferului (m^2/zi).

O par din diagramele transmisivității pentru orizontul din baza Dacianului sunt prezentate în planșa III, în care sunt cuprinse numai punctele forage unde s-a dispus de măsurători concludente.



Un al doilea caz, întlnit mult mai rar, se referă la sondele unde datorită capacitatei de debitare foarte redusă a acviferelor testate, procesul de refacere a presiunii de strat a fost ajutat printr-o realimentare din afară, cu volume de apă înregistrate (Vasilescu și Dragomirescu, 1966). În aceste cazuri pentru estimarea transmisivității s-a aplicat metoda lui Ferris și Knowles (1963). Procedeul amintit pornește de la legea de mișcare a unui curent subteran către un foraj și prin considerații asupra volumelor de apă introduse și a regimului nestaționar creat, după acest moment se ajunge la relația :

$$S = \frac{V}{4\pi T} \frac{1}{t} \quad (2)$$

unde :

S = denivelarea reziduală, după injectarea apei (m);

V = volumul de apă extras sau injectat înainte de a se trece la observații de nivel (m^3);

t = timpul scurs, de la mijlocul perioadei de injectare a apei pînă la momentul măsurării nivelului apei, în perioada procesului de restabilire a echilibrului inițial (S).

Transmisivitatea în jurul forajului în procesul refacerii presiunii devine constantă începînd de la un moment cînd nivelul piezometric este superior acoperișului acviferului. De aici rezultă că relația (2) are un caracter aproximativ linear, între mărimele S și $1/t$, pentru o perioadă succedînd stadiului inițial de revenire.

Bazat pe această relație datele de măsurători s-au reprezentat grafic în coordonate S și $1/t$.

Analizînd variația transmisivității se constată un grad de neomogenitate foarte ridicat pentru nisipurile de sub stratul C de cărbune. Astfel, în bazinul Hușnișei, valori reduse ale transmisivității ($0,7 - 5 m^2/zi$) se constată în sectoare nordice și sud-vestice, iar ceva mai mari în nord-estul zonei. În zona de la sud de valea Ghelmegioaia, valori scăzute, în jur de $1 m^2/zi$ apar în partea vestică, valori maxime de $15 m^2/zi$ în sectorul median și intermediare de $3 - 5 m^2/zi$, spre marginea estică a regiunii.

Complexul acvifer din intervalul stratelor C(A) și I de cărbuni, este alcătuit din 2 la 4 strate de nisipuri, care privite în spațiu tridimensional nu pot apărea complet izolate pe ansamblul regiunii. Legături hidrodinamice între două strate de nisipuri învecinate pot să existe ca urmare a variațiilor gradate de litofacies în direcții laterale. În felul acesta pe anumite sectoare este posibil ca presiunile hidrodinamice să se echilibreze pentru două strate de nisipuri vecine, aflate în intercomunicare hidraulică.

În zona Husnicioara, bancul inferior de nisip se suprapune peste o argilă compactă de cîțiva metri grosime situată imediat peste stratul C de cărbune. În condiții aproape similare se găsește și bancul superior de nisip. Totuși local acesta ia contact direct cu stratul I de cărbune, de unde deducem că presiunea hidrodinamică dată de acvifer în această situație, se exercită nemijlocit asupra cărbunelui I.



În perimetru Izvorul Aneștilor-Livezile, orizontul acvifer din intervalul str. C.—str. I este constituit în general dintr-un strat de nisip cu grosimi variind între 5—28 m. Pe alocuri, complexul acvifer este alcătuit din două strate de nisipuri. În acest perimetru, în acoperișul acviferului, nisipurile iau contact aproape direct cu cărbunele I, cu mici excepții, unde se interpune o intercalație subțire de argilă compactă.

Examinînd valorile transmisivității estimate cu ajutorul metodelor grafoanalitice descrise mai înainte, se constată o neuniformitate plană a capacitatii acvifere pe întreg cuprinsul regiunii valea Hușniței — valea Blahniței. În majoritate, aceste valori sunt de ordinul unităților sau chiar subunitare ceea ce indică o capacitate de filtrare foarte redusă a nisipurilor respective. Transmisivități mai ridicate se întâlnesc în sectoare izolate în nordul perimetrlui Husnicioara și imediat la sud de valea Ghemegioaia.

În intervalul litologic dintre stratele I la IV de cărbuni apar 1—4 orizonturi nisipoase, cel mai frecvent întâlnindu-se 2—3 bancuri, iar pe alocuri apare și un singur strat de nisip. Această ultimă situație se întâlnește în sud-vestul Husnicioarei și al perimetrlului Izvorul Aneștilor, precum și la est de valea Blahniței. Valorile transmisivității calculate în amplasamentele forajelor au un caracter destul de neuniform în cadrul regiunii. Astfel, în zona Husnicioara, ea variază de la 0,5 m²/zi în sud-vestul perimetrlui pînă la 45 m²/zi în partea central-nordică, unde se constată o îngroșare a nisipurilor. La sud de valea Ghemegioaia se poate separa un sector cu potențial foarte slab, respectiv cu transmisivități de 0,5—5 m²/zi (la nord de valea Gîrnița), iar în rest, transmisivitatea variază în intervalul 5—20 m²/zi. Nivelele piezometricice măsurate în sonde se găsesc între 212 m și 250 m în perimetru Husnicioara și 185—240 m la sud de Prunișor-Ghemegioaia.

Prezentarea metodei de analiză a dinamicii acviferelor și a rezultatelor obținute

Din examinarea caracterelor orizonturilor acvifere din formațiunea purtătoare de lignit (Dacian-Romanian) a rezultat că cele trei complexe acvifere descrise mai sus se pot trata în mod separat, datorită individualizării lor în cea mai mare parte a regiunii.

Analiza acviferelor prin intermediul modelării numerice presupune cunoașterea transmisivității într-un număr satisfăcător de puncte din interiorul domeniului și a sarcinii hidrodinamice sau a fluxului de fluid pe conturul domeniului de studiu.

Fundamentarea teoretică a simulării dinamicii acviferelor derivă din luarea în considerație a legii de mișcare a apelor subterane în medii granulare combinată cu condițiile pe conturul domeniului și avînd ca suport fizic distribuția transmisivității pe întreg arealul regiunii.

Scrisă sub formă diferențială ecuația bilanțului hidrogeologic, pentru un subdomeniu plan din regiune, are următoarea expresie :

$$Q(x, y) = \frac{\partial}{\partial x} \left(T(x, y) \frac{\partial H(x, y)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T(x, y) \frac{\partial H(x, y)}{\partial y} \right) \quad (3)$$



unde :

$Q(x, y)$ reprezintă debite de apă extrase sau injectate în diferite puncte din interiorul domeniului,

— $T(x, y)$ este valoarea transmisivității în interiorul regiunii,

— $H(x, y)$ reprezintă sarcina hidrodinamică a acviferului exprimată în cote piezometrice.

Condițiile la limită asociate ecuației (3) constau din două relații de contur : prima se referă la sarcina hidrodinamică exprimată de relația $H(x, y) = \text{constant}$ pe contur și a doua la fluxul hidrodinamic transversal pe marginea domeniului care se presupune a fi nul, adică $\frac{\partial H(x, y)}{\partial n} = 0$ (n , normală la contur).

Condiția a doua exprimă faptul că pe porțiunea de contur corespăztoare, acviferul vine în contact cu un depozit impermeabil.

Pentru rezolvarea numerică a problemei enunțate s-a utilizat un program automat GEOH scris în FORTRAN IV având funcția de a calcula distribuția cotelor piezometrice $H(x, y)$ într-o rețea rectangulară de puncte (în particular 600 puncte) și de a trasa hidroizopiezele pe întreg cuprinsul perimetrlui (Crăciun, 1978).

Pentru compararea rezultatelor privind piezometria acviferelor, același proces fizic a fost simulață cu ajutorul modelării analogice plane (Crăciun, 1977, 1978). Se constată o asemănare satisfăcătoare a celor două categorii de imagini hidropiezometrice.

Pe secțiunea hidrogeologică întocmită am figurat (pl. II), din punct de vedere litologic, stratele de cărbuni și nisipurile pentru care s-a realizat modelarea numerică. În completare s-au trasat nivelele piezometrice corespunzătoare celor trei complexe acvifere studiate, în concordanță cu hărțile piezometrice.

Analizând imaginea suprafețelor piezometrice și a poziției lor față de stratele de cărbuni, putem trage cîteva concluzii asupra hidrogeologiei complexelor nisipoase și implicațiilor ce le au asupra straturilor de lignit (pl. I, II).

Distribuția izoliniilor pe harta hidropiezometrică a orizontului acvifer inferior (substrat C de cărbune) indică o direcție generală de curgere NW—SE cu o schimbare către sud în sectorul Prunișor-Dragostești. Frevența curbelor este aproape omogenă, separîndu-se totuși sectorul sud-vestic unde izoliniile sunt mai rare, corespunzînd unui gradient hidrodinamic de 1,5 %. Se observă că variația cotelor piezometrice este cuprinsă între 161—176 m (pl. I).

Referitor la poziția suprafeței piezometrice a acviferului inferior, putem considera că aproape pe întreg perimetrul, stratul A de cărbune se află sub presiunea acestui acvifer. Presiunile cele mai mari se găsesc în sectoarele sudice și estice ale zonei, unde de fapt și structura coboară în general cu pante mai mari decît gradienții hidraulici ai orizontului acvifer inferior. Sub acest aspect, condițiile hidrogeologice ale stratului A de cărbune în zona Izvorul Aneștilor-Prunișor au un grad de dificultate mai ridicat decît stratul C în zona Husnicioara. Față de stratele de cărbuni, nivelul piezometric se plasează în acoperișul stratului A de că-



bune în sectoarele nordice și nord-vestice și în acoperișul stratului I de cărbune în rest.

Pe harta piezometrică a complexului acvifer din intervalul stratul C – stratul I cărbune, alura generală a izopiezelor arată o drenare de la vest către est în perimetru Husnicioara și în direcție sud-estică în sectorul estic al regiunii. Privitor la distribuția izolinilor, se remarcă o îndesire în partea nord-vestică și vestică a regiunii, respectiv gradienți hidraulici ridicăți și o aplatizare a suprafeței piezometrice în estul zonei. Așa cum reflectă secțiunile hidrogeologice, poziția suprafeței piezometrice a acviferului este superioară celei date de orizontul acvifer inferior. Se constată o tendință de apropiere a nivalelor piezometrice în direcțiile sud și est, deci în direcțiile de drenare a acviferelor (pl. I, II).

În ceea ce privește complexul acvifer superior se observă gradienți hidraulici ridicăți ($\approx 10\%$) în sectoare nord-vestice și mai scăzuți ($\approx 1,5\%$) în partea sud-estică și în sudul regiunii.

Suprafața piezometrică a complexului acvifer superior se situează deasupra stratului IV de cărbune în părțile nord-estică și vestică ale perimetrului Husnicioara, la distanțe reduse de acoperișul acestuia. În zona Izvorul Aneștilor-Livezile, nivelul piezometric ca rezultantă a acviferelor individuale, se plasează în culcușul apropiat al cărbunelui IV. Spre sud-est, stratul de cărbune coboară mai repede decât pantă piezometrică, suportind astfel subpresiuni din ce în ce mai mari.

Făcând o comparație între cele trei komplexe acvifere modelate, se constată că suprafețele piezometrice se dispun concordant cu superpoziția stratelor de nisipuri, în sensul că stratele de nisipuri superioare au și nivale piezometrice mai ridicate, în raport cu complexul inferior.

În ceea ce privește dinamica acviferelor se observă că aceasta este lentă în complexul inferior și mai activă în orizonturile acvifere superioare. Acviferele din complexul superior prezintă modificări ale morfologiei suprafeței piezometrice determinate de diferențieri în capacitatea de transmitere hidraulică a nisipurilor, precum și de poziția structurală a acestora.

BIBLIOGRAFIE

- Crăciun P. (1977) Studiu hidrogeologic pe modele analogice în zona bazinului carbonifer Husnicioara. Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- (1978) Studiu hidrogeologic pe modele analogice și matematice în zona zăcământului de lignit Izvorul Aneștilor-Prunișor. Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Ferris I., Knowles D. (1963) The slug-injection test for estimating the coefficient of transmissibility of an aquifer, in Bentall R., *Methods of Determining Permeability, Transmissibility and Drawdown. Geological Survey Water-Supply Paper 1536-I*, pag. 299–304.
- Feru M., Goliată N., Serbanescu V. (1963) Prospecțiuni hidrogeologice pentru cărbuni, în zona Coșuștea-Husnicioara. Raport, arhiva Întreprinderii de prospecțiuni geologice și geofizice, București.



- Găină S. (1966) Raport geologic de sinteză cu situația rezervelor de lignit determinate prin lucrările de prospecțiune și explorare executate în zona Husnicioara, regiunea Oltenia în anii 1962–1966. Raport, arhiva Întreprinderii de foraje și lucrări geologice speciale, București.
- Gheorghe A.I. (1973) Prelucrarea și sinteza datelor hidrogeologice. Editura tehnică, București.
- Ghenea C., Ghenea A. (1981) Cercetări geologice și hidrogeologice în regiunea Turnu Severin–Izvoarele–Vînju Mare. Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Vamvu V., Marin Gh. (1976) Cercetări hidrogeologice executate în zona Husnicioara, jud. Mehedinți în anii 1975–1976. Raport, arhiva Întreprinderii de foraje și lucrări geologice speciale, București.
- Vasilescu G., Dragomirescu C. (1966). Cercetări hidrogeologice în zona Husnicioara. Raport, arhiva Întreprinderii de foraje și lucrări geologice speciale.

CERTAINS RÉSULTATS DE LA SIMULATION DES AQUIFÈRES DU BASSIN DE HUŞNIȚA

(Résumé)

Dans la région entre la vallée de Huşnița et la vallée de Blârnița (parti ouest d'Olténie) dans les formations pliocènes contenant de lignite se sont développés quatre complexes aquifères. Ces complexes ont été séparés selon leur position envers les principales couches de lignite. Pour analyser la dynamique des courants aquifères de la zone du gisement de lignite on a employé le modèle numérique des trois complexes aquifères suivants : le complexe inférieur situé sous la couche C ou A de charbon, le complexe moyen contenant les sables aquifères entre la couche C(A) et la couche I de charbon et le complexe supérieur développé entre les couches I et IV de charbons.

À l'aide du modèle numérique on a obtenu une image détaillée de la distribution des niveaux piézométriques pour chaque complexe aquifère, qui offre les éléments essentiels concernant les conditions de gisement des couches de charbons.

L'aquifère le plus important de la zone s'est formé dans les sables de la base du Dacien dont le niveau piézométrique est situé soit au dessus de la couche C de charbon, dans les zones est et sud, soit sous ce charbon, dans les secteurs ouest.

En ce qui concerne les couches I et IV de charbons, chacune d'entre elles supporte dans les zones est et sud des pressions hydrostatiques réduites données par l'aquifère de son lit. En faisant une comparaison entre les trois complexes aquifères on constate que les surfaces piézométriques respectives sont disposées en concordance avec la superposition des couches de sables, dans lesquelles elles sont formées.

Quant à la dynamique des aquifères, elle est lente pour le complexe inférieur et plus active dans les horizons aquifères supérieurs.



EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I

Carte piézométrique du complexe aquifère du lit de la couche de charbon C(A) et du complexe aquifère situé entre les couches de charbon C et I. Zone située entre la vallée de Huşnița et la vallée de Blahnița (ouest d'Olténie).

1, hydroïsopière de 170 m pour le complexe aquifère C(A) ; 2, hydroïsopière de 190 m pour le complexe aquifère situé entre les couches de charbon C et I ; 3, forage hydrogéologique exécuté ; 4, section hydrogéologique.

Planche II

Sections hydrogéologiques dans les formations pliocènes de lignite situées entre la vallée de Huşnița et la vallée de Blahnița (ouest d'Olténie).

Dacien-Romanien. 1, sables fins et moyens ; 2, argiles compactes faiblement sableuses ; 3, lignite. Ponțien 4, marnes compactes ; 5, niveau piézométrique du complexe aquifère de l'inter-valle de couches de charbons I — IV ; 6 niveau piézométrique du complexe aquifère de l'inter-valle des couches de charbons C(A) — I ; 7, niveau piézométrique de l'aquifère du lit de la couche de charbon C(A) ; 8, forage hydrogéologique ; 9, forage d'exploration pour les lignites.

Planche III

Diagrammes de la remontée pour le calcul de la transmissivité — zone de Huşnicioara,





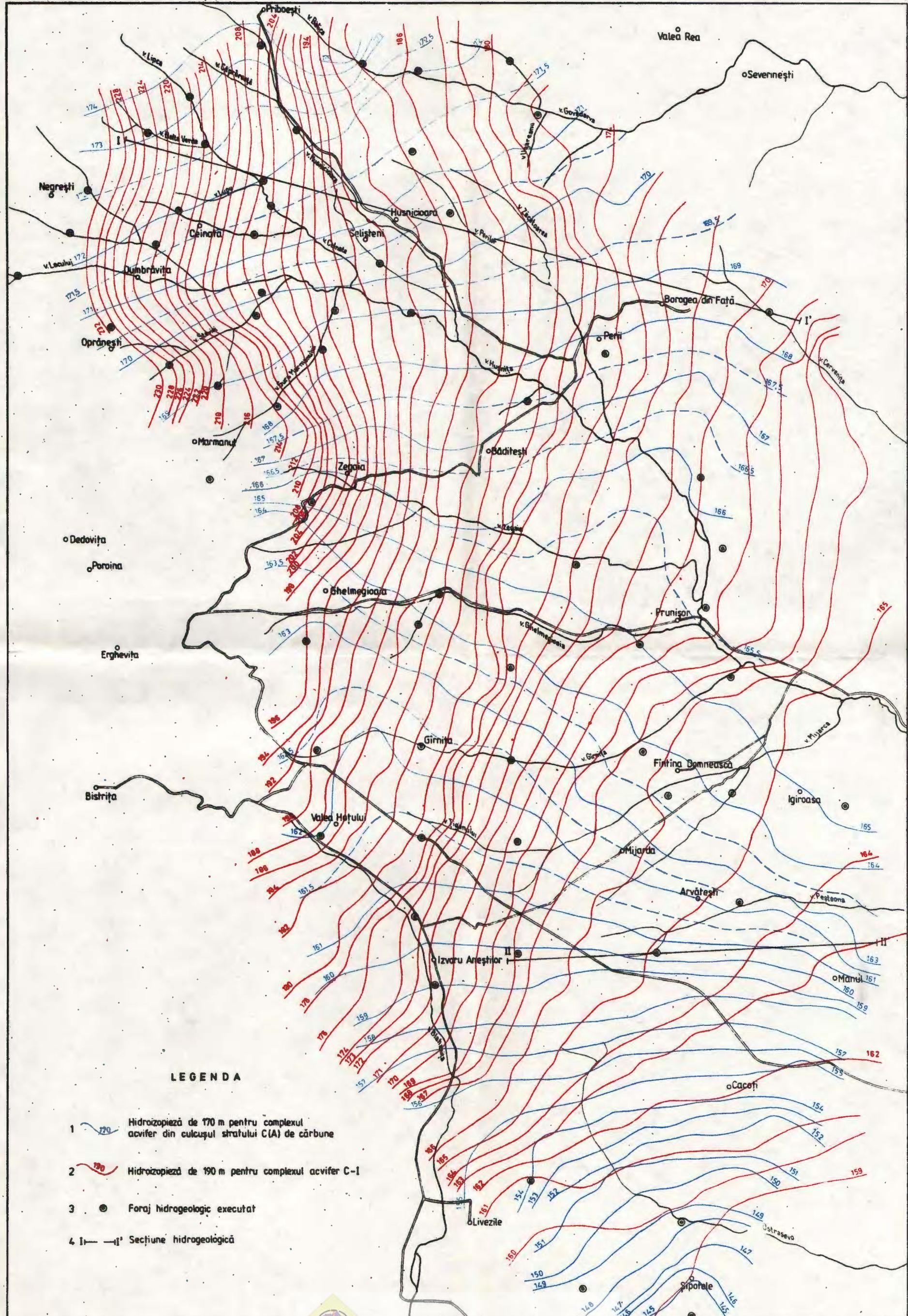
Institutul Geologic al României

**HARTA PIEZOMETRICĂ A COMPLEXELOR ACVIFERE DIN
CULCUSUL STRATULUI C(A) DE CĂRBUNE ȘI DINTRE STRATELE C-I DE CĂRBUNI
ZONA DINTRE VALEA HUȘNIȚEI - VALEA BLAHNIȚEI (VESTUL OLȚENIEI)**

0 1 2 km

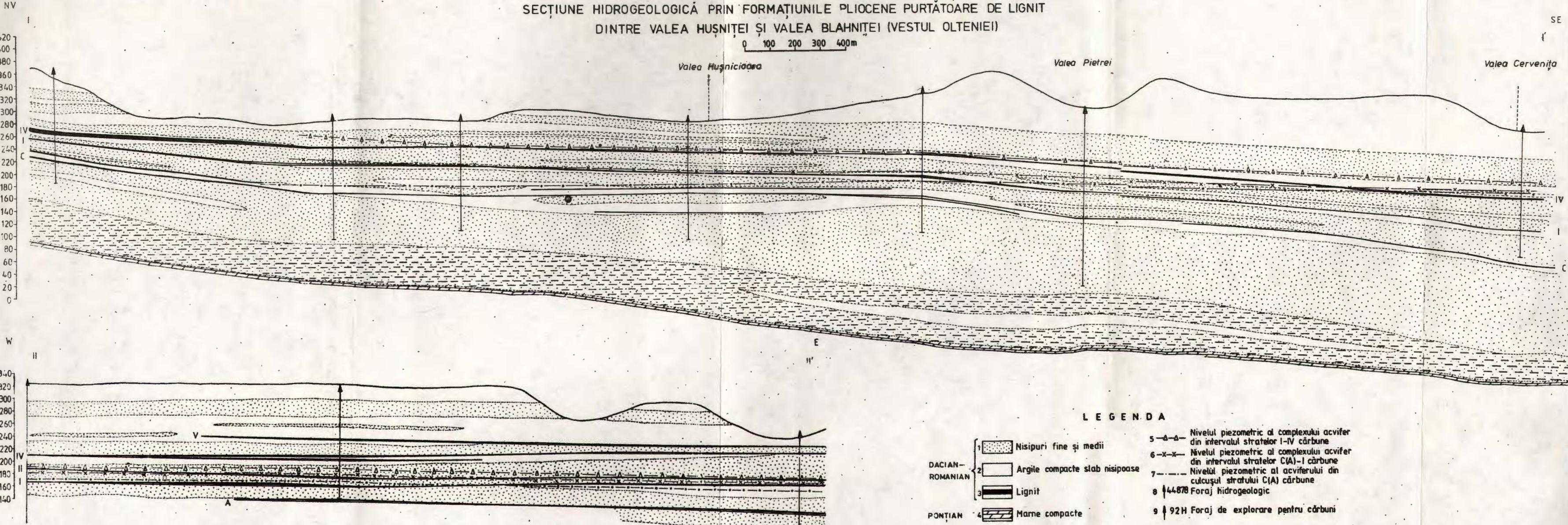
PI. I

P. CRĂCIUN. Simulație acvifelor din bazin Hușniței



SECȚIUNE HIDROGEOLOGICĂ PRIN FORMAȚIUNILE PLIOCENE PURTĂTOARE DE LIGNIT
DINTRE VALEA HUȘNIȚEI ȘI VALEA BLAHNIȚEI (VESTUL OLȚENIEI)

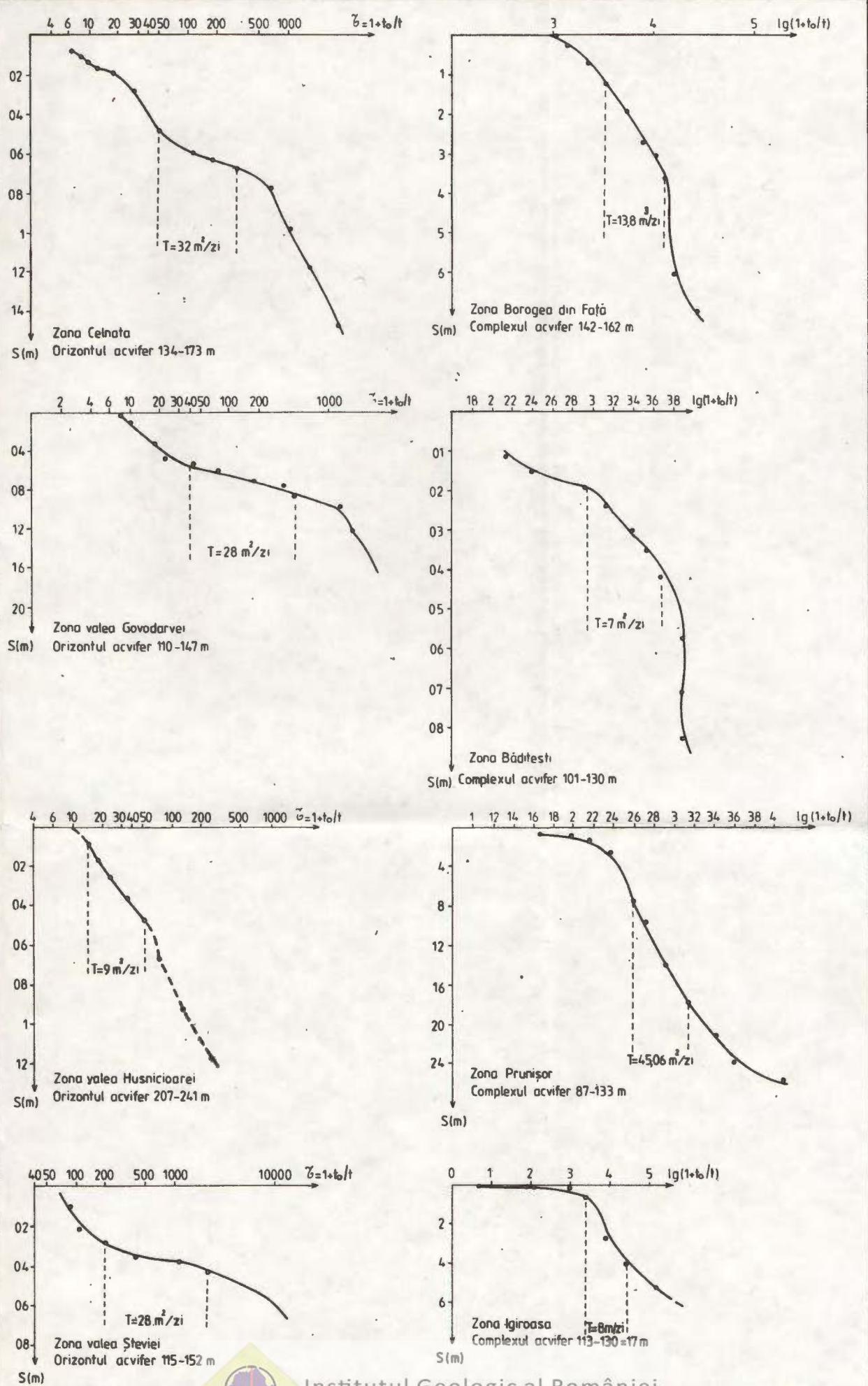
0 100 200 300 400m



**DIAGRAME DE REVENIRE PENTRU CALCULUL TRANSMISIVITĂȚII
ZONA HUSNICOARĂ**

P. CRĂCIUN. Simularea acviferelor din bozini Hușniței

Pl. III



**CONDITIILE HIDROGEOLOGICE ALE ZĂCĂMINTULUI
HIDROMINERAL DE LA CĂLIMĂNEȘTI-COZIA
JUDEȚUL VÎLCEA¹**

DE

NATALIA GOLIȚĂ², EUGEN GOLIȚĂ²

Regional hydrogeology. Mineral waters. Aquifers. Hydrochemistry. Geotherm. Rational water exploitation. South Carpathians. Sedimentary Getic Domain. Vînturarița; Southern Subcarpathian zone. The Argeș Hillocks.

Abstract

Hydrogeological Conditions of the Mineral Water Reservoir in the Călimănești—Cozia Zone, Vîlcea District. The study made in the period 1974—1975 allowed the authors to establish the hydrogeological conditions of the reservoir, namely the dynamics and genesis of mineral waters on which their optimum utilization depends; these conditions are established taking into account the knowledge of the geological-structural elements and by a time and spatial study of the physical constants (temperature) as well as of the peculiarities displayed by the chemical composition of the mineral water sources in the Călimănești — Căciulata spa zone. At the same time, the thermal agent is indicated on the basis of the temperature distribution as well as the sectors where it manifests its effect has impact on the rational exploitation of the thermomineral waters. At the end, recommendations concerning the rational exploitation of the reservoir are made.

Lucrarea de față se bazează pe cercetările efectuate de noi în anii 1974—1977.

Existența apelor minerale și termale din zona văii Oltului a fost semnalată încă de pe vremea romanilor (anul 101 e.n.) care utilizau aceste ape în termele construite la Castrul Arutela de pe malul stâng al Oltului la Bivoliți. Primele informații scrise datează din anul 1827 cînd C. Mercier citează în „Curierul Românesc” sursele de la Călimănești, iar cel

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Întreprinderea geologică de prospecționi pentru substanțe minerale solide, str. Caransebeș nr. 1, 78344 București, 32.



dintii studiu privitor la apele minerale din zonă a fost întreprins de Gr. Cobălcescu (1887), care remarcă existența unui zăcămînt hidromineral unitar, de care sunt legate atît aparițiile de ape minerale de la Călimănești-Căciulata cît și cele de la Olănești, explicind originea și mineralizarea acestor ape, exclusiv pe seama unor procese chimice de dizolvare ce s-ar produce în interiorul conglomeratelor eocene.

D. Tuduri (1901) semnalează prezența a 32 surse, amintind că izvorul N. Golescu (actualul izvor I Căciulata), era utilizat încă din 1849.

Petrescu (1949) execută analiza chimică completă a apei „Putului de la Căciulata” cu care ocazie face o descriere sumară a modului de captare a apei și unele considerații privind originea acesteia.

Un an mai tîrziu Grozescu (1950) prezintă într-un memoriu geologic-hidrogeologic situația surselor minerale din zona Călimănești-Căciulata-Bivolari, pe fondul geologic-tectonic al regiunii.

În 1952 Niculescu aduce unele precizări privind poziția izvoarelor, chimismul lor general și temperatura sursei de la Bivolari.

Ulterior, în 1962 Papiu et al. au elaborat un studiu geoelectric la Bivolari, care tratează probleme privind existența și exploatarea apelor termale.

În 1964 Liteanu et al. emit o serie de considerații asupra existenței apelor termo-minerale în zona Căciulata, puse în evidență prin săparea forajului IFLGS-1003.

Nedelecu (1967), în studiul pentru instalairea perimetrului de protecție hidrogeologică a stațiunii Călimănești-Căciulata, consideră mineralizația apei și hidrogenul sulfurat ca rezultat al dizolvării compușilor minerali existenți în mediul înconjurător, iar încălzirea apei o pune pe seama gradientului geotermic sau datorită radioactivității rocilor acide.

Florian et al. (1969-1972), în studiul hidrogeologic al apelor minerale de la Cozia, prezintă date referitoare la forajele hidrogeologice executate în această zonă.

Simion et al. (1969, 1970, 1971), cu ocazia efectuării unor prospecțiuni hidrogeologice pentru hidrocarburi pe Valea Oltului, semnalând prezența indicatorilor direcți ai hidrocarburilor (hidrocarburi gazoase, fenoli și acizi naftenici) și luînd în considerare chimismul apelor minerale, își exprimă părerea că acestea primesc un aport de ape de zăcămînt. Hidrogenul sulfurat îl consideră provenind din reducerea sulfatilor în prezența materiei organice.

Această concepție este menționată și de Pricăjan în lucrarea „Apele minerale și termale din România” (1972).

Stațiunea Călimănești-Căciulata se situează în partea sudică a Carpaților Meridionali centrali, pe valea rîului Olt, pe teritoriul orașului Călimănești, județul Vilcea și dispune de peste 40 de surse minerale ale căror amplasamente și caracteristici sunt figurate pe hartă (fig. 1).

La alcătuirea geologică a zonei iau parte formațiuni cristalofiliene și depozite sedimentare aparținind extremității nordice a depresiunii getice. Formațiunile cristalofiliene, reprezentate prin seriile de Lotru și Cozia, formează culmea Cozia și fundamentul depresiunii getice. Asupra caracteristicilor lor structural-tectonice există două ipoteze. Conform uneia dintre ele, susținută de majoritatea geologilor, cristalinul Coziei repre-



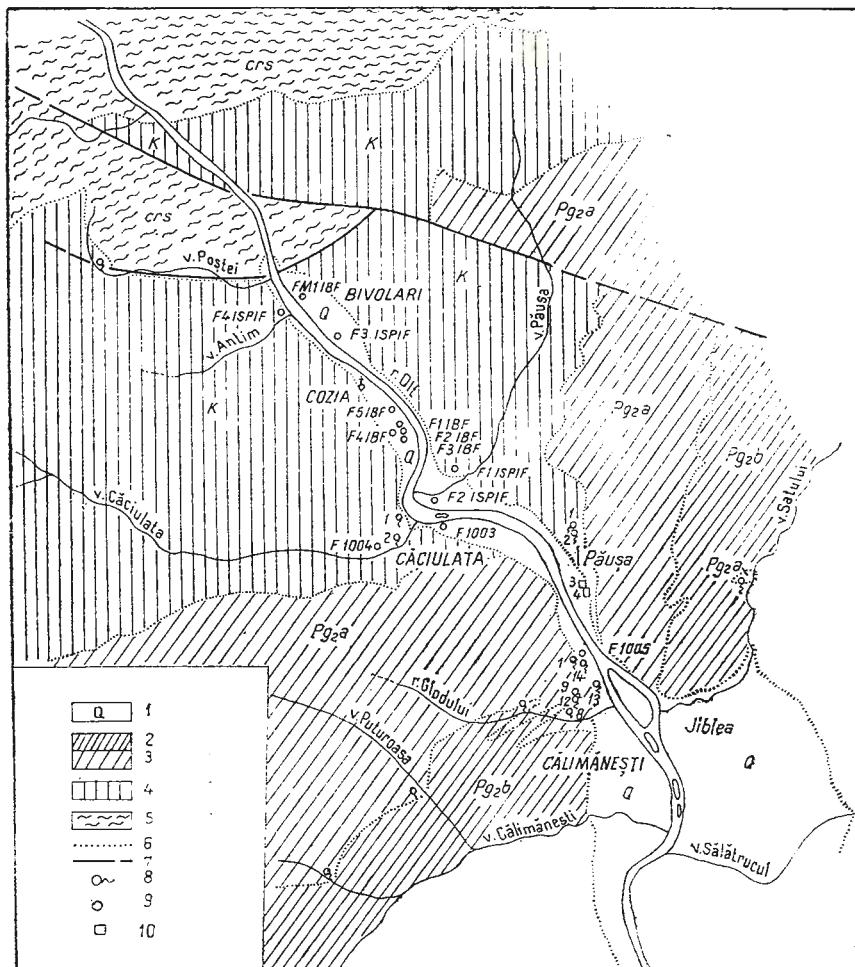


Fig. 1. — Harta distribuției surselor de ape minerale de la Călimănești-Cozia.

1, Cuaternar (aluvioni); 2, Eocen mediu (marnos); 3, Eocen inferior (conglomerate); 4, Senonian; 5, cristalin; 6, limită geologică; 7, faliie; 8, izvor; 9, foraj; 10, puț.

Carte de la distribution des sources des eaux minérales de Călimănești Cozia.

1, Quaternaire (alluvions) 2, Éocène moyen (marneux); 3, Éocène inférieur (conglomérats); 4, Sénonien; 5, roches cristallines; 6, limite géologique; 7, faille; 8, source; 9, forage; 10, puits.

zintă prelungirea spre est a pînzei getice, care suferă o scufundare treptată spre sud-est și sud. Cealaltă ipoteză (Boțeza tu, 1950) luînd în considerare particularitățile graviometrice ale regiunii, susține că gnaisul de Cozia ar constitui o cutare a fundamentului care leagă masivul de la vest de Olt cu cel din valea Dîmboviței.

Depozitele sedimentare aparțin Cretacicului superior (Senonian), reprezentat printr-un facies psamo-pseficic (strate de Turnu) și unul psamo-pelitic (strate de Căciulata) (Popescu, 1974), Eocenului, constituit din două unități litologice bine distințe, orizontul conglomeratic și orizontul marnos și Cuaternarului căruia i se atribuie depozitele aluvionare ale teraselor și luncilor și cele deluvial-proluviale.

Depozitele sedimentare sunt dispuse monoclinal pe direcția NNW-SSE cu căderi care oscilează între 15° și 35° , mai pronunțate în apropierea ramei cristalinului. Structura monoclinală este ușor deranjată de cîteva ondulații cu valoare locală, ca cele sesizate în depozitele senoniene de la nord de valea Căciulata.

O caracteristică a sedimentarului din zonă, cu deosebite implicații de ordin hidrogeologic, o constituie faptul că depozitele sunt afectate de numeroase fisuri și falii, puse în evidență prin observații directe pe teren, cercetări geofizice și analize fotogeologice. Astfel, ca urmare a cercetărilor geologice a fost stabilită fală regională Brezoi-Turnu Roșu-Păușa și fală din valea Poștei care aduce în contact aproape vertical cristalinul cu Senonianul.

Studiile eletrometrice (Vîjdea, 1962; Veličiu Dană 1969) efectuate în zonele Bivolari, valea Poștei și Căciulata, au semnalat existența unor gradienți ridicați ai potențialului electric natural ceea ce a fost interpretat ca fiind efectul existenței unor falii.

În fine, analiza fotogeologică a zonei (Drăghindă, 1974) a evidențiat numeroase deranjamente rupturale reprezentate prin falii și fisuri cu diverse orientări, care afectează formațiunile geologice, conferindu-le particularități tectonice deosebit de complexe.

Condițiile hidrogeologice generale

Observațiile noastre, coroborate cu datele furnizate de foraje, au permis aprecierea particularităților de comportare hidrogeologică a formațiunilor geologice care iau parte la alcătuirea zonei, așa cum vor fi prezentate în cele ce urmează.

Prezența apei în formațiunile cristalofiliene este confirmată pe de o parte de numeroase izvoare, iar pe de altă parte de forajele executate în cadrul studiilor ocasionate de amenajările hidroenergetice de pe valea Oltului. Dat fiind, că rocile metamorfice nu dispun de o porozitate interstitială, circulația apei are loc pe căile oferite de fisuri, falii și goluri rezultate în urma proceselor de alterație fizico-chimică, care în ansamblu determină o permeabilitate în mare, capabilă să asigure o circulație permanentă și relativ activă, cu deosebire deasupra bazei locale de eroziune.

Faptul că manifestările de ape minerale din zonă sunt în totalitate legate de depozitele senoniene și eocene inferioare, demonstrează că acestea oferă condiții favorabile pentru circulația și înmagazinarea apei subterane. Caracterul consolidat al rocilor senoniene (gresii calcaroase, marne grezoase) și eocene, reduce însă la minimum porozitatea de tip interstitial astă incit circulația liberă a apei are loc practic pe sisteme de fisuri și falii deschise, care conferă ansamblului litologic o permeabilitate în mare. În sprijinul acestei considerații pledează concludent fisurile, oglinziile de frictiune, cavernele și depunerile secundare de calcit, remar-



cate pe carotele extrase din foraje. Diversitatea valorilor debitelor izvoarelor ($0,06 - 0,3 \text{ l/s}$) și ale debitelor specifice ale forajelor, variate de la un punct la altul și la adâncimi diferite (cuprinse între $0,008 - 6,0 \text{ l/s/m}$) reflectă, după părerea noastră, că sistemele de fisuri posedă un caracter pronunțat de neuniformitate al dezvoltării lor spațiale, ceea ce face foarte dificilă atât delimitarea cit și corelarea intervalor acvifere. De altfel, nici alcătuirea litologică a depozitelor nu face posibilă individualizarea unor orizonturi permeabile, dat fiind că pe de o parte intercalațiile de marne, prezente în partea superioară a depozitelor senoniene, au o dezvoltare discontinuă, iar pe de altă parte sunt insuficient de groase pentru a putea constitui strate impermeabile separatoare.

Depozitele eocene superioare (orizontul marnos) prin natura lor predominant pelitică, reprezintă practic un ecran impermeabil la partea superioară a complexului litologic senonian-eocen inferior, cu atât mai eficace cu cât grosimea lor depășește 1.000 m. Efectul de ecran este marcat de existența izvoarelor minerale de la Călimănești, care apar la contactul dintre conglomoratele și marnele eocene.

Concluzionind asupra celor arătate considerăm că întregul ansamblu litologic senonian-eocen inferior constituie un sistem acvifer unic, de tip fisural, limitat la suprafață, spre nord de șisturile cristaline și spre sud de orizontul marnos eocen. Dacă în profunzime extensiunea acestui acvifer este cunoscută pînă la adâncimea maximă investigată prin foraje de 1.250 m, spre vest și est nu avem informații în afara zonei văii Oltului. Trebuie să menționăm însă că asemănarea foarte pronunțată a condițiilor geologice-structurale și a chimismului apelor subterane din zona Călimănești-Căciulata cu cele de la Olănești, constituie un motiv pe baza căruia se poate admite cel puțin existența unor condiții hidrogeologice identice; n-ar fi exclus să avem de-a face cu unul și același zăcămînt acvifer (Feru, 1972).

Condițiile litologice și structurale ale depozitelor senoniene și eocene permit să afirmă că una din sursele de alimentare a acviferului o constituie apele meteorice (precipitații, rețeaua hidrografică) care se infiltrează pe suprafetele de aflorare sau sunt drenate din acumulările freatiche localizate în depozitele cuaternare (aluvioni, conuri de dejecție, deluvii). Chimismul și termatismul acviferului impun însă și admiterea unor aporturi din profunzime cu ape avînd particularități proprii și provenind din structurile hidrogeologice adiacente.

Chimismul și geneza apelor minerale

Din punct de vedere hidrochimic apele minerale din zona Călimănești-Căciulata se pot separa în trei grupe:

- ape clorurosodice, bromiodurate, sulfuroase, amoniacale cu concentrații de $1,5 - 28,8 \text{ g/l}$;
- ape bicarbonatate calcice, magneziene, iodurate, sulfuroase cu concentrații de $0,5 - 1,1 \text{ g/l}$;
- ape mixte (bicarbonatate-clorurate, sodice-calcice-magneziene, iodurate, sulfuroase, amoniacale, cu concentrații de $0,58 - 2,10 \text{ g/l}$).



În prima grupă se încadrează izvorul 1 Căciulata, izvoarele 4, 5, 6, 8, 9–12 bis, 13 Călimănești, izvoarele de pe pîriul Glod, pîriul Puturoasa și forajele I.B.F. Cozia (F. 1, F. 3, F. 4, F. 5), F.M. 1 - Bivolari, F.C. 3 I.S.P.H. — Cozia (valea Poștei), forajele I.S.P.I.F. F. 1, F.2-Păușa, F. 3-Bivolari, F.4-Cozia și forajele I.F.L.G.S. 1003 și 1004 Căciulata și 1005 Călimănești.

În cea de a doua grupă se încadrează izvorul 14 Călimănești, izvorul 2 Păușa, iar în cea de a treia, izvorul 2 Căciulata, izvorul 7 Călimănești, izvorul din valea Poștei, izvoarele 1, 3 și 4 Păușa, precum și forajul F.2 I.B.F.-Cozia.

Caracterul clorurosodic, prezența iodului, bromului, amoniului, a hidrocarburilor gazoase dizolvate, conținutul foarte redus de sulfati, constituie tot atîtea argumente în sprijinul concepției că apele minerale din zona Călimănești-Căciulata sunt de tipul apelor de zăcămînt. Comparația compoziției lor chimice cu cea a unor ape caracteristice de zăcămînt (provenind din sondele I.F.L.G.S. 614 Bunești și 610 Govora) (fig. 2 și tab. 1) demontreză că se poate de clar că suntem în prezența aceluiași tip de apă, dar cu grade diferite de diluare. Acest lucru apare și mai evident din examinarea distribuției diferenților ioni caracteristici. Constatarea conduce la ideea că apele minerale de la Călimănești-Căciulata sunt de fapt rezultatul unui amestec în proporții variabile de ape de tipul apelor de zăcămînt puternic mineralizate, cu ape de infiltratie, ceea ce explică și existența celor trei grupe hidrochimice arătate mai sus.

Prezența hidrocarburilor în apele minerale de la Călimănești-Căciulata, permite să se susțină că hidrogenul sulfurat, component caracteristic pentru acestea, are o origine biochimică, provenind din reducerea sulfatilor, ca urmare a activității bacteriene în condițiile asigurate de chimismul apelor de zăcămînt.

Ipoteza noastră a fost confirmată de cercetările efectuate între anii 1976–1977 de Institutul de biologie București în urma cărora s-a ajuns la concluzia că în marea majoritate a izvoarelor investigate sunt prezente bacterii sulfat reducătoare (anaerobe din genul *Clostridium*) care produc prin metabolism hidrogen sulfurat. Existența acestor bacterii indică prezența în apele minerale a unor substanțe organice (hidrocarburi).

Din examinarea modului de distribuție al concentrațiilor apelor minerale (fig. 3) se observă în general o creștere a mineralizației, pe de o parte odată cu adîncimea, iar pe de alta, odată cu apropierea de orizontul marnos eocen. În acest sens precizăm că apele cu cele mai ridicate concentrații se întâlnesc în forajul F. 1005 I.F.L.G.S. și izvoarele 6, 9–12 Călimănești și de pe valea Puturoasa, situate în imediata apropiere a contactului dintre orizontul conglomeratic și cel marnos de vîrstă eocenă.

Aceste constatări permit admiterea unei circulații ascendentă de ape puternic mineralizate, dinspre sud din structurile petrolifere ale Depresiunii Getice, care difuzează în apă subterană localizată în depozitele senoniene și eocene permeabile, printr-un proces de liftaj asigurat de migrarea hidrocarburilor gazoase. Neomogenitatea spațială a permeabilității colectorilor face ca pătrunderea apelor concentrate să fie inegală, ceea ce determină amestecuri foarte variate și explică de ce la aceeași adîncime în puncte diferite se întâlnesc ape cu mineralizații deosebite. Hidrocarburile gazoase, în alcătuirea cărora predomină metanul, reprezintă un factor



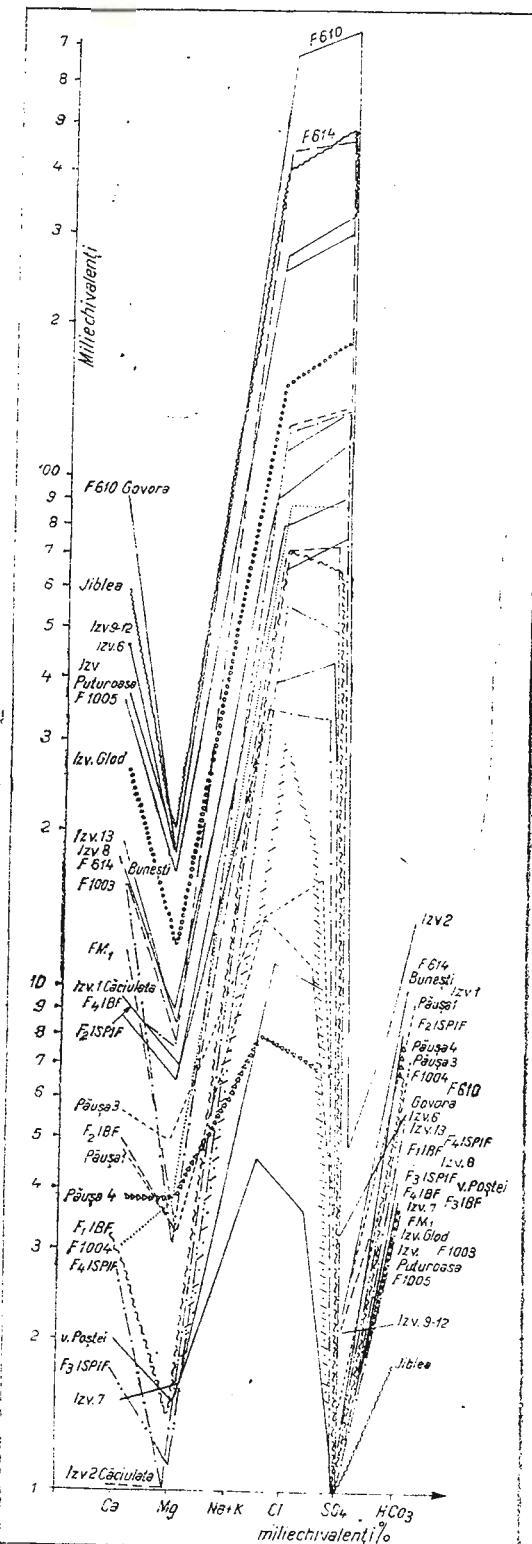


Fig. 2. -- Chimismul apelor minerale de la Călimănești-Cozia comparativ cu ape tipice de zăcăminte proveniente din F 610 Govora, F 614 Bunești.

Chimisme des eaux minérales de Călimănești-Cozia en comparaison avec les eaux typiques de gisement provenues de F 610 Govora, F 614 Bunești.

TABELE III. 1
Sursele de ape minere de la Călimănești - Căciulata și particurătilor lor fizico-chimice

Nr. crt.	S u r s a	Tipul sursei	Adinc. inter- acvif. explorată m	Temp. re- gim	Debit (re- gim)	Alin. tot. mg/l	Cl mg/l	Br g/l	I mg/l	C h i m i s t				Obs.
										SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	NH ₄ mg/l	H ₂ S mg/l	
1	Bivolară F.M ₁ -IBF	f	65—300	33	1,0	4.803	2.695	1,0	0,5	11,5	219,6	2,5	48,6	16,3 manif. gaze
2	Bivolară F ₃ -ISP IF	f	102—162	26	0,2	3.554	1.794	2,0	0,5	0,5	360,0	0,5	64,8	0,5
3	Cozia v. Poștei	i	—	12	0,001	1	0,047	356	abs	44,6	268,0	7,5	14,2	5,4
4	Cozia F.C ₃ -ISP II	f	0—80	15	0,06	5.451	3.829	9,0	1,0	16,2	48,8	3,0	68,8	1,4
5	Cozia F ₄ -ISP IF	f	2,53—2,52	25,5	0,60	2.480	1.498	urine	0,5	urine	341,0	1,0	28,3	0,2
6	Cozia F ₁ -IBF	f	570—890	41	1,92	5.769	3.191	4,0	1,0	7,7	293,0	1,5	81,0	2,0
7	Cozia F ₂ -IBF	f	25—41	13	0,28	1.254	1.52	urine	abs	40,3	641,0	abs	0,1	3,2 1971—IBF
8	Cozia F ₃ -IBF	f	222—300	23	0,11	4.572	2.551	5,0	5,0	9,6	329,0	1,0	40,5	0,7 manif. gaze
9	Cozia F ₄ -IBF	f	77—236	25,5	0,2	5.726	3.191	4,5	1,0	48,0	256,0	2,0	64,8	18,9
10	Cozia F ₆ -IBF	f	—	47	8,3	5.880	3.368	6,0	3,2	46,1	146,4	2,0	56,7	14,5
11	Căciulata izv. I	p	0—6	13	0,017	3.627	1.588	2,0	0,5	130,0	610,0	abs	abs	10,2 —
12	Căciulata izv. 2	p	0—2,93; 6	13,5	0,018	2.137	5,96	abs	0,4	urine	830,0	abs	urine	0,2 manif. gaze
13	Căciulata P. 1003	f	518—1198	54	7,3	8.470	4.879	5,0	10,0	15,4	219,0	5,0	70,8	26,2
14	Căciulata F.1004	f	825—1290	47	4,7	4.650	2.411	3,0	0,6	44,2	403,0	1,0	36,4	4,6
15	Păusa Izv. 1	i	—	17,5	0,005	1.566	390	abs	0,2	69,1	473	abs	8,1	29,1 —
16	Păusa Izv. 2	i	—	17,5	0,01	1.169	28	abs	abs	246	549	abs	abs	4,9 —
17	Păusa Izv. 3	p	—	12,5	—	1.608	567	abs	59,5	427	1,0	20,0	0,5	—
18	Păusa Izv. 4	p	—	12,5	—	1.145	248	abs	0,2	44,5	488	1,5	abs	10,0 —
19	Păusa F ₁ -ISP IF	f	116—227	13	0,83	1.650	4.04	urine	0,5	74	634	abs	4,2	23,8 —
20	Păusa F ₂ -ISP IF	f	70—275	13	0,03	8.552	4.801	5,0	1,0	urine	500	1,0	10,0	0,7 —
21	Călimănești Izv. 6	i	—	14	0,011	19.949	11.701	10,0	7,0	153	317	12,0	93,0	90,3 —
22	Călimănești Izv. 7	i	—	14	0,017	5.585	127	abs	0,1	15	244	1,0	abs	0,1 —
23	Călimănești Izv. 8	i	—	11,5	0,03	8.305	4.787	1,5	0,4	48	280,6	3,0	34,4	21,5 —
24—28	Călimănești Izv. 9—12	i	—	12,5	0,31	19.680	11.701	4,0	3,0	105	134	6,0	146	88,9 —
29	Călimănești Izv. 13	p	0—9,4	13	0,57	7.315	4.078	abs	0,5	7,7	366	15,0	36,4	56,1 —
30	Călimănești Izv. 14	f	35—89	13	0,025	562	21	abs	0,1	32,6	341	abs	abs	—
31	Călimănești P. Giord	i	—	11	0,01	11.279	6.595	4,0	2,5	69,0	219	4,0	73,0	46,9 —
32	Călimănești F.1005	f	700—1250	43	2,0	18.241	10.708	3,5	3,0	297	171	4,0	97,0	2,3 manif. gaze
33	Călimănești P.	p	—	14	0,3	18.064	10.638	5,0	2,0	173	183	8,0	121,0	86,0

i — izvor; f — foraj; p — put

Obs. pentru foraje debitele de regim reprezintă 2/3 din valoare obținute inițial prin pompare experimentale. Pentru izvoare debitele sunt reprezentate prin valoare medie rezultate în urma urmăririi lor în timp (campania 1974).



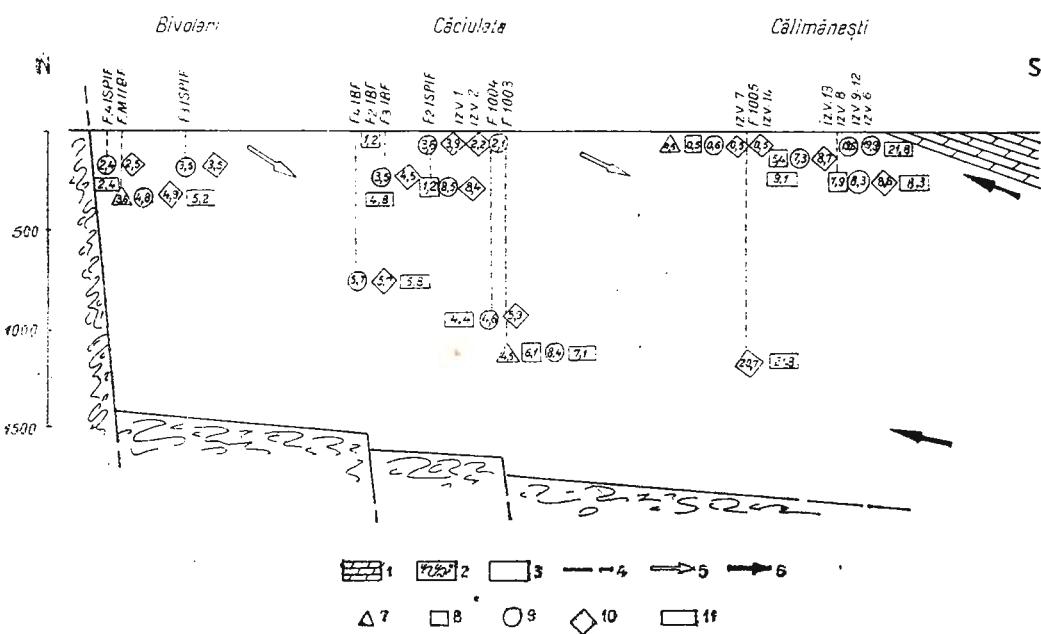


Fig. 3. — Schema distribuției și variațiilor în timp ale concentrațiilor apelor minerale în zăcămîntul de la Călimănești-Cozia.

1, Eocen marnos ; 2, Eocen conglomeratic + Senonian ; 3, cristalin; 4, fâlie; 5, direcție de circulație a apelor slab mineralizate (de infiltratie); 6, direcție de circulație a apelor concentrate (însoțite de hidrocarburi gazoase); 7, mineralizația în anul 1964—1965 (g/l); 8, mineralizația în anul 1971—1972 (g/l); 9, mineralizația în anul 1974 (g/l); 10, mineralizația în anul 1975 (g/l); 11, mineralizația în anul 1977 (g/l).

Schéma de la distribution et des variations dans le temps des concentrations des eaux minérales dans le gisement de Călimănești—Cozia. 1. Éocène marneux ; 2. Éocène conglomeratique + Sénonien ; 3. roches cristallines ; 4. faille ; 5. direction de circulation des eaux faiblement minéralisées (d'infiltration) ; 6. direction de circulation des eaux concentrées (accompagnées par des hydrocarbures gazeuses) ; 7, minéralisation au cours de l'année 1964—1965 (g/l) ; 8, minéralisation au cours de l'année 1971—1972 (g/l) ; 9 minéralisation au cours de l'année 1974 (g/l) ; 10, minéralisation au cours de l'année 1975 (g/l) ; 11, minéralisation au cours de l'année 1977 (g/l).

activ în dinamica apelor subterane, ele determinînd circulația ascensională a apelor cu precădere în zona de contact dintre orizontul conglomeratic și cel marnos eocen, ca urmare a faptului că acesta reprezintă calea cea mai scurtă de ieșire la zi. Gazele explică după părerea noastră și manifestarea arteziană a apelor din sonde, regimul lor de emisie fiind principala cauză a variațiilor în timp ale debitului și chimismului.

În legătură cu acest din urmă aspect trebuie subliniat faptul că examinarea evoluției în timp a chimismului surselor a condus la constatarea unor modificări ale gradului lor de mineralizare. Dacă la izvoare

variațiile sunt mai puțin evidente și datorate, indubitabil, influenței apelor meteorice, în sondele modificările produse sunt în sensul creșterii continuu a concentrațiilor apelor minerale (tab. 2, fig. 3).

TABELUL 2

Evoluția în timp a concentrației apelor minerale din foraje

Sursa	Data analizei	Mineralizația totală g/l
Bivolari FM ₁ – IBF	XI 1964 VII 1974 II 1975 1977	3,65 4,80 4,91 5,39
Căciulata F – 1003 – IFLGS	II 1965 III 1965 IV 1965 II 1972 VII 1974 1977	4,5 5,59 5,67 6,13 8,47 7,1
Căciulata F – 1004 – FLGS	VIII 1974 I 1975	4,64 5,30
Păușa F ₂ – ISPIF	V 1972 VII 1974 II 1975 1977	1,25 8,55 8,36 8,53
Călimănești F – 1005 – IFLGS	I 1975 II 1975 II 1975 1977	18,24 19,06 20,73 21,85

Un exemplu elovent îl constituie forajul 1003 I.F.L.G.S. la care în februarie 1965, dată la care a fost dat în exploatare, apa avea o mineralizație de 4,5 g/l, iar în iulie 1974 o concentrație de 8,4 g/l și în 1977 de 7,1 g/l. Explicăm această situație prin aceea că odată cu deschiderea și exploatarea zăcămîntului hidromineral printr-un mare număr de foraje, s-a accelerat circulația gazelor, ceea ce a produs antrenarea către suprafață a unor cantități sporite de ape de zăcămînt, modificînd în acest fel echilibrul preexistent în ceea ce privește proporția dintre apele dulci și cele mineralizate, în favoarea acestora din urmă. Fenomenul este cu atit mai accentuat cu cit forajul este mai adînc și amplasat mai aproape de sursa apelor puternic mineralizate și a gazelor. În această situație și ținînd cont de caracterul constant al aportului de apă dulce (din infiltrării) procesul menționat este ireversibil și cu timpul va avea reperecurșiuni și asupra surselor naturale în sensul creșterii concentrațiilor și posibil al schimbării



caracterului chimic, respectiv generalizarea caracterului clorurat. Fenomenul nu este de minimalizat, întrucât stațiunea Călimănești-Căciulata este profilată și pe cură internă, în care trebuie să se utilizeze ape cu mineralizații scăzute. În vederea menținerii profilului stațiunii se impune deci luarea unor măsuri pentru limitarea, dacă nu împiedicare, fenomenului de concentrare a apelor minerale la surse.

Tinând seama de cele arătate mai sus și de faptul că lucrările hidroenergetice proiectate a se executa pe Olt, ar putea influența într-un mod oarecare zăcămîntul de ape minerale, este necesară urmărirea în continuu a parametrilor tuturor surselor cel puțin un an după terminarea lucrărilor hidroenergetice.

Termalitatea apelor minerale

O altă particularitate a apelor minerale de la Călimănești-Căciulata este temperatura lor, ele prezentînd temperaturi cuprinse între 11—54°C. Sursele naturale nu prezintă temperaturi care să justifice încadrarea lor în categoria apelor termale propriu-zise, deși unele izvoare se apropie de condiția limită. În schimb aproape în toate forajele au fost întîlnite ape cu temperaturi de 23—54°C, ceea ce a făcut ca unele dintre ele să aibă deja utilizare în cură balneară (F₁—Cozia, F. 1003, F.1004 — Căciulata, F. 1005 — Călimănești).

Analizînd modul de distribuție a temperaturilor în zăcămîntul hidromineral, (fig. 4) se poate observa că pentru același nivel, termalitatea apei crește odată cu adîncimea și de la sud la nord, valorile cele mai ridicate de temperaturi situîndu-se la nord de Călimănești. Tinând seamă de condițîile geologice (litologice și structural-tectonice) admitem că termalitatea apelor se datorează unui aport de ape mult mai calde, provenind din profunzime pe fracturile care afectează fundamentul cristalin, care se descarcă în acviferul hidromineral din depozitele senonian-eocene.

În ipoteza că sisturile cristaline din zonă sunt dispuse în pînză, nu este exclus ca sub ele să existe acumulări importante de ape termale localizate în calcarele jurasice aparținînd geticului.

Modul de grupare al valorilor temperaturilor în zăcămînt sugerează acest aport și totodată poziția căilor probabile pe care circulă agentul termalizant, care se situează în sectorul cuprins între Cozia (contactul cristalin-sedimentar) și Căciulata.

Concluzionînd asupra celor arătate în legătură cu modul de formare al apelor minerale de la Călimănești-Căciulata, considerăm că ele sunt rezultatul unui amestec complex de ape de infiltratie cu ape termale slab mineralizate și ape tip de zăcămînt, provenind din structurile purtătoare de hidrocarburi din sudul zonei.

Recomandări de exploatare rațională

Tinând seama de cele arătate mai sus, considerăm că pentru a se putea face o exploatare rațională a apelor minerale trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

a) valorificarea disponibilului de apă minerală furnizat în mod natural de toate sursele ;



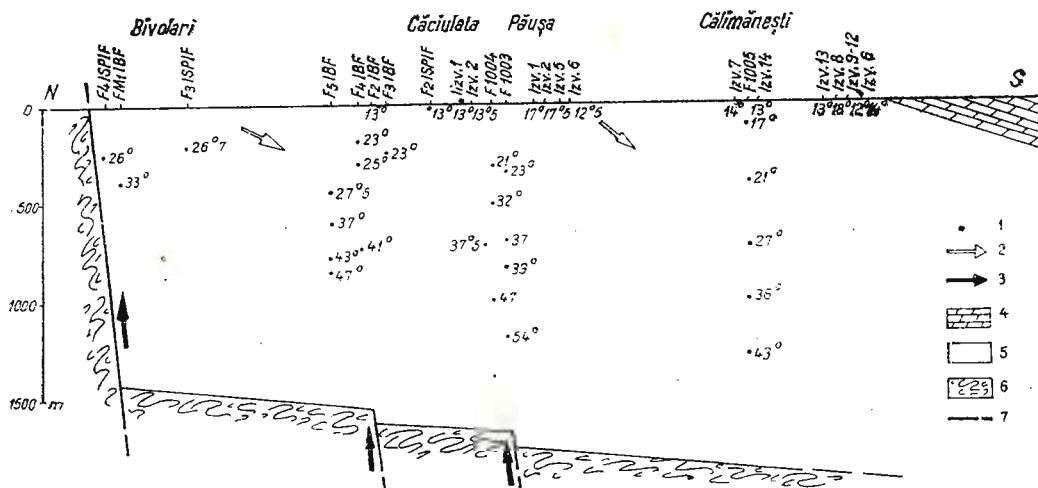


Fig. 4. — Schema distribuției temperaturilor apelor minerale în zăcămîntul de la Călimănești — Cozia.

1, temperatura apei ($^{\circ}\text{C}$) ; 2, direcția de circulație a apelor meteorice ; 3, direcția de circulație a agentului termalizator ; 4, Eocen marnos ; 5, Eocen conglomeratic + Senonian ; 6, cristalin ; 7, falie.

Schéma de la distribution des températures des eaux minérales dans le gisement de Călimănești — Cozia.

1. température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$) ; 2. direction de circulation des eaux météoriques ; 3. direction de circulation de l'agent thermaliseur ; 4. Éocène marneux ; 5. Éocène conglomeratique + Sénonien ; 6. cristallines ; 7. faille.

b) realizarea unor condiții tehnice de exploatare optime, astfel încît să fie reduse la maximum pierderile de apă minerală și asigurată calitatea constantă a acestieia.

Prima condiție se impune din două motive : unul este ca din moment ce există o rezervă neutilizată este logic ca ea să fie în primul rînd folosită. Al doilea este că în condițiile cunoașterii genezei apelor minerale, deschiderea zăcămîntului prin noi foraje ar conduce pe de o parte la reducerea presiunilor și deci a debitelor, iar pe de altă parte la modificarea chimismului în sensul modificării caracterului chimic general (de la tipul carbonatat la cel clorurat) și la creșterea mineralizației peste limitele necesare în balneologie, ceea ce în ansamblu înseamnă prejudicierea calității apelor.

Cea de a doua condiție presupune :

- recondiționarea captărilor și a aducățiunilor defectoase (deteriorări, colmatări) și întreținerea permanentă a lor ;
- stocarea apei minerale în perioadele fără consum curent ;
- instalarea de robinete automate la consumatori (buvete) ;
- asigurarea unei baze tehnico-materială (aparate, laborator analize chimice) pentru urmărirea regimului debitelor, a chimismului și termalității.

În încheiere trebuie să arătăm, că datorită faptului că în zonă, în perioada 1975—1977, nu s-au mai executat foraje, s-a constatat instalarea unui nou echilibru hidrogeologic. Acest fapt ne determină să atragem atenția încă odată că executarea în viitor a unor noi lucrări de deschidere a zăcămîntului va atrage după sine o nouă perturbare a echilibrului și fenomenul constatat de noi în 1974, se va repeta, putînd totodată apărea și alte consecințe negative.

BIBLIOGRAFIE

- Boțezatu R. (1950) Anomalia gravitației în regiunea cuprinsă între rîurile Olt și Dâmbovița. *Inst. Geol. Rom. Stud. tehn. econ. seria D*, nr. 3, București.
- Drăghindă I. (1974) Raport, arhiva Intreprinderii geologice de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide, București.
- Feru M. (1972) Geneza apelor minerale de la Olănești. *Inst. geol. stud. tehn. econ. seria E* nr. 10, București.
- Florian M. et al. (1969—1972) Raport, arhiva Institutului de balneologie și fizioterapie, București.
- Grozescu H. (1950) Contribuții la studiul geologic al surselor de ape minerale. *Cercetări de balneoclimatologie*, I, București.
- Liteanu E. et al. (1964) Despre existența apelor termo-minerale în zona stațiunii balneare Căciulața. *Hidrotehnica și gospodărirea apelor, meteorologie*, vol. 12, 4, București.
- Nedelcu C. (1967) Raport, arhiva ISPIF, București.
- Papiu C. V., Vijdea V., Constantinescu P., Niculescu Marela (1962) Prospecțiuni geoelectrice pentru ape termominerale în regiunea Călimănești-Bivolaru. *Inst. geol. rom., Stud. tehn. econ. seria D* nr. 8, București.
- Petrescu P. (1949) Analiza apei puțului de la Căciulața. *Cerc. baln. climat.*, vol. I, Ed. Minerva, București.
- Popescu B., Szasz L. (1974) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, București.
- Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din România Ed. Tehnică, București.
- Simion G. et al. (1969, 1970, 1971) Raport, arhiva Intreprinderii geologice de prospecțiuni, pentru substanțe minerale solide, București,
- Veliciu Dana et al. (1969) Raport, arhiva Institutul de studii, proiectări și îmbunătățiri funciare, București.

LES CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES DU GISEMENT DES EAUX MINÉRALES DE LA ZONE DE CĂLIMĂNEȘTI-COZIA DISTRICT VÎLCEA

(Résumé)

A partir de l'interprétation des informations accumulées jusqu'en 1974, de l'observation dans le temps des paramètres physiques et chimiques des sources, de l'extension des observations également au dehors du périmètre de leur manifestation et en vertu de la connaissance des structures géologiques locales et régionales, les auteurs de cette étude ont élaboré une série de considérations sur l'extension et la structure du gisement hydrominéral, sur les caractéristiques physico-chimiques et leur évolution en fonction du degré d'ouverture, notamment le mode d'exploitation.



Dans ce sens, on considère que le gisement hydrominéral de Călimănești est de type fissural et qu'il est localisé au niveau du complexe marnogréieux sénouiien et de celui conglomératique éocène. Les eaux minérales naissent de deux composants aquifères : eaux d'infiltration avec une dynamique descendante, conformément à la structure monocline des dépôts, et eaux de gisement à dynamique ascensionnelle, déterminée par la migration des hydrocarbures gazeuses provenant des structures pétrolières de la Dépression gétique. En fonction du degré d'interaction de ces composants, est différenciée la concentration des eaux aux sources. La thermalité des sources des eaux minérales au nord de Călimănești (Cozia-Bivolari) trouve son explication dans l'existence des failles régionales favorisant la manifestation d'un agent thermalisant venu de profondeur.

En suivant le chimisme des sources et spécialement celui des eaux débitées par forages, on a mis en évidence le fait que dans le temps les concentrations ont augmenté. La situation a été expliquée par le fait que l'ouverture du gisement par nombreux forages exécutés afin d'obtenir des quantités plus grandes d'eaux minérales a accéléré la circulation de l'agent dynamique, les hydrocarbures gazeuses, ce qui a provoqué l'entraînement vers la surface des eaux plus concentrées, en modifiant l'équilibre préexistant entre les composants aquifères. Cette situation vient illustrer les implications qui découlent d'un mode d'exploitation inadéquat du gisement et impose des mesures à même de limiter la tendance évolutive ammorcée, indésirable.



CERCETĂRI HIDROGEOLOGICE ȘI ASPECTE ALE EXPLOATĂRII RATIONALE A ZĂCĂMÎNTULUI HIDROMINERAL GOVORA¹

DE

VIORICA IANCU², ANA CAPOTĂ³, ION IANCULESCU³, MIRCEA FLORIAN⁴
LIVIU BLAGA⁵

Regional hydrogeological study. Sulphur waters. Iodine-bromide chlorosodic waters. Aquifers. Rational water exploitation. Hydrochemistry. Burdigalian. Badenian. Sarmatian. Radiolarian schists. South Carpathians. Southern Subcarpathian zone.

Abstract

Hydrogeological Researches and Aspects of the Rational Exploitation of the Govora Hydromineral Reservoir. The data presented in this paper are part of a complex geological, hydrogeological, hydrochemical study concerning the Govora hydromineral reservoir. The aim of this paper is to present the geological, stratigraphic and structural elements that can explain the hydrogeological features (occurrence, accumulation and circulation mode, hydrogeological parameters etc.) as well as the hydrochemical features of the main types of mineralized water from the Govora area namely iodine-sodium chlorosodic reservoir and sulphur, chlorosodic, bicarbonate-sulphate, calcic-magnesian waters. Also, the chemism of the two types of mineralized waters is presented, both the chemism and geological-structural and hydrogeological data, allowing an adequate explanation of the origin of the sulphur waters in this zone.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale – Călimănești, octombrie 1978.

² Institutul de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr. 1, 78344 București, 32.

³ Institutul de cercetare și proiectare pentru sistematizare de locuințe și gospodărire comunala, str. Snagov nr. 53–55, București.

⁴ Ministerul turismului, Bd. Magheru nr. 7, București.

⁵ Institutul de tehnologie izotopică și moleculară, str. Donath nr. 65–103, 3400 Cluj-Napoca.



Introducere

Studiul complex privind zăcămîntul hidromineral Govora, desfășurat pe parcursul a patru ani (1973–1977), ne-a permis acumularea unui mare număr de date geologice, hidrogeologice și hidrochimice care ne-au prilejuit evidențierea unor trăsături specifice ale apelor mineralizate din această zonă.

Stațiunea Govora este situată în Subcarpații Olteniei, în bazinul văii Hința, affluent al văii Govora.

Primele analize ale apelor minerale din zona Govora au fost executate în 1886 de Bernath iar primele încercări de captare, în anul 1888. Studii geologice au fost întreprinse de: G. Ștefănescu (1870–1885), S. Ștefănescu (1884–1897), Popovici-Hateg (1898), Mrazec (1905), Ionescu-Argetoiaia (1918).

Prima hartă geologică a regiunii dintre valea Otășăului și valea Oltețului (1 : 50.000) a fost întocmită de Oncescu și Motas. În anii 1950–1952, Grigore Popescu a efectuat o orizontare a formațiunilor din regiunea Govora-Rîmnicu Vilcea – Olănești, identificând și structura anticinală Ocenele Mari-Govora-Pietrari iar Moldovan și Popescu (1933) au întocmit o hartă la scară 1 : 20.000, cu importante detalii tectonice.

În 1963–1966, Zberea et al., au separat și descris în detaliu formațiunile de vîrstă: Helvetian, Tortonian, Sarmatian, Pliocen, elaborînd o hartă geologică la scară 1 : 10.000.

În zona Govora au fost executate numeroase foraje, avînd drept scop evidențierea de ape minerale și hidrocarburi. Astfel între 1906–1936, Societatea Petrol Govora a forat sonda 2 și forajele de mică adîncime F₂ – F₇. În perioada 1949–1965, AGEX (ulterior ISEM și actualmente IFLGS) a executat o serie de foraje pentru hidrocarburi: 601, 608, 609, 610, 611, 612, o parte fiind exploatare pentru ape clorosodice-iodurate (601, 602, 608). În anul 1953, IBF a executat mai multe foraje de mică adîncime (F₁–F₇) în scopul prospectării apelor sulfuroase, efectuînd și studii hidrogeologice iar în perioada 1957–1958 IFLGS a efectuat un studiu hidrogeologic precum și sondele 607, 608, 606.

În perioada 1973–1977, ISLGC a întreprins studii detaliate, geologice, hidrogeologice, hidrochimice, executînd și numeroase lucrări miniere ușoare, foraje de mică adîncime (F. 101–F.105), un foraj de 600 m adîncime (F. 100) precum și lucrări de intervenții la sondele abandonate sau înnesipate (606, 607, 608).

1. Geologia și teotonica regiunii

Succesiunea completă a formațiunilor geologice din această regiune, cunoscută din lucrările de foraj și de suprafață cuprinde formațiuni de vîrstă: Cuaternar, Sarmatian, Badenian (Tortonian), Burdigalian (Helvetian + Burdigalian), Acvitani, Oligocen și Eocen.

Prin lucrările de cartare efectuate de noi au fost urmărite și separate cartografic formațiuni de vîrstă miocenă (Burdigalian, Badenian, Sarmatian) și cuaternară, formațiuni ce interesează din punct de vedere hidrogeologic.



— Burdigalianul este reprezentat printr-o succesiune ce cuprinde conglomerate în bază, nisipuri vărgate, marne cenușii, nisipuri și pietrișuri superioare, separate de Z b i e r e a et al. (1964) ca orizonturi ale Helvețianului.

Din punct de vedere hidrogeologic, Burdigalianul prezintă o importanță deosebită, fiind formațiunea de care sunt legate, spațial și genetic, apele de zăcămînt clorosodice-iodurate-bromurate.

Lucrările de foraj executate în scopul identificării de hidrocarburi au pus în evidență mai multe complexe acvifere cu apă de zăcămînt clorosodică-iodurată-bromurată, cantonate în pachetele de nisipuri ale orizontului nisipos-vărgat (sondele 601, 608), în nivelele de nisipuri interstratificate în orizontul marnelor cenușii (601, 606, 608) și în orizontul nisipurilor și pietrișurilor superioare (608, 610, 100).

— Badenianul, ce ocupă flancurile anticlinalului Govora se poate diviza în : Badenian inferior, predominant tufaceu-nisipos și Badenian superior predominant marnos, în care am individualizat nivelul șisturilor cu radiolari.

Hidrogeologic, tufurile și marnele badeniene inferioare reprezintă strate impermeabile, singurele nivale permeabile fiind nisipurile albe în care sunt prezente unele acumulări de apă freatică.

Badenianul superior, reprezentat printr-o suită de marne argiloase cu intercalații de argile și marne nisipoase sau cu intercalații subțiri de marne calcaroase, prezintă o permeabilitate foarte redusă, ceea ce face ca circulația apelor mineralizate să se realizeze pe fețe de strat, fisuri, falii. De formațiunile Badenianului superior sunt legate spațial și genetic (în parte) apele mineralizate sulfuroase.

— Sarmațianul aflorează exclusiv în flancul sudic al anticliniului Govora, în versantul drept al văii Hința.

Litologic, Sarmațianul începe printr-un pachet constituit din bancuri de nisip micaceu cu intercalații de marne albăstrui și marne cu pelicule calcaroase, cu trovanți grezoși, peste care urmează un orizont predominant marnos, constituit din marne albăstrui stratificate, marne șistoase cu pelicule calcaroase în alternață cu nisipuri conținând resturi de plante incarbonizate. Spre partea superioară, Sarmațianul este reprezentat prin depozite terigene mai grosiere : pietrișuri sau gresii și microconglomerate cu nivale calcaroase.

Hidrogeologic, Sarmațianul prezintă pachete de nisipuri, gresii, microconglomerate, cu permeabilitate ridicată, ce permit o bună circulație și înmagazinare a apelor freaticice și mineralizate.

— Cuaternarul este reprezentat prin : depozite deluvial-proluviale (adesea antrenate în alunecări de teren), depozite de terasă, conuri de dejecție, aluvioni. Depozitele deluviale au grosimi cuprinse între 1 pînă la 7 m și acoperă interfluviile dintre afluenții văii Hința ca și zonele de izvoare ale acestora. În apropierea pîrîului Hința, la baza pantei, se observă acumulări de depozite deluvial-proluviale ce acoperă țîțina terasei ; aceasta formează un nivel continuu pe partea stîngă a văii Hința (cu o lățime de 30–250 m) și discontinuu pe partea dreaptă.

Depozitele de terasă sunt constituite din bolovănișuri, pietrișuri și nisipuri, cu stratificație încrucișată, cu o grosime de cca 1,5–2 m.



Conurile de dejecție se dezvoltă pe ambele părți ale văii Hința, la gura unor afluenți și acoperă parțial nivelul terasei superioare menționate anterior (pl. I).

În cadrul structurii generale a Depresiunii Getice, aria cercetată de noi se încadrează în zona cutelor miocene; elementul structural major, cu o dezvoltare regională este anticlinoriul Govora, complex structural constituit din mai multe cufe anticlinale (Bunești, Govora cu ramificația Gătejești, Folești, Șerbănești) și sinclinale, ce se succed de la N la S, afectate de un sistem de falii longitudinale și transversale.

Elementul structural (plicativ) major din aria stațiunii Govora este anticlinorul Govora, cu o direcție generală W-E, suferind o evidentă afundare axială în dreptul localității Govora-Sat, unde aflorează pietrișuri și nisipuri aparținând Burdigalianului superior.

Pe flancul nordic al structurii urmează formațiuni de vîrstă Badenian inferior în timp ce flancul sudic, laminat și faliat de o dislocație tectonică direcțională (falia Blidari) păstrează -- în compartimentul căzut – și Badenianul superior și Sarmațianul.

Spre nord, anticlinorul Govora se ramifică prezentând o boltire secundară – anticlinorul Gătejești.

La sud de pîrul Hința, în versantul drept, se remarcă existența unui anticlinal minor în axul căruia apar formațiuni sarmațiene, reprezentând extremitatea estică a sinclinalului Dumbrăvești.

Această structură a fost afectată, în diferite perioade, de fracturi longitudinale și transversale ce au produs o intensă compartimentare precum și decroșări în plan orizontal și vertical.

Astfel anticlinorul Govora a fost afectat de o importantă falie longitudinală, falia Blidari, ce a fost urmărită îndeaproape în aflorimente și prin lucrări miniere ușoare, fiind pusă în evidență de oglinzi de frictiune (pe cca 0,3–0,4 m) și brecie cu o grosime de 0,5 m. Traseul ei, paralel cu valea Hinței, este marcat de asemenea de iviri de apă mineralizată sulfuroasă. Începînd de la est de falia transversală „Nedelcu”, falia Blidari se ramifică în două falii paralele cu inclinări cuprinse între 50 și 70° SW, traseul lor depărtîndu-se de valea Hința. Aceste fracturi sunt marcate de brecii, oglinzi de frictiune, izvoare de apă sărată sulfuroasă și țîtei. Falia longitudinală Blidari a afectat puternic flancul sudic al anticlinorului Govora, producînd o laminare a acestui flanc și o ridicare a compartimentului nordic, cu formațiuni burdigaliene în ax; deranjarea structurii inițiale a permis și o migrare ascensională a hidrocarburilor în compartimentul de la sud de falie, ducînd la degradarea parțială a zăcămintului.

Vîrsta acestei falii poate fi apreciată ca fiind postsarmațiană datorită faptului că afectează și depozitele sarmațiene.

Se mai cunosc două falii longitudinale, cu direcție W-E, ce flanchează anticlinorul Gătejești.

Elementele structurale descrise (anticlinorul Govora, sinclinalul Dumbrăvești, falia longitudinală) au fost afectate ulterior de un sistem de falii transversale cu o direcție aproximativ NE-SW. Acest sistem este reprezentat de falii paralele sau ramificate cu inclinări mari de 60–70°, uneori pînă la verticală.

Efectul principal pe care l-au avut aceste falii asupra structurii geologice, a fost o intensă compartimentare, de la vest la est, remar-

cîndu-se o cădere în trepte (ceea ce a avut ca rezultat afundarea anticlinalului Govora cu Burdigalian în ax) și decroșări ale limitelor dintre formațiuni și a făliei longitudinale Blidari (pl. II).

Nu se pot face precizări referitor la vîrsta falilor transversale întrucît în zonă nu apar formațiuni mai noi decât Sarmațianul care a fost afectat inițial de falia Blidari și ulterior de falile transversale.

2. Hidrogeologia zonei

În funcție de chimism și de condițiile structural-tectonice în care apar, apele minerale din zona stațiunii Govora aparțin la două tipuri diferite: ape clorosodice-bromo-iodurate și ape sulfuroase.

2.1. Ape clorosodice-bromo-iodurate. Apele clorosodice-bromo-iodurate au fost cercetate prin foraje de mică adâncime — F_1 — F_7 —, executate pentru exploatarea apelor minerale și un mare număr de foraje cu adâncimi mai mari (350—500 m), executate pentru hidrocarburi (forajele: 2PG, 601, 602, 605, 606, 606 bis, 607, 608, 609, 610, 611). Forajul F 100, executat de ISLGC, a avut drept scop studiul hidrogeologic al acestui tip de ape.

Ca rezultat al observațiilor hidrogeologice, hidrochimice și geologice, efectuate asupra surselor de apă clorosodică, se desprind următoarele trăsături specifice:

— Formațiunile geologice în care sunt cantonate apele clorosodice-bromo-iodurate din zona stațiunii Govora aparțin Burdigalianului și sunt reprezentate prin nisipuri fine pînă la grosiere, pietrișuri și rare nivele de gresii și conglomerate.

— Apele clorosodice-bromo-iodurate formează acumulări mai importante în flancul nordic al anticinalului Govora, mai puțin fracturat. În flancul sudic, puternic afectat de falii longitudinale și transversale, a avut loc o migrare ascensională a hidrocarburilor (ce apar în izvoarele cu apă sulfuroasă sau ca impregnații în roci) și în mai mică măsură, a apei de zăcămînt.

Fracturarea structurii plicative în care sunt cantonate apele clorosodice a dus la o intensă compartimentare însotită de decroșări în plan orizontal și vertical, ceea ce face foarte dificilă corelarea orizonturilor și complexelor acvifere puse în evidență de diferite foraje.

Datorită acestui fapt, parametrii hidrogeologici ca și caracteristicile hidrochimice diferă de la compartiment la compartiment sau în funcție de flancul în care au fost amplasate lucrările.

— Din probele de producție efectuate la forajele din zonă s-a constatat că apa clorosodică-bromo-iodurată, ce prezintă un interes deosebit din punct de vedere al debitului și concentrației în iod și brom, se întîlnește în depozitele burdigaliene deschise pînă la maxim 600 m adâncime. Sub această adâncime atît debitul cît și continutul în I^- și Br^- scad, crescînd cantitatea de gaze și țăței.

— Apa clorosodică-bromo-iodurată din intervalele permeabile studiate are, inițial, un caracter artezian, indiferent de complexul acvifer deschis. Acest caracter se dătorește presiunii gazelor din strat și dispare odată cu epuizarea gazelor acumulate. Fenomenul respectiv se observă

și la sursele în conservare care prezintă erupții periodice de apă însoțită de gaze (exemplu 607, 606 înainte de efectuarea intervențiilor, în anul 1975). Se menționează că acest caracter se menține la complexele acvifere cuprinse sub 900 m adâncime. Debitul obținut de la aceste complexe, în final, este redus întrucât și aici presiunea de strat inițială se micșorează, apa fiind antrenată de un volum de gaze redus (exemplu sonda 608 la care debitul a ajuns la 0,2 l/s).

— Complexele acvifere probate se caracterizează prin grosimi mari ale intervalor permeabile dar prin debite mici raportate la grosimea acestora (tab. 1).

TABELUL 1

Nr. foraj	Adâncime foraj (m)	Strate probate (m)	Grosimea stratului (m)	NH_s (m)	NH_d (m)	Q (l/s)
F.100	580	57,2 – 78,6	7,5	– 17	– 29	0,9
		86,5 – 233,7	47,2	– 19	– 41	2,0
		57,2 – 134,0	18,7	– 19	– 66	1,0
F.601	557,5	420,0 – 327,0	57	– 80	– 90	2,5
F.602	1567,5	470,0 – 245,0	144	– 17	– 29	1,1
F.606	1300,5	596,0 – 384,0	52	– 11,5	– 51	1,4
F.606bis	350,0	196,2 – 342,5	146,3	– 52	– 60	1,0
F.607	598,5	410,0 – 340,0	70	– 40	– 78	1,0
F.608	1003,0	1003,0 – 722,0	99	+ 0,5	–	0,2

Aceasta se datorează nu numai granulației mici a straturilor ci și faptului că circulația apei în strate granulare prin care a circulat tăcău se face mult mai greu. Astfel se explică și revenirile extrem de greoale ale apei, la unele surse timpul de revenire depășind 24 ore (ex. F. 100, fig. 1a și 1b).

— Temperatura apei este în jur de 18° chiar și la sonda 608 ce captează stratele acvifere cuprinse între 1003 – 700 m; excepție fac sondele 617 și 618 la care apa a înregistrat temperaturi de 28 – 35° . Aceste sonde captează stratele acvifere sub 1000 m adâncime.

— Din punct de vedere chimic, aceste ape — de zăcămînt — sunt clorosodice, slab calcice-magneziene-bromo-iodurate, cu mineralizație totală ridicată : 35.947 – 61.187 mg/l.

La majoritatea forajelor executate se constată că mineralizația cea mai ridicată caracterizează complexele acvifere situate pînă la adâncimea de 600 m, deși pînă la această adâncime se resimte și influența apelor din precipitații (exemplu F. 606, tab. 2).

— Determinările de deuteriu — în relație cu precipitațiile atmosferice — confirmate și de observațiile hidrogeologice și hidrochimice, au evidențiat existența a două categorii de ape clorosodice: ape de zăcămînt ce nu vin în amestec cu alte ape și ape de zăcămînt de amestec, ce vin în contact cu ape superficiale.

Studiul concentrației în deuteriu a relevat faptul că pînă la cca 500 m apele de zăcămînt din zonă sunt în amestec cu ape superficiale, fapt confirmat de diferențele de concentrație în deuteriu. Considerăm

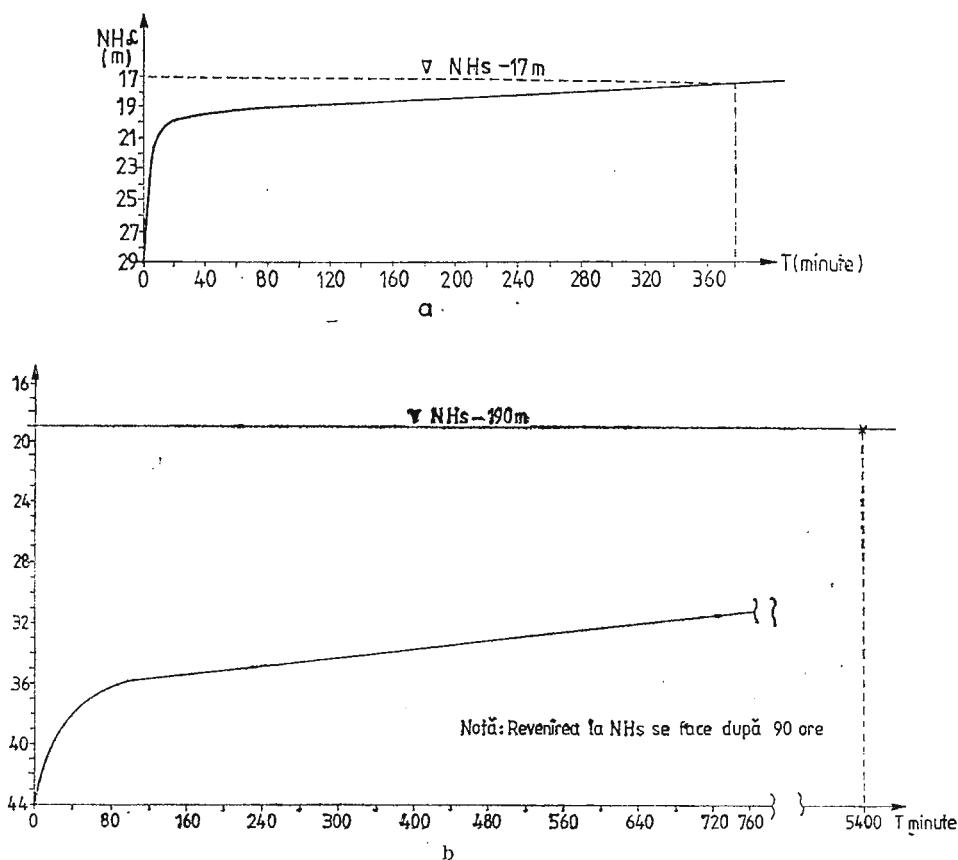


Fig. 1a, 1b. — Curbe de revenire la forajul F. 100.

Courbes de retour au forage F. 100.

că gradul de amestec cu ape superficiale este influențat de existența unor straturi impermeabile protectoare la partea superioară ca și de gradul de tectonizare și de etanșeitate a fracturilor (fig. 2).

2.2. Ape sulfuroase. Apele sulfuroase, ce apar la zi sub formă de izvoare au fost cunoscute șiexploataate pe valea Hîntă, prin puțurile nr. 1—7. Cercetările noastre au permis extinderea zonei de interes pentru ape sulfuroase spre est, prin evidențierea izvoarelor de pe pîraiele Nedelcu și Nuferilor.

Studiul complex al apelor sulfuroase, cuprinzînd observații de teren geologice-structurale completate de lucrări miniere ușoare, observații hidrogeologice, analize chimice, etc. a pus în evidență o serie de trăsături caracteristice :

— Formațiunile geologice în care sunt cantonate — și apar la zi — — apele sulfuroase sint Badenianul superior și Sarmățianul inferior reprezentate prin roci impermeabile (marne, argile) sau cu permeabili-

TABELUL 2

*Tabel cu compozitia chimica a apei la sonda 606
in functie de adincime*

Adineimea complexului acvifer		1300,5— 117,0	1037,0— 993,0	976,3— 926,0	900,0— 832,0	696,0— 484,0
Rezidu fix mg/l		31.033	33.638	34.958	31.669	41.583
Anioni	Cl	10.992	20.500	20.717	23.545	25.153
	Br	12	8	7,5	5	150
	I	12,7	29,2	34,2	32,3	34
	SO ₄	38,7	35,0	urme	65,4	urme
	HCO ₃	134,2	183,0	311,2	195,2	97
Cationi	Na	5020,7	10 449,8	11 512,4	13 610,4	14 826,0
	NH ₄	18,9	28,0	16,2	25,2	19,8
	Ca	1 643,3	1 892,6	962,7	863,7	725,4
	Mg	144,8	386,0	473,4	392,1	376,9
	Fe	0,2	2,8	36,2	10,5	5,6
H ₂ SiO ₃ mg/l		18,1	15,5	15,5	20,7	18,1
Compozitia chimica probabila a apei	NaCl	12746,7	26 541,4	29 240,4	34 575,0	37558,7
	NaBr	15,4	10,3	9,6	6,4	193,2
	NaI	15,0	34,5	40,5	38,2	40,4
	NH ₄ Cl	56,2	82,9	48,1	74,9	58,8
	MgCl ₂	567,0	1 511,6	1 853,9	1 535,5	1476,0
	CaCl ₂	4 384,4	50 501,0	2 455,3	2 157,9	1931,3
	CaSO ₄	54,6	49,6	—	92,7	—
	Ca(H ₂ CO ₃)	177,7	235,0	308	228,8	113,4
	Fe(H ₂ CO ₃)	0,6	8,9	115,4	33,4	17,8
	H ₂ SiO ₃	18,1	15,5	15,5	20,7	18,1
	CO ₂	17,6	110,0	145,2	22,0	202,4
Mineralizatia totala		18058,8	33 639,9	34 232,0	58 787,9	41 010,1
Clasificare dupa Palmer	Salinitate primara	70,0	78,4	85,0	60,0	90,2
	Salinitate secundara	29,2	21,2	14,0	10,8	9,2
	Alcalinitate primara	0	0	0	0	0
	Alcalinitate secundara	0,8	0,4	1,0	0,4	0,2
Caracterizare	Tipul	Cloromagneziană și clorocalcică cu CaCl ₂ în exces				
	C	S ₁				
	G	clorurică				
	S	sodică				

(copie buletine IFLGS)



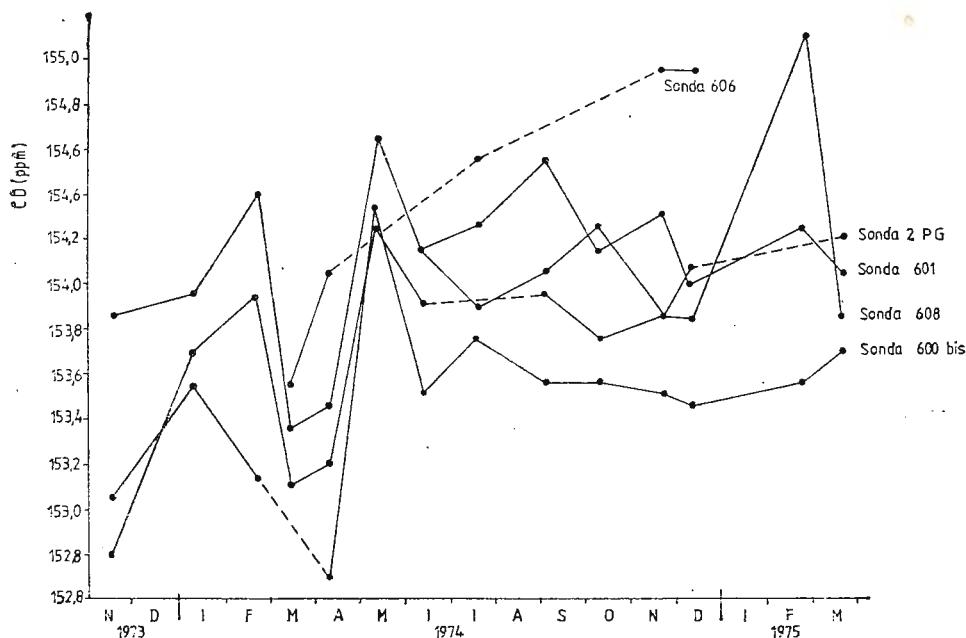


Fig. 2. — Variația valorilor CD în timp (foraje cu apă clorosodică).

La variation des valeurs CD dans le temps (forages à eau chlorosodique).

tate redusă (marne și argile nisipoase) cu rare intercalătii permeabile. În concentrații reduse, hidrogenul sulfuriat este prezent și în formațiunile burdigaliene.

— Dată fiind permeabilitatea foarte redusă a formațiunilor menționate, circulația apelor mineralizate sulfuroase se realizează pe fețe de strat, fisuri și falii. Această observație a fost verificată prin șanțuri, puțuri, foraje de mică adâncime și contrazice concluziile studiului efectuat de Molnar în 1953.

— Apele sulfuroase-clorosodice sunt însotite de hidrocarburi gazoase din grupa metanului și țăței, fapt relevat atât de izvoarele naturale de pe piraiele Nuferilor și Nedelcu cât și de probele de apă prelevate din puțuri și foraje. Prezența fenolilor cât și a bacteriilor reducătoare (în probele analizate microbiologic de Godeanu, în Iancu et al., 1973) întăresc afirmațiile privind prezența hidrocarburilor în sursele de apă sulfuroasă.

— Ca o consecință a condițiilor geologice-structurale în care apar, parametrii hidrogeologici ai zăcământului prezintă caractere specifice: debitele la resurse naturale sau artificiale sunt foarte scăzute. Astfel debitele puțurilor în exploatare sunt cuprinse între 0,33—0,07 l/s iar afluxul de apă pentru zona puțurilor, calculat pentru o lungime de 100 m este de 29 mc/zi.

De asemenea, revenirile în urma pompărilor se fac foarte lent chiar din momentul intreruperii pompărilor, necesitând intervale ce depășesc o zi (pl. III).

— Din punct de vedere chimic, apele sulfuroase sint : clorosodice-clorurate-bicarbonatate sau clorurate-bicarbonatate-sulfatate-sodice-calciu-magneziene (fig. 3).

— Concentratia apelor sulfuroase scade in cazul cind acestea vin in contact cu strate permeabile, concomitent cu accentuarea caracterului bicarbonat-sulfat. Cu cat aportul de ape superficiale este mai mare, cu atit caracterul clorosodic se diminueaza.

3. Caracterizarea chimică a apelor mineralizate

Din punct de vedere chimic⁶, apele minerale din zona statiunii Govora formeaza două grupe, enuntate anterior, intre care există totuși o serie de afinități evidente.

3.1. Ape clorosodice-bromo-iodurate. Mineralizatia totală a apelor de zăcămînt este foarte ridicată (35.947—61.187 mg/l, tab. 3) și este influențată de precipitații pînă la adincimea de cca 600 m, așa cum au dovedit studiile de izotopi stabili și analizele chimice prelevate selectiv (pe orizonturi acvifere) sau de la foraje cu adincimi diferite (tab. 3).

La toate sursele, tipul predominant de apă este cel clorosodic, clorurile reprezentind între 99,37—99,90 %. Acest caracter chimic, calitativ, se menține și la sursele de mică adîncime și chiar la unele izvoare ce nu au suferit un amestec important cu apele superficiale (fig. 3).

Ca elemente caracteristice apelor de zăcămînt, menționăm Br (0,66—13,54 mg/l), I (11,38—40,19 mg/l) și fenoli, în cantități reduse (0,02—0,125 mg/l).

3.2. Ape sulfuroase. Apele sulfuroase prezintă mineralizatii totale mult inferioare apelor clorosodice : 2600—13.700 mg/l remarcindu-se mari variații atît la puțuri (mineralizatii cuprinse între 2612,3—13.715 mg/l) cit și la izvoare (2607,3—11.464 mg/l).

În ceea ce privește chimismul acestor ape, se remarcă o tranziție a tipurilor clorosodice la tipuri bicarbonatate și sulfatate, concomitent cu scăderea mineralizatiei totale.

Astfel se disting următoarele grupe, cu o oarecare gradăție între ele :

— Puțurile nr. 2, 3, 7 și izvorul nr. 1 de pe pîrîul Hînta prezintă apă cu mineralizatîe totală cuprinsă între 10.000 și 13.000 mg/l, clorurile reprezentind peste 70 %, deci tipul de apă predominant este cel clorosodic. Conținutul de H_2S este cuprins între 3,1—6,74 mg/l iar I și Br sunt prezente în cantități semnificative.

— Izvoarele de pe valea Hînta (punctele 2 și 3), pîraiele Nuferilor și Nedelcu, prezintă apă predominant clorosodică (cloruri între 67—82 %) dar cu evident caracter de amestec dovedit de prezența bicarbonaților (12—17 %) și sulfatilor (12—20 %). Mineralizatia totală scade la 4026—6313 mg/l iar H_2S are conținuturi între 0,8—4,5 mg/l. Bromul este absent iar iodul apare în cantități diminuate față de grupa anterioară (0,3—0,4 mg/l).

— Puțurile 4, 5, 6 și izvorul 30 Decembrie prezintă cloruri sub 50 %, în timp ce bicarbonații (24—38 %) și sulfatii (23—33 %), imprimă un caracter mai complex chimismului apei, specific mineralizării în con-



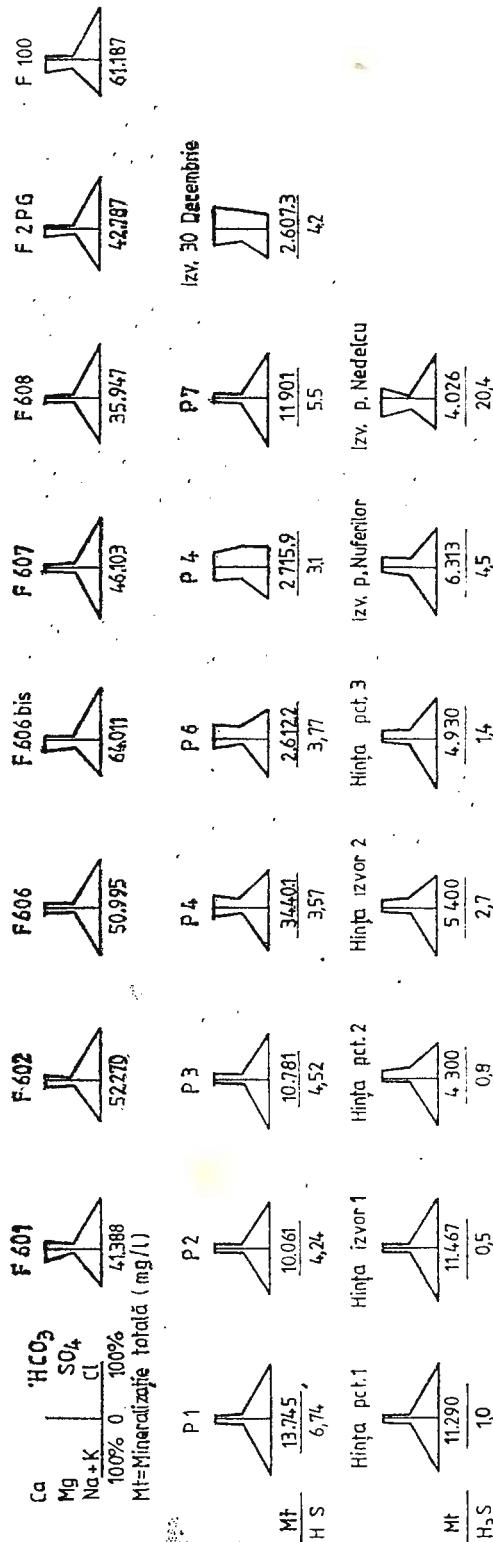


Fig. 3. -- Caracterizarea chimică a apelor mineralizate.

Caractères chimiques des eaux minéralisées.

TABELUL 3

Tabel cu compoziția chimică a apelor mineralizate din zona Govora (conținuturi medii)

Nr. cert.	SURSA	Mineraliza- ția totală mg/l	APE CLORURATE SODICE,											
			ANIONI											
			Cl			Br			I			SO ₄		
			mg/l	me	me%	mg/l	me	me	mg/l	me	me%	mg/l	me	me%
1	Sonda 601	41.388	26.989	759,39	99,9	1,96	—	—	11,36	—	—	21,8	0,453	0,063
2	Sonda 602	52.270	32.782	924,35	99,84	0,66	—	—	37,50	—	—	26,8	0,841	0,200
3	Sonda 606	50.995	30.274	853,78	99,37	3,54	—	—	20,70	—	—	127,1	2,643	0,307
4	Sonda 606bis	64.011	39.384	1110,60	99,77	13,54	—	—	40,19	—	—	92,48	1,923	0,172
5	Sonda 607	46.103	28.400	800,88	99,45	2,00	—	—	40,00	—	—	48,5	1,008	0,125
6	Sonda 608	35.947	25.525	719,80	99,42	12,50	—	—	27,76	—	—	20,98	0,436	0,060
7	Sonda 2PG	42.787	25.425	716,98	99,76	2,51	—	—	16,26	—	—	22,4	0,465	0,064
8	Sonda 100	61.187	38.320	1080,62	99,84	—	—	—	20,30	—	—	19,7	0,409	0,037
APE SULFUROASE														
Nr. cert.	SURSA	Mineraliza- ția totală mg/l	ANIONI											
			Cl			Br			I			SO ₄		
			mg/l	me	me%	mg/l	me	me	mg/l	me	me	mg/l	me	me%
9	Puțul 1	13.745	7.528	212,3	93,30	3,3	—	—	2,89	—	—	193,6	4,026	1,769
10	Puțul 2	10.061	4.631	130,5	82,51	1,61	—	—	1,08	—	—	660,9	13,74	8,68
11	Puțul 3	10.781	5.435	154,16	84,79	0,73	—	—	8,03	—	—	705,0	14,66	8,11
12	Puțul 4	3.440	1.430	40,34	69,15	0,4	—	—	0,94	—	—	489,0	10,16	17,48
13	Puțul 5	2.612	702	10,78	51,55	7,1	—	—	1,6	—	—	438,4	9,05	23,58
14	Puțul 6	2.716	591	16,66	38,83	1,1	—	—	2,1	—	—	687,7	14,30	33,33
15	Puțul 7	11.901	6.286	177,16	86,97	1,66	—	—	0,45	—	—	556,7	11,57	5,67
16	Izv. 30 Dec.	2.607	310	8,74	89,71	0,6	—	—	0,43	—	—	449,0	9,33	31,83
17	Hința pct.1	11.290	6.135	173,0	91,55	—	—	—	0,3	—	—	533,0	11,08	5,86
18	Hința izv. 1	11.467	6.195	174,69	90,71	—	—	—	0,4	—	—	504,0	10,48	5,44
19	Hința pct. 2	4.300	1.720	48,5	67,08	—	—	—	—	—	—	712,0	14,80	20,47
20	Hința izv. 2	5.400	2.130	59,36	70,18	—	—	—	0,4	—	—	732,0	15,22	17,99
21	Hința pct.3	4.930	2.340	65,98	74,96	—	—	—	—	—	—	560,0	11,64	13,22
22	Izvor p. Nuferilor	6.313	2.681	73,91	72,89	—	—	—	—	—	—	600,0	18,48	12,30
23	Izvor p. Nedelcu	4.026	1.800	49,76	88,12	—	—	—	4,7	—	—	24,0	0,49	0,80

*Conținuturile medii pe baza analizelor efectuate în perioada 1972–1976
 H_2S — determinat pe teren.



BROMURATE, IODURATE

			CATIONI									
HCO ₃			Na + K			Ca			Mg			FENOLI
mg/l	me	me%	mg/l	me	me%	mg/l	me	me%	mg/l	me	me%	mg/l
64,0	1,225	0,161	10.428	453,51	67,14	2.864	137,01	20,23	1.033	84,91	0,125	0,04
81,4	1,334	0,144	16.022	696,95	77,76	2.324	115,36	12,87	1.021	83,92	9,36	0,009
168,9	2,729	0,317	16.736	728,01	84,94	1.671	83,38	9,72	555	45,62	5,32	0,067
32,3	0,529	0,047	17.654	767,94	66,91	6.047	251,84	21,94	1.555	127,82	11,13	—
207,4	3,401	0,422	16.984	739,30	92,05	641	31,98	3,98	387	31,88	3,96	0,033
139,2	2,283	0,315	18.897	561,00	88,41	939	46,88	7,38	324	26,66	4,20	—
74,7	1,225	0,170	13.419	583,72	77,76	2.509	125,19	16,67	507	41,67	5,55	—
79,0	1,322	0,183	16.108	700,43	64,92	5.210	250,97	24,09	1.440	178,36	10,97	—

APE SULFUROASE

			CATIONI									
HCO ₃			Na+K			Ca			Mg			H ₂ S
mg/l	me	me%	mg/l	me	me%	mg/l	me	me%	mg/l	me	me%	mg/l
483,6	11,21	4,92	4.941	214,91	93,13	222,3	11,09	4,8	57,7	4,74	2,05	6,74
847,6	13,91	8,7	3.488	160,17	88,87	226,2	12,28	6,81	94,5	7,76	4,30	4,24
782,0	12,83	7,09	3.764	163,73	89,0	308,0	15,36	8,49	58,7	4,82	2,66	4,52
477,8	7,84	13,43	969	42,16	74,87	224,5	11,80	19,69	42,6	3,5	6,15	3,67
581,8	9,54	24,86	611	26,59	63,69	180,7	9,02	21,59	52,5	4,31	1,04	3,77
728,2	11,94	27,83	556	24,17	57,88	212,8	10,58	25,04	91,2	7,49	17,73	3,10
914,0	14,98	7,34	3.761	163,64	83,78	215,0	10,82	5,93	94,8	7,79	4,24	5,50
685,0	18,24	38,34	332	14,44	50,43	175,8	8,74	30,52	66,4	5,45	19,03	4,20
480,0	7,87	4,16	4.172	187,48	94,99	116,0	5,78	3,02	48,0	3,78	1,97	1,00
451,0	7,39	3,84	4.170	181,39	95,88	112,0	5,58	2,94	27,0	8,81	1,16	0,5
549,0	9,00	12,45	1.401	60,94	84,80	142,0	6,98	9,71	48,0	3,94	5,48	0,8
610,0	10,01	11,82	1.777	77,29	89,11	132,0	6,57	7,57	35,0	2,87	3,30	2,7
634,0	10,39	11,81	1.510	65,68	74,59	128,0	6,38	8,81	68,0	5,58	7,18	1,4
915,0	15,01	14,8	1.892	82,30	81,81	128,0	6,38	6,34	145,0	11,91	11,84	4,5
631,0	10,39	17,07	246	36,90	50,07	545,0	26,19	35,54	129,0	10,60	14,38	20,4*



diții superficiale. Aceste surse prezintă cele mai scăzute mineralizații totale (600–4000 mg/l) în timp ce H_2S se află în cantități importante: 3,1–4,2 mg/l.

Comparind datele chimice ale apelor clorosodice și bromoiodurate, se constată următoarele:

— O unitate de chimism, evidențiată de caracterul predominant clorosodic atât al apelor de zăcăminte cât și al celor sulfuroase, majoritatea prezentind diagrame chimice calitative asemănătoare (fig. 3).

— Caracterul clorosodic și cantitatea de $NaCl$ scad la sursele de mai mică adâncime ce vin în contact cu strate permeabile concomitent cu o îmbogățire în bicarbonat de calciu și sulfat de magneziu, elemente ce indică influența mineralizării prin procese superficiale.

— Existenza unei lacune importante între mineralizația totală a apelor de zăcăminte (33.946–61.187 mg/l) și cea a apelor sulfuroase (2607–13.715 mg/l) demonstrând prezența a două tipuri de ape net diferite.

— O scădere a cantităților de $Na^+ + K^+$, Ca^{++} , Mg^{++} și Cl^- în apele sulfuroase. Procentual însă Ca și Mg prezintă valori mai mari în apele sulfuroase, în timp ce Na se află cam în aceleși proporții (tab. 4). Este de presupus că Mg și Ca din apele clorosodice se află și sub formă de

TABELUL 4
Chimism comparativ

	Ape de zăcăminte			Ape sulfuroase			
$Na^+ + K^+$ mg/l	10.428	—	17.654	←	555	—	4.940
me%	67,14	—	92,05		50,07	—	95,98
Ca^{++} mg/l	641	—	5.210	↔	112	—	308
me%	7,38	—	24,09	→	2,94	—	35,54
Mg^{++} mg/l	555	—	1.555	↔	27	—	145
me%	0,25	—	11,13	→	1,04	—	19,03
Cl^- mg/l	25.425	—	39.384	↔	4630,9	—	7528,4
me%	99,37	—	99,9	↔	29,81	—	91,55
HCO_3^- mg/l	32,31	—	207,4	→	451,0	—	915,0
me%	0,125	—	0,422	→	4,16	—	38,34
SO_4^{--} mg/l	19,7	—	127,1	→	24	—	738
me%	0,037	—	0,307	→	0,8	—	39,33
Br^- mg/l	0,66	—	13,54	↔	Puțuri	Izvoare	
				←	0,73–7,1	0–0,5	
I^- mg/l	11,38	—	40,19	↔	0,45–2,89	0,3–0,63	
H_2S mg/l	0,03	—	0,09	→	3,1–6,74	0,5–4,5	
Mineralizația totală mg/l	35.947–61.187	—		↔	2612–13715	2607–11467	
	→	Tendința de creștere a conținuturilor medii					

cloruri și nu migrează ascensional; Ca și Mg. din apele sulfuroase provin probabil din mineralele rocilor (carbonați și sulfatați) în care circulă apele superficiale. Această afirmație este susținută și de corelația CD-Δ Den-



sitate, la puțurile 2, 3, 7 (fig. 4) ce pune în evidență existența unor valori ridicate ale CD (concentrația deuteriului), specifice apelor de zăcămînt cu densități mici și a unor valori scăzute la tipul de apă cu densități mari, datorate, probabil, mineralizării în condiții superficiale.

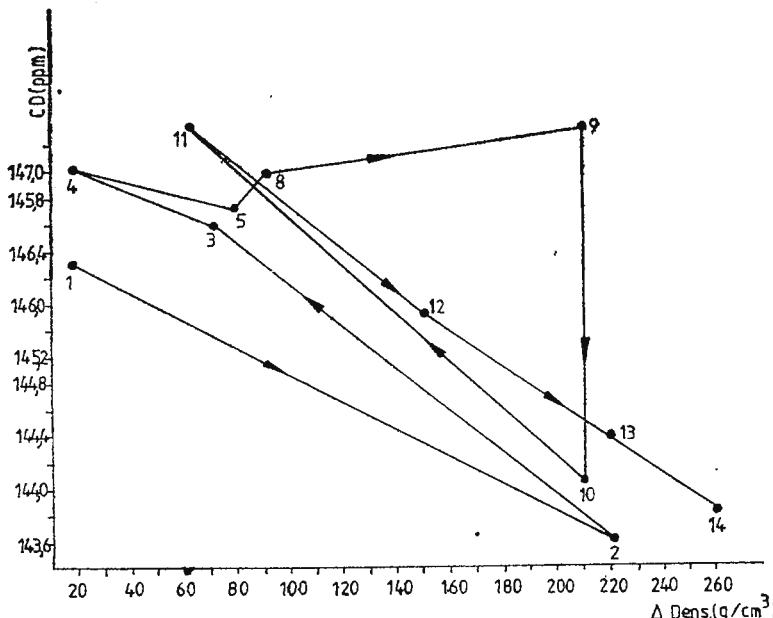


Fig. 4. — Peregrinarea valorilor CD — Δ Densitate (ape sulfuroase)

Déplacement des valeurs CD — Δ Densité (eaux sulfureuses)

- O scădere a conținutului de Br și I în apele sulfuroase.
- O creștere importantă a cantităților de SO_4^{2-} și HCO_3^- în apele sulfuroase care și procentual, se ridică pînă la 33% și respectiv 38%.
- Hidrogenul sulfurat se află în apele clorosodice sub 0,09 mg/l în timp ce apele sulfuroase prezintă conținuturi între 0,3—6,7 mg/l, imprimîndu-le un caracter specific. În cadrul acestui grup nu se remarcă însă o corelație a H S cu alte elemente : mineralizație totală, tip calitativ etc.

4. Considerații privind geneza apelor sulfuroase

Elementele prezentate : mod de apariție, chimism, ocurența hidrocarburilor gazoase și lichide în izvoarele de apă sulfuroasă ca și a gipsurilor primare (în formațiunile burdigaliene și badeniene) sau secundare (în Badenian), conduc la ideea unei asociații genetice între apele sulfuroase și apele de zăcămînt pe de o parte și sărurile prezente în roci sub formă de sulfati, carbonați, etc., pe de altă parte.

Caracterul predominant clorosodic al apelor sulfuroase ca și prezența iodului, bromului, fenolilor, metanului, tîțeiului și bacteriilor reducătoare în apa izvoarelor de ape sulfuroase, ce apar strict pe falii, susțin afirmația

existenței unei afiliații genetice între apele sulfuroase clorosodice și apele de zăcămînt (clorosodice-bromurate-iodurate) cu concentrație mare.

Dacă scăderea mineralizației totale și a conținutului în elemente caracteristice apelor de zăcămînt ar putea fi explicate prin simpla diluare datorită amestecului cu ape superficiale provenite din precipitații sau unei capacitate reduse de migrație, prezența H_2S și a anionilor de HCO_3^- și SO_4^{2-} , presupune o geneză mai complexă, vizînd procese de dizolvare sau transformări chimice ale unor săruri prezente în rocile gazdă.

Studiul efectuat de Blaga et al. (1974), a evidențiat două grupe principale de apă mineralizată, confirmînd gruparea efectuată pe baza chimismului și a relațiilor structural-tectonice: — un grup de ape cu concentrație ridicată în deuteriu (153,48—154,41 ppm), corespunzînd apelor de zăcămînt clorosodice-bromoiodurate și un grup de ape cu conținut scăzut în deuteriu (145,4—146,9 ppm), corespunzînd apelor sulfuroase. În cadrul acestui grup au putut fi diferențiate două subgrupe, concentrația în deuteriu evidențînd gradul de amestec cu ape din precipitații. Concentrația în deuteriu a apelor sulfuroase din puțurile în exploatare, corelată cu densitatea acestor ape, a pus în evidență următoarele:

- amestecul a două tipuri de apă de proveniență diferită: un tip cu valori ridicate în deuteriu — ape de zăcămînt — și un tip cu conținut mic în deuteriu și ridicat în săruri, provenite din ape de precipitații mineralizate în condiții superficiale — exemplu puțul nr. 7 (fig. 4);

- existența unei influențe diferențiate a apelor de suprafață: se remarcă astfel o variație foarte accentuată la puțurile nr. 4, 5, 6 și slabă în cazul puțurilor 2, 3, 7 cu o mineralizație predominant clorosodică. Mai mult, concentrația în deuteriu relevă, în cazul puțurilor 4, 5, 6 o variație sezonieră ce se corelează cu variația cantitativă a precipitațiilor (fig. 5).

Cantitatea de apă de zăcămînt ce participă la formarea apelor sulfuroase a fost estimată, pe baza izotopilor stabili, la cca 10%, ceea ce reprezintă o cantitate insuficientă pentru a justifica migrarea ascensională în apele sulfuroase a cantitatilor de Na^+ și K^+ sub formă de cloruri. Este astfel posibilă proveniența unei părți din cloruri prin dizolvarea acestora din eventualele zăcăminte de stare badeniene aflate în flancul sudic, căzut, al anticlinalului Govora; de altfel, forajul a intilnit sare pe intervalul 200—331 m, iar la confluența pîriului Nuferilor cu valea Hînța aflorează o brecie a sării.

Considerăm însă că prezența clară a hidrocarburilor în izvoarele sulfuroase ca și asemănările de chimism și condițiile structural-tectonice constituie argumente certe pentru relația apelor sulfuroase cu apele de zăcămînt.

Migrarea ascensională a apei de zăcămînt cu mineralizație ridicată este însă dificilă din cauza densității mari, presupunere susținută și de lipsa unor izvoare cu apă clorosodică cu concentrație mare chiar acolo unde condițiile structurale au permis.

În același timp hidrocarburile asociate (atît gazele cît și țățeul) migrează ascensional foarte ușor în zona tectonizată din flancul sudic al anticlinalului Govora, putînd antrena și facilita deplasarea ionilor de Na^+ , Cl^- , Br^- , I^- , ca și o serie de transformări chimice ale sărurilor din roci (gipsuri burdigaliene sau badenien). Prezența hidrocarburilor favo-



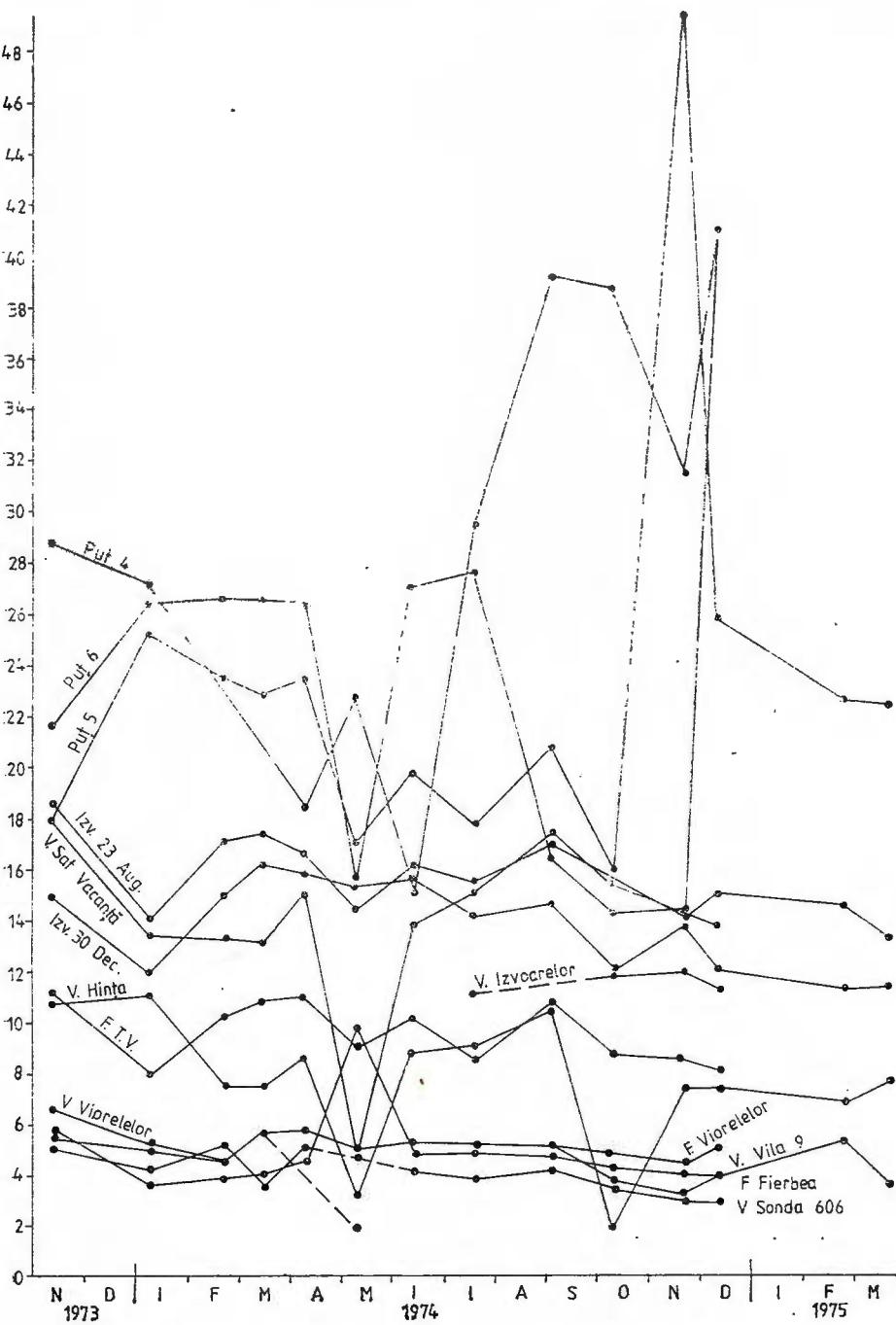
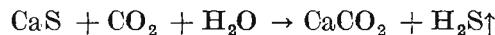
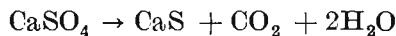


Fig. 5. — Variația valorilor Δ Densitate în funcție de timp.

Variation des valeurs Δ Densité en fonction de temps.

rizează producerea H_2S din gipsuri fie întrînd în reacție cu CH_4 , fie indirect prin crearea unui mediu reducător.

Este cunoscută posibilitatea eliberării H_2S prin procesul de reducere a gipsurilor în prezența CH_4 și a unor bacterii reducătoare asociate hidrocarburilor după reacția :



Depunerile de sulf ce însotesc izvoarele sulfuroase pot fi explicate ca rezultînd dintr-o reacție de oxidare a H_2S .

Procese similare au condus la formarea unor zăcăminte de sulf epigenetic din regiunea miocenă carpatică, zona Vrancea (Ticleanu, 1969). Costin - Deleanu (în Molnar et al., 1953), presupune proveniența H_2S din acțiunea hidrocarburilor asupra rocilor argiloase gipsifere sau din descompunerea substanțelor organice.

În urma analizei datelor de chimism, a studiilor bazate pe izotopi stabili (deuteriu) ca și a observațiilor geologice și hidrogeologice, considerăm că principalele procese implicate în formarea apelor sulfuroase sunt :

- migrarea ascensională a unora din elementele componente ale apelor de zăcămînt : Cl^- , Br^- , I^- , Na^+ , odată cu deplasarea hidrocarburilor și a unei cantități reduse de apă fosilă ;
- eliberarea de H_2S , prin reducerea gipsurilor burdigaliene și badeniene în prezența hidrocarburilor și a unor bacterii reducătoare ;
- dizolvarea unor componente ușor solubile din roci (sulfati, cloruri, carbonați) în apele de infiltrație, implicînd și unele reacții chimice cu generarea de ape bicarbonatace, sulfatace ; concomitent, a avut loc depunerea unor elemente sau săruri rezultate din procesele amintite : sulf, carbonat de calciu secundar (travertin), gips secundar etc. ;
- amestecul apelor de suprafață descendente de tip bicarbonat-sulfat cu ape de zăcămînt clorosodice, rezultînd ape mixte cu un chimism mai complex dar avînd un caracter comun : prezența H_2S .

5. Aspecte ale exploatarii raționale a zăcămîntului hidromineral Govora

5.1. Ape sulfuroase. Cercetările efectuate de noi în perioada 1973–1977 au permis extinderea zonei de interes pentru ape sulfuroase (cunoscute și exploataate în zona puțurilor de pe valea Hința) către est, prin evidențierea izvoarelor de pe pîraiele Nedelcu și Nuferilor.

Apa minerală sulfuroasă este exploataată în prezent prin 6 puțuri cu diametru mare pentru cură externă și prin izvorul 30 Decembrie pentru cură internă.

Puțurile sint amplasate pe malul drept al văii Hința, excepție făcînd puțul 6 care este amplasat pe malul stîng. Acestea au adîncimi cuprinse între 6 și 25 m și sint echipate cu mamuthi avînd un compresor comun



de exploatare folosit și pentru sondele 606 și 606 bis, situat la cca 500 m distanță de puțuri.

În vederea unei exploatari adecvate se recomandă ca puțurile să fie echipate cu pompe individuale reglate la debitul optim de exploatare stabilit pentru fiecare puț.

Conducta de refulare a apei din puțuri la bazinele de acumulare se va monta la baza acestuia, evitând astfel pierderea unei mari cantități de H_2S prin aerare.

La un interval de minim doi ani se vor face pompări forțate pentru decolmatarea fisurilor prin care circulă apa.

Pentru cură internă a fost folosit, pînă în 1977, izvorul 30 Decembrie, situat între puțurile P 1 și P 2. Debitul izvorului a variat între 0,05–0,03 l/s fiind influențat și de cantitatea de precipitații căzută în zonă. S-a constatat că izvorul este alimentat într-o măsură mai mare de apă din stratele sarmatiene din flancul nordic al sinclinalului Dumbrăvești, cu o arie de aflorare mai mare. Aceasta explică de ce influența precipitațiilor asupra debitului se face simțită după o perioadă de timp mai mare spre deosebire de puțuri.

Întrucît apa izvorului prezintă deosebiri în ce privește chimismul și debitul, în 1977 s-au efectuat lucrări de reamenajare a acestuia, captând separat cele trei emergențe.

Tot pentru cură internă a mai fost folosit izvorul 23 August situat la cca 800 m amonte de zona puțurilor însă în anul 1974, acesta a fost distrus în urma unei alunecări de teren.

Suplimentarea debitului de apă sulfuroasă se poate realiza prin captarea izvoarelor de pe valea Nedelcu și valea Nuferilor. Captarea se recomandă a se face prin drenuri.

5.2. Ape clorosodice bromo-iodurate. Apele clorosodice bromo-iodurate sunt exploataate în prezent prin sondele: 601, 602, 606 și 606 bis. La toate aceste sonde exploatarea se face prin aer-lift.

Sondele existente pot fi exploataate concomitent și permanent întrucît nu se interferează dacă se respectă debitele optime de exploatare stabilite.

În perioadele în care necesarul de apă este redus, sursele se pot exploata prin rotație, înălțându-se astfel posibilitatea de înzisipare sau acumulările de gaze ce pot duce la erupții.

Pentru evitarea colmatărilor și a efectelor incrustării, este recomandabil ca la cca 3 ani, la fiecare sursă să se execute spălări cu jet de apă pe toată zona perforată, după care se vor face pompări din talpă pînă la limpezirea totală a apei. După aceste operații debitul de exploatare nu va fi mai mare decât cel recomandat.

La sonda 601 se constată o scădere lentă a nivelului dinamic pentru același debit, fenomen cauzat de colmatarea în spatele coloanelor perforate. La această sondă se recomandă ca înainte de spălare cu apă să se reperforeze intervalele captate cu minim 12 jeturi/ml.

Suplimentarea debitului de apă clorosodică bromo-iodurată se poate realiza prin punerea în exploatare a sondelor nou executate (617 și 718), prin executarea de noi foraje, sau prin intervenții la unele sonde abandonate sau în conservare.



În varianta executării de noi foraje, acestea se vor săpa pînă la cca 600 m adîncime și se vor amplasa în cele trei compartimente tectonice situate la est de sonda 608. În această variantă se recomandă exploatarea separată a celor două complexe acvifere situate pînă la 600 m, în același sistem ca grupul de sonde 606.

Este necesară urmărirea permanentă a surselor de apă : debit, nivele, chimism, etc. și intervenția pentru remedieri în timp util.

Pentru protecția zăcămîntului se recomandă cimentarea sondelor 1—7 și a forajelor F. 101—104.

Concluzii

Formațiunile geologice care aflorează în zona Govora, în care sunt cantonate apele mineralizate, aparțin Miocenului (Burdigalian, Badenian Sarmățian).

Burdigalianul, ce apare în zona axială a anticlinalului Govora, este reprezentat prin : conglomerate (în bază), nisipuri vîrgate, marne cenușii și nisipuri și pietrișuri superioare. De această formațiune sunt legate spațial și genetic apele de zăcămînt clorosodice bromo-iodurate.

Badenianul prezintă un caracter tufaceu nisipos la partea inferioară și predominant marnos la partea superioară, fiind formațiunea de care sunt legate cele mai multe ocorențe de ape minerale sulfuroase.

Sarmățianul, ce aflorează în flancul sudic al anticlinalului Govora, este constituit dintr-o alternanță de nisipuri niciacee și marne în bază, un orizont marnos și un orizont terigen grosier cu nivele de calcare, la partea superioară. În Sarmățian sunt cantonate acumulări de apă sulfuroasă și ape freatice.

Întreaga succesiune a fost afectată de fracturi longitudinale și transversale ce au dus la o compartimentare accentuată a structurii geologice. Aceasta explică configurația extrem de complicată a zăcămîntului hidro-mineral și dificultatea corelării complexelor acvifere cantonate în formațiuni geologice cutate și fracturate.

În funcție de condițiile structural-tectonice și de chimism, apele mineralizate din zona Govora aparțin la două tipuri importante : ape clorosodice-bromo-iodurate de zăcămînt și ape sulfuroase.

Apele clorosodice-bromo-iodurate au următoarele caracteristici :

- sunt cantonate în strate permeabile aparținînd Burdigalianului, avind debite și concentrații de I^- și Br^- mai mari pînă la adîncimi de 600 m;

- formează acumulări mai importante în flancul nordic al anticlinalului Govora și în zona perianticlinală a acestuia ; flancul sudic, intens fracturat, a suferit o degradare a zăcămîntului petrolifer ;

- apa mineralizată are inițial un caracter artezian datorită presiunii gazelor din strat ;

- complexele acvifere probate se caracterizează prin debite mici față de grosimea mare a stratelor și timp de revenire destul de mare (de păsind 24 ore) ;

- chimic, sunt ape cloro-sodice-calcice-magneziene-bromo-iodurate, cu mineralizație totală ridicată : 35.000—61.000 mg/l ;

- studiul izotopilor stabili a pus în evidență existența unor ape de zăcămînt tipice și a unor ape de amestec cu cele superficiale.



Apele sulfuroase au următoarele trăsături caracteristice :

- sunt cantonate în formațiuni de vîrstă Badenian superior și Sarmatian inferior, în general, cu permeabilități reduse;
- circulația, în aceste condiții, are loc pe fețe de strat, fisuri, fracturi iar acumularea se face atât în strate permeabile cît și în rețea de fisuri și fracturi;
- sunt însoțite de hidrocarburi (gaze și tiței), fenoli, bacterii reducătoare, ceea ce conduce la ideea unei legături genetice între apele sulfuroase și apele de zăcămînt;
- prezintă debite foarte mici ($0,033-0,07 \text{ l/s}$) iar revenirile se fac foarte încet, depășind cu mult 24 ore;
- au un chimism complex, putînd fi definite ca ape clorurate-bicarbonatace sau clorurate-bicarbonatace-sulfatace, sodice-calcice-magneziene;
- mineralizatîa totală este semnificativ mai mică decît cea a apelor de zăcămînt, variind între $2600-13.700 \text{ mg/l}$;
- studiul izotopilor stabili a evidențiat existența unui amestec a două tipuri de apă : cu conținut ridicat în deuteriu (provenind din apele de zăcămînt) și cu conținut scăzut în deuteriu (ape superficiale). Genetic, apele sulfuroase provin în urma unor procese complexe ce implică :
 - migrarea ascensională a unora din elementele componente ale apelor de zăcămînt (Cl^- , Br^- , I^- și Na^+), odată cu deplasarea ascensională a hidrocarburilor și a unei cantități reduse de apă de zăcămînt;
 - eliberarea de H_2S prin reducerea gipsurilor burdigaliene și bade-niene în prezența hidrocarburilor și a unor bacterii reducătoare;
 - dizolvarea unor componente ușor solubile din roci (sulfati, cloruri, carbonați) în apele de infiltratie, uneori însoțită de reacții chimice, în urma cărora se depun unele substanțe ca : sulf, travertin etc. ;
 - amestecul apelor superficiale descendente de tip bicarbonat-sulfat cu ape de zăcămînt cloro-sodice, rezultînd ape sulfuroase cu un chimism mai complex.

⁶ Analizele chimice au fost efectuate de V. Moronescu ISLGC, R. Radu (ICH) și Laboratorul IGPSMS.

BIBLIOGRAFIE

- Blaaga L., Blaga L., Ciobotaru T., Feurdean V. (1974) Raport arhiva Inst. de Izotopi Stabili, Cluj-Napoca.
- Castany G. (1972) Prospecțunea și explorarea apelor subterane. Editura tehnică, București.
- Cay Mc., Hardee H. J. (1974) Grand water resources of the lower Hillsboro Canal area, southeastern Florida. Report of investigation No 55. Department of Natural resources, Florida.
- Feru U. M. (1972) Geneza apelor minerale de la Olănești. *Inst. Geol., Stud. tehn. econ. E 10, Hidrogeologie*, București.
- Iancu V., Capotă A., Ianculescu I., Godeanu M., Moronescu V., Radu R. (1973). Raport, arhiva ISLGG. București.



- Molnar R. (1953) Raport, arhiva Inst. de Balneologie și Fizioterapie, București.
- Motăș I., Marinescu Fl., Popescu Gh. (1976) Essai sur la Neogène de la Roumanie. *Inst. geol., geofiz. L.*, Sydney — București.
- Popescu Gr. (1964) Cercetări geologice în regiunea Govora — Rm. Vilcea — Olănești (Depresiunea Getică). *D.S. Com. Geol. XXXVIII*, București.
- Stoica C. (1964) Anticinalul Govora. *Rev. Petrol și Gaze Nr. 4*, București.
- Ticleanu N. (1969) Raport, arhiva Intr. de Prospecțiuni geologice și geofizice, București.
- Zberea A., Goesman Z., Zberea M., Sîrbu F., Popa S., Odobescu T. (1964) Raport, arhiva Intr. de Prospecțiuni geologice și geofizice, București.

RECHERCHES HYDROGÉOLOGIQUES ET ASPECTS DE L'EXPLOITATION RATIONNELLE DU GISEMENT HYDROMINÉRAL DE GOVORA

(Résumé)

La succession complète des formations géologiques de la zone de Govora comprend le Quaternaire, le Sarmatien, le Badénien, le Burdigalien, l'Aquitainien, l'Oligocène, l'Eocène dont affleurent seules les formations quaternaires et miocènes (Burdigalien, Badénien).

Le Burdigalien, représenté par des : conglomérates (à la base), sables bariolés, marnes grises, sables et graviers supérieurs, c'est la formation la plus ancienne qui affleure dans la zone axiale de l'anticinal Govora. Au point de vue hydrogéologique, aux formations burdigaliennes sont liées — dans l'espace et génétiquement — les eaux de gisement chlorosodiques-ioduro-bromurées.

Le Badénien, qui suit en continuité de sédimentation, a été divisé en : Badénien inférieur, à dominance tufacée-sableuse, et Badénien supérieur, à dominance marneuse, dans lequel on a mis en évidence le niveau de schistes à Radiolaries. Aux formations badénianes sont liées spatialement et en partie génétiquement les eaux minéralisées sulfureuses ; étant des roches surtout imperméables, elles ne présentent toutefois d'accumulations importantes d'eaux minéralisées. leur circulation se réalisant sur les faces des couches, les fissures et les failles.

Le Sarmatien, qui affleure exclusivement dans le flanc sud de l'anticinal Govora, est constitué d'une alternance de sables micacés et marnes, en base, un horizon à dominance marneuse et un horizon terrigène grossier à niveaux de calcaires à la partie supérieure. Au point de vue hydrogéologique, le Sarmatien présente des paquets importants de roches perméables, qui permettent une bonne circulation et l'emmagasinement des eaux phréatiques et minéralisées.

Le Quaternaire est représenté par des dépôts diluvio-fulviaux, dépôts de terrasse et cônes de déjection.

L'élément structural majeur est l'anticinal Govora, dont l'orientation générale est O—E. Il a été affecté tant par des fractures longitudinales (par exemple la faille Blidari, le long de laquelle a eu lieu un affaissement du flanc sud de l'anticinal), ainsi que par des fractures transversales, dont le principal effet a été un affaissement en gradins, de l'ouest vers l'est, des compartiments tectoniques.

Les eaux minéralisées de la zone de Govora appartiennent à deux types distincts, en vertu de leur chimisme et des conditions structural-tectoniques d'apparition : eaux chlorosodique-bromo-iodurées et eaux sulfureuses.

1. Les eaux chlorosodiques bromo-iodurées trahissent les suivantes caractéristiques :

— Elles sont cantonnées dans des formations burdigaliennes avec une perméabilité élevée, représentées par des sables fins jusqu'à grossiers et graviers.



— Comme structure, elles forment des accumulations plus importantes dans le flanc nord de l'anticlinal Govora, moins fracturé, et dans la zone périclinal (la partie est de la station), où l'horizon des sables et des graviers supérieurs atteint l'épaisseur maximale.

— L'eau chlorosodique suscite un intérêt particulier du point de vue de son débit et de la concentration en iode et brome rencontrée dans les dépôts burdigaliens ouverts jusqu'à des profondeurs de 600 m.

— L'eau minéralisée des intervalles perméables examinés a tout d'abord un caractère artésien, sans regard au complexe aquifère ouvert (par suite de la pression des gaz de la couche) qui diminue au fur et à mesure que les gaz accumulés se consument.

— Les complexes aquifères échantillonnés sont caractérisés par de grandes épaisseurs des intervalles perméables, mais par des débits petits par rapports à leur épaisseur, à cause autant de la granulation réduite, ainsi que de la présence du pétrole, ce qui explique le temps de renouvellement assez grand, plus de 14 heures.

— Au point de vue chimique, elles sont des eaux chlorosodiques, faiblement calciques-magnésiennes, bromo-iodurées avec une minéralisation totale élevée : 35.000—61.000 mg/l.

— Les déterminations de déuterium ont mis en évidence l'existence de deux catégories, d'eaux chlorosodiques, eaux de gisement et eaux néea du mélange des premières avec des eaux de surface.

2. Les eaux sulfureuses présentent les suivants traits caractéristiques :

— Elles sont cantonnées et affleurent sous forme de sources dans des formations d'âge badénien supérieur et sarmatiens inférieur, représentées surtout par des roches imperméables (marnes, argiles) ou à perméabilité réduite (marnes et argiles sableuses).

— A cause de la perméabilité réduite de ces roches, la circulation et l'emmagasinement des eaux sulfureuses se produisent sur des faces de couche, fissures et failles.

— Elles sont accompagnées d'hydrocarbures liquides et gazeuses (autant en sources, ainsi qu'en puits et forages); l'étude chimique et biologique a révélé la présence des phényles et notamment des bactéries réductrices.

— Elles ont de très petits débits (0,03—0,04 l/s dans les puits d'exploitation) et les renouvellements sont très lentes, dépassant toujours 24 heures.

— Leur chimisme est complexe, on peut les définir comme des eaux chloruro-bicarbonatées ou chloruro-bicarbonate-sulfatosodique-calciques, magnésiennes.

— Leur concentration est plus réduite que celle des eaux chlorosodiques, variant entre 2500—13.700 mg/l et diminue lorsqu'elles viennent en contact avec des couches perméables. En même temps, a eu lieu une diminution du caractère chlorosodique et une accentuation du caractère bicarbonate-sulfaté.

— L'étude des isotopes stables a mis en évidence l'existence d'une mélange d'eaux de provenance différente : eaux avec une teneur élevée en déuterium, du type des eaux de gisement, et eaux avec des concentrations réduites en déuterium, représentant des eaux superficielles.

Le caractère prédominant chlorosodique des eaux sulfureuses, ainsi que la présence de l'I⁻, du Br⁻, des phényles, du méthane, du pétrole et des bactéries réductrices montrent l'existence d'une affiliation génétique entre les eaux sulfureuses chlorosodiques et les eaux de gisement (chlorosodique-bromoiodurées) à grande concentration.

Par rapport aux eaux de gisement, les eaux sulfureuses présentent une diminution importante de la minéralisation totale, des teneurs réduites en Cl⁻, Br⁻, I⁻, Na⁺, Ca⁺⁺, et Mg⁺⁺, et plus élevées en SO₄²⁻ et HCO₃⁻.



Au point de vue génétique, considérons que les eaux sulfureuses se sont formées par suite des processus plus complexes, impliquant :

- La migration ascensionnelle de certains éléments composants des eaux de gisement (Cl^- , Br^- , I^- , Na^+), en même temps que le déplacement ascensionnel des hydrocarbures et d'une quantité réduite d'eau de gisement.
- Délivrance de H_2S par la réduction des gypses burdigaliens et badéniens dans la présence des hydrocarbures et des bactéries réductrices spécifiques.
- La dissolution des composants faiblement solubles des roches (sulfates, chlorures, carbonates) dans les eaux d'infiltration, impliquant également des processus chimiques plus complexes.
- Le mélange des eaux de surface descendantes de type bicarbonato-sulfaté avec des eaux de gisement chlorosodiques résultant des eaux sulfureuses avec un chimisme plus complexe.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I

Carte géologique de la zone de Govora.

Quaternaire : 1, alluvions ; 2, dépôts de terrasse ; 3, dépôts prolluviaux ; 4, dépôts colluviaux ; 5, Sarmatiens non-divisés : sables, marnes, grès, microconglomérats ; 6, Badénien supérieur ; a, schistes à Radiolaires ; 7, Badénien inférieur ; tuffs, sables ; 8, Burdigalien : conglomérats, marnes, sables, graviers ; 9, position de couche ; 10, faille ; 11, axe d'anticlinal ; 12, axe de synclinal ; 13, section géologique ; 14, échantillon analysé micropaléontologiquement ; 15, source d'eau minéralisée ; 16, indications d'eau minéralisée sulfureuse ; 17, sources, impregnations à hydrocarbures liquides ; 18, puits d'exploitation pour eaux sulfureuses ; 19, forages exécutés pour eaux sulfureuses ; 20, forages exécutés pour eaux chlorosodiques.

Planche II

Sections géologiques dans la zone de Govora.

Quaternaire : 1, alluvions ; 2, dépôts colluviaux ; 3, Sarmatiens : sables, marnes, grès, microconglomérats ; 4, Badénien supérieur : marnes ; a, schistes à Radiolaires ; 5, Badénien inférieur : tuffs, sables ; 6, Burdigalien : conglomérats, marnes, sables, graviers ; 7, inclinaison de couche, mesurée ; 8, faille ; 9, axe d'anticlinal ; 10, axe de synclinal ; 11, source d'eau sulfureuse ; 12, forage pour eau chlorosodique ; 13, eau de précipitations ; 14, eau chlorosodique-iodurée-bromurée ; 15, eau sulfureuse-chlorosodique-iodurée-bromurée.

Planche III

Coupes lithologiques, esquisses de tubage et courbes de retour aux forages 102, 103, 104 (eaux sulfureuses).



VIORICA IANCU
HARTA GEOLOGICĂ A ZONEI GOVORA

0 100 200 300 400 m

L E G E N D A

- 1 Aluvioni
- 2 Depozite de terasă
- 3 Depozite pluviale
- 4 Depozite coluviale
- 5 Nisipuri, marne, gresii, microconglomerate
- 6 Marne și găsiuri cu radiolari
- 7 Tufuri, nisipuri
- 8 Conglomerate, marne, nisipuri, pietrișuri
- 9 Poziție de strat
- 10 Fâlfie
- 11 Ax anticlinal
- 12 Ax sinclinal
- 13 Secțiune geologică
- 14 ♦ Probă analizată micropaleontologic
- 15 Ⓛ Izvor cu apă mineralizată
- 16 // Indicații de apă mineralizată sulfuroasă
- 17 ▲ Izvoare, impregnații etc. cu hidrocarburi lichide
- 18 □ Puț în exploatare pentru ape sulfuroase
- 19 ○ Foraje executate pentru ape sulfuroase
- 20 ● Foraje executate pentru ape clorosodice

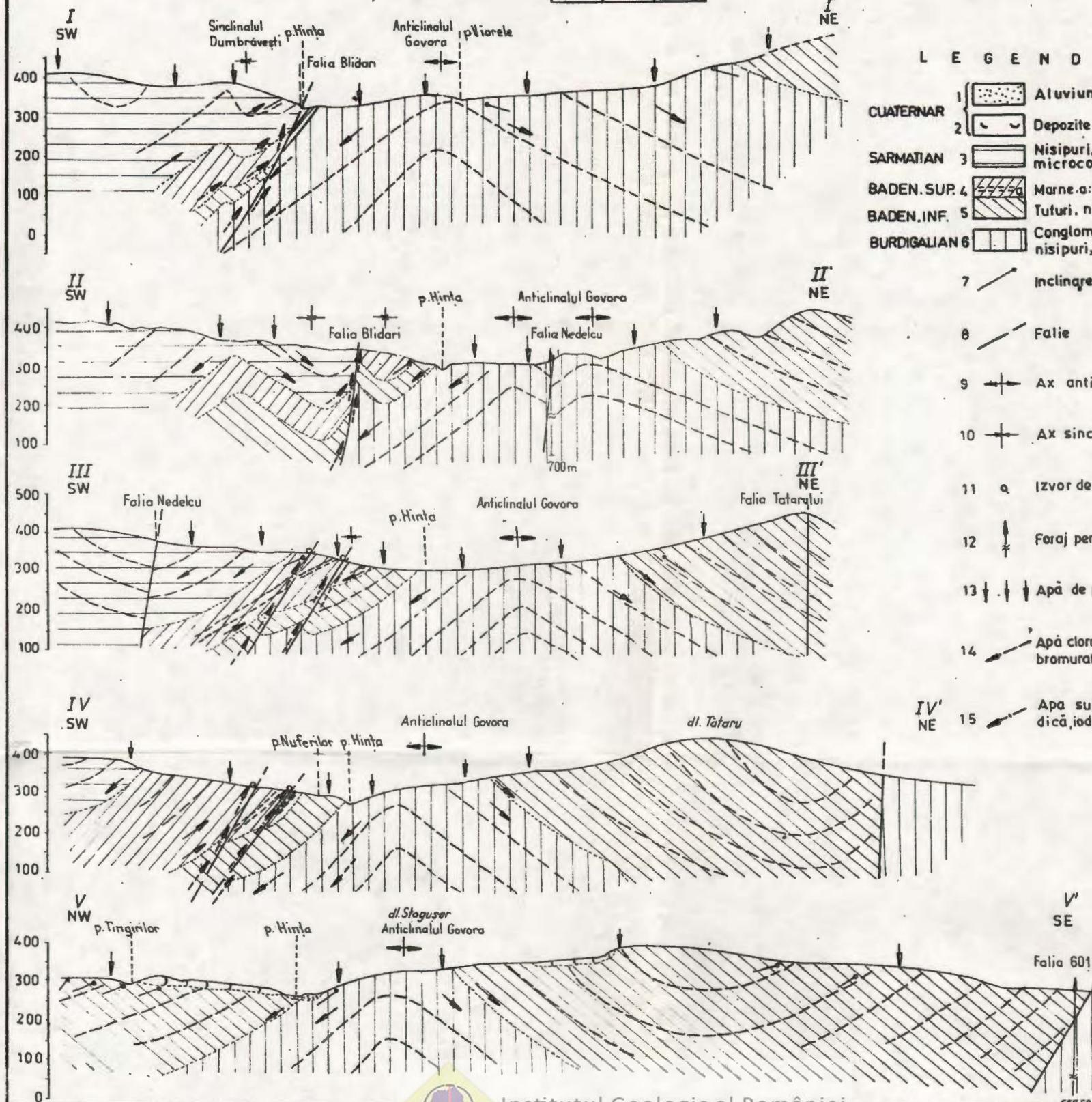


IGR

Institutul Geologic al României

VIORICA IANCU
SECTIUNI GEOLOGICE IN ZONA GOVORA

0 100 200 300 m



PROFILE LITOLOGICE, SCHİTE DE TUBAJ ȘI CURBE DE REVENIRE LA FORAJELE 102, 103, 104

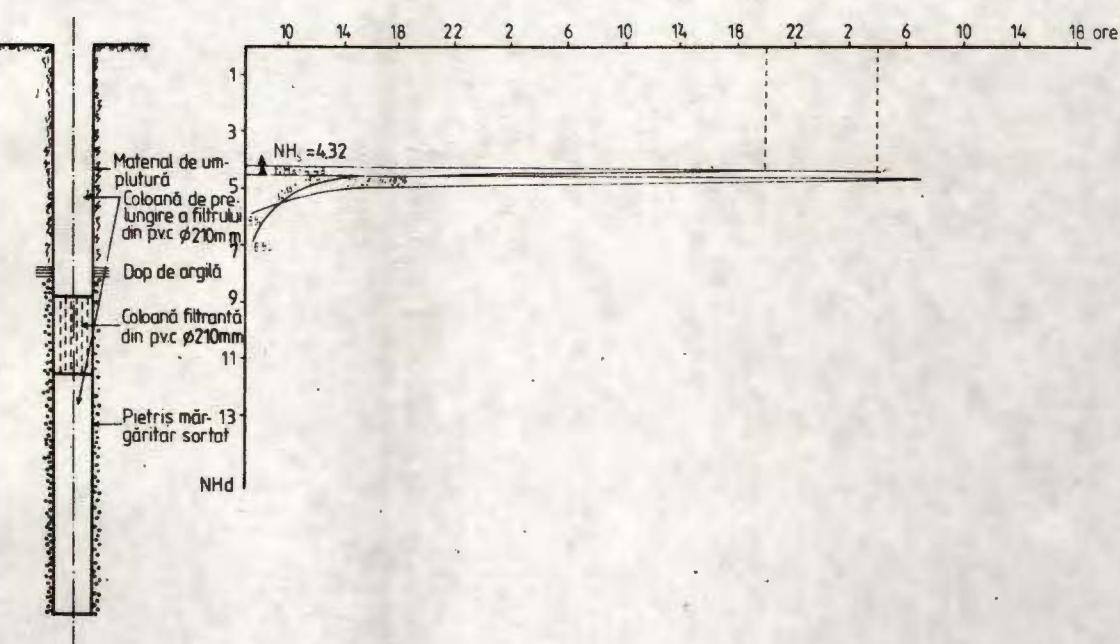
(APE SULFUROASE)

Pl. III

V. IANCU et al. Zăcămintul hidromineral - Govora

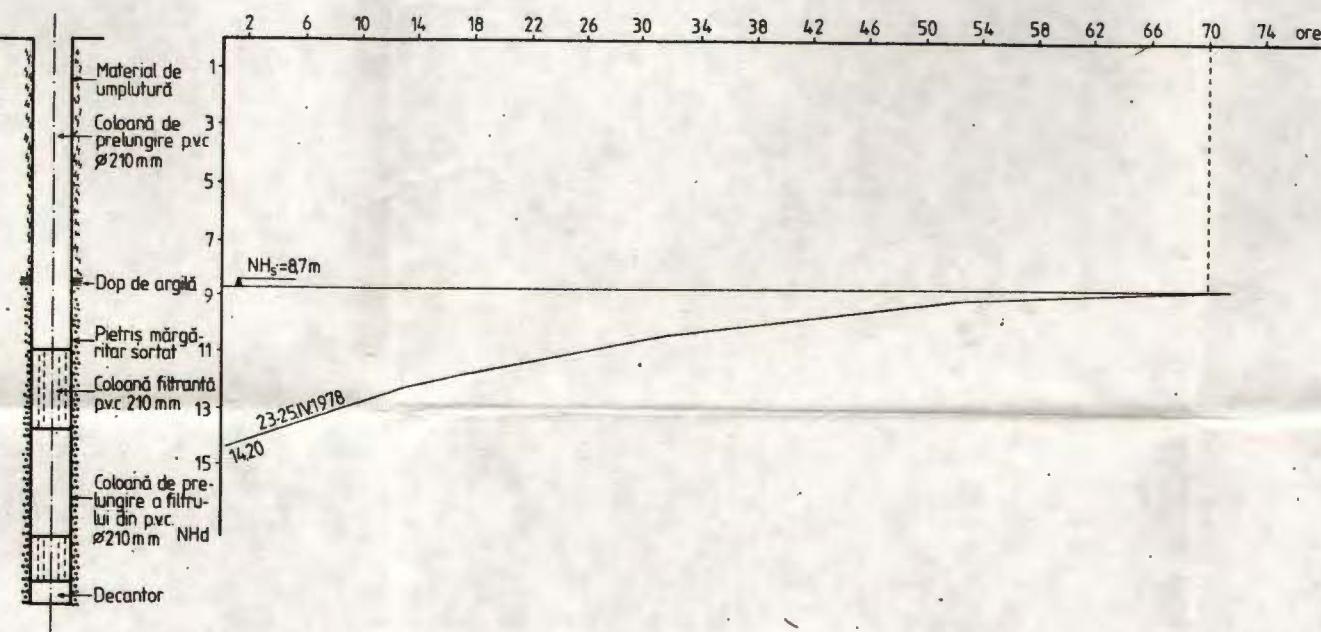
F 102

Sc 1100	Adâncime m	Stratificare	Profil litologic	Descriere litologică
-1				Material de umplutură
-2	260-280			Argilă compactă, cenușie cu lentele de nisip fin
-3				Marnă compactă, vinată, în plăci
-4	480-500			Gresie foarte compactă
-5				Marnă în plăci, foarte compactă, vinată, cu rare intercalări de nisip fin
-6				
-7				
-8				
-9				
-10	1050-1170			
-11				
-12				
-13				
-14				
-15				
-16				
-17				
-18				
-19	2100-2500			



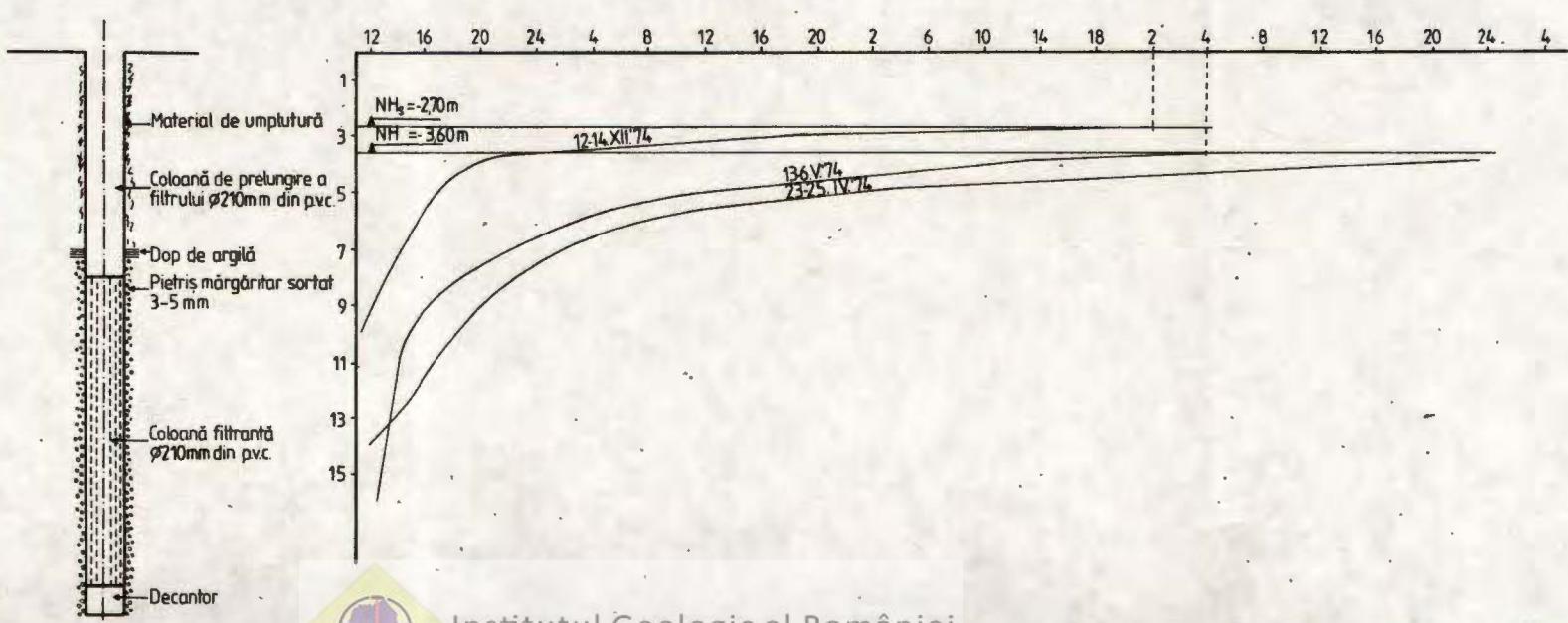
F 103

Sc 1100	Adâncime m	Stratificare	Profil litologic	Descriere litologică
-1				sor vegetal
-2				Nisip prăfos, galben, uscat
-3				
-4	480-500			Marnă în plăci, compactă, vinată, fin micacee
-5				
-6				
-7				
-8				
-9				
-10	1100-1220			Gresie compactă, cenușie, vinată
-11				
-12				
-13				
-14	1700-1820			Marnă vinată, compactă, fin micacee
-15				
-16				
-17	1750-1880			Gresie cenușie, vinată compactă, marnă în plăci, vinată.
-18				
-19	1920-1960			
-20	2000-2080			



F 104

Sc 1100	Adâncime m	Stratificare	Profil litologic	Descriere litologică
-1				sor vegetal
-2				Argilă nisipoasă, compactă, gălbuiu
-3	360-320			Marnă în plăci, tare cenușie
-4				
-5				
-6				
-7	770-810			Gresie compactă, cu intercalări de marnă compactă
-8				
-9				
-10				
-11				
-12				
-13				
-14				
-15				
-16				
-17				
-18				
-19	2020-2050			



APELE MINERALE DIN MARAMUREŞ (PERSPECTIVE DE VALORIZARE)¹

DE

MIRCEA MAIERU², CORNELIA MAIERU²

Regional hydrogeology. Mineral waters. Mofettes. Carbogaseous waters. Sulphur waters. Chlorosodic waters. Saline waters. Hydrochemistry. East Carpathians. Transcarpathian flysch. The new eruptive. Gutii. Crystalline Mesozoic Zone. Maramureş Mountains.

Abstract

Mineral Waters from Maramureş (Exploitation Prospects). The paper presents the zones of interest for utilization of the mineral waters and mofettes existing in the Maramureş district. In the period 1970—1977 the authors identified and studied 295 hydromineral sources on the territory of this district, grouped as follows : 187 for carbogaseous waters, 58 for sulphur waters, 9 for sulphur and carbogaseous waters, 11 for sulphur chloride-sodium and carbogaseous waters, 17 for salt waters. They occur on metamorphic, sedimentary formations and at the contact of these formations with the Neogene eruptive. The paper contributes to the knowledge of a zone rich in mineral waters which have been little known and used so far.

Datele ce le vom prezenta sint rezultatul lucrarilor de prospectiuni hidrogeologice efectuate pe teritoriul judetului Maramureş în perioada 1970—1977, lucrări ce au avut drept scop inventarierea tuturor manifestărilor hidrominerale și mofetice, stabilirea genezei, condițiilor de circulație și caracteristicile fizico-chimice ale acestora în vederea stabilirii posibilității valorificării lor.

Din punct de vedere morfologic, județul prezintă un aspect foarte variat, relieful reflectând alcătuirea litologică complexă a rocilor din regiune. Numeroasele cursuri de apă sint tributare văilor principale : Vișeu, Vaser, Iza, Tisa, Lăpuș și Someș.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Întreprinderea geologică de prospecții pentru substanțe minerale solide, str. Caransebeș nr. 1, 78344 București.



Dată fiind prezența în această zonă a unor importante mineralizații trebuie subliniat faptul că regiunea a făcut obiectul a numeroase lucrări geologice.

Din punct de vedere hidrogeologic, zona a fost mai puțin cercetată în trecut, primele referiri privind iviri hidrominerale aparținând lui Biebelz (1882), Ciampenan și Teposu (1920), Teposu (1937), Sturza (1939). Într-o lucrare de ansamblu asupra apelor minerale aparținând lui Codarcea (1940), se fac referiri și la izvoarele minerale de la Șuligu (valea Vaserului) și cele din valea Vinului (Vișeu de Sus).

În 1961, Serbănescu și Crețan, efectuează lucrări de prospectiune hidrogeologică în zona masivului Toroiaga, iar din 1970, teritoriul județului Maramureș face obiectul cercetărilor întreprinse de Secția de prospectiuni hidrogeologice din IGPSMS prin Mieru et al.

În 1971, IPJ Baia Mare întocmește (prin geolog Gliga), studii hidrogeologice privind posibilitățile de exploatare a unor surse hidrominerale (Apa Sărătă, Băile Dănești, Băile Cărbunari).

În 1972 Pricăjan și Bologa sintetizează datele cunoscute la nivelul anului 1971 în studiu „Zestrea hidrominerală a județului Maramureș” și tot în 1972 Pricăjan publică lucrarea „Apele minerale și termale din România” în care sunt cuprinse informații cunoscute la acea dată asupra apelor minerale din zonă.

De asemenea în 1973, Ciorniei comunică lucrarea „Considerații geologice asupra apelor minerale din partea centrală a munților Maramureșului”.

În 1975, ISPIF prin Selețki și Gavriș, folosind metode geofizice și foraje, întocmește un studiu pentru precizarea posibilităților de punere în valoare a unor surse de ape minerale (Săpința, valea Vinului, valea Fintina).

Teritoriul cercetat aparține din punct de vedere structural următoarelor unități: zona flișului, zona cristalino-mezozoică, zona transcarpatică (maramureșan-pannonică) și depresiunea Transilvaniei.

Aspectul tectonic variat și complicat al formațiunilor și depozitelor ce constituie teritoriul de care ne ocupăm, și în special existența numeroaselor falii, și fracturi, precum și fisurația, uneori foarte accentuată, a anumitor categorii de roci, au o importanță deosebită, atât în ceea ce privește circulația și acumularea apelor subterane în diferitele structuri, cât și în ceea ce privește geneza, circulația și accesul la suprafață al unor ape minerale sau gaze.

Astfel, legătura între prezența manifestărilor hidrominerale și accidentele tectonice este în unele cazuri evidentă: Copalnic, Mănăstur, Băiuț, Botiza, Glod etc., alteori, prezența izvoarelor minerale și a emanățiilor de gaze o punem în legătură numai cu fracturi profunde, ale fundamentului, ce nu afectează depozitele sedimentare acoperitoare, accesul CO₂ realizându-se prin porozitate sau fisurație.

Studiul chimic al celor 295 surse hidrominerale identificate și cercetate de noi pe teritoriul județului Maramureș a condus la incadrarea acestora, pe criterii balneologice, în mai multe categorii și anume: ape alcaline, ape alcalino-teroase, ape clorurosodice și sărate, ape sulfatate,



ape carbogazoase, ape sulfuroase, ape feruginoase și ape oligominerale. Trebuie însă subliniat faptul că în majoritatea cazurilor apele au caracter mixt.

Luind în considerare formațiunile geologice din care apar, constatăm că pe aria de dezvoltare a formațiunilor metamorfice cunoaștem 57 izvoare minerale (valea Vaser, valea Cisla Vinișorul, valea Fântâna) cu ape, în general, alcaline, alcalino-teroase carbogazoase, pe arealul depozitelor cretacic inferioare, 5 izvoare carbogazoase, alcaline (Poienile de sub Munte), majoritatea surselor hidrominerale fiind însă legate de depozitele paleogene și neogene și anume: 63 izvoare pe Eocen (Poiana Botizei, Băiuț, valea Vinului, pîrîul Birți etc.) cu ape alcaline, alcalino-teroase carbogazoase și sulfuroase, 68 izvoare pe Oligocen (Stoiceni, Poiana Botizii, Dragomirești etc.), ape alcaline, alcalino-teroase, oligominerale, clorurosodice și sărate, sulfuroase carbogazoase, și 52 izvoare pe Miocen și Pannonian (Ocna Sugatag, Coștiui, Slătioara etc.), ape alcaline, ape sărate și ape sulfatate. De depozitele cuaternare este legată apariția a 21 surse, în general carbogazoase (Vișeul de Sus, Rogoz, Săpința etc.), iar de formațiunile eruptive, 25 surse cu ape în mare majoritate alcaline, carbogazoase (valea Cisla-valea Vinișorul, Firiza, Baia Sprie etc.).

Luind în considerare agenții mineralizatori: CO_2 , H_2S precum și mineralizația totală (MT), sursele minerale din județul Maramureș se grupează astfel: 187 ape carbogazoase, 58 ape sulfuroase, 9 ape carbogazoase sulfuroase, 11 ape clorurosodice sulfuroase sau carbogazoase și 17 ape sărate.

Din totalul celor 295 surse identificate și cercetate de noi pe teritoriul județului ne vom opri asupra celor mai importante sub aspectul posibilității valorificării lor, iar prezentarea acestora o vom face grupindu-le în raport cu cele trei mari bazină hidrografice: bazinul Someșului și Lăpușului, bazinul Izei și Tisei și bazinul Vișeului și Vaserului.

În bazinul Someșului și Lăpușului ne vom opri asupra zonelor Baia Mare, Tg. Lăpuș, Dănești, Cărbunari, Copalnic Mănăstur, Băiuț.

Astfel, în apropierea municipiului Baia Mare apar o serie de surse hidrominerale la Tăuți Măgherăuși, valea Borcutului, Firiza și Baia Sprie, utilizate de localnici fie pentru apă de masă fie în tratarea empirică a diverselor afecțiuni.

În scopul valorificării respectivelor surse, considerăm că Băile Măgherăuș pot fi reamenajate, folosindu-se în cură exterană apă sărată ($MT = 30 - 35 \text{ g/l}$, $T = 40^\circ\text{C}$) debitată prin pomparea intervalului 680–286 m (depozite tortoniene, sarmațiene-pannoniene), deschis de cele 2 foraje ISEM existente (caracteristicile apei ce se exploata: clorurosodică, sulfuroasă, hipotonă $MT = 423,7 - 1799,2 \text{ mg/l}$; $\text{H}_2\text{S} = 1,4 \text{ mg/l}$).

De asemenea, pentru realizarea unor debite mai importante, propunem reamenajarea captărilor de pe valea Borcutului – apă carbogazoasă alcalină hipotonă, Valea lui Matei – apă clorurosodică-carbogazoasă, hipotonă și executarea unui foraj de cca 500 m pe valea Borcutului – Baia Sprie pentru investigarea acumulării hidrominerale cantonată probabil în depozitele Sarmățianului și Tortonianului (valea Borcutului – apă alcalină carbogazoasă, hipotonă – $MT = 3948,4 - 4899,3 \text{ mg/l}$; $\text{CO}_2 = 1038,4 - 1716,2 \text{ mg/l}$; Valea lui Matei – apă clorurosodică, car-



bogazoasă, hipotonă-MT = 6324,7 mg/l; CO₂ = 1690,0 mg/l, H₂S = 0,5 mg/l; HBO₂ = 81,0 mg/l; valea Borcutului-Baia Sprie-MT = 5989,6 mg/l; CO₂ = 1255,8 mg/l; H₂S = 3,9 mg/l; Br = 3,0 mg/l, I = 0,4 mg/l, HBO₂ = 348,3 mg/l — apă clorurosodică, carbogazoasă, sulfuroasă, hipotonă).

În legătură cu stabilimentele balneare existente la Băile Dănești și Băile Cărbunari, propunem resăparea actualelor foraje ce asigură apa necesară tratamentului și echiparea acestora cu coloană filtrantă din PVC sau burlane smălțuite și pompă submersibilă (actualul sistem de exploatare cu pompă mamouth ducind la pierdere, prin aerare, a unei mari părți din H₂S. (Băile Dănești — apă alcalină sulfuroasă, hipotonă-MT = = 6653,5—13238,7 mg/l; H₂S = 2,0—20,1 mg/l, Br = 1—8 mg/l, I = = 0,4—0,9 mg/l, Băile Cărbunari — apă sulfatată, sulfuroasă, hipotonă MT = 2351,7—11966,6 mg/l; H₂S = 0,8—14,8 mg/l; Br = 10,0 mg/l I = 1,1 mg/l).

Datorită caracteristicilor deosebite ale apei — alcalină, carbogazoasă, sulfuroasă (MT = 4572,4—11268,0 mg/l; CO₂ = 809,6—1103 mg/l, H₂S = 3,7 mg/l), debitată de sursele de la Copalnic-Mănăstur considerăm utilă amenajarea acestora pentru utilizare pe plan local.

În apropierea orașului Tg. Lăpuș, se întâlnesc iviri hidrominerale la Rogoz, Borcut, Stoiceni, Suciu de Sus și Măgureni.

Apreciem că o captare corespunzătoare a surselor de la Rogoz, ape carbogazoase, ar asigura debitul necesar unei utilizări locale, iar mofeta din Borcut ar putea fi amenajată pentru tratament balnear.

Apa de la Băile Stoiceni, alcalină, carbogazoasă, izotonă (MT = = 9853,6 mg/l, CO₂ = 1566,5 mg/l, H₂S = 0,5 mg/l, Br = 5,0 mg/l, HBO₂ = 101,2 mg/l), este cunoscută, analizată și exploatață încă din 1870, pentru ca în 1968, constatindu-se contaminarea bacteriologică a apei, să se sisteneze imbutelierea ei.

Propunem reamenajarea stațiunii, utilizându-se apa debitată de forajele 1, 2 ISPIF (după recondiționarea acestora), după instituirea perimetrului de protecție sanitată (F₁ = 0,8 l/s pentru s = 12,5 m; F₂ = 0,3 l/s pentru s = 13 m).

Debitul important de apă (0,3 l/s) și gaze carbonice, compoziția chimică, precum și situația într-o zonă minieră cu perspectivă, ne determină să propunem amenajarea izvoarelor de pe pîrîul Botizului (Poiana Botiza), a căror apă alcalină, carbogazoasă, hipotonă — (MT = 7759,9 mg/l, CO₂ = 1979,1 mg/l, HBO₂ = 283,5 mg/l), împreună cu gazele carbonice (99% CO₂) abundente, poate constitui baza de tratament hidromineral și mofetic a unei stațiuni de interes cel puțin local.

În cadrul bazinului rîurilor Iza și Tisa, ne vom opri asupra zonelor Săpînța, Sighetul Marmației, Breb, Botiza-Glod-Bîrsana, Dragomirești și Ieud.

La Săpînța suntem în prezență a trei surse cu apă alcalină, carbogazoasă, sulfuroasă (MT = 5275,1—11820,7 mg/l; CO₂ = 1689,7 mg/l, H₂S = 0,7 mg/l, Br = 1—10 mg/l, I = 0,1—1 mg/l, HBO₂ = 81,0 — 243,0 mg/l), una dintre ele fiind imbuteliată (1600 l/zi) și referitor la aceasta propunem refacerea captării necorespunzătoare, dovedă conținutul ridicat în azotii prezenter în apă (6 mg/l).



Situate în apropierea municipiului Sighetul Marmației, cele două surse cu apă carbogazoasă de la Iapa sunt interesante prin posibilitatea valorificării lor pe plan local, conținutul de numai 700 mg/l CO_2 putind fi îmbunătățit printr-o captare corespunzătoare, izolîndu-se apa minerală de freaticul prezent în aluviunile în care sunt săpate cele două puțuri.

De asemenea, apa sărată, sulfuroasă, bromoiodurată, cu conținut excepțional de ridicat în $B = 1134,0 \text{ mg/l HBO}_2$ — ($MT = 17\,178,6 \text{ mg/l}$; $H_2S = 11,4 \text{ mg/l}$, $Br = 12,0 \text{ mg/l}$, $I = 6,0 \text{ mg/l}$) de la Crăciunești, utilizată în trecut pentru băi, poate face obiectul unei exploatari în scopuri terapeutice.

Datorită compoziției chimice deosebite, care o recomandă ca o valoroasă apă medicinală ($MT = 8734,3 \text{ mg/l}$, $CO_2 = 1506,7 \text{ mg/l}$, $H_2S = 30,5 \text{ mg/l}$, $HBO_2 = 267,2 \text{ mg/l}$) — alcalină, carbogazoasă, sulfuroasă, hipotonă, de altfel utilizată înainte de primul război mondial, propunem explorarea acumulării hidrominerale, ce se manifestă prin izvorul „La Borcut-Breb”, printr-un foraj hidrogeologic cu adincimea $300 - 500 \text{ m}$, ce va investiga depozitele tortoniene-eocene, mineralizate.

O zonă foarte bogată (24 surse) în ape minerale este zona Botiza-Glod-Birsana, cu izvoare ce se aliniază în parte de-a lungul unor fracturi ce afectează depozitele eocene și tortoniene, în majoritate clorurosodice, carbogazoase, sulfuroase. Considerăm că printr-o captare corespunzătoare acestea pot sta la baza unei exploatari locale în scopuri terapeutice. Facem o mențiune specială cu privire la sursa folosită în cadrul stabilimentului balnear de la Botiza, unde valorile considerabil scăzute ale MT , CO_2 și H_2S , constatăte la ultima analiză, relevă faptul că amenajarea acestieia este defectuoasă, construcția permitînd infiltrarea apelor neminalizate. Propunem încercarea acumulării hidrominerale cantonată probabil în depozitele tortoniene, printr-o sondă de $50 - 100 \text{ m}$ adâncime, care ar putea asigura și un debit corespunzător exploatarii.

Băile Dragomirești (de Păcură) utilizează rudimentar, pentru cură externă (max. 40 proceduri zilnice), apă sulfatată, sulfuroasă, hipotonă ($MT = 2738,4 - 2943,8 \text{ mg/l}$, $H_2S = 57,9 - 79,9 \text{ mg/l}$), furnizată de patru izvoare (cu debite mici). Propunem amenajarea surselor prin săparea de puțuri care să străbată formațiunile deluviale și să pătrundă în depozitele tortoniene sau chiar oligocene purtătoare de apă mineralizată.

De asemenea, la Bogdan Vodă se întîlnesc 4 izvoare puternic sulfuroase cu $H_2S = 82,5 - 129,8 \text{ mg/l}$, care printr-o amenajare corespunzătoare pot fi utilizate pe plan local.

Debitul important ($0,5 \text{ l/s}$) și caracteristicile chimice ale apei, sulfatată, sulfuroasă, hipotonă ($MT = 6053,1 \text{ mg/l}$, $H_2S = 8,8 \text{ mg/l}$) folosită empiric în cură externă la Ieud, ne determină să propunem amenajarea și exploatarea sursei în mod organizat (debitul actual poate asigura 70 proceduri în 8 ore fără înmagazinarea apei).

Apele din bazinul văilor Vișeu și Vaser

Zonele deosebit de importante atât prin numărul izvoarelor cât și prin calitățile chimice ale apelor sunt: Vișeu-valea Vinului, Baia Borșa, Borșa.



Astfel, la Vișeul de Sus pe valea Vinului cercetările au pus în evidență un număr de 28 surse cu caracteristici chimice variate (alcaline, alcalino-teroase, carbogazoase și sulfuroase), precum și prezența unor emanații de CO_2 . Debitele acestor izvoare sunt însă scăzute, datorită permeabilității reduse a formațiunilor (sisturi cristaline, depozite eocene marno-grezoase).

În scopul realizării unei surse hidrominerale care să poată asigura debitul necesar înființării unei stațiuni, considerăm necesară investigarea orizontului inferior conglomeratic grezos al Eocenului (eventuala amplasare a unei sonde se va face în vecinătatea izvorului 159 ale cărui caracteristici: debit, emanații de gaze, ne conduc la ideea prezenței în această zonă a unei tectonizări mai avansate). În scopul unei utilizări eficiente a potențialului balnear al zonei, propunem și amenajarea pentru tratament mofetic a emanațiilor abundente prezente în sursele cunoscute sub numele de „Izvorul de Pucioasă”.

În ceea ce privește zona de sud a orașului Vișeul de Sus, se constată existența unei acumulări acvifere mineralizată cu CO_2 , localizată în depozitele aluvionare ale râului Vișeu, acumulare ce se extinde cu conținuturi ridicate în CO_2 între halta CFR, la vest și Baia comunală la est, și este exploatață actualmente de localnici printr-o serie de puțuri.

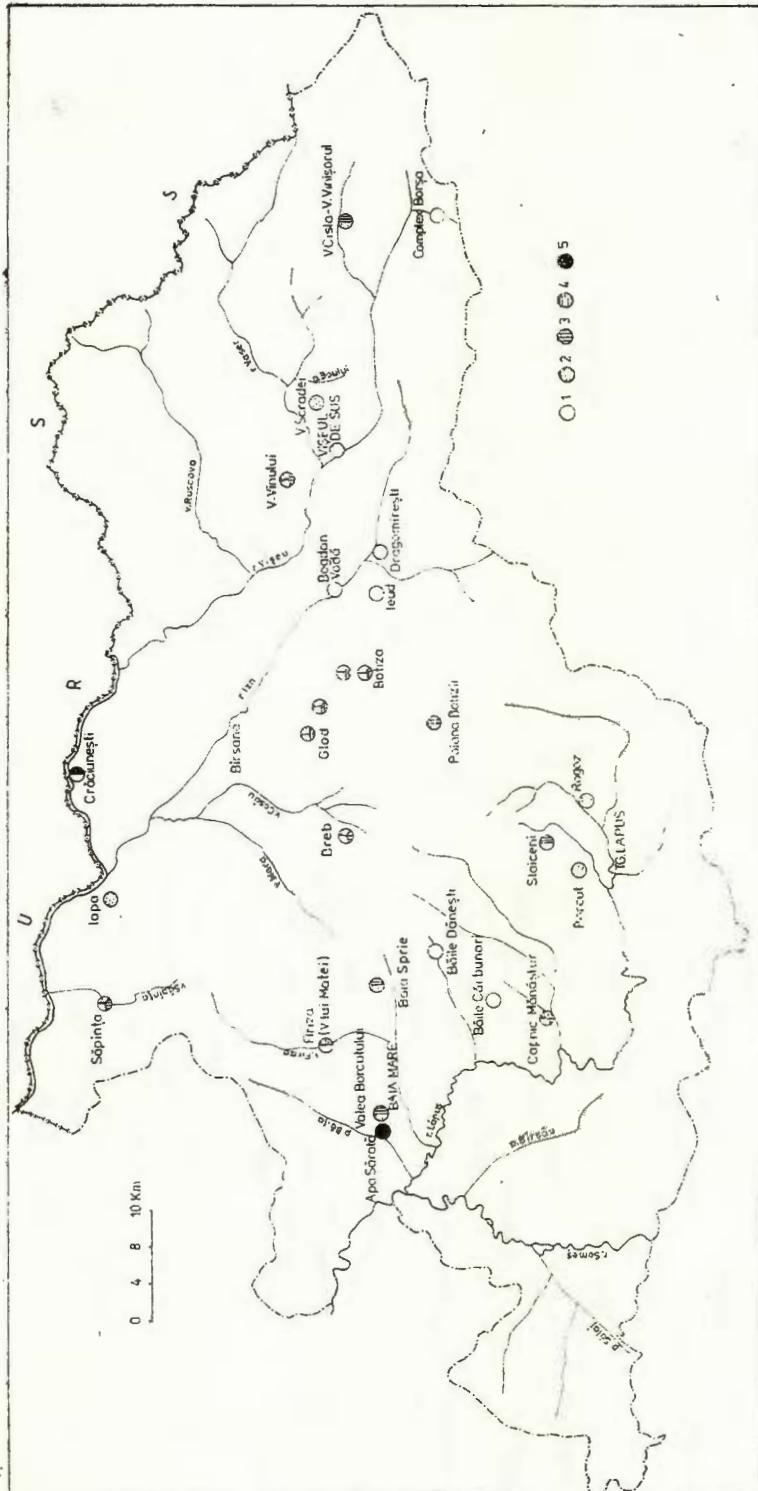
Dat fiind riscul poluării recomandăm utilizarea apei numai în cură exterană și realizarea unei captări care să completeze debitul și să îmbunătățească calitatea apei folosită de baia comunală.

Tot în raza orașului Vișeu, pe valea Scraiei, am identificat 12 surse cu ape carbogazoase, CO_2 manifestându-se și sub formă unei mofete; aceste surse pot fi amenajate de asemenea, pentru o utilizare de interes local.

Din cauza accesibilității dificile, zona văii Vaser, de altfel bogată în surse hidrominerale (51), prezintă deocamdată mai puțin interes. Amințim că apele ce se întlnesc aici au un caracter chimic variat (ape alcaline, alcalino-teroase, carbogazoase, sulfuroase, feruginoase), tot aici identificindu-se izvorul cu conținutul cel mai ridicat în CO_2 de pe teritoriul județului (pîrul Boului—2972,8 mg/l).

Compoziția chimică, ape în majoritate alcaline, carbogazoase și debitele apreciabile ale unora dintre izvoarele aflate în zona văii Cisla-valea Vinișorul (în total 34 surse), le impune atenției și ne determină să propunem amenajarea lor pentru utilizare balneară. În acest scop considerăm indicată captarea a cel puțin 5 surse cu debite mai importante ce pot fi folosite atât pentru apă de masă cât și în cură internă (ca apă medicinală). În privința celorlalte izvoare, apreciem că nu este indicată utilizarea lor în cură internă din cauza conținutului ridicat în azotii (22,0 mg/l) și NH_4 (20,0 mg/l), ceea ce relevă poluarea prin infiltrarea apelor uzate și infectate de suprafață (menționăm existența în amonte a importantei explorații miniere „9 Mai”). Sintem convinși că printr-o amenajare adecvată, toate aceste surse ar putea constitui baza unui stabiliment balnear completat și cu tratament mofetic, realizat prin exploatarea abundențelor emanației de gaze carbonice ce apar în zona pîrului Păcurii (afluent al văii Vinișorul).





Schita principalelor zone cu perspectiva de valorificare a apleror minerale din județul Maramureș. Caracterizare chimică simplificată.

1, ape sulfuroase; 2, ape carbogazoase; 3, ape alkaline; 4, ape chlorurosodice; 5, ape sârare.

Esquisse des principales zones à perspective de mise en valeur des eaux minérales du district de Maramures. Caractérisation chimique simplifiée.

Având în vedere faptul că izvoarele din zona părții Fântâna-părții Cimpoiasă se află într-o regiune importantă din punct de vedere turistic — complexul Borșa, considerăm utilă amenajarea lor și în special a emanației importante de gaze carbonice (95,6% CO₂), a izvorului Mlaștina, care folosită pentru tratament mofetic va putea asigura, după aprecierile noastre, efectuarea unui număr de cel puțin 1000 proceduri pe zi.

În încheiere ne vom referi foarte pe scurt la conținutul în bor al apelor minerale din zonă, cunoscută fiind importanța industrială deosebită a acestui element. În acest sens facem mențiunea că borul apare în concentrații de ordinul sutelor de mg/l (acid metaboric) în compoziția a circa 30 de izvoare grupate în zonele: Cisla-valea Vinișorul, Vișeu-valea Vinului, Crăciunești, părții Botizului, Glod. Conținutul maxim se întâlnește în sursa de la Crăciunești și este 1134 mg/l.

Am ținut să subliniem această problemă deoarece aplicarea unor metode economice de extragere a borului din ape ar face ca zonele citate mai sus să devină interesante și sub acest aspect.

Considerăm că sumara prezentare a situației apelor minerale din Maramureș poate constitui un impuls în vederea utilizării mai eficiente a acestei bogății naturale a județului.

BIBLIOGRAFIE

- Bielz A. E. (1882) Die Mineralquellen und Heibäder Siebenbürgens. Ib. Siebens. Karpathen — Sibiu (Hermannstadt).
- Ciornei P. (1973) Considerații asupra apelor minerale din partea centrală a munților Maramureșului. *Stud. tehn. econ. Inst. geol. seria E. Hidrogeologie* nr. 11, București.
- Cîmpeanu L., Teposu E. (1920) Stațiunile balneo-climaterice din Ardeal. *Clujul Medical* I/6, Cluj.
- Codarcea A.I. (1940) Apele minerale și balneare. Enciclopedia României, București.
- Gliga M. (1971) Raport, arhiva I P J, Baia Mare.
- Hankó W. (1900) Die Bäder und Mineralwässer der erdélyer Landesteile. Erdélyi Kárpát Egyesület. Cluj.
- Maieru M., Maieru C., Geamănu N., Popa G., Şerban R., Orășeanu I., Orășeanu N. (1970) Raport, arhiva Întreprinderii geologice de prospecții pentru substanțe minerale solide, București.
- Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din România. Ed. Tehnică, București.
- Bologa V. (1972) Centrul de documentare M.M.P.G., București.
- Selețki E., Gavriș M. (1975) Raport, arhiva ISPIF, București.
- Sтурза M. (1939) Protecția tehnică și igienică a stațiunilor balneare și climaterice a apelor minerale și a nămolurilor. *Revista Igiena socială* 3/1939, București.
- Şerbănescu V., Crețan V. (1961) Raport, arhiva Întreprinderii geologice de prospecții pentru substanțe minerale solide, București.
- Teposu E. (1937) Apele minerale din România. *Revista Natura*, XXVI/6, Iași.



LES AUX MINÉRALES DE MARAMUREŞ (PERSPECTIVES DE VALORISATION)

(Résumé)

Par suite des travaux de prospection effectués dans le district de Maramureş pendant la période 1970—1977, les auteurs ont mis en évidence et ont étudié un nombre de 295 sources d'eau minérale, qu'ils ont encadrées, sur des critères balnéologiques, en plusieurs catégories, avec la mention que, dans la plupart des cas, les eaux ont un caractère mixte.

En considérant les agents minéralisateurs CO_2 , H_2S et la minéralisation totale(MT), ces sources se rangent ainsi : 187 eaux carbogazeuses, 58 eaux sulfureuses, 9 eaux carbogazeuses sulfureuses, 11 eaux chloruro-sodiques sulfureuses ou carbogazeuses et 17 eaux salées.

Par rapport aux formations géologiques d'où elles proviennent, on constate que sur l'aire de développement des formation, métainorphiques apparaissent 57 sources minérales (vallée du Vaser, vallée de Cisla-Vinişorului, vallée de Fintina), à eaux en général alcalines, alcalino-terreuses, carbogazeuses, sur l'aréal des dépôts du Crétacé inférieur, 5 sources carbogazeuses, alcalines (Poienile de sub Munte), la plupart des sources hydrominérales étant liées toutefois aux dépôts paléogènes et néogènes : 63 sources de l'Éocène (Poiana Botizei-Băiuț, vallée Vinului, ruisseau Birji etc.) à eaux alcalines, alcalino-terreuses carbogazeuses et sulfureuses, 68 sources de l'Oligocène (Stoiceni, Poiana Botizei, Dragomireşti etc.) à eaux alcalines, alcalino-terreuses, oligominérales, chloruro-sodiques et salées, sulfureuses carbogazeuses et 52 sources du Miocène et du Pannonien (Ocna Şugatag, Coştui, Slătioara etc.) à eaux alcalines, eaux salées et eaux sulfatées. Aux dépôts quaternaires est liée l'apparition de 21 sources, en général, carbogazeuses (Vișeu de Sus, Rogoz, Săpînta etc.) et aux formations éruptives 25 sources, à eaux en majeure partie alcalines, carbogazeuses (vallée de Cisla, vallée de Vinişorul, Firiza, Baia Sprie etc.).

Du total de 295 sources, les auteurs ont choisi les plus importantes souris l'aspect de leur valorisation, sources emplacées dans les trois grands bassins hydrographiques : le bassin du Someş et du Lăpuş (les zones Baia Mare, Tîrgul Lăpuş, Dăneşti, Cărbunari, Copalnic Mănaştur-Băiuț), le bassin de l'Iza et de la Tissa (les zones Săpînta, Sighetu Marmaşiei, Breb, Botiza, Glod-Birsana, Dragomireşti Ieud) et le bassin du Vișeu et du Vaser (les zones du Vișeu-vallée Vinului, Baia Borșa, Borșa).

À la fin, on fait des références sur les teneurs bien élevées en bore des certaines des eaux minérales du district.

L'ouvrage aide à la connaissance d'une zone riche en eaux minérales peu connues et utilisées jusqu'à présent, constituant un matériel utile à ceux qui vont s'occuper de l'utilisation efficiente de cette richesse naturelle du district.



Institutul Geologic al României

NOI ASPECTE ALE PROTECȚIEI ZĂCĂMINTELOR HIDROMINERALE ȘI TERMAL¹

DE

MIRCEA RADU PASCU²

Applied hydrogeology. Hydromineral waters. Thermal waters. Water resources. Aquifers. Water protection.

Abstract

New Aspects Concerning the Protection of the Hydromineral and Thermal Reservoirs. The author presents several aspects regarding the protection of the hydromineral and thermal reservoirs, insisting on the negative effects determined by: the retentions on the water courses, the household activity, the agricultural-zootechnic or industrial activities, the irrigations, the chemification of agriculture as well as some mining works. Several recommendations are made in connection with the protection of both the exploited and preserved reservoirs.

Instituirea perimetrelor de protecție hidrogeologică a zăcămintelor hidrominerale și termale, în conformitate cu Ordinul 117/1967, a reprezentat un moment deosebit de important în activitatea de studii, cercetare, explorare, exploatare și gospodărire a apelor minerale și termale din țara noastră. Izvorită din necesitatea obiectivă de a asigura condițiilor la limită cadrului natural în care se realizează alimentarea în subteran a hidrostructurilor și de a păstra pe toată extinderea zăcămintului calitatea apelor neschimbată, precum și precizarea cadrului legal în care se desfășoară activitatea de protecție hidrogeologică, această acțiune, începută în anul 1967 a dat rezultatele scontate.

Unul dintre criteriile de bază, ale necesității instituirii perimetrelor de protecție hidrogeologică, a fost acela, că zăcămintele de ape subterane

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale – Călimănești, octombrie 1978.

² Întreprinderea de Stat pentru Îmbunătățiri Funciare, Șoseaua Olteniei nr. 35–37, București.



au un caracter dinamic și în condiții de protecție și exploatare rațională ele nu se epuizează, spre deosebire de celalalte tipuri de zăcăminte de substanțe minerale utile, care au caracter static (cu excepția zăcămintelor de hidrocarburi) și se epuizează în timpul exploatarii.

Trebuie menționat însă, că nu în toate cazurile s-au respectat de la început toate prevederile Ordinului 117/1967, referitoare la protecția teritorială și înregistrarea principaliilor parametri ai surselor în exploatare.

Au trecut doisprezece ani de la instituirea primului perimetru de protecție hidrogeologică și azi nu există nici un zăcămînt de ape minerale sau termale cu importanță în economia națională care să nu aibă instituit perimetru de protecție hidrogeologică. Este de reținut însă, și acest fapt trebuie să conducă la luarea de măsuri imediate, că nu aceeași situație bună este și în cazul perimetrelor de protecție sanitată, care, în spiritul Decretului 1059/1967, prevede instituirea perimetrelor de protecție sanitată la sursă, aducțiune și punctul de distribuție al apei.

Paralel cu dezvoltarea social-economică a României, s-au creat situații noi care pot influența regimul și calitatea apelor minerale și termale, prin apariția unor unități industriale, hidrotehnice, agrozootehnice și chiar prin dezvoltarea localităților. Vom încerca să aducem în discuție unele dintre aceste aspecte, știind că nu au fost prezentate toate situațiile și că discuțiile ce se vor purta cu privire la aspectele menționate vor conduce dacă nu la obligativitatea luării unor măsuri, cel puțin la efectuarea de recomandări, deși cea mai fericită soluționare ar fi de a se completa noile instrucțiuni cu cele mai valoroase propuneri ce vor fi făcute de participanții la discuții.

A) Un prim aspect este cel legat de realizarea acumulărilor cu volume importante de apă, retenții permanente de ordinul milioanelor de metri cubi, retenții construite pe râurile ce traversează și alimentează zăcămintele de ape minerale și termale.

Cazul realizării barajului de pe valea Cernei, la 50 km amonte de Băile Herculane și cu transfer de debite dintr-un bazin hidrografic în altul, în bazinul Motrului, este un caz tipic. Problema influenței realizării barajului asupra regimului apelor termale de la Băile Herculane a fost ridicată de autor chiar de la faza de S.T.E. Pentru rezolvarea problemei, ISPIF a executat un studiu hidrogeologic privind influența regularizării debitelor râului Cerna asupra regimului apelor termale de la Băile Herculane. Concluziile acestui studiu executat în anul 1967 au fost că realizarea barajului pe valea Cerna, în aval de confluența cu valea lui Iovan, nu va influența regimul apelor termale de la Băile Herculane.

Cu toate acestea, problema a fost reluată într-un cadru mult mai larg, cu participarea unui mare număr de specialiști, studiul fiind îndințat spre executare la IMH. Cum era de așteptat, în cadrul discuțiilor nu odată s-au semnalat divergențe de păreri, uneori chiar principiale și de fond, ceea ce evidențiază seriozitatea cu care a fost privită problema.

Din toată această situație, s-a desprins o concluzie: lucrările prevăzute a se executa în cadrul programului național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice din R.S.R. se vor executa. Aceasta înseamnă, că în bazinele hidrografice în care există zăcăminte de ape



minerale și termale și sint prevăzute a se executa construcții hidrotehnice, studiile hidrogeologice pentru stabilirea influenței modificării regimului natural al rîului asupra regimului apelor minerale și termale trebuie să se facă de la faza N.C. și să se continuie cel puțin un an hidrogeologic de la darea în exploatare a sistemului hidrotehnic.

Este de reținut faptul, că pentru protecția izvorului Căciulata 1, I.S.P.H. a comandat efectuarea de studii corespunzătoare încă din anul 1969. Cercetările efectuate timp de un an hidrogeologic (care a cuprins și perioada inundațiilor din 1970) a pus în evidență faptul, că izvorul Căciulata 1 nu este influențat de variațiile de nivel ale râului Olt. În anul 1970, ca și în alți ani cu nivele catastrofale ale Oltului, izvorul a fost inundat, dar nu a fost influențat prin subinundare.

Pentru zăcămîntul Bivolari-Căciulata-Călimănești studiile hidrogeologice privind influența execuțării barajelor de la Călimănești și Bivolari asupra regimului apelor minerale și termale sunt în curs de execuție.

În ceea ce privește barajul din amonte de Pucioasa, nu știm să se fi executat studii hidrogeologice speciale pentru rezolvarea unei asemenea probleme, dar dat fiind faptul că sistemul hidrotehnic este amplasat pe stratele de Pucioasa, iar lacul se dezvoltă atât pe stratele de Pucioasa cât și pe Eocenul de Șotriile, în timp ce apele minerale sunt legate de depozitele lagunare ale Miocenului inferior, par să nu fi ridicat probleme deosebite de relații hidrogeologice.

Privită sub acest aspect, protecția zăcămintelor de ape minerale și termale devine deosebit de importantă, fiind necesară cunoașterea condițiilor la limită ale fiecărei unități hidrogeologice, astfel încât trasarea limitei perimetruului hidrogeologic pe criterii geomorfologice, apare, în astfel de situații, ca o etapă depășită.

Pentru zăcământul de ape termale de la Victoria-1 Mai prezintă importantă regimul hidrologic al rîurilor Tăşad, Şarand și Domnilor, care seacă, precum și cel al riului Chigie. Determinările conținutului în D și Δ Dens. al apelor termale din acest zăcământ arată o apă vadoasă ce provine de la înălțimi mari, de unde sînt alimentate rîurile menționate. Ele își pierd din debite, pînă la dispariția totală, atunci cînd traversează calcarele ce constituie zăcământul de ape termale; structural, calcarele se ridică spre est, spre bazinile hidrografice ale rîurilor amintite și se scufundă spre vest, spre Victoria-1 Mai, evidențiindu-se astfel o circulație în subteran, conform stilului structural și realizîndu-se transferul debite dintr-un bazin hidrografic în altul.

Aceeași situație pare a exista și la Olănești, unde studiile efectuate arată că apa unor surse are aceeași origine cu apa râului Olănești și nu este exclusă o alimentare a surselor de către râu. Realizarea unui baraj pe rîul Olănești, va trebui să se facă în condițiile asigurării regimului natural al acestor izvoare, ceea ce este perfect posibil, dar numai prin executarea studiilor în timp suficient prin asigurarea fondurilor necesare, urmare a eforturilor coniugate a tuturor factorilor interesati.

Modificările regimului natural ale unui rîu pot determina fie o reducere a valorii debitelor de alimentare, un deficit de alimentare și deci un bilanț negativ avînd ca efect, nu întotdeauna imediat, scăderea debitelor surselor, în cazul izvoarelor fiind posibilă dispariția lor, fie la scăderea presiunilor din forajele ce debitează artezian sau mărirea denivelărilor la

cele ce se exploatează prin pompare ceea ce, în unele cazuri, înseamnă schimbarea agregatelor de pompare, adică procurarea de pompe submersibile din import, rezistente în mediul agresiv.

În alte cazuri, poate apărea o componentă suplimentară de alimentare în subteran determinind mărirea debitelor, corespunzător cu scăderea mineralizației și a temperaturilor. Studiile efectuate de autor, au arătat că în regim natural, creșterea componentei suplimentare de suprafață, determinată, în cazul izvorului termal Hercule I, scăderi ale temperaturii de 25° (de la 50° la 25°), uneori timp de șase luni pe an, fiind necesar eliminarea acestei componente prin lucrări de suprafață.

B) Tot legat de lucrările hidrotehnice ce se execută în bazinile hidrografice, este problema îndiguirilor și a regularizării surgerilor pe versanți.

În această situație, apare Puțul 13 Ostrov, unde conform proiectului de apărare a malurilor amonte de barajul Călimănești, se va întrerupe legătura dintre Olt și sursă, ceea ce va avea ca efect scăderea nivelerelor și debitului sursei. Pentru păstrarea condițiilor naturale, este necesar reconsiderarea soluției de apărare, spre a se asigura alimentarea sursei și în regim îndiguit.

Sursele de mică adincime de la Pucioasa, care sunt alimentate de rîul Ialomița, aşa cum s-a evidențiat prin studiile hidrogeologice efectuate în anul 1954, se găsesc în aceeași situație, astfel încât, „la întocmirea proiectului de înduire a Ialomiței în acest sector” trebuie să se țină seama de aceste necesități, proiectul de regularizare urmând a fi avizat de toti beneficiarii riverani.

Tot acestui regim îi sunt supuse multe din izvoarele de talweg, dar în unele situații, o regularizare a cursului rîului poate creia condiții favorabile pentru captarea unor surse, aşa cum este cazul sursei termale de la km 5 pe Valea Cernei, amonte de Băile Herculane.

Influența regimului apelor de suprafață asupra regimului apelor subterane minerale este deosebit de evidentă în cazul sursei Boholt, dar în cazul acestei surse apar situații mai grave după cum se va arăta la problema poluării surselor hidrominerale.

C) Dezvoltarea activităților agrozootehnice, industriale sau social-edilitare poate determina poluarea apelor minerale sau termale.

În această situație se află sursa hidrominerală care se îmbuteliază la Boholt, sursă situată în mijlocul comunei. Nivelul apei subterane din sursă se află la adincimi mici și este influențat direct de variațiile de nivel ale pârâului Boholt. La nivale ridicate ale apelor subterane din lunca pârâului, acestea ajung pînă la fundul closetelor din zonă, realizîndu-se astfel o poluare foarte periculoasă a apelor minerale ce se îmbuteliază, fapt ce a determinat Inspectia Sanitară de Stat să dispună nu odată închiderea sursei și luarea de măsuri corespunzătoare pentru ameliorarea situației. În condițiile în care se află localizată sursa, însăși resturile menajere și depozitele de bălegar reprezintă factori de poluare deosebit de puternici, chiar și în condițiile de nivale scăzute ale apelor pârâului și ale celor din lunca pârâului, la aceasta adăugîndu-se și efectele nocive ale detergenților folosiți din ce în ce mai mult în activitățile menajere.



Poluarea intensă a apelor de suprafață poate conduce, mai ales în perioadele de ape mici cînd gradul de poluare este foarte ridicat, la poluarea surselor ce sănt alimentate și de freaticul ce se află sub influență directă a apelor rîului. Acesta este cazul Puțului 13 Ostrov; importanța acestei probleme este deosebită chiar dacă este vorba de apa folosită la cură externă, deoarece nu trebuie uitat că în apele rîului Olt a fost determinat un conținut destul de ridicat de fenoli.

Izvorul 2 Căciulata a fost închis ca urmare a rezultatelor negative ale analizelor bacteriologice, care au evidențiat o poluare intensă a sursei, determinată de existența unui minicamping temporar, în însăși perimetru lui de restricție al sursei, perimetru care de altfel nici nu există.

Pentru prevenirea poluării cu Hg a zăcămîntului hidromineral de la Sincrăieni-Ciuc, s-a executat un studiu hidrogeologic special, deși depozitul Sintimbru în care se preconiza depozitarea șlamului, rezultat de la prepararea minereului, se află la o distanță de 4 km de zăcămînt. În concluziile studiului, s-au făcut o serie de recomandări pentru proiectant și executant, încît să se asigure o etanșare perfectă a depresiunii pe care o formează depozitul de haldare, evacuarea dirijată și controlată a apelor provenite din decantarea șlamului și realizarea unei rețele de staționare de observație între depozitul de șlam și limita perimetrlui de protecție hidrogeologică, din care să se recolzeze sistematic probe de apă pentru controlul calității și în special determinarea conținutului de Hg.

În zona Fidelis-Balvanyos, prezența sanatoriului T.B.C. de la Turia reprezintă un pericol permanent de poluare și orice defecțiune apărută în buna funcționare a stației de epurare poate avea efecte catastrofale (așa cum s-a întîmplat în trecut cu animalele care au băut apă din pîrul Turia). Nu trebuie uitat, că sanatoriul T.B.C. Turia se află în bazinul hidrografic al pîrului Turia și la o distanță de numai 1,5 km de stație, la o diferență de cotă de 200 m deasupra stației.

Deși situația este astăzi încă bună la Borsec, atragem atenția asupra faptului, că stație este amplasată exact deasupra zăcămîntului și există pericolul poluării apelor minerale, ceea ce ar avea consecințe dintre cele mai grave. Este necesar ca dezvoltarea stației să nu se facă deasupra zăcămîntului, iar actuala rețea de canalizare să fie întreținută în cele mai bune condiții. Un semnal de alarmă în această direcție este cazul izvorului 3, care a fost închis tocmai din cauza poluării.

D) Existența exploatarilor miniere în apropierea zăcămîntelor hidrominerale poate conduce la modificarea echilibrului de zăcămînt cu toate urmările negative, în exploatarea apelor subterane, ce decurg dintr-o asemenea situație. În această situație, se află zăcămîntele de la Biborteni și Virghiș, fapt ce a impus executarea de studii hidrogeologice corespunzătoare. Pentru zăcămîntul de la Biborteni, încă din prima fază de cercetare, s-a propus mărirea perimetrlui de protecție hidrogeologică a zăcămîntului hidromineral și scoaterea din bilanț a unei importante rezerve de cărbuni, acțiune care în actuala criză energetică, demonstrează seriozitatea cu care a fost privită problema protecției hidrogeologice.

În asemenea situație se află și zăcămîntul de la Virghiș pentru care studiile sunt în curs de desfășurare.



E) Un ultim aspect îl prezintă protecția lacurilor cu proprietăți terapeutice, cele mai elocvente cazuri fiind cele ale lacurilor Amara și Tekirghiol. Deși nu întotdeauna au fost evidente cauzele ce au determinat deteriorarea regimului natural și modificarea echilibrului fizico-biologic, cu implicații asupra proceselor genetice ale factorilor curativi, prin măsurile luate, situația s-a ameliorat. Fiind situate în zone cu regim deficitar și unde introducerea irigațiilor a fost o necesitate economică, regimul apelor subterane s-a modificat, ajungind ca în unele zone să se ridice cu 15 m peste nivelul în regim natural, ceea ce înseamnă un evident aport suplimentar către zonele depresionare; la aceasta se adaugă și chimizarea agriculturii, necesară în cazul practicării irigațiilor.

Pentru lacul Amara, măsurile luate și-au dovedit eficiența.

Pentru lacul Tekirghiol, sunt în curs de defășurare studiile atât pentru determinarea cauzelor ce au condus la creșterea nivelului apei lacului și deteriorarea proprietăților terapeutice și preconizarea de măsuri pentru ameliorarea situației existente, cât și pentru determinarea influențelor pe care le poate avea realizarea canalului Dunăre-Marea Neagră asupra regimului lacului. Pentru determinarea acestei influențe, este în curs de execuție studiul hidrogeologic pe bază de model matematic, studiu ce se realizează de către laboratorul de Geologie Inginerească și Hidrogeologie al Universității București.

F) Nu trebuie omis nici faptul că poluarea sau degradarea zăcămintelor de ape minerale sau termale se poate produce chiar din faza de cercetare și în timpul exploatarii surselor, prin degradarea echipamentului tehnic de exploatare al captării sau al aducțiunii.

Folosirea de ape infectate la prepararea noroiului de foraj poate determina poluarea apelor subterane, iar cimentările executate cu cimenturi ce nu rezistă la acțiunea agresivă a apelor minerale poate permite fie degajări de ape sau CO₂, pe lângă coloane spre suprafață, fie inundarea orizonturilor productive cu apa orizonturilor inchise, de obicei a celor freatici, necorespunzătoare din punct de vedere al mineralizației sau chiar poluate.

În cursul exploatarii apar cazuri de defecțiuni tehnice determinate de corodarea și degradarea coloanelor, a tubingului de exploatare, a pompelor sau a capului de erupție, fiind necesare lucrări de intervenții și reparații nu întotdeauna încununate de succes, ceea ce face ca, într-un timp mai mult sau mai puțin scurt, sursa să fie omorită și cimentată, în paralel cu săparea unei noi surse. În aceste cazuri, parametrii hidrogeologici ai captării nu mai corespund cu prescripțiile tehnice de exploatare.

Se ajunge astfel la problema mult discutată a cimenturilor și a echipamentului de protecție a găurii de foraj și a agregatelor de pompă corespunzătoare, dar care nici pînă astăzi nu și-au găsit rezolvarea.

În actuala fază de dezvoltare a societății, studierea unui zăcămînt de ape minerale sau termale este mult mai complexă decit cu un deceniu în urmă, cînd multe din problemele menționate nu se puneau.

Exploatarea rațională și conservarea zăcămintelor de ape minerale și termale sunt determinante de necesitatea apărării unei inestimabile bogății naționale, cu valoare socială ce nu poate fi echivalată economic. În acest sens, o cheltuială bine chibzuită nu apare inutilă, dat fiind, pe



de o parte, avantajele pe care le prezintă pentru întreaga societate, iar pe de altă parte, zăcămintele și sursele hidrominerale reprezintă baza materială care asigură existența și dezvoltarea stațiunilor balneare.

Privită astfel problema, dezvoltarea stațiunilor balneare este condiționată de potențialul acvifer al zăcămintelor cunoscute și aflate în exploatare, dar pînă în prezent nu s-au efectuat studii speciale de bilanț și de prognoză privind exploatarea zăcămintelor hidrominerale. Asemenea studii cer o metodologie specială de cercetare, cu realizarea de modele, ele necesitînd un timp îndelungat de cercetare, pentru adunarea de date, precum și un cost destul de ridicat. Înînd seama de caracterul uneori ireversibil al poluării și al degradării zăcămintelor, apare evident necesitatea începerii execuției cît mai repede a unor asemenea studii și cercetări.

O problemă deosebit de importantă este și aceea a întreținerii surselor în timpul exploatarii. Se pare, că pentru unele stațiuni balneare această problemă nu și-a găsit o rezolvare corespunzătoare în sensul asigurării fondurilor, materialelor și personalului necesar, cît și a efectuării în timp util a reparațiilor, spre deosebire de stațiile de imbuteliere a apelor minerale unde orice defecțiune se reflectă negativ în producția unității și, ca atare, se execută imediat operațiile necesare pentru remedierea defecțiunilor apărute.

Se constată astfel o situație paradoxală: în timp ce la stațiile de imbuteliere a apelor minerale reparațiile sunt obligatorii și planificate pentru perioada de remont, fiind posibilă acoperirea valorilor necesitate de executarea lucrărilor din cheltuielile de producție, la stațiunile balneare, nu există întotdeauna prevăzute fonduri pentru executarea acestor reparații. Și, toate aceste aspecte în condițiile în care se exploatează aceeași substanță minerală utilă.

Este cunoscut faptul, că în legislația țării noastre se prevede, că pentru utilitățile din rețeaua sanitatără nu se plătește amortisment, dar sursele hidrominerale se află în custodia Ministerului Turismului. În același timp, primăriile încasează taxa de vizitator pentru cei săsiți în stațiune la tratament, dar din aceste fonduri nu există nici o cotă reparațizată pentru întreținerea surselor.

Considerăm necesar ca factorii de răspundere să analizeze căile de rezolvare a problemei, astfel încît să existe asigurate fondurile necesare execuției întreținerii și reparațiilor curente ale surselor, cu toate consecințele ce decurg dintr-o asemenea situație. Acestea sunt posibile prin prevederea în bugetul stațiunilor a sumelor necesare pentru fiecare an pe baza unui grafic de întreținere și reparații, fie prin defalcarea unei cote din taxa de vizitator, sau prin introducerea unei taxe suplimentare — taxa pentru apă — iar sumele rezultate să nu fie folosite decât în scopul întreținerii și reparațiilor necesare la sursele în exploatare sau în conservare.



ASPECTS NOUVEAUX DE LA PROTECTION DES GÎTES HYDROMINÉRAUX ET THERMAUX

(Résumé)

Le développement socio-économique de la Roumanie a conduit à l'apparition des entreprises industrielles et agro-zootechniques dont l'activité peut influencer le régime des gîtes hydrominéraux et thermaux, de même que celui des lacs à propriétés thérapeutiques ; cette influence peut être directe ou indirecte.

Les rétentions aménagées sur les cours d'eau peuvent déterminer, théoriquement, soit, un afflux supplémentaire d'eau en souterrain, ayant comme conséquence l'augmentation des débits et la baisse du taux de minéralisation ou le refroidissement des eaux thermales par l'accroissement du composant froid de la superficie, soit un déficit d'alimentation qui pourrait avoir comme effet la diminution des débits et aussi la modification de la minéralisation. Afin d'élucider ces problèmes on a fait des recherches, continuées aussi à présent, à Băile Herculane et à Călimănești—Bivolari.

Dans certaines circonstances, les eaux minérales sont polluées à la suite des activités métagères, agro-zootechniques et industrielles ; tout d'abord, cette pollution peut être un terme intermittent pour que, finalement, elle devienne permanente (Boholt, voir Borsec).

Le facteur négatif, dont l'importance accrue menace les lacs à propriétés curatives, c'est l'emploi de l'irrigation et l'application intensive des produits chimiques pour l'agriculture, qui peuvent déterminer des augmentations du niveau des eaux souterraines à l'échelle régionale, jusqu'à 15 m et même plus, de même que la modification du chimisme des eaux souterraines drainées vers ces lacs (Tekirghiol, Amara, Nuntași).

La présence des exploitations minières au voisinage des gîtes hydrominéraux peut provoquer, elle-aussi, un déséquilibre hydrogéologique, quelquefois irréversible, par suite des explosions y produites ou des exploitations situées à des côtes inférieures par rapport à celles auxquelles se trouvent les gîtes hydrominéraux (Malnas, Biborteni, Virghis).

D'une grande importance pour la protection des ces gîtes c'est le maintien des sources en exploitation, dans les meilleures conditions techniques. Quant aux sources en conservation, celles-ci doivent être dessablées à certaines périodes, pour éviter leur dégradation ; les sources présentant certaines endommagages techniques, exigent des réparations à temps ou des démontages.



CONSIDERATII PRIVIND APELE TERMOMINERALE
DE LA BĂILE TUŞNAD ȘI POSIBILITĂȚILE
DE VALORIZARE ALE ACESTORA¹

DE

PÉTER ELEK²

Regional hydrogeology. Thermomineral waters. Geothermal anomaly. Hydrogeological borehole. Water exploitation. Hydrochemistry. East Carpathians. The new eruptive — Harghita.

Abstract

Remarks on the Thermomineral Waters at Tuşnad and Their Exploitation Possibilities. The paper presents the latest results of the geological, geothermal and hidrogeological researches, namely the pointing out of the thermomineral waters of 63°C in the southern part of the Harghita Mountains in the Tuşnad area. The borehole placed in the apex of the geothermal, anomaly on the Olt Valley, at the depth of 800—900 m, pointed out hyperthermal waters, with a flow capacity of over 4 l/s.

INTRODUCERE

Depistarea apei termale de 63°C în extremitatea sudică a depresiunii Ciucului reprezintă un pas însemnat în cercetarea apelor termominerale din țara noastră, deschizind noi perspective pentru evidențierea și exploatarea a noi resurse hidrominerale cu potențial calorice ridicat.

Temperatura apelor termale existente în aureola mofetică a lanțului vulcanic Călimani-Gurghiu-Harghita în general nu depășește 30°C. De aceea apa hipertermală de la Tuşnad Băi se detașează chiar față de alte ape termale cunoscute din țară prin temperatură și conținut mineral.

Descoperirea ei este rezultatul unui program de cercetare sistematic. Analiza și interpretarea competență a datelor de cercetare geologică,

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Întreprinderea de prospecții și explorări geologice, str. Gh. Doja nr. 6, Miercurea Ciuc.



hidrogeologică și geotermică au permis delimitarea unor zone cu premise favorabile în ceea ce privește prezența apelor termale.

Rezultatul se datorează condițiilor structurale, geotermice și hidrogeologice, ce caracterizează zona centrală a stațiunii.

Pe baza datelor existente am analizat principalele obiective ce au fost urmărite prin lucrările de cercetare, punând un accent deosebit pe acei factori care stabilesc perspectivele investigațiilor pentru ape termale.

Istoricul cercetărilor geologice și hidrogeologice

Primele observații asupra regiunii datează din secolul **XIX** și aparțin lui Lili v. Lillienbach (1834), F. Hauer și G. Stache (1863), F. Herbig (1878). Aceste lucrări au un caracter general.

Stratigrafia formațiunilor sedimentare ale flișului și relațiile structurale între ele au fost studiate detaliat de către W. Teissye (1907), L. Mrazec și I. P. Voitești (1914), M. G. Filipescu (1955), I. Băncilă (1958), M. Ștefănescu (1970).

Cercetările referitoare la vulcanitele neogene și structurile vulcanice din Harghita de Sud au fost efectuate de către L. Jugovics și P. Hosvary (1916), C. Avramescu și D. Slăvăoacă (1956), A. Lazăr și A. Arghir (1956), Al. Vasilescu și A. Drăgulescu (1965), D. Rădulescu (1973).

Cele mai ample studii hidrogeologice referitoare la zona Tușnad-Turia aparțin lui D. Slăvăoacă (1956, 1968).

Lucrările hidrogeologice prin foraje având ca obiect resursele hidrominerale din stațiunea Tușnad au fost executate de I.S.E.M. și începând din anul 1973 de către I.P.E.G. „Harghita”.

Prospecțiunile geotermice efectuate de I.P.E.G. — „Harghita” și I.G.G. au permis trecerea la fazele mai avansate ale cercetării, respectiv la proiectarea unor foraje hidrogeologice de 600—1200 m adâncime.

Condițiile geologice și hidrogeologice

În zona Tușnad Băi se intersectează trei unități geologice importante: flișul intern al Carpaților Orientali, eruptivul neogen al masivului Harghita și depresiunea intracarpatică a Ciucului.

Drept consecință structura geologică și condițiile tectonice sunt foarte complexe.

Fundamentul regiunii este constituit din depozitele cretace ale flișului intern, în care pe alocuri s-au intrus corupuri subvulcanice.

Formațiunile marno-grezoase și argiloase de vîrstă neocomiană reprezintă o stivă bine individualizată cu grosimi de ordinul sutelor de metri sub produsele vulcanice.

Aceste sedimente, cunoscute în literatura geologică sub denumirea de „stratele de Sinaia”, lîngă valea Oltului sunt situate aproape de suprafață, iar la E și W de această linie au fost semnalate la adâncimi din ce în ce mai mari.



În apropierea Oltului flișul predominant marnos a fost traversat de foraje pe grosimi de 540—719 m, dar este cert că depozitele sunt mult mai groase acolo unde masele subvulcanice nu au ajuns la nivele superioare.

Această presupunere se bazează pe datele forajului hidrogeologic de la Sincrăieni, care după ce a traversat peste 1000 m de depozite în faciesul „stratelor de Sinaia” la 1200 m s-a oprit în aceste formațiuni.

Nici forajele de mică adâncime (40—200 m) executate în zona stațiunii Tușnad-Băi nu au ieșit din flișul cretacic marnos, iar forajele 1 H și 320 după ce au străbătut 540—710 m din aceste sedimente, au avansat pînă în talpă prin roci andezitice și microdioritice în facies corp.

Analizind repartitia flișului se observă că la S și SV de defileul Oltului predominant formațiunile „stratelor de Sinaia”, pe cînd la E de acestea sunt caracteristice depozitele „flișului de Sînmartin-Bodoc”.

„Stratele de Sinaia” cuprind roci practic impermeabile și ca atare prezintă condiții nefavorabile pentru acumulări acvifere.

Partea superioară, predominant grezoasă, a „flișului de Sînmartin-Bodoc” fiind permeabilă, permite înmagazinarea apei și formarea unor strate acvifere.

Cu toate că forajul 320 nu a interceptat seria grezoasă de vîrstă barremian-albiană, se presupune că datorită permeabilității relativ ridicate această formațiune reține resursele de ape hipertermale de la Tușnad-Băi.

Deschiderea indirectă a stratului acvifer din flișul predominant grezios se datorează sistemului de fracturi de pe valea Oltului, care afectează atît depozitele „flișului de Sînmartin-Bodoc”, cit și corpurile subvulcanice intruse.

Raportul între cele două serii ale flișului este de natură tectonică.

În flișul predominant marnos circulația apei este posibilă numai de-a lungul fracturilor și fisurilor, ce afectează aceste formațiuni.

În constituția geologică a zonei cele mai răspîndite sunt rocile magmatice, reprezentate prin andezite, microdiorite, aglomerate andezitice și piroclastite.

La suprafață predominant produsele activității vulcanice, constituind curgeri de lave, aglomerate andezitice și piroclastite.

Pe malul drept al Oltului sunt răspîndite andezitele cu piroxeni și amfiboli, iar la E de linia Oltului andezitele cu amfiboli și biotit, precum și aglomeratele andezitice corespunzătoare acestor tipuri petrografice.

Aceste produse andezitice au fost generate probabil de două aparate vulcanice distințe.

Piroclastitele, reprezentate prin piatrășuri și nisipuri andezitice, se limitează aproape exclusiv pe versantul estic. Grosimea păturii de piroclastite, ce repauzează pe flișul cretacic, arată o tendință de îngroșare spre est (de la cîțiva m la peste 100 m).

Rezultatele ultimelor foraje hidrogeologice executate în zona Tușnad-Băi aduc noi elemente privind structura geologică a acestei zone și anume prezența unor corperi subvulcanice, ce s-au pus în loc în formațiunile flișului cretacic.

Apofizele corpului andezitic-microdioritic sunt cunoscute la adâncimea de 540 m pe malul drept și la 710 m pe malul stîng.

Din punct de vedere petrografic predominant andezitele cuartifere cu amfiboli și biotit și microdioritele.



Forajul 320 s-a oprit în această formațiune, după ce a traversat-o pe o grosime de peste 400 m. Corpul intruziv este afectat de o serie de transformări hidrotermale (propilitizare, cloritizare, argilizare, carbonatare, silicifiere ...) iar în apropierea contactului apar, în special pe fisuri, o serie de minerale metalice.

Asupra condițiilor de punere în loc a maselor magmatice s-au obținut o serie de elemente noi reprezentate prin corneene, care în forajul nr. 320 apar pe o grosime de peste 60 m și constituie efectul metamorfismului de contact termic, produs de magmatitele în ascensiune.

Dintre rocile magmatice, pirolastritele au cea mai bună permeabilitate. Din ele apar la zi apele minerale hipotermale de la Tușnad-Băi.

În lavele andezitice circulația apelor se limitează doar la fracturi, crăpături și fisuri, precum și la nivelele afectate de intense alterări hidrotermale.

Potibilitățile de circulație ale apelor subterane în intruзиunile andezitice și microdioritice de-a lungul liniilor de fractură, a fisurilor și crăpăturilor sunt bine ilustrate de rezultatele forajului nr. 320. (Apa termală provine din intervalul 800–850 m al intruзиunii andezitice).

Formațiunile cele mai recente din perimetru Tușnad-Băi sunt reprezentate prin depozite aluvionare, proluviale și de precipitație chimică.

Terasa de 25 m altitudine a Oltului este o terasă de eroziune, fără depozite de terasă.

Tectonica regiunii este foarte complexă. Seriile flișului datorită unor intense mișcări tectonice ale scoarței au fost șariate de-a lungul unor liniște de dislocație cu direcția N–S.

Dispozitia în spațiu a magmatitelor este de asemenea foarte variată. Pe lîngă formațiunile vulcanice neogene sunt prezente corperi intruzive andezitice și microdioritice la adâncimi relativ mici.

Cea mai importantă linie de dislocație crustală, care a controlat punerea în loc a maselor eruptive, este linia magmato-tectonică majoră cu direcția NE–SV și structura tectonică adiacentă acesteia, care unește centrele vulcanice din lanțul vulcanic Călimani-Gurghiu-Harghita.

Caracterul activ al acestei linii este demonstrat de abundența moftelor și izvoarelor de ape minerale, precum și de puternicele transformări hidrotermale ale rocilor.

În zona Tușnad-Băi această linie crustală se intersectează cu fracturile regionale ce delimitizează la E și W depresiunea Ciucului.

Tot aici se întâlnesc aceste linii tectonice cu o altă linie de dislocație crustală orientată E–W. (Arianei, Pricăjan 1972). Coroborarea elementelor geofizice, care au permis conturarea acestor linii, cu datele manifestărilor postvulcanice a îmbogățit simțitor cunoștințele privind tectonica acestei zone.

La analiza condițiilor de circulație și apariția la zi a apelor termale nu putem neglija nici liniile tectonice locale, care au un rol important în asigurarea accesului spre suprafață a bioxidului de carbon și chiar a apelor termominerale.



Surse de ape termale

Spre deosebire de izvoarele de ape minerale, care apar pe ambele maluri ale Oltului, resursele de ape termale se limitează numai pe malul stîng.

Izvoarele de ape termale de la Tuşnad-Băi, după temperatura lor, se încadrează în grupa apelor hipotermale.

Emergențele sunt prezente în două sectoare bine delimitate, în centrul stațiunii și pe valea pîrîului Tisaș la N de Tuşnad-Băi.

Izvoarele nr. 1 și 2; Ileana și Baia Săracilor apar la zi din piroclastite și cu excepția celui din urmă, sunt captate.

Izvoarele 1 și 2 (Ana), cu un debit total de circa 2,5 l/s, alimentează noua bază de tratament cu apă minerală de 20–22°C.

Izvorul Ileana debitează 1,5 l/s apă minerală de 23°C și asigură necesarul așa zisei „băi mezotermale”.

Izvorul Baia Săracilor se varsă în lacul Ciucaș și în prezent nu este valorificat. Debitul sursei nu depășește 0,2 l/s, iar temperatura apei este de 20,5°C.

Apa izvoarelor Apor și Mikes are un caracter slab termal (15–16°C). Sursele, cu un debit total de 0,56–0,8 l/s, sunt captate și amenajate pentru cură internă.

De-a lungul văii Tisaș apar la zi numeroase izvoare hipotermale carbogazoase tot din pătura de piroclastite. Aceste izvoare pînă în prezent n-au fost captate. Debitul total se apreciază la 4–5 l/s, iar temperaturile sunt cuprinse între 17–23°C (Slăvăcă).

Forajul nr. 320 a evidențiat din intervalul 800–850 m adincime o apă termominerală de 63°C. Din punct de vedere al temperaturii această apă este una dintre apele subterane cu cele mai ridicate temperaturi din țară.

Debitul sursei după atingerea echilibrului hidrogeotermic a fost de 4–5 l/s.

Caracterul artezian se datorează pe de o parte structurii geologice (fliș cutat) dar în special presiunii gazelor mofetice (CO_2) care în traseul lor ascendent antrenează apa.

În urma interpretării diagrafiilor geofizice s-a prevăzut un program hidrogeotermic pentru încercarea prin pompare a două intervale de adâncime (0–640 m și 640–1140 m). După o pompare aer-lift de scurtă durată s-a pornit debitarea arteziană a puțului. Debitul și temperatura au crescut succesiv stabilindu-se după 20 zile. În această perioadă deversarea arteziană a fost intermitentă, cu pauze de 2–75 minute, iar corespunzător unui salt al temperaturii de la 33°C la 63°C debitul a ajuns de la 0,4 l/s la 4 l/s.

Se remarcă o relație directă între creșterea valorilor de debit și temperatură, ceea ce își găsește explicația în faptul că crusta de noroi și ciment de pe peretele puțului și din fisuri s-a spălat și s-a îndepărtat succesiv și astfel s-a mărit substanțial suprafața activă de pătrundere a apei din orizontul acvifer de adâncime în puț.

Presiunea măsurată în capul de erupție nu a depășit 6–8 at.



Delimitarea orizontului cu aflux de apă s-a apreciat după intervalul cu pierdere de circulație în timpul forajului, în urma interpretării diagrafiilor geofizice, precum și pe baza temperaturii de deversare a apei.

Chimisul apelor termale

O trăsătură comună a apelor hipotermale și reci din Tușnad-Băi este concentrația ridicată în CO_2 dizolvat și liber.

În ceea ce privește compoziția chimică și caracterul apelor din acest punct de vedere, se disting două tipuri bine definite :

- clorosodice, reprezentative pentru apele minerale hipotermale ;
- bicarbonatate calcice, în cazul apelor minerale reci.

Caracterul chimic aparte indică și o origine diferită, ceea ce înseamnă că în timpul circulației lor au intrat în contact și dizolvat roci cu compozitii mineralogice și chimice deosebite.

În afară de caracterul chimic tot pentru o origine diferită pledează mineralizația totală ridicată a apelor hipotermale (peste 5000mg/l) față de apele minerale reci (sub 4000 mg/l).

Explicația concentrației mai ridicate : pe de o parte creșterea solubilității apei în funcție de temperatură, iar pe de alta circulația mai îndelungată și mai profundă a apei subterane.

Pe baza acestor considerente s-a ajuns la concluzia, că apele hipotermale provin de la adâncimi mai mari și dizolvă o importantă cantitate de elemente minerale din rocile sedimentare și magmatische înconjurătoare. Procesul este accelerat de prezența bioxidului de carbon, care dizolvindu-se în stratele acvifere de adâncime, conferă apei o agresivitate mai mare.

Aapele minerale reci provin ori din stratul acvifer freatic, ori se acumulează în zona de alterare și fisurată a rocilor eruptive și sint antrenate la suprafață de ascensiunea bioxidului de carbon.

TABEL

Localizarea sursei Ioni (mg/l)	Cl^- mg/l	Br^- mg/l	I^- mg/l	SO_4^{2-} mg/l	HCO_3^- mg/l	Na^+ mg/l	K^+ mg/l
0	1	2	3	4	5	6	7
Tușnad-Băi-foraj nr. 320	1063,2	2,0	0,3	urme	7931,3	3574,9	155,0
Tușnad-Băi-foraj nr. 320	1077,9	1,5	0,4	13,4	7321,2	3225,3	156,0
Tușnad-Băi-Izv. Ileana	1970,0	12,6	urme	3,0	894,6	1009,6	210,1
Toplița-izv. Banfy	241,1	2,0	—	19,2	829,7	175,8	18,1
Vlăhița-foraj nr. 8	14,2	1,0	—	19,2	280,6	10,9	9,3
Praid-foraj nr. 401	151059,6	30,0	2,0	868,3	378,3	91649,3	370,0
Căciulata-foraj nr.1003	3105,4	0,2	1,9	3,6	280,0	1806,5	27,0
Geoagiu-foraj nr. 1	1,5	0,03	—	11,8	805,2	12,0	1,9
Oradea-foraj nr. 4006 (strand)	12,3	—	—	644	179,0	37,2	13,5
Oradea-foraj nr. 4005 (aeroport)	15,8	—	—	695	164,0	32,2	13,0
Băile Felix-izv. Balint	14	—	—	168	360,0	20,0	6,4
Băile 1 Mai	10,6	—	—	187	341,0	22,2	6,4
Tămășeu (foraj)	35,8	—	—	11,4	2521	1169	9,3
Băile Herculane-foraj nr. 4571	4053	1	1	19	109	1799	82



Apele carbogazoase-hipotermale sunt legate de acviferul format din orizontul superior argilos marnos, pe alocuri grezos al flișului cretacic, cu un grad ridicat de fisurare, precum și din culcușul păturii de piroclastite.

Apele hipotermale de la Tuşnad-Băi se evidențiază prin conținuturi relativ ridicate ale ionilor Na și Cl, chiar față de alte ape minerale tipice pentru fliș (Malnaș Băi, Bodoc).

Este caracteristică de asemenea prezența unor microelemente de valoare terapeutică recunoscută, cum sunt iodul, bromul, manganul, aluminiul și acidul metaboric, care lipsesc din compoziția apelor minerale reci, sau apar cu totul sporadic.

Apa termală a forajului nr. 320 din punct de vedere chimic este bicarbonată sodică, clorurată, cu o mineralizație totală de 12,5–13,0 g/l. Caracterul chimic deosebit de complex al acestei ape este rezultatul circulației îndelungate atât în depozitele cretacice ale flișului, cît și în intruziunile andezitice.

Acest tip de apă s-a format deci, spre deosebire de apele minerale reci și hipotermale, într-un rezervor acvifer de adâncime. Din punct de vedere al mineralizației această apă se încadrează în categoria apelor cu un conținut mineral dizolvat foarte ridicat, iar în ceea ce privește durata se pot caracteriza ca ape foarte dure.

O altă proprietate a apei hipertermale de la Tuşnad-Băi este depunerea de săruri. Dintre microelemente sunt prezente bromul, iodul și manganul. Este deosebit de interesantă concentrația de acid metaboric, care în cazul acestei ape depășește 300 mg/l.

Comparind apă termominerală de 63°C cu celelalte ape termale cunoscute din țară se poate constata că este una dintre apele cu chimismul cel mai variat (tab. 1). Astfel depășește substanțial concentrația apelor

LUL 1

NH_4^+ mg/l	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Fe^{3+} mg/l	H_2SiO_3 mg/l	HBO_2 mg/l	CO_2 liber	Mineralizația totală (mg/l)	Temperatura (0°C)	pH	Duritate totală (gr. germ.)
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
11,0	23,2	19,5	0,1	urme	202,5	35,2	13018,8	63	7,3	7,7
10,0	15,2	62,7	0,2	181,2	344,2	96,8	12506,0	63	7,5	6,6
10,5	293,0	58,5	17,8	138,2	—	1505,8	6129,6	23	6,5	50,8
—	163,5	55,4	0,1	44,0	4,1	222,9	1775,9	27	6,2	—
—	48,1	28,0	0,1	88,0	—	4,4	503,9	26	5,7	13,2
200,0	3595,2	1203,8	27,0	31,0	445,5	396,0	250256	42	6	779,5
0,36	234,3	19,2	7,9	—	—	H_2S	5670,3	52	—	—
—	192,7	39,2	0,8	—	—	—	1363,3	33	—	—
—	224	48	—	—	—	—	1165,0	76	6,9	42,5
—	246	46,1	—	—	—	—	1216,0	87	7,0	45,1
—	12	31,5	—	—	—	—	739,0	49	6,6	25,1
—	448	16	—	—	—	—	738,0	32	6,9	24,4
—	6,6	3,4	—	—	—	—	031,0	55	8,0	1,7
6	941	19	0,1	—	26	H_2S	47559,9	60	—	—
						50				



termale de la Băile Herculane ($1-8,5 \text{ g/l}$), Oradea-Băile Felix ($0,5-2 \text{ g/l}$), Geoagiu ($1-1,5 \text{ g/l}$), Căciulata ($3-6 \text{ g/l}$), Toplița ($1,3-2 \text{ g/l}$).

Diferă și caracterul chimic în comparație cu aceste ape, care sunt clorosodice (Băile Herculane, Căciulata), sulfatare (Oradea), bicarbonatate-sulfatare (Băile Felix), bicarbonatate (Geoagiu, Toplița).

Din analiza gazelor libere ale apelor termale de la Tușnad-Băi reiese că în compoziția lor predomină bioxidul de carbon de origine vulcanică, ca și în cazul apelor minerale reci. Dintre ceilalți compoziții la unele surse se remarcă o îmbogățire în azot.

Din cauza numărului mic de analize nu s-a putut stabili o legătură între raportul CO_2/N_2 și caracterul termal al apelor.

În compoziția gazelor ce însoțesc și antrenează apa termală din forajul nr. 320 bioxidul de carbon depășește 94 %. Din intervalul 0–150 m adâncime, dintre cele două coloane exterioare se eliberează un debit de $50 \text{ m}^3/\text{zi}$ gaze mofetice. (Accesul gazelor este reglat cu ventil).

Din punct de vedere al radioactivității naturale s-au evidențiat valori relativ ridicate în cazul izvoarelor Illeana și pîriul Tisaș, la care conținutul în Rn–222 este de $1200-1500 \text{ pCi/l}$. (În general radioactivitatea apelor minerale din aureola mofetică a lanțului eruptiv Călimani-Harghita nu depășește $300-400 \text{ pCi/l}$). Prezența Ra–226 s-a remarcat numai în compoziția izvoarelor Mikes și pîriul Tisaș.

Pentru radioactivitatea apei hipertermale de la Băile Tușnad este caracteristică valoarea relativ ridicată a radiației $\beta-\gamma$ ($86,6 \text{ pCi/l}$) și concentrația însemnată de Ra 226 ($17,26 \text{ pCi/l}$).

Condiții geotermice

Cercetările geotermice amorsate în ultimii ani au furnizat o serie de noi date privind condițiile geotermice din aureola mofetică a lanțului vulcanic Călimani-Gurghiu-Harghita.

Măsurările geofizice efectuate în forajele de cercetare pentru diferite substanțe minerale utile atrag atenția asupra valorilor anomale de temperatură și gradient geotermic.

În declanșarea programului unitar de cercetare în această regiune au avut un rol deosebit rezultatele obținute de forajul hidrogeologic 1 H Băile Tușnad.

Cercetările au demonstrat că lanțul eruptiv Călimani-Harghita și zonele adiacente reprezintă o anomalie geotermică regională, caracterizată prin valori ale gradientului geotermic de peste $4-5^\circ\text{C}/100 \text{ m}$.

În cuprinsul acestei vaste arii, cercetările geotermice au conturat mai multe anomalii locale pozitive, dintre care se evidențiază prin intensitate cele de la Băile Tușnad.

Anomalia locală din defileul Oltului are o orientare generală N–S și prin valoarea izogradientului de $40^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ din apexul ei, constituie cel mai mare gradient măsurat în țara noastră. Anomalie geotermică



locală de pe pîriul Tisaș se caracterizează printr-un maxim de peste $30^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ / V e l i c u.

Cercetarea în adîncime a anomaliei geotermice de pe valea Oltului s-a realizat prin forajele 1 H și 320. Gradientul geotermic mediu înregistrat pînă la adîncimea de 557 m în forajul 1 H a fost de $5-8^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, iar în talpă s-a înregistrat o temperatură de 53°C . (Măsurătorile se referă numai la stiva de depozite cretacice aparținînd flișului).

În urma repetatelor investigații geofizice în forajul 320, s-a constatat că gradientul geotermic în formațiunile „stratelor de Sinaia” este cuprins între $6-10^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, iar în rocile andezitice intruse scade la $1-4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Cu toate că a intervenit această scădere a gradientului între 710-1140 m, în talpă s-a înregistrat o temperatură de 78°C .

În tabelul 2 sunt prezente comparativ datele măsurătorilor de temperatură și gradient în cele două foraje menționate :

TABELUL 2

Adîncime (m)	Temperatură ($^{\circ}\text{C}$)		Gradient geotermic $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$	
	Forajul 1 H	Forajul 320	Forajul 1 H	Forajul 320
50	20,5	18,0		
100	23,5	24,0	6,5	10,0
150	27,0	28,0		
200	30,0	33,0	6,0	8,5
250	33,0	36,5		
300	36,0	40,0	6,0	6,5
350	39,0	43,0		
400	41,5	46,0	5,0	7,5
450	44,0	50,5		
500	45,5	53,0	3,0	5,5
550	47,0	56,0		

Aceste valori au fost măsurate cu termometru maximal și în general sunt mai mici (diferență $1-6^{\circ}\text{C}$) decît cele înregistrate prin metode termoelectrice.

Rezultatele măsurătorilor termoelectrice din forajul 320 ilustrează excelent particularitățile termice diferite ale flișului și eruptivului traversat (tab. 3).

Se observă că gradientul geotermic depinde foarte mult de conductivitatea termică a rocilor, care în cazul andezitelor este de $6,8 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm sec}^{\circ}\text{C}$, iar la depozite marnoargiloase ale flișului nu depășește $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm sec}^{\circ}\text{C}$.

Gradientii geotermici ridicăți și anomaliiile geotermice conturate în acest sector se datorează atât maselor magmatice intruse, cât și efectului circulației fluidelor termale de-a lungul sistemului de fracturi profunde.

Cercetarea în adîncime a anomaliei de pe pîriul Tisaș va fi realizată prin forajul nr. 322, în curs de execuție.



TABELUL 3

Adincime	Formațiuni geologică	Temperatura	Gradient geotermic
100	Stratele de Sinaia	25,5	7,5
200	Stratele de Sinaia	33,0	—
300	Stratele de Sinaia	41,0	8
400	Stratele de Sinaia	48,5	7,5
500	Stratele de Sinaia	54,0	5,5
600	Stratele de Sinaia	61,5	7,5
700	Corneene	70,0	8,5
800	Andezit	73,0	3
900	Andezit	73,3	0,25
1 000	Andezit	75,0	1,75
1 100	Andezit	77,0	2
1 140	Andezit	78,0	—

Condițiile de exploatare ale apelor termale

Pînă în prezent exploatarea și valorificarea apelor termale s-a limitat la apele hipotermale.

Din debitul total de 2,5 l/s al izvoarelor nr. 1 și 2 sunt utilizate zilnic 70–170 m³ la baza de tratament, după ce apa minerală este încălzită la o temperatură de peste 30°C. În cazul acestor izvoare nu s-au ivit probleme deosebite de exploatare, debitul și temperatura în ultimii ani s-au modificat.

Nici la izvorul Ileana nu s-au constatat modificări ale debitului și temperaturii în perioada observațiilor. Acest izvor alimentează „strandul mezotermal”, care funcționează numai în lunile de vară. Îndepărțarea depunerilor feruginoase și a nămolului dintre elementele filtrului de pietriș și bolovăniș din anul 1976 a condus la îmbunătățirea debitului.

În ceea ce privește chimismul principalelor izvoare hipotermale din Băile Tușnad nu se observă variații deosebite în timpul perioadei de observații sau tendințe de creștere sau scădere a concentrației unor elemente.

Spre deosebire de apele hipotermale, exploatarea apei din puțul nr. 320 ridică o serie de probleme. Observațiile efectuate în cele 6 luni asupra acestei surse de ape termale au demonstrat că parametrii hidrogeologici se modifică în funcție de intensitatea depunerilor de carbonați.

De remarcat că depunerea crustei afectează numai partea superioară a coloanei de exploatare (50 m) și capul de erupție, deoarece de la această adâncime intervine scăderea presiunii și a temperaturii, respectiv eliberarea gazelor libere. Creșterea de la debitul inițial de 4 l/s la 5 l/s în urma acidizării se explică prin mărirea suprafeței active a intervalului fisurat prin dizolvarea depunerilor carbonatice (ciment, trassgel, detritus).

Viteza de depunere în apropierea suprafeței în cazul deversării libere este de 1,5–2 cm/lună. Prin prelungirea punctului de deversare pe orizontală cu 35 m conductă și reglarea debitului la 1 l/s s-a reușit trans-



punerea depunerilor de maximă intensitate pe porțiunea de conductă orizontală, care se poate schimba periodic.

Din punct de vedere chimic crusta de săruri este alcătuită din 96,12% carbonați, din care 93,09% CaCO_3 și 3,03% Mg CO_3 .

Bicarbonații de Ca și Mg din soluție în cazul modificării condițiilor de presiune se descompun, cu eliberarea unei cantități de CO_2 și precipitarea CaO_3 și MgCO_3 .

Întrucât CO_2 dizolvat în apă rămîne sub valoarea aferentă menținerii bicarbonaților în soluție, echilibrul apei termale se strică și o cantitate de CaCO_3 (MgCO_3) se precipită pînă la stabilirea echilibrului corespunzător situației create. Prin urmare, apa stabilă în condițiile de presiune și temperatură din zăcămînt, în urma trecerii la presiunea din gaura de sondă și apoi la cea atmosferică pierde CO_2 echilibrant. Există o relație directă între reducerea concentrației de CO_2 și cantitatea de carbonați ce se depun.

La darea în exploatare a apei termale de la forajul nr. 320 trebuie ținut cont de aceste dificultăți. Se impune urmărirea permanentă a depunerilor și îndepărțarea crustelor de pe echipamentul sondei, precum și prevenirea formării crustelor la carbonați.

Eliminarea depunerilor la forajul nr. 320 a fost efectuată atît pe cale chimică, cît și pe cale mecanică, dintre care cea din urmă a dat rezultate mai eficiente.

Pentru încetinirea vitezei de depunere în ultimul timp sînt utilizată și succes polifosfații multimetalici, care fiind inhibitori cu solubilitate lentă, pot preveni depunerea carbonaților.

În urma încercărilor de la forajul m 320 a rezultat că metoda cea mai simplă și practică este reglarea debitului, respectiv a presiunii și prelungirea la suprafață a punctului de deversare pe orizontală corespunzătoare adîncimii critice. Dacă acest procedeu se completează cu adăugare de CO_2 la adîncimea optimă (50–100 m) depunerile se pot reduce la minim și astfel exploatarea puțului nu trebuie intreruptă, decît la intervale mari (1–3 ani).

În compoziția chimică a apei în perioada observațiilor nu au intervenit modificări deosebite. Din păcate în acest timp nu a fost posibilă urmărirea presiunii de strat și relația apă/gaz; care ar fi furnizat importante elemente referitoare la energia de zăcămînt.

Cele 6 luni de debitare a forajului nr. 320 trebuie considerate ca o perioadă de probă necesară pentru urmărirea principaliilor parametri fizico-chimici, precum și în vederea stabilirii posibilităților de valorificare energetică și balneologică.

Din cauza intenșelor depunerii de săruri în instalația de exploatare, s-a renunțat la studiul utilizării apei hipertermale, ca sursă de energie. În schimb studiul efectuat de către laboratorul farmaco-dinamic al Institutului de Medicină Fizică, Balneoclimatologie și Recuperare medicală, recomandă folosirea apei pentru tratamentul afecțiunilor reumatismale și ale sistemului nervos. Efectul curativ al apei este deja unanim recunoscut, însă adevărata ei valoare terapeutică se va evidenția numai sub o îndrumare medicală organizată. Datorită valorii balneologice deosebite s-a ajuns la concluzia că apa termală trebuie valorificată exclusiv în balneoterapie și agrement.

Perspectivile cercetărilor pentru ape termale în zona Tușnad-Băi

Prin depistarea apei hipertermale de la forajul 320 Tușnad-Băi, perspectivele explorării a noi acumulări de ape termale în Carpații Orientali au crescut substanțial.

Metodica de cercetare geotermică în cazul acestui perimetru s-a dovedit eficientă.

Conturarea anomalilor geotermice locale permite delimitarea sectoarelor, care intrunesc condițiile cele mai favorabile pentru acumulări de ape termale, deci trecerea la fazele mai avansate ale cercetării.

În investigarea anomalilor geotermice pozitive spre adâncime trebuie să ținem cont de constituția geologică și hidrogeologică a regiunii, precum și de tectonică.

În cazul perimetrului Tușnad a fost foarte convingătoare suprapunerea anomalilor geotermice locale peste zonele de apariție a izvoarelor de ape hipotermale, la care se adaugă o activitate mofetică intensă, care subliniază existența unui sistem de fracturi profunde, ce s-a evidențiat și geofizic.

În condițiile geologice date cercetarea hidrogeologică este deosebit de eficientă, dacă este posibilă interceptarea prin foraje a stratelor ce rețin apa termală.

Această constatare se bazează pe rezultatele forajului nr. 320, care a fost amplasat în apexul anomaliei geotermice din defileul Oltului, în raza cîmpului mofetic și în vecinătatea izvoarelor hipotermale.

În continuarea cercetărilor nu putem neglijă nici comportarea gradientului geotermic în diferite tipuri de roci, respectiv scăderea substanțială a acestuia în intruziunile andezitice.

Pe de altă parte nu este suficientă prezența și traversarea flișului cretacic, dacă acesta nu are contact cu corpurile subvulcanice de adâncime, care constituie elemente esențiale ale transmiterii energiei calorice.

Pozitia în spațiu a corpurilor subvulcanice se poate determina relativ ușor prin metode geofizice, ținind cont de contrastul proprietăților fizice-fliș-eruptiv. În etapa două a cercetării deci se impune delimitarea acelor sectoare în cadrul anomalilor geotermice, care teoretic ar asigura obținerea unei ape termale de $60-90^{\circ}\text{C}$ prin traversarea unei grosimi optime ale flișului marno-grezos. Deosebit de importantă este sub aspect hidrodinamic stabilirea poziției liniilor de fractură profunde, atât din punct de vedere al acumulării, cât și al accesului spre suprafață a apei termominerale.

Datorită intersecției unei asemenea linii tectonice forajul de pe malul lacului Ciucăș cu toate că n-a traversat stratul acvifer de adâncime, debitează apă termală din intruziunea andezitică. Dislocația de pe valea Oltului are probabil rolul unei linii de drenaj chiar și pentru stratele acvifere de adâncime.

În interesul eficacității cercetărilor geologice și hidrogeologice, acești factori trebuie să stea în atenția noastră.

Din păcate în prezent nu disponem de date referitoare la adâncimea și caracteristicile hidrogeologice ale formațiunii magazin, dar este cert că deja în stadiul actual al cercetării este posibilă obținerea de ape

hipertermale în zona centrală a anomalilor geotermice locale prin foraje de 700–1500 m.

În acest sens va furniza date importante forajul nr. 322 de pe valea Tisaș, amplasat în apexul anomaliei geotermice.

Este foarte probabil că traversarea și deschiderea stratului acvifer de adâncime va fi posibilă numai prin executarea unor foraje mai adânci (1500–2000 m).

Însă un asemenea foraj este condiționat de prospecțiuni geofizice de mare detaliu, care permit stabilirea cu precizie a poziției maselor sub-vulcanice și a fracturilor în spațiu.

Se impune de asemenea clarificarea mecanismului de regenerare a apei și a zonei de alimentare. Cu toate că la forajul 320 schimbarea parametrilor hidrogeologici în timp a fost urmare a depunerii sărurilor și îngustarea secțiunii de curgere, numai o exploatare mai îndelungată a puțului ar da răspuns referitor la existența alimentării. Este necesară urmărirea zilnică a parametrilor fizici (debit, presiune, temperatură, relație gaz/apă) tot timpul exploatarii.

Aprecierea rezervelor de ape termale pe baza unui singur foraj, care a funcționat doar șase luni, este cu totul orientativă.

Avind în vedere că din cuprinsul aureolei mofetice a lanțului eruptiv Călimani-Harghita perimetru Tușnad-Băi dispune de condițiile geotermice cele mai favorabile, se consideră oportună continuarea cercetărilor geofizice și hidrogeologice în vederea cunoașterii particularităților acumulațiilor de ape termominerale.

Este indicat, ca în această etapă a cercetării, executarea forajelor hidrogeologice de 700–1200 m în centrul anomalilor geotermice locale și efectuarea în paralel a prospecțiunilor geofizice de mare detaliu (electrometrie, microgravimetrie, seismică) pentru obținerea imaginii structurale reale.

Interpretarea rațională a rezultatelor obținute va clarifica, dacă este oportună executarea unor foraje mai adânci în vederea conturării rezervelor exploataabile.

În cazul obținerii unor debite și temperaturi ridicate se impune efectuarea unui studiu de valorificare energetică.

Întrucât este de așteptat evidențierea unor ape agresive sau cu depunerii de săruri, trebuie să punem un accent deosebit pe calitatea și diametrul coloanei de exploatare. Capul de erupție trebuie să permită dirijarea apei în cel puțin trei direcții, reglarea debitului, respectiv a presiunii, precum și curățirea facilă a coloanei de exploatare și a instalației de suprafață de eventualele depunerii de săruri.

În ceea ce privește valorificarea apei termale de pe Lacul Ciucaș, se consideră oportună înființarea unei noi baze de tratament. Ar fi interesantă experimentarea adăugirii pentru răcire a apelor minerale hipotermale (Ileana, Baia Săracilor) din apropiere, pentru a nu diminua proprietățile curative ale apei.

Debitele izvoarelor hipotermale asigură dezvoltarea bazei de tratament existente și cantitatea de apă necesară răcirii apei de 63°C.



În lumina rezultatelor obținute pînă în prezent există toate premisele geologice, hidrogeologice, geotermice și structurale pentru identificarea a noi acumulări de ape termominerale de importanță terapeutică și energetică în zona Băile Tușnad.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei S., Pricăjan A. (1972) Corelații între structura geologică adincă și aureola mofetică din județul Harghita cu privire la zonele de apariție a apelor minerale carbonazoase. *St. cerc. geol. geofiz. geogr. Ser. geol.* 17. 2, București.
- Juhász J. (1976) Hidrogeologia. Akad. Kiadó. Budapest.
- Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din România. Ed. Tehnică, București.
- Slăvocă D. (1968) Raport, arhiva Ministerului minelor și geologiei, str. Mendeleev nr. 36, București.
- Veliciu S. (1975) Raport, arhiva Institutului de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr. 1 78349, București 32.
- * * * Factorii terapeutici naturali din județul Harghita — C.P.J. Harghita Direcția Sanitară.

CONSIDÉRATIONS SUR LES EAUX THERMOMINÉRALES DES BAINS DE TUŞNAD ET LES POSSIBILITÉS DE LEUR MISE EN VALEUR

(Résumé)

On peut considérer la découverte de l'eau thermale de 63° C des Bains de Tuşnad un pas important dans la recherche des eaux thermales de notre pays, comme le résultat d'un programme de recherche complexe géologique, géothermique et hydrogéologique.

Du fait que dans ce périmètre viennent s'intersecer trois unités géologiques importantes, la structure géologique, et les conditions tectoniques sont bien complexes. Dans la constitution géologique de la zone, les plus répandues sont les roches magmatiques, le sousbasement de la région étant constitué de dépôts crétacés du flysch interne.

Le caractère actif des lignes tectoniques est démontré par l'abondance en mofettes et sources d'eaux minérales situées dans le rayon de la station Tuşnad.

Les eaux hypothermales qui apparaissent sur le bord gauche de la rivière pe l'Olt différent de celles minérales tant par leur composition chimique, ainsi que par leur capacité de débit, déterminée par leur régime différent d'alimentation et de la circulation.

Par suite des recherches géothermique effectués dans la partie méridionale des monts Harghita, on a contouré dans le secteur étudié deux anomalies géothermiques locales, caractérisée par des valeurs des gradients géothermique de 30—40°C/100m.

Afin d'investiguer l'anomalie géothermique locale du défilé de l'Olt à Tuşnad on a exécuté le forage hydrogéologique no 320, emplacé au nord du lac Ciucas, qui délivré de l'eau thermominérale de 63°C. Le débit de la source, après ce que l'équilibre hydrogéothermique a été atteint, a été de 4—5l/s. L'eau provient de l'intervalle de 800—900 m profondeur, située à la partie supérieure, fissurée, d'un corps subvolcanique intrus dans le flysch à dominance marno-



gréseuse. Au point de vue chimique, l'eau hyperthermale de cette source est bicarbonatée sodique, chlorurée, iodurée, bromurée, avec une minéralisation totale de 12,5–13,0 g/l. L'étude pharmaco-dynamique recommande l'emploi de l'eau dans le traitement des affections rhumatismales et du système nerveux.

A la différence des eaux hypothermales, l'exploitation de l'eau du puits no. 320 est entravée par les intenses précipitations de sels dans la partie supérieure de la colonne d'exploitation.

Dans la dernière partie de l'ouvrage on présente quelques nouvelles propositions concernant la continuation des recherches hydrogéologiques et des recommandations sur la valorisation des sources thermales existantes.

Les résultats tout à fait favorables des recherches géologiques, géothermiques et hydrogéologiques ouvrent des nouvelles perspectives à la mise en évidence de nouvelles accumulations d'eaux thermales à potentiel calorique élevé.





Institutul Geologic al României

**REGLEMENTĂRI PRIVIND PROTECȚIA ȘI EXPLOATAREA
RATIIONALĂ A ZĂCĂMINTELOR DE APE MINERALE,
LACURI ȘI NĂMOLURI TERAPEUTICE²**

DE

ARTEMIU PRICĂJAN², ANDREI RĂDULESCU²

Applied hydrogeology. Mineral waters. Water regulation. Water protection. Aquifers. Therapeutic muds.

Abstract

Regulations Concerning the Protection and Rational Exploitation of the Mineral Water Reservoirs, Lakes and Therapeutic Muds. The paper presents the evolution of the regulations regarding the exploitation and protection of the mineral waters in Romania both concerning the tackling of the problem and the documents dealing with it.

Istoric este, cunoașterea și folosirea apelor minerale și a nămolurilor pentru vindecarea diverselor maladii, este atestată prin diferite forme ale culturii materiale și denumiri toponimice încă din epoca tracă, etruscă și romană.

Epoca modernă a acordat o atenție deosebită acestei bogății naturale atât la noi în țară cât și la alte țări cu acest specific din Europa (Franta, Cehoslovacia, Italia, URSS etc.).

În prezenta lucrare, se încearcă o succintă analiză a modului cum au fost reglementate în decursul timpului, condițiile de folosire a apelor minerale, gazelor și nămolurilor terapeutice din țara noastră.

Deși cunoscute și utilizate, în arhive nu s-a păstrat vreo reglementare privind folosirea apelor minerale din perioada română sau a evului mediu.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale – Călimănești, octombrie 1978.

² Inspecția de Stat geologică-minieră, str. Mendeleev nr. 34–37, București.



În aceeași perioadă, în țări ca Spania și Franța, găsim unele reglementări încă din secolele XV și XVI*.

În Muntenia și Moldova, primele reglementări privind raporturile de proprietate minieră, sînt : Codul Caragea, din 1818 și Codul Galimah, din 1817.

Aceste coduri, nu reglementează în mod special problema apelor minerale, ci a substanțelor minerale în general, cu enumerare nelimitativă, diferența între ele fiind în special aceea privind dreptul de proprietate minieră.

În Muntenia, Codul Caragea statornește principiul libertății miniere, potrivit căruia dreptul de exploatare revine descoperitorului, bunurile miniere fiind considerate ca ale nimănui — res nullius —. Aceeași concepție se regăsește și în Regulamentul Organic, din anul 1832.

În Moldova, Codul Galimah stabilea principiul domenialității, adică bunurile din „sînul pămîntului” nu puteau fi însușite de cel care le-a găsit sau scos, întrucât „acestea se cuvin stăpinirii”.

Este demn de semnalat aici Decizia Vornicului Calimah ca : „Borca să se deschidă și altui public nevornicesc”, izvoarele de ape cu acid carbonic din această localitate din Moldova fiind cunoscute de pe la 1811 și folosite de Neculai Canta „spre al său folos cu Mitropolitul”, în care scop făcuse oarecari amenajări.

În epoca modernă, Codul Civil Român, promulgat în anul 1864, are dispoziții și în materie minieră, statornecind dreptul de proprietate atât a suprafeței cât și a subsolului și folosința acestora în mod neîngrădit, cu excepția altor prevederi legale speciale și „regulamentele privitoare la mine” (1).

Constituția din anul 1866 prevedea că în cel mai scurt timp să se facă o lege a minelor. Au existat o serie de proiecte în această privință, dintre care ultimul, cel din anul 1895, a devenit lege. În aceeași perioadă,

* În Spania existau 200 stabilimente balneare pe timpul romanilor. În timpul ocupației arabe hidrotterapia realizează mari progrese, iar după alungarea acestora, toți principii punean mare preț pe băi. Încă din anul 1495 se emit ordonațe ale bisericii catolice privitoare la băi, dar acestea se transformă pe rînd în focare de infecție și de corupție, unde se întâlnesc curtezanele. În scopul eradicării acestor stări de fapt Ferdinand al VII-lea dă în anul 1816 un decret prin care înființă postul de medic director al stațiunilor arătind și scopul lor. De altfel încă din anul 1447 regii numeau neregulat inspectori la băi însă primul inspector special a fost Martínez Galizonga în anul 1794.

În Franță, primele reglementări le găsim în edictele și scrisorile (lettres patentes) din 1603, 1604 și 1605 prin care Henric al IV-lea, născut în regiune de izvoare minerale, numea inspectori însărcinați să supravegheze stabilimentele balneare. Declarația regală din 1722 dispune crearea de comisii de medici însărcinate să viziteze izvoarele minerale, înainte de a acorda autorizația de exploatare a acestora. În 1781 se dă o decizie cu privire la curățirea, conservarea, întreținerea, analizarea și captarea izvoarelor, cit și la umplere, transportul și vinzarea apei. Urmează decizia din 29 Floréal-an VII prin care se numesc doi comisari, aleși de consiliul comunal, pentru supravegherea izvoarelor și distribuția apei. Ordonața din 1 iunie 1823 apare ca urmare a înmulțirii apelor artificiale, face poliția generală a apelor și poate fi considerată ca baza legislației în acest domeniu. Legi miniere și medicale de protecție a surSELOR, au fost adoptate în 1837, 1846 și 1847. În anul 1880 se votează o lege prin care se interzic explorările și exploataările miniere, care ar putea periclită sursele de ape minerale.

în provinciile românești de peste Carpați, a fost în vigoare Ordonanța lui Maximilian al II-lea și apoi Legea generală minieră austriacă din anul 1854.

În Țara Românească, încă în a doua parte a secolului al XIX-lea oamenii de specialitate, mai ales medicii balneologi, au atras atenția asupra importanței apelor minerale din țară și au reușit să trezească interesul oficialității asupra protecției acestei avuții și ca urmare, au fost adoptate și emise o serie de reglementări (2) din care cităm :

— Legea pentru încurajarea și dezvoltarea exploatarii apelor minerale din țară și a produselor lor, din anul 1886. Aceasta apare ca prima încercare de lege balneară românească și cuprindea în exclusivitate prevederi de ordin economic.

— Regulamentul pentru administrarea și supravegherea stabilitelor balneare din România, apărut în anul 1888.

— Regulamentul pentru administrarea și exploatarea băilor statului Călimănești, Căciulata, Govora și Lacul Sărat, din anul 1904.

Prima lege minieră care reglementează activitățile de cercetare și exploatare a „substanțelor minerale sau fosile” a fost Legea minelor din anul 1895. Necesitatea elaborării și emiterii acestei legi a fost dezvoltarea industriei extractive și crearea cadrului juridic de apărare a bogățiilor subsolului, inclusiv a apelor minerale, împotriva unei exploatari nerationale și anarchice, precum și stabilirea raporturilor între persoanele care desfășurau o activitate de acest gen și proprietarii suprafețelor.

Încă din anul 1889 dr. C. Codrescu, după o experiență de 15 ani la băile Slănic Moldova în „Tratatul despre apele minerale de la Slănic”, arată „Ca bază de organizare ar trebui avisat, în primul locu, la determinarea perimetrua izvoarelor minerale și a stațiunii balneare. Această măsură ar avea de scopu aplicațiunea cu ricurositate a tuturor măsurilor capabile de a asigura conservarea și inalterabilitatea izvoarelor minerale ...”. Aduce în sprijinul ideii sale decretul din 8 martie 1848, relativ la apele minerale din Franța.

Nu vom analiza în detaliu prevederile acestei legi din 1895 cu privire la petrol și minereuri ci vom menționa numai dispozițiile legii cu privire la apele minerale și mineralizate.

Potrivit articolului nr. 79 din această lege, exploatarea izvoarelor de apă sărată precum și a celor de apă minerală, este lăsată la dispoziția proprietarului suprafeței atunci cînd urmărește organizarea de stațiuni balneare. Această exploatare nu este supusă vreunei autorizații sau îngădiri din partea statului.

De asemenea, același articol prevede că proprietarii pot efectua acțiuni de industrializare a sărurilor conținute în apă cu excepția cazului în care clorura de sodiu ar fi singura sare dizolvată și produsul rezultat prin evaporare ar putea fi întrebuită „ca sare pentru consumațiune”. Interdicția se datorește prevederii tradiționale că exploatarea sării, sub toate formele ei, aparține numai statului.

Deși prevederile acestei legi cu privire la cercetarea și exploatarea apelor minerale, sunt destul de succinte, din celelalte capitole referitoare la taxele și modul de determinare a produsului brut impozabil reiese că și apele minerale au fost tratate și aveau același regim ca și celelalte substanțe minerale.



Menționăm că prin Legea pentru înstrăinarea bunurilor statului din anul 1889 se interzicea vinderea acelor terenuri pe care se află ape minerale recunoscute că s-ar putea utiliza, deci importanța care se acordă încă din acea vreme acestor substanțe.

Crearea României Mari, a impus acțiunea de unificare legislativă care s-a materializat în primul rînd prin Constituția din 29 martie 1923, în care stă scris: „zăcămintele miniere, precum și bogățiile de orice natură ale subsolului, sunt proprietatea statului”. De la această prevedere sunt exceptate numai masele de roci comune, carierele de materiale de construcții și depozitele de turbă. De asemenea se prevede elaborarea unei legi speciale a minelor care să determine normele și condițiile de punere în valoare a bogățiilor subsolului.

În anul 1924, potrivit prevederilor constituționale menționate, a fost votată Legea minelor care, cu modificările din anii 1929, 1937 și 1942, a fost în vigoare pînă la actul revoluționar al naționalizării din anul 1948.

În clasificarea substanțelor minerale utile din aceste legi, izvoarele minerale și apele subterane mineralizate sau apele curative în genere, lacurile și lagunele mineralizate, precum și nămolurile, apar grupate într-o clasă distinctă (art. 2 Cap. X).

Reglementările din capitolul menționat, se referă atât la faza de cercetare geologică pentru descoperirea substanțelor minerale „din această clasă”, cît și la măsurile de protecție, conservare și exploatare a lor.

Pentru explorarea unei regiuni, era necesară acordarea de către autoritatea minieră a unui „permis exclusiv de explorare” în cadrul unui perimetru determinat.

Perimetru de explorare cuprindea o regiune bine definită prin constituția și structura ei geologică, putind avea o suprafață de pînă la 10.000 ha în forma stabilită prin lege ca pentru toate celelalte substanțe minerale.

Captarea surselor de ape minerale se putea face numai după plan aprobat de autoritatea minieră, la nivelul ministerului.

Menționăm că exploratorul, dacă nu devinea concesionar avea dreptul să beneficieze de o redevență în cazul în care a efectuat și captarea izvoarelor care vor forma obiectul exploatarii.

Pentru protecția și conservarea „substanțelor din această clasă”, autoritatea minieră instituia din proprie inițiativă sau la cererea celor interesați „perimetre de protecție” pe baza avizului Consiliului superior de mine, după un studiu al Institutului geologic al României.

Obligativitatea efectuării unui studiu de către Institutul geologic, apare în legea din anul 1929 și reprezintă o nouă calitativă față de legea minieră din anul 1924 cînd se cerea numai avizul acestui institut.

Perimetrele de protecție erau de două categorii : perimetru intern, care avea drept scop protecția și conservarea izvoarelor, lacurilor, lagunelor sau depozitelor de nămoluri și perimetru extern, care avea drept scop, protecția exploatarilor, regiunii și a naturii.

În interiorul perimetrlui intern, nici o lucrare legată de sol și subsol, nu putea fi începută și executată decit în urma autorizării date de autoritatea minieră, la nivelul ministerului. Chiar și lucrările geologice sau



puțurile pentru apă potabilă, se puteau executa numai după un program tehnic. Astfel, nu se autorizau „lucrări sau instalațiuni” care ar influența negativ „asupra regimului sau salubrității apelor și stațiunii”.

Chiar dacă au fost autorizate, lucrările care în cursul executării lor se dovedesc că ar avea o influență dăunătoare asupra izvoarelor, puteau fi opriate.

Autorizarea exploatareii se făcea sub forma unei concesiuni, pe o durată de 50 ani, care putea fi reînnoită în condiții de exploatare actualizate.

Legea stabilește că pot fi declarate de utilitate publică, deci supuse unui regim special, izvoarele minerale fie cu emergențe naturale, fie descooperite prin lucrări de explorare, lacurile și lagunele mineralizate, cu nămolurile lor, precum și apele freatiche în genere, care prin proprietățile lor prezintă un deosebit interes pentru sănătatea publică și pentru economia țării.

Exploatarea substanțelor declarate de utilitate publică, se putea face numai printr-o societate constituită de stat. Aceasta avea obligativitatea să execute într-un anumit termen, un program de lucrări, aprobat de autoritatea minieră pentru captarea surselor, precum și aceea „de a face observații regulate asupra climei și regimului apelor”.

Pentru realizarea lucrărilor la un nivel tehnic superior, autoritatea minieră putea să-și desemneze un delegat care să supravegheze aceste activități.

Exploatarea surselor și băilor, constituia un drept exclusiv al societății concesionare, care nu putea fi exercitat în asociere cu alții sau arendat total sau parțial, așa cum se putea face cu dreptul de a înființa și exploata sanatorii și alte instalații medicale, hoteluri etc., în limitele perimetrului intern de protecție. De asemenea concesionarul avea obligația de a înlătura orice cauză de degradare sau de contaminare a apei minerale.

În același capitol, se reglementa și problema utilizării gazelor asociate apelor minerale, care trebuiau să fie folosite în primul rînd, pentru cură balneară.

Legea interzice transportul nămolurilor terapeutice din lacurile mineralizate în alte localități, iar prin obligativitatea returnării acestuia în același lac, pune pentru prima oară, problema regenerării nămolului.

Folosirea apelor minerale, a nămolurilor terapeutice și a factorilor naturali climatici pentru uz medical, a format în aceeași perioadă de după uniune, preocuparea instituțiilor sanitare și îndeosebi a Societății de hidrologie în climatologie medicală înființată în anul 1921. Rezultatele studiilor asupra acestei probleme, au fost cuprinse, în proiecte începând din anul 1922, și s-au materializat într-un capitol din Legea sănătății din anul 1926 și Regulamentul instituțiilor hidrominerale și climatice din același an (5).

Legea sanitiară din anul 1926 a fost înlocuită prin Legea sanitară din anul 1930 care în capitolul V, art. 354 statuează: „Recunoașterea, înființarea și funcționarea stațiunilor balneare, hidrominerale, climatice se face de Ministerul Muncii, Sănătății și Ocrotirii Sociale, sub a căror



protecție, îndrumare și control stau". Legea prevede de asemenea instituirea obligatorie în jurul izvoarelor a unui perimetru de protecție, care urmează a se acorda potrivit legilor minelor.

Din cele prezentate anterior, rezultă că de-a lungul timpului, legiuitorul a tratat în mod constant apele minerale, lacurile și nămolorile terapeutice, alături de celelalte substanțe minerale utile, chiar dacă uneori problema proprietății acestora a fost deosebită (de stat sau a deținătorului suprafetei). De asemenea, este de observat faptul că aceste substanțe, deși private din două unghiuri diferite, balnear sau industrial, au fost tratate în mod unitar, legile respective completindu-se una pe cealaltă.

Reorganizările pe linie administrativă, intervenite după anul 1948, s-au reflectat în activitatea geologică-minieră, prin înființarea în august 1949 a Comitetului Geologic de Cercetare și Explorare a bogățiilor subsolului, creat prin absorbirea Institutului Geologic al României și Administrației comerciale pentru prospecțiuni și explorări miniere — ACEX — și care funcționa pe lîngă Coniliul de Miniștri.

Cu privire la apele minerale ca substanțe minerale utile, pe lîngă celelalte atribuții cu caracter republican — de avizare și control geologic — Comitetului Geologic îi revenea sarcina de a identifica zăcămintele de orice fel, inclusiv ape subterane, cît și aceea de a institui perimetre de protecție pentru conservarea izvoarelor minerale și a apelor mineralizate curative în general.

Aceste atribuții au fost îndeplinite de Comitetul Geologic și au fost trecute apoi ca atribuții prin înființarea Ministerului Minelor, Petrolului și Geologiei, lărgindu-se sfera de stabilire a perimetrelor de protecție hidrogeologică și asupra lacurilor terapeutice.

În cadrul acestor atribuții, organul central coordonator în domeniul geologiei, avizează documentațiile privind executarea lucrărilor geologice și introducerea în exploatare a zăcămintelor de substanțe minerale utile fluide, inclusiv ape subterane și stabilește perimetre de protecție hidrogeologică pentru zăcămintele de ape minerale, lacuri terapeutice și acumulări de nămol terapeutic.

Nu vom insista asupra activității de avizare a lucrărilor geologice, deoarece au același făgăș pentru toate substanțele minerale, dar care reprezintă în mod special în cazul apelor minerale primul instrument pentru asigurarea unei protecții a zăcămintelor.

Ideeia protecției și a unei exploatari raționale a apelor minerale, lacurilor și acumulărilor de nămol terapeutic, nu este nouă.

O serie de cercetări încă dinainte de al II-lea război mondial cît și în special după aceea, au susținut necesitatea unei reglementări speciale, a acestei probleme. Considerentele de ordin geologic și tehnic sunt argumente în explicarea reglementărilor legale, fără a forma însă obiectul prezentei comunicări.

Reglementarea perimetrelor de protecție apare prin două norme generale, cu caracter republican, emise de Comitetul de Stat al Geologiei, privind protecția hidrogeologică și exploatarea rațională, prima pentru ape minerale, în anul 1967 și a doua pentru lacurile și nămolorile terapeutice, în anul 1969 (7, 8).



În concepția normelor generale amintite, perimetru de protecție hidrogeologică trebuie să includă zonele de dezvoltare ale zăcămîntului, de alimentare și de drenare a acestuia.

Documentația pentru stabilirea perimetrelui de protecție cuprinde : studiile geologice complexe, hidrogeologice, hidrometeorologice și hidrologice care determină tipul și geneza zăcămîntului, precum și raporturile acestuia cu subteranul și suprafața.

Concluziile acestor studii, impun de la sine, măsurile restrictive sau interdicțiile pentru desfășurarea diferitelor activități economico-sociale în zona dată, care pot influența negativ protecția și exploatarea rațională.

Se constată prin aceasta că ceea ce este nou în reglementările actuale este numai saltul calitativ pe care l-a făcut sau îl poate face cunoașterea geologică.

În acest sens au fost elaborate normative pentru calcularea rezervelor de ape minerale și nămoluri, element esențial pentru fundamentarea modului și volumelor de exploatare pentru fiecare zăcămînt.

Actele de stabilire a perimetrelor de protecție, trebuie aduse la cunoștința celor interesați cît și marelui public – urbis et orbis – orice mijloace de publicitate.

Beneficiarului unui perimetru de protecție îi revin și sarcini dar și dreptul de a fi întrebăt sau de a cere interzicerea unor activități care ar putea influența, negativ, direct sau indirect, zăcămîntul.

Ca sarcini principale, beneficiarul este obligat să conducă procesul tehnologic de exploatare în cadrul parametrilor calitativi și cantitativi stabiliți la confirmarea rezervelor, urmărirea continuă a comportării zăcămîntului în procesul de exploatare și propunerea sau luarea de măsuri adecvate pentru restabilirea echilibrului natural în cazul intervenției unor factori modificatori.

Numai realizarea fără derogări și concesii a acestor prevederi legale poate duce la ceea ce dorim, o exploatare rațională a zăcămîntelor.

Influențele negative ale activității umane asupra zăcămîntelor de ape minerale, lacuri și acumulări de nămoluri terapeutice, nu pot fi echilibrate decât prin realizarea concomitentă a factorului protecție și a factorului exploatare rațională, concepție propusă de delegația română și acceptată la Simpozionul internațional al protecției apelor minerale împotriva influențelor nedorente ale omului, ținut la Karlowy Vary- R.S.C. în anul 1972.

Așa cum am arătat, substanțele minerale utile ca apele minerale, gazele și nămolurile terapeutice, au format obiectul nu numai al legilor miniere ci și a celor de ocrotirea sănătății, bineînțeles sub aspectul terapeutic-curativ.

Legea nr. 3/1978 privind asigurarea sănătății populației, care abrogă Legea sanitară din anul 1930, cuprinde capitolul VI. Asistența medicală, balneară și climatică ; în secțiunea 2 din acest capitol se reglementează răspunsurile și condițiile în care să se desfășoare activitatea de prospetime, exploatare și protecție a factorilor naturali balneari și climatici.

Prin factorii curativi naturali legea înțelege : apele minerale, apele termale, lacurile, nămolurile, gazele terapeutice și factorii climatici. Precum se vede, primii cinci dintre aceștia au în același timp și calitatea de sub-



-stanțe minerale utile, grupate generic sub denumirea de substanțe minerale terapeutice.

Ministerele și organele centrale care concură la activitățile menționate — Ministerul Sănătății, Ministerul Minelor Petrolului și Geologiei, Consiliul Național al Apelor și Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare — au răspunderi, fiecare în domeniul său, de activitate și răspunderi conjugate.

Legea reia toate principiile de protecție și exploatare ciștigate prin legislația anterioară, adăugind la acestea obligativitatea elaborării documentației de exploatare în mod unitar pe baza normelor de conținut stabilite de Ministerul Minelor Petrolului și Geologiei, împreună cu Ministerul Sănătății și Consiliului Național al Apelor.

De asemenea legea stabilește obligația pentru consiliile populare județene de a lua măsuri pentru interzicerea oricăror activități sau lucrări ce pot dăuna factorilor curativi naturali.

Normele de conținut stabilesc datele și materialele propice necesare ce trebuie să cuprindă documentația de exploatare pentru avizarea din punct de vedere geologic, hidrogeologic și sanitar și supunerii spre aprobație Consiliului de Miniștri, precum: nivelul de cunoaștere, rezervele, tehnologia de exploatare, măsuri de protecție, recircuitări și regenerări de substanță, gradul de valorificare a rezervelor, influențe asupra mediului înconjurător, efectul social și economic etc.

În diferite ocazii și documente, conducerea superioară a arătat că nu se poate și nu trebuie să se facă vreo deosebire între diferitele resurse naturale, toate acestea având o importanță egală pentru economia națională.

De lege gerenda, o reglementare privind activitatea geologică, minieră și petrolieră, va trebui să conțină reglementări specifice zăcămintelor de ape minerale, termale, nămoluri și gaze terapeutice. În mod similar ca și pentru celelalte substanțe minerale.

Tara noastră este un stat de drept, adică un stat în care legea primează și în care datoria fiecărui dintr-un stat este de a respecta legea.

Cadrul juridic pentru desfășurarea activității de cercetare, protecție și exploatare rațională în domeniul de care ne-am ocupat — zăcămintele de ape minerale, nămoluri și faze terapeutice — există.

Un principiu moștenit încă din dreptul roman spune „Neminem auditur legem ignorare” (nimănuim nu-i este îngăduit să nu cunoască legea).

În concluzie, considerăm că depinde de noi toți și de fiecare în parte de modul în care vom respecta legile și normele în vigoare, în acest domeniu, în scopul în primul rînd a valorificării cu maximum de eficiență a acestor bogății naturale atât de bine reprezentante în țara noastră.

BIBLIOGRAFIE

Dimitrescu D. Gh., Dobrescu T. G. (1932) Legea minelor, comentată și adnotată. Tipografia Modernă, București.

Mărculescu E., Rădulescu A. (1907) Legea minelor din 11 febr. 1895. Adunare de legi, regulamente și decizii privitoare la petrol și mine. Ed. Socec. București.



- Nestorescu C. (1940) Proprietatea minieră în România. Tîrgu-Jiu — Institutul de arte plastice.
- Pri căjan A., Opran C. (1970) Practica și exploatarea rațională a lacurilor și nămolurilor terapeutice. Acad. RSR. Institutul de geografie. Lucrările colectivului de limnologie fizică București.
- Feru M., Bandrabur T. (1972) La manier de protection des gisements d'eaux minérales, des lacs et de accumulations des boues therapeutiques et les resultats obtenus en Roumanie. International Symposium — Karlowy Vary (Carlsbad).
 - (1972) Apele minerale și termale din România. Ed. Tehnică, București.
- * * Curierul Băilor, colecție 1931.
- * * Legea balneo-climatice; regulamentul instituțiilor hidrominereale și climatice și extrase din legea minelor. Ed. Soc. de hidrologie medicală și climatologie. Imprimeria Statului București 1926.

RÉGLÉMENTATIONS DE LA PROTECTION ET DE L'EXPLOITATION RATIONNELLE DES GISSEMENTS D'EAU MINÉRALE, DES LACS ET VASES THERAPEUTIQUES

(Résumé)

Cet ouvrage présente, dans sa première partie, l'évolution des réglementations au sujet de l'exploitation et de la protection des eaux minérales de Roumanie, depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours, tant comme manière d'aborder le problème, ainsi qu'au point de vue des actes respectifs.

Dans la deuxième partie sont analysés les actes contenant les dispositions concernant les eaux minérales, les lacs, les vases et les gaz thérapeutiques en vigueur.

On insiste sur le caractère de gisement des substances minérales utiles, sur les obligations de protection par la conservation en premier lieu de l'équilibre géologique et écologique, le mode de réalisation de ces objectifs et l'observation de l'évolution des paramètres physiques, chimiques et biologiques, afin de maintenir et de développer l'exploitation, en fonction des nécessités de l'économie nationale.





Institutul Geologic al României

CONSIDERATII PRIVIND EXPLOATAREA ZĂCĂMÎNTULUI HIDROMINERAL DIN ZONA BĂILOR BUZIAŞ¹

DE

ARTEMIU PRICĂJAN², DORU OCTAVIAN SIMUȚ³

Hydrothermal waters. Artesian waters. CO₂. Hydrogeology. Water exploitation. Water resources. Hydrogeological boreholes. South Carpathians. Crystalline Getic Domain. Locva Mountains and crystalline islands in western Banat.

Abstract

Remarks Concerning the Exploitation of the Hydrothermal Deposit from the Buziaș Spa Area. The knowledge of the interdependence between the flow capacity of the artesian aquifer and the CO₂ content allows a rational exploitation of the hydrothermal deposits from Buziaș. This exploitation consists in obtaining the optimum flow capacity for a corresponding content that can be utilized both from a balneary and industrial point of view, in establishing the number of sources for exploitation as well as in establishing the best exploitation zones.

1. Introducere

Cercetările hidrogeologice efectuate de-a lungul timpului, au dus la identificarea în zona Băilor Buziaș, a trei strate purtătoare de ape minerale: freatic, ascensional și artezian.

Procesul de valorificare a zăcămîntului hidromineral impune cunoașterea dimensiunii exploatarii lui, precum și raporturile existente între aceste dimensiuni și calitatea apelor minerale captate. Legat de acest din urmă aspect se apreciază că el trebuie să fie principalul element care să definească caracterul rațional al exploatarii unui zăcămînt hidromineral de structura celui din zona Băilor Buziaș. În acest context con-

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Inspectia de Stat geologică-minieră, str. Mendeleev nr. 34—37, București.

³ Întreprinderea balneară Buziaș.

ținutul de CO_2 din apele minerale (bioxidul de carbon dizolvat împreună cu bicarbonații), se consideră elementul reprezentativ al calității apelor minerale, în funcție de care trebuie definită mărimea volumelor exploatație.

Pentru a putea defini structura unei exploatari de tip rational, în cazul zăcămîntului hidromineral din zona Băilor Buziaș, s-a urmărit în intervalul anilor 1974—1978, existența unei posibile interdependențe dintre debitul captat din stratul acvifer artezian și conținutul de CO_2 al apelor, la suprafață. În intervalul menționat s-au executat circa 7000 analize chimice și circa 4500 măsurători volumetrice asupra debitelor celor 4 surse ce captează stratul acvifer de referință. Măsurătorile s-au făcut asupra debitului de regim al surselor și asupra debitului redus. În paralel cu urmărirea conținutului de CO_2 al apelor minerale captate din stratul artezian și reducerea gradată a debitelor surselor ce captează acest strat, s-a executat închiderea prin cimentare a unor surse abandonate (Anton II, I.B. F. 1, Apemin I, Apemin III, Puț feruginos nr. 4, Puț Braserie), ce au exploatat în trecut zăcămîntul.

2. Istoricul cercetărilor

Primele informații scrise privind apele minerale și sursele existente în zona Băilor Buziaș, apar la mijlocul veacului trecut (1856) și le datorăm lui Lindemann P. Em.

Referitor la exploatarea zăcămîntului, cele dintii observații datează din 1871 și au la bază măsurătorile efectuate de Hirschfeld M. asupra debitului surselor ce captau stratul acvifer freatic, singurul strat cunoscut și valorificat în secolul trecut.

Dacă în veacul XIX, problemele cunoașterii zăcămîntului hidromineral se axau în primul rînd pe descifrarea proprietăților fizico-chimice ale apelor minerale captate, în secolul nostru apar, în paralel, preocupări pentru cunoașterea structurii lui. Astfel, cu ocazia executării unui foraj pînă la 103 metri, în 17 decembrie 1903, se descoperă stratul acvifer artezian, cel mai reprezentativ din întreaga zonă sub aspectul calității și cantității apelor minerale captate (2590,3 mg/l CO_2 dizolvat, debitul fiind de 6,6 l/s).

Intensificarea exploatarii acestui nou strat acvifer, atrage după sine, apariția, la finele primului sfert de veac, a unor fenomene de degradare calitativă a zăcămîntului. Astfel, Pascu constată că apele din stratul freatic și-au pierdut caracterul carbogazos, iar debitul sondelor existente era în scădere. Deși 3 din cele 5 sonde ce captau stratul artezian sunt închise, nu se constată o refacere a zăcămîntului.

Abia în perioada 1934—1940, datorită măsurilor luate conform indicațiilor lui Mrazec, se pune capăt fenomenului de mai sus (Simuț, 1978). În perioada respectivă, în intervalul noiembrie (decembrie)-aprilie (mai), toate sursele de apă minerală au fost inchise, măsură ce încă în primul an determină reparația CO_2 în apele stratului freatic.



Dezvoltarea continuă a valorificării în scopuri balneare și industriale a substanțelor minerale utile captate din zăcămîntul hidromineral Buziaș, au determinat efectuarea de numeroase cercetări hidrogeologice în ultimii 30 de ani.

Preocupări pentru cunoașterea exploatarii din perioada 1805–1940 (Măcelaru, 1963; Simut, 1976), dar mai ales efectuarea unor studii asupra chimismului și debitelor de regim (Feru, 1975) și asupra resurselor de ape subterane carbogazoase (Albu, 1976), au permis o rapidă creștere a gradului de cunoaștere a acestui zăcămînt hidromineral.

Acestea din urmă, stabilesc și mărimea volumelor ce pot fi zilnicexploatare din zăcămîntul hidromineral (rezerve exploataabile de 909 mc după Feru, respectiv resurse exploataabile medii de 900 mc după Albu).

Se impune a menționa că o mare importanță o prezintă pentru procesul valorificării, descifrarea mecanismului ritmicității conținutului în CO_2 din apele minerale existente în această zonă (Arienei et al., 1977). Astfel, structura exploatarii zăcămîntului trebuie să aibă la bază acest fenomen.

3. Raportul dintre debitele captate și CO_2 din apele minerale, la surse

Studii recente au identificat existența unei ritmicități a conținutului în CO_2 a apelor minerale din zona Băilor Buziaș (Arienei et al., 1977). Astfel, potrivit acestora, ritmicitatea stabilită pe medii anuale ale conținutului de CO_2 , arată că un ciclu de variație ar dura în jur de 20 de ani și ar fi format dintr-un minim și un maxim cu durate aproximativ egale.

În contextul existenței acestui fenomen, cunoașterea raportului dintre debitele captate de surse și conținutul de CO_2 al apelor minerale se impune, dat fiind faptul că teoretic ar permite atenuarea reducerii acestui conținut în perioada de minim.

Datele acumulate în intervalul 1974–1978, au permis întocmirea a 4 grafice pe care se reprezintă variațiile CO_2 din apele minerale și a debitelor surselor, variații ce sunt raportate la valorile medii ale acestor două elemente în studiu. Valorile medii ale CO_2 și ale debitelor corespund valorii zero din originea axelor de coordonate.

Sonda nr. 1 (Anton I.A.). A fost săpată în 1962 pînă la 120 metri adâncime, debitind, la punerea în exploatare, 4,5 l/s. În anul 1965, apa captată de această sursă avea 2.934 mg/l CO_2 ($0,924 \text{ mg/l CO}_2$ dizolvat și $2.010 \text{ mg/l HCO}_3^-$). În intervalul 1974–1978, debitul mediu exploatat a fost de 0,80 l/s, iar conținutul de CO_2 (CO_2 dizolvat împreună cu HCO_3^-) a fost de 4.629 mg/l (2.267 mg/l CO_2 dizolvat și $2.362 \text{ mg/l HCO}_3^-$). Urmărindu-se figura 1, se poate observa că în anul 1974, conținutul de CO_2 a fost cu 621 mg/l sub valoarea medie pe interval, în contextul unui debit mediu cu $0,17 \text{ l/s}$ peste debitul de reper ($0,80 \text{ l/s}$).

Din 1975 s-a trecut la reducerea debitului, astfel că în 1976 s-a ajuns la o valoare egală cu cea a debitului mediu pe interval. La acest debit, apele captate au avut un conținut de CO_2 cu 94 mg/l mai mare decît conținutul mediu. Intensificarea procesului de micșorare a debitului în 1977,



a atras după sine o creștere a CO_2 din apele minerale (fig. 1). Astfel, la un debit cu 0,19 l/s mai mic decât cel mediu pe interval s-a constatat o creștere cu 265 mg/l a conținutului de CO_2 . În anul 1978 (primele 7 luni), debitul mediu captat a fost de 0,68 l/s, iar conținutul de CO_2 a crescut față de valoarea de 4.629 mg/l cu 435 mg/l.

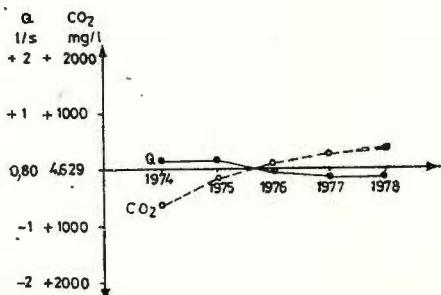


Fig. 1. — Interdependența dintre conținutul de CO_2 al apelor minerale și debitele medii anuale captate în perioada 1974–1978 de sonda nr. 1.

Interdépendance entre le contenu de CO_2 des eaux minérales et les débits moyens annuels captés entre 1974–1978 par le forage nr. 1.

Comparativ cu anul 1974, în 1978 se constată că la o reducere cu circa 30% a debitului sursei, apare o creștere cu circa 1.056 mg/l a conținutului de CO_2 (5.064 mg/l) față de 4.008 mg/l.

Sonda nr. 2 (23 August). A fost săpată în 1962 pînă la 116 m adîncime. În 1966, această sursă a avut un debit cuprins între 3,2–3,8 l/s, iar apele captate conțineau între 1.920 și 2.190 mg/l CO_2 dizolvat.

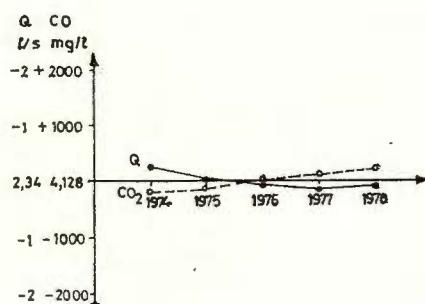
În intervalul în studiu debitul mediu al sondei a fost de 2,34, l/s, iar conținutul de CO_2 de 4.128 mg/l.

Analizînd figura 2, se poate observa că în anul 1974, la un debit cu 0,25 l/s peste debitul mediu pe interval, conținutul de CO_2 al apelor a fost cu 128 mg/l mai mic decât cel mediu.

La finele anului 1975 a început procesul de reducere a debitului sursei, ajungîndu-se ca valoarea medie a acestui parametru să fie în 1977 cu 0,13 l/s mai mic decât media pe interval (2,34 l/s). În acest an apele aveau un conținut de CO_2 cu 77 mg/l mai mare decât valoarea de 4.128 mg/l, media intervalului în studiu.

Fig. 2. — Interdependența dintre conținutul de CO_2 al apelor minerale și debitele medii anuale captate în perioada 1974–1978 de sonda nr. 2.

Interdépendance entre le contenu de CO_2 des eaux minérales et les débits moyens annuels captés entre 1974–1978 par le forage nr. 2.



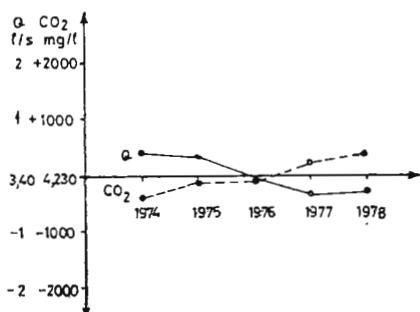
Comparativ cu anul 1974, media primelor șapte luni ale anului 1978 reliefiază că, la o scădere cu cca 12% a debitului față de valoarea inițială, conținutul de CO_2 a crescut cu 291 mg/l.



Sonda nr. 3 (I.B.F.3.). Această sursă a fost săpată în 1960 pînă la 90,50 m. La darea în exploatare a avut un debit de 3,8 l/s ape cu un conținut de CO_2 dizolvat de 2.640 mg/l. În intervalul 1974–1978, apele captate de această sursă aveau un conținut mediu de CO_2 de 4.230 mg/l, iar debitul mediu a fost de 3,40 l/s.

Fig. 3. – Interdependența dintre conținutul de CO_2 al apelor minerale și debitele medii anuale captate în perioada 1974–1978 de sonda nr. 3.

Interdépendance entre le contenu de CO_2 des eaux minérales et les débits moyens annuels captés entre 1974–1978 par le forage nr. 3.



La începutul intervalului în studiu, în anul 1974, debitul a fost cu 0,41 l/s mai mare față de cel mediu, iar conținutul de CO_2 cu 400 mg/l sub valoarea medie a intervalului. La finele anului 1975 a început procesul gradat de reducere a debitului, proces ce a atins maxima intensitate în 1977, cind debitul mediu anual a fost cu 0,37 l/s sub valoarea de reper (3,40 l/s). Față de această reducere, conținutul de CO_2 a crescut cu 242 mg/l față de cele 4.230 mg/l cit reprezintă media intervalului (fig. 3). În 1978 c omparativ cu anul 1974, se observă o creștere a conținutului de CO_2 cu 779 mg/l, în contextul unei micșorări cu cca 19% a debitului inițial.

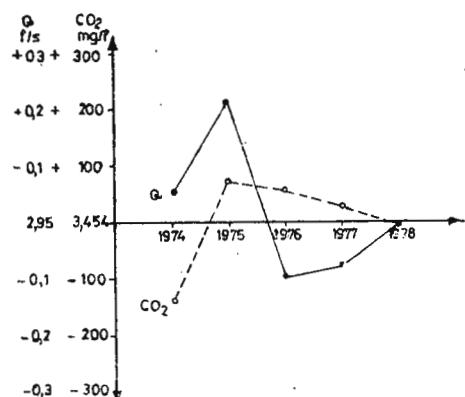


Fig. 4. – Interdependența dintre conținutul de CO_2 al apelor minerale și debitele medii anuale captate în perioada 1974–1978 de sonda nr. 4.

Interdépendance entre le contenu de CO_2 des eaux minérales et les débits moyens annuels captés entre 1974–1978 par le forage nr. 4.

Sonda nr. 4 (S.M.B. 5). A fost săpată în 1965 pînă la 75 metri adîncime. Pusă în exploatare, sonda debita 2 l/s ape cu un conținut de CO_2 de 2.864 mg/l (1.900 mg/l CO_2 dizolvat și 964 mg/l HCO_3^-).

În intervalul în studiu, această sursă a avut un debit mediu de 2,95 l/s ape cu un conținut de 3.454 mg/l CO_2 .

La începutul intervalului, în 1974 sursa debita 3 l/s ape cu un conținut de 3.315 mg/l CO_2 (fig. 4). În anul următor, 1975, s-a constatat o creștere considerabilă a CO_2 (3.524 mg/l) și a debitului (cu 0,21 l/s mai mare



decit media intervalului). Acest fenomen, anormal față de raportul dintre CO_2 și debit, constatat la celelalte sonde, se poate aprecia că s-ar datora inchiderii prin cimentare a forajului I.B.F.1 și închiderii prin argilizare a Puțului feruginos nr. 4 (în realitate era un foraj săpat pînă la 42 metri în 1922), surse ce permiteau degazeificarea puternică a zăcămîntului în perimetru Băii nr. 2. Trebuie menționat și faptul că la finele acestui an a început operațiunea de reducere a debitului sondei. În anul 1976, debitul mediu anual captat a fost cu 0,1 l/s sub cel mediu pe interval, iar conținutul de CO_2 a depășit cu 52 mg/l valoarea de 3.454 mg/l media pe intervalul în studiu. Creșterea debitului anual în 1977, precum și exploatarea la debitul de regim în 1978, fac ca bogăția apelor minerale captate de această sursă, în CO_2 , să scadă în acest din urmă an (media primelor 7 luni), cu 5 mg/l sub valoarea medie pe intervalul în studiu.

4. Raportul dintre debitele captate și CO_2 din apele minerale la nivelul stratului acvifer artezian

Pentru a ilustra raportul dintre debitele captate și conținutul de CO_2 a apelor minerale captate din stratul acvifer artezian se impune să prezintă situația existentă într-un an dinaintea intervalului în studiu. Astfel, în 1967 din acest strat acvifer s-au captat 13,2 l/s, respectiv 2,1 l/s de către Sonda nr. 1, 3,3 l/s de către Sonda nr. 2, 3,8 l/s de Sonda nr. 3 și 4 l/s de Sonda nr. 4. Conținutul de CO_2 dizolvat (HCO_3^-) nu a fost analizat), era de 8.120 mg/l, respectiv de 2000 mg/l la Sonda nr. 1, 2.280 mg/l la Sonda nr. 2, 2.040 mg/l la Sonda nr. 3 și 1800 mg/l la Sonda nr. 4.

În anul 1977, în contextul unui debit mediu anual captat cu circa 34% mai mic decit cel din 1967, respectiv 8,72 l/s, conținutul de CO_2 dizolvat era de 9.299 mg/l (2.384 mg/l) la apele captate de Sonda nr. 1, 2.149 mg/l la cele ale Sondei nr. 2, 2.633 mg/l la apele Sondei nr. 3 și 2.133 mg/l la apele Sondei nr. 4). Așadar la o reducere cu circa o treime a debitului, conținutul de CO_2 dizolvat a fost cu 1.179 mg/l mai mare.

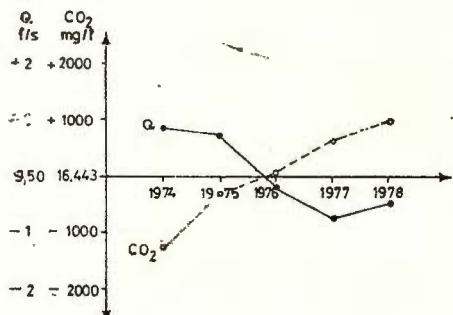


Fig. 5. — Interdependența dintre conținutul de CO_2 al apelor minerale și debitul mediu anual captat în perioada 1974–1978 din stratul acvifer artezian.

Interdépendance entre le contenu de CO_2 des eaux minérales et le débit moyen annuel capté entre 1974–1978 dans la couche aquifère artésienne.

Revenind la intervalul în studiu, 1974–1978, se impune să arătă că s-a micșorat debitul anual captat de la 10,37 l/s, cit era în 1974, la 8,99 l/s, media primelor șapte luni în 1978, respectiv o reducere cu 13,3% (1,38 l/s).

Conținutul de CO_2 (CO_2 dizolvat împreună cu HCO_3^-), a fost de 15.153 mg/l în 1974 (medie anuală) și de 17.413 mg/l în 1978 (fig. 5).



Așadar, la o reducere a debitului cu 13,3 %, creșterea conținutului de CO₂ a fost de 14,8 %.

Dintre cei doi compoziți ai conținutului de CO₂, creșterea cea mai consistentă a avut-o CO₂ dizolvat. Astfel, de la 7.835 mg/l în 1974, acesta a crescut la 9.674 mg/l, respectiv o creștere cu 1.839 mg/l. Bicarbonați au marcat o creștere cu 421 mg/l, respectiv de la 7.318 mg/l în 1974, la 7.739 mg/l în 1978.

Concluzii

Sumara prezentare a interdependenței dintre debitul captat și conținutul de CO₂ al apelor minerale, atât diferențiat pe surse cît și la nivelul stratului acvifer artezian, arată că raportul dintre acești doi parametri este invers proporțional, respectiv reducerea primului ar atrage după sine creșterea celui din urmă. La sursele el a fost mai pregnant atunci cînd micșorarea debitului a fost mai mare, precum în cazurile Sondelor nr. 1 și 3. Fenomenul a fost influențat în cazul Sondei nr. 4 de eliminarea unor căi ce permiteau o degazeificare a zăcămîntului, mai precis închiderea unor surse abandonate prin care se pierdeau cantități mari de CO₂.

Identificarea existenței unei atari relații între CO₂ din apele minerale și debitul surselor ce captează stratul artezian, permite realizarea unei exploatari raționale a zăcămîntului hidromineral din zona Băilor Buziaș. Se poate aprecia că în perioada actuală, care conform ritmicității CO₂ din apele minerale, este o perioadă de maxim, debitul optim de exploatare a stratului acvifer artezian trebuie să fie cuprins între 8—9 l/s. În perioada de minim se recomandă o reducere a debitului, ținindu-se cont de faptul că între 1974—1978, micșorarea cu 13,3 % a lui, a tras după sine o creștere cu 14,8 % a CO₂ din apele minerale.

Așadar, prin urmărirea interdependenței acestor doi parametri, se poate obține debitul optim la un conținut corespunzător valorificabil balnear sau industrial a substanței minerale.

Problema nu este nouă în modul de gîndire a hidrogeologiei moderne, însă lipsa de date de observație, nu a permis la nici unul din zăcămîntele din țara noastră, stabilirea exactă a parametrilor optimi de exploatare. Considerăm că urmărirea în continuare a problemei, mai ales după obținerea rezultatelor cercetărilor geofizice (electrometrie, emanometrie CO₂ și seismică) se impune ca absolut necesară atât pentru stabilirea numărului de surse prin care va trebui exploatat zăcămîntul cît mai ales pentru stabilirea zonelor optime de exploatare.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei Șt., Demontis G., Pricăjan A., Simuț O. D. (1977), Ritmicitatea conținutului în bioxid de carbon din apele minerale carbogazoase de la Băile Buziaș (jud. Timiș). În Omagiu lui Iosif Constantin Drăgan, vol. I, p. 13—49, Editrice Nagard, Roma.
- Albu M. (1976) Determinarea resurselor de ape subterane carbogazoase. *Hidrotehnica*, 21, 1 p. 14—18, București.



- Feru U. M. (1975) Remarques sur les concentrations de CO_2 dans les eaux minérales carbo-gazeuses de Buziaș, *I.G.G., Stud. tehn. econ., seria E (hidrogeologie)*, XII, p. 59–66, București.
- (1975) Raport, arhiva Întreprinderii geologice de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide, București.
- Hirschfeld M. (1871) Der Kurort Buziaș, und seine Stahlquellen. Druck von Emanuel Blau, Temesvár.
- Lindenmayr P. Em. (1856) Die Mineral-Quellen bei Busiach. Buchdruckerei von Beichel's Erben, Temesvár.
- Măcelaru A. (1963) Considerații asupra protecției apei carbogazoase de la Buziaș. *Lucrări de Balneologie și Fizioterapie*, p. 283–290. Editura Medicală, București.
- Pascu R. (1926) Raport, arhiva Întreprinderii balneare Buziaș.
- Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din România. Editura tehnică, București.
- Simuț O. D. (1976) Considerații asupra exploatarii zăcământului hidromineral de la Buziaș în intervalul 1819–1940. In vol. *Geografia Banatului*, p. 133–138, Ed. Universității din Timișoara.

CONSIDÉRATIONS SUR L'EXPLOITATION DU GISEMENT HYDROMINÉRAL DE LA ZONE DES BAINS DE BUZIAS

(Résumé)

Pour le gisement hydrominéral de la zone des Bains de Buziaș on admet que son exploitation a un caractère rationnel, lorsqu'elle est dimensionnée en fonction de la qualité des eaux minérales captées. L'élément représentatif de la qualité des eaux minérales est considéré le CO_2 . Dans ce contexte, afin de définir la structure d'une exploitation de type rationnel, on a poursuivi — dans la période 1974-1978 — par environ 7000 analyses chimiques et 4500 mesurages volumétriques, l'existence d'une possible interdépendance entre le débit capté de la couche aquifère artésienne et le contenu en CO_2 , au jour, des eaux minérales captées.

Dans cet intervalle, on a découvert que le rapport entre le débit capté et la teneur en CO_2 des eaux minérales, différencié autant sur sources ainsi qu'au niveau de la couche aquifère artésienne, est inversement proportionnel, notamment la réduction du premier est suivie par la croissance du dernier. Aux sources, ce rapport a été plus accusé quand la diminution du débit a été plus intense (au sondage no. 1, par exemple, la diminution de 30% du débit a provoqué une croissance de la teneur en CO_2 de 1.056 mg/l).

Au niveau de la couche aquifère artésienne, la réduction du débit total capté, depuis 10.37 l/s en 1974, à 8,90 l/s en 1978, à savoir avec 13,3%, a déterminé la croissance avec 14,8% de la teneur en CO_2 (dissout ensemble avec HCO_3^-) des eaux minérales.

La connaissance de l'interdépendance entre le débit capté de la couche aquifère artésienne et la teneur en CO_2 permet l'exploitation judicieuse du gisement respectif : l'obtention du débit optimum à un contenu en CO_2 valorifiable, balnéaire ou industriel, la détermination du nombre des sources à exploiter, ainsi que des zones optimales d'exploitation.



EVALUAREA TEMPERATURII APELOR DIN ZĂCĂMÎNTUL
TERMAL PONTIAN, ZONA ORADEA-SATU MARE, PRIN
GEOTERMOMETRIE CHIMICĂ¹

DE

AUGUSTIN ȚENU, FLORIN DAVIDESCU²

Regional hydrogeology. Thermal waters. Water temperature. Chemical geothermometry. Pontian. Hydrochemistry. Pannonian Depression. Zone between Bereteu and north of the Someș River; Zone between the Crișul Alb River and Bereteu.

Abstract

Evaluation of Water Temperature by Chemical Geothermometry within the Pontian Thermal Deposit, Zone Oradea Satu Mare. The purpose of this paper is to test the possibility of applying the quantitative-chemical geothermometry in the case of the thermal waters associated with the rocks of hydroxilite type. The data obtained indicate that the SiO₂ geothermometer furnishes almost real results, while the Na-K-Ca geothermometer provides greater values by about 40°C. The correction methodology presented for the latter geothermometer allows a significant reduction of the differences, which may be also applied in the case of other zones with similar geochemical characteristics.

Geotermometria bazată pe compoziția chimică a apei subterane prezintă un interes deosebit în prospectarea și cercetarea ariilor geotermale deoarece oferă un instrument de lucru ieftin și relativ facil.

Deși anumite experiențe de laborator mai vechi au fost folosite pentru fundamentarea teoretică a geotermometriei, se poate afirma că preocupările legate de acest domeniu se referă exclusiv la perioada de după 1960; de aceea, metoda este încă în curs de perfectionare în special în ceea ce privește diversificarea aplicării ei la condiții hidrogeologice particulare.

1. Principiul geotermometriei chimice

În echilibrele chimice omogene sau neomogene, o reacție biunivocă între un reactant și un produs se poate opri înainte ca vreunul din termeni să se epuizeze. Acest echilibru, caracterizat prin constanta de echilibru

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale – Călimănești, octombrie 1978.

² Institutul de meteorologie și hidrologie – Laboratorul de tritium și carbon 14, Șoseaua București – Ploiești nr. 97, București.



K, este stabil atât timp cât parametrii de stare, în special temperatura, rămân constanți; calcularea lui K pentru condiții de laborator se face relativ ușor pe baza unor formule derive din legea maselor.

În procesele geologice, reacțiile nu au loc în condiții standard ($P = 1 \text{ atm}$; $T(\text{°K}) = 25^\circ\text{C} + 273,15$), condiții pentru care există calculate tabele de constante termodinamice. Temperatura influențează prin variațiile sale echilibrul chimie și deci valoarea constantei K, care reprezintă reflectarea numerică a raportului concentrațiilor existente în termenii sau fazele aflate în reacție.

S-a stabilit experimental că pentru variații mici ale temperaturii și la valori joase ale acesteia, există o relație lineară între $\ln K$ și $1/T$, în timp ce la temperaturi înalte, cum sunt cele la care au loc majoritatea proceselor geologice, $\ln K$ variază proporțional cu $1/T^2$.

Folosind această legătură cauzală între T și compozitia chimică a produsului reacției exprimată prin K, s-a căutat ca făcând calculul invers, să se determine temperatura la care a avut loc reacția la echilibru, pornindu-se de la concentrația unor elemente sau săruri existente în apa termală.

Trebui de remarcat însă că ceea ce în chimia fizică este riguros exact și calculabil prin formule, nu este la fel de facil de aplicat în geotermometrie deoarece apar o serie de parametri sau fenomene care nu pot fi decât approximate.

Astfel :

a) compozitia chimică a unuia din reactanți (matricea geologică prin care apa curge) nu este uniformă și nu poate fi cunoscută decât punctiform;

b) solubilitatea diferitelor forme minerale ale unuia și același compus chimic diferă uneori foarte mult (ex. SiO_2 sub formă amorfă, criptocris-talină sau cristalină);

c) ascensionarea apei hipertermale spre suprafață (spre emergențe naturale sau prin gaura de sondă) este acompaniată de modificări ale parametrilor de stare (P și T); influența acestor modificări poate fi apreciată numai prin cunoașterea vitezei de ascensionare a apei și a inerției de precipitare a compușilor folosiți ca indicator;

d) în sfîrșit trebuie amintită existența unor procese „adventive” printre care putem cita reacția dintre soluție și rocă sau posibilele amestecuri cu ape superficiale care pot avea loc în timpul mișcării ascendentă a apei termale spre suprafață.

Cum toate aceste procese nu pot fi stăpînite cu suficientă acuratețe (White, 1970; Fourrier și Truestell, 1974) folosirea geotermometrelor presupune adoptarea unor asumptiuni de ordin general și anume (Panichi, 1976)

- reacțiile chimice implicate în concentrarea compozițiilor chimici folosiți ca indicatori trebuie să fie dependente de temperatură;

- toți constituenții ce iau parte la o astfel de reacție trebuie să fie în cantitate suficientă;

- reacțiile apă-rocă trebuie să meargă la echilibru;

- echilibrul trebuie să fie atins la temperatură rezervorului;

- nu au loc reechilibrări la temperaturi inferioare în timpul mișcării fluidului dinspre rezervor spre suprafață;

- nu au loc amestecuri ale fluidului din rezervor cu fluide reci superficiale.



2. Principalele tipuri de geotermometre

Cercetările efectuate pînă în prezent au sugerat mai mulți indicatori calitativi dar numai doi se consideră a fi și cantitativi și anume geotermometrul bazat pe SiO_2 și geotermometrul $\text{Na} - \text{K} - \text{Ca}$.

2.1. Geotermometrul SiO_2

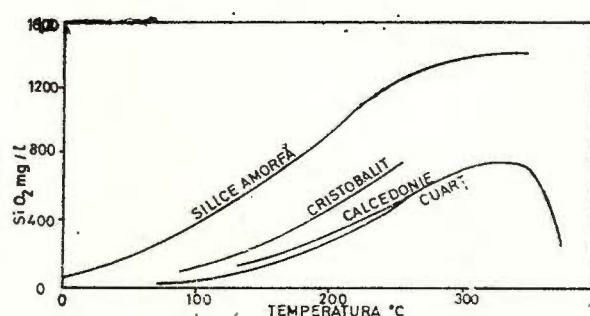
Conștă în principal în determinarea conținutului în silice din apa termală și interpretarea lui prin diagramele experimentale ce definesc solubilitatea cuarțului în apă ca o funcție de temperatură și presiune.

Am amintit deja de unul din inconvenientele acestei metode și anume solubilitatea diferită a diverselor forme cristaline ale SiO_2 , fenomen semnalat încă din al doilea deceniu al secolului, dar clarificat în special prin cercetările lui Morey et al. (1962) și ale lui Fournier și Rowe (1966) care au stabilit că solubilitatea cuarțului în apă este în strînsă dependență de densitatea solventului și că spre domeniul temperaturilor înalte solubilitatea crește treptat pentru că apoi să urmeze o descreștere rapidă a densității soluției cu creșterea temperaturii (fig. 1). Concentrația maximă de silice dizolvată, posibil de a fi găsită într-o apă de adincime în care cuarțul controlează echilibrul, este de cca 725 mg/l, la 330°C. De altfel, se consideră astăzi aproape în unanimitate, că forma cristalină a SiO_2 este cea care guvernează, în marea majoritate a cazurilor, conținutul în silice din apele adinci. Foraje executate în numeroase zone cu izvoare fierbinți ca Yellowstone, Steamboat Springs și altele au elucidat care este starea silicei în adâncime: silicea amorfă, prezintă la suprafață sub formă de opal a fost găsită din ce în ce mai puțin spre adâncime pînă la cca 18–20 m, transformîndu-se treptat în cristobalit, calcedonie și cuarț, care sub 30 m apare în carote și ca cristale megascopice (Fournier și Rowe, 1966).

Cum se comportă o apă hipertermală cu un conținut în SiO_2 corespunzător echilibrului din profunzime în timpul unei mișcări ascensiionale? Dacă mișcarea este prea lentă, prin răcirea soluției vor avea loc depunerile de silice produse de necesitatea reechilibrării în noile condiții create. Cinetica reacției de echilibru este rapidă în sistemele naturale, se pare că de ordinul orelor sau zilelor (Panchi, 1976). Dacă în schimb mișcarea este rapidă și debitul destul de mare, vom regăsi în apă întreaga cantitate de silice din profunzine, nemodificată. În cazul unor

Fig. 1. — Solubilitatea cuarțului, calcedoniei, cristobalitului și silicei amorfă la presiunea de vaporii a soluției (după R. O. Fournier și J. J. Rowe, 1966).

Solubilité du quartz, de la calcédoine, de la cristobalite et de la silice amorphe à la pression des vapeurs de la solution (selon R. O. Fournier et J. J. Rowe, 1966).



ape cu temperaturi înalte în profunzime dar sub temperatura critică, mișcarea ascensională va genera, după o anumită diminuare a sarcinii hidrostatice, apariția fenomenului de fierbere. Se va forma o cantitate de vaporii sau gaz, temperatura sistemului va descrește datorită căldurii latente de vaporizare cerute de formarea fazei gazoase iar constituenții nevolatili, inclusiv silicea se vor concentra în lichidul rezidual. Dacă înainte de a începe reechilibrarea și deci depunerea SiO_2 apa emerge, vom găsi în fluidul geotermal un surplus de silice față de condițiile din profunzime.

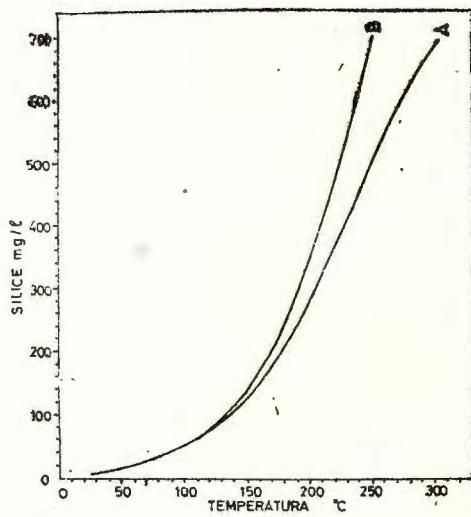


Fig. 2. — Cantitatea de SiO_2 (mg/l) în funcție de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) estimată a ultimului echilibru (după R. O. Fournier și A. H. Truesdell 1970). Curba A se aplică apelor răcite prin conduction (fără pierderi de vaporii). Curba B se aplică apelor răcite prin expansiune adiabatică la entalpie constantă (deci cu corecție pentru pierdere maximă de vaporii). Cind nu există informații asupra condițiilor din rezervor, se poate utiliza media celor două curbe. Curba A este aproximată prin ecuația :

$$T ({}^{\circ}\text{C}) = \frac{1213}{4,98 - \log \text{SiO}_2} - 273,15;$$

iar curba B prin relația :

$$T ({}^{\circ}\text{C}) = \frac{1516}{5,74 - \log \text{SiO}_2} - 273,15$$

Quantité de SiO_2 (mg/l) en fonction de la température (${}^{\circ}\text{C}$) estimée du dernier équilibre (selon R. O. Fournier et A. H. Truesdell, 1970). La courbe A s'applique aux eaux refroidies par conduction (sans perte de vapeurs). La courbe B s'applique aux eaux refroidies par expansion adiabathique à enthalpie constante (donc avec correction pour perte maxime de vapeurs). Lorsque les informations sur les conditions dans le réservoir manquent, on peut employer la moyenne des deux courbes. La courbe A est approximée par l'équation :

$$T ({}^{\circ}\text{C}) = \frac{1213}{4,98 - \log \text{SiO}_2} - 273,15;$$

et la courbe B par la relation :

$$T ({}^{\circ}\text{C}) = \frac{1516}{5,74 - \log \text{SiO}_2} - 273,15$$

Pentru interpretarea acestor situații, care însă în natură se pot și combina, s-au conceput o serie de „modele” termodinamice și s-au elaborat diagrame de lucru. Cea mai utilizată diagramă astăzi este cea propusă de Fournier și Truesdell (1970) în care cele două curbe se referă la echilibre apă-cuarț, curba A pentru condiții de răcire prin conduction și curba B pentru răcire prin expansiune izoentalpică (fig. 2).

Aplicarea geotermometrului SiO_2 s-a făcut cu bune rezultate printre altele în Islanda (S. Arnórsson, 1970), în ariile geotermale Yellowstone, Steamboat Springs și altele din S.U.A. (Fournier și Truesdell, 1970), dar cele mai spectaculoase rezultate s-au obținut în Noua Zeelandă unde W. A. J. Mahon, (fide Fournier și Rose, 1966) a estimat prin metoda silicei (dar prin măsurarea entalpiei amestecului apă-vapori la emergență) temperaturi ce diferă cu numai 2°C de temperaturile maxime măsurate în profunzime.

130763

2.2. Geotermometrul $\text{Na} - \text{K} - \text{Ca}$

Metoda se bazează pe dependența de temperatură a constantei de echilibru K și pentru cazul reacțiilor de alterație hidrotermală sau al celor de schimb, ceea ce înseamnă că rapoartele constituenteilor rezultați în apă prin aceste reacții se pot schimba prin varierea temperaturii de echilibru.

Folosindu-se curbele empirice și experimentale obținute de Orville (1963), White (1965) și J. J. Hemley (1970) (fide Fournier și Truesdell, 1973), Ellis (1970), Ellis și Mahon (1970) pentru sisteme apă-feldspat, s-a utilizat într-o primă etapă drept geotermometru corelația aproximativ lineară dintre $\log (\text{Na}/\text{K})$ și $1/T$.

După 1970 a devenit însă din ce în ce mai evident că ape bogate în Ca, ca cele de la Mammoth Hot Springs din Yellowstone Park — SUA sau ape geotermale puternic saline ca cele de la Salton Sea, California — SUA, nu pot fi interpretate prin acest geotermometru.

Fournier și Truesdell (1973), selectind de pe întreg globul 121 puncte de apă cu date chimice și de temperatură demne de încredere și 12 analize de incluziuni fluide, le interpretează prin geotermometrul Na/K și constată că în domeniul de temperaturi de sub 200°C are loc o împărtiere considerabilă a valorilor, temperaturi eronate obținându-se însă și pentru unele ape cu temperaturi înalte din Noua Zeelandă. Analizind cauzele acestui fenomen se ajunge la concluzia că geotermometrul Na/K trebuie completat prin implicarea și a Ca, relațiile acestor trei elemente putând fi explicate în totalitate prin reacțiile silicătilor, chiar dacă cantitatea absolută de Ca din apă este controlată de solubilitatea carbonatului.

S-a ajuns astfel la forma generalizată a constantei de echilibru approximate, K :

$$\log K = \log \frac{\text{Na}}{\text{K}} + \beta \log [\sqrt{\text{Ca}}/\text{Na}] \quad (1)$$

Care ține seama de toate reacțiile posibile și în care valoarea lui β depinde de stoichiometria reacției. Prin încercări grafice succesive care au vizat găsirea împărtierii minime a punctelor s-a ajuns să se determine valorile $\beta = 1/3$ și $\beta = 4/3$ pentru domeniile de temperaturi de peste și respectiv de sub 100°C (fig. 3). Cea mai mare parte a valorilor luate în considerație cad într-o bandă de $\pm 15 - 20^\circ\text{C}$ în jurul dreptei medii, cu excepția domeniului $5 - 15^\circ\text{C}$ unde erorile sunt mai mari.



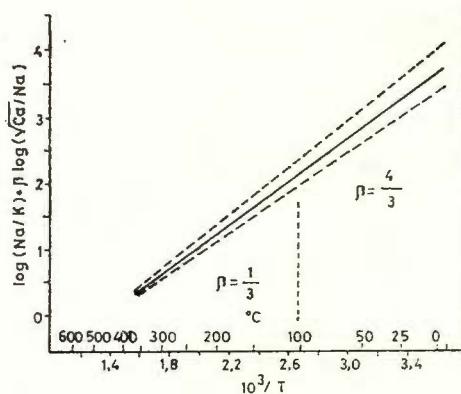


Fig. 3. — Corelația sugerată de R. O. Fournier și A. H. Truesdell (1973) pentru aplicarea geotermometrului Na—K—Ca la apele naturale. Cele două linii intrerupte indică $+15^\circ\text{C}$ și -15°C în raport cu dreapta medie. Sub 100°C se admite $\beta = 4/3$; peste această temperatură se va lua $\beta = 1/3$.

Corrélation suggérée par R. O. Fournier et A. H. Truesdell (1973) pour appliquer le géothermomètre Na—K—Ca aux eaux naturelles. Les deux lignes discontinues indiquent $+15^\circ\text{C}$ et -15°C en rapport avec la droite moyenne. Sous 100°C on admet $\beta = 4/3$; au dessus de cette température $\beta = 1/3$.

Expresia analitică a corelației $\log K = 1/T$ este dată de ecuația lui Swanson (1974), cu rezultatul direct în $^\circ\text{C}$:

$$T(\text{°C}) = \frac{1647}{2,24 + \log K} - 273,15 \quad (2)$$

Pentru domeniul temperaturilor de sub 75°C și în cazul unor ape cu presiunea parțială a CO_2 de peste 10^{-4} atm., Pačes (1975) constată o abatere sistematică a valorilor de temperatură estimate prin geotermometrul Na—K—Ca față de valorile măsurate.

Considerind că datorită percolăției rapide nu se atinge echilibru chimic ci numai o stare de stabilitate chimică, autorul corectează relația (1) prin aplicarea unui indice de dezechilibru calculat în funcție de $\log \text{PCO}_2$.

Cu toate că și acest geotermometru este tributar unor aproximări care-l limitează exactitatea, el poate fi considerat un instrument de lucru foarte bun prin care se pot fructifica, de exemplu în contextul preocupărilor actuale privind energia geotermică, și date hidrochimice de arhivă. Rezultatele obținute de Swanson (1974), pentru unele arii geotermale din California, SUA sau de Fancelli și Nuti (1974) pentru Toscana, Italia sunt elovente în acest sens.

3. Aplicarea în zona Oradea-Satu Mare

În cadrul programului complex de cercetări geochimice ce se execută în vederea cunoașterii mai aprofundate a apelor termale cantonate în subsolul Depresiunii Pannonică de pe teritoriul românesc și în special din partea nordică a acestei regiuni (Oradea—Satu Mare), s-a încercat aplicarea, pentru prima dată în România, a geotermometriei chimice pentru estimarea temperaturilor din zăcămînt ale unor ape.

Deși în regiunea menționată există trei zăcămînte de ape hipertermale, s-a ales pentru exemplificare zăcămîntul cantonat în depozitele de vîrstă Pontian inferior, datorită în primul rînd extinderii sale areale mari, extindere care oferă posibilitatea obținerii unor concluzii cu caracter de generalitate.



3.1. Prezentare a zăcământului studiat

În subsolul zonei de cîmpie a regiunii cuprinse între Oradea și Satu Mare se găsesc cantonate la adincimi variabile, dar a căror medie se poate aproxima la 1000 m, ape hipertermale care se manifestă artezian și care au la emergență temperaturi ce se incadrează în general în ecartul de 55–88°C. Acest sistem acvifer, denumit uneori pentru facilitate și „Complexul termal pontian” se găsește cantonat în depozitele permeabile ale Pontianului inferior din zona Biharea-Marghita cu unele treceri probabile și spre partea superioară a Pannonianului s. str. în zona nordică, Carei—Satu Mare. Litologic, complexul în ansamblu său este constituit dintr-o serie de intercalații permeabile psamitice cuarțoase în alternanță cu argile fin nisipoase și argile. Aceste intercalații permeabile sunt fie sub formă de strate sau lentele, fie sub forma unor „corpuri” nisipoase în mănușchi, rezultate din conjugări și efilări locale; adăugind la aceasta frecvențele intercalații siltitice și particolele foarte fine ce apar ca urmare a unor schimbări laterale de facies, trebuie să admitem că caracteristica principală a complexului este o puternică anizotropie orizontală și verticală, caracteristică a unor bazine de sedimentare cu subsidență diferențiată ca urmare a tectonicii în blocuri a fundamentului.

Din punct de vedere hidrochimic, apele acestui complex se incadrează în totalitate tipului bicarbonat-clorurat-sodopotasic, cu o grupare excepțional de strînsă pentru cationi dar cu o dispersie relativ mare pentru anioni, generată în special de variația cantității de Cl^- .

Pe lîngă fenomenul de schimb cationic care a dus la o îmbogățire a Na și K în dauna Ca și Mg , se remarcă totodată reducerea chimică totală a sulfatilor în folosul bicarbonaților.

Astfel de fenomene geochimice insolite au fost menționate și descrise de H e m (1970) ca fiind caracteristice tipului de roci sedimentare denumite de el „hidrolizate” și cărui tip ii aparțin și depozitele Bazinului pannonic.

Avind în vedere că aproape toate ariile geotermale importante — cu excepția Bazinului pannonic — sunt asociate unor regiuni cu manifestări vulcanice, aplicațiile de pină acum ale geotermometrelor s-au referit la ape calde asociate unor asemenea regiuni. De aceea, după cîte știm, aceasta este prima încercare de extindere a metodei la regiuni sedimentare avînd o constituție geologică de tipul descris mai sus.

3.2. Resultate și discuții

Rezultatele primare utilizate în interpretare provin din analizarea a 17 probe de apă prelevate în mai-iunie 1977 din foraje ce captează apele zăcământului termal pontian (fig. 4). Nici o selecție arbitrară nu a fost admisă în operațiunea de prelevare.

Valorile gradientului geotermic utilizate în interpretări au fost extrase din Parascriv și Cristian (1973) sau calculate conform metodologiei puse la punct de acești autori.

În tabelul 1 sunt date valorile elementelor chimice care au stat la baza estimării temperaturilor prin formulele clasice ale geotermometrelor SiO_2 și $\text{Na}-\text{K}-\text{Ca}$ precum și valorile calculate ale acestora. Se poate



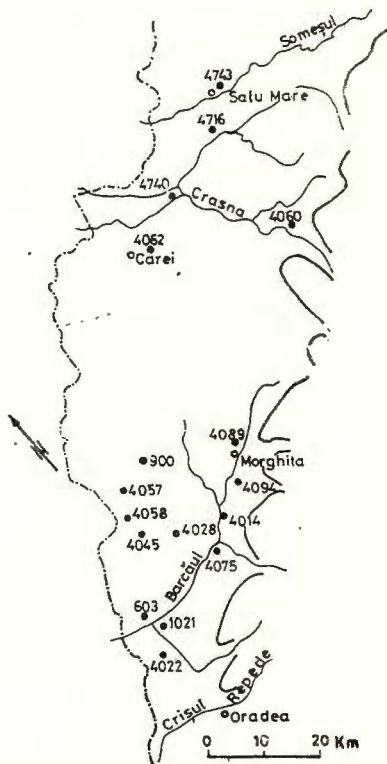


Fig. 4. — Distribuția areală și indicativul forajelor probate în zona Oradea—Satu Mare.

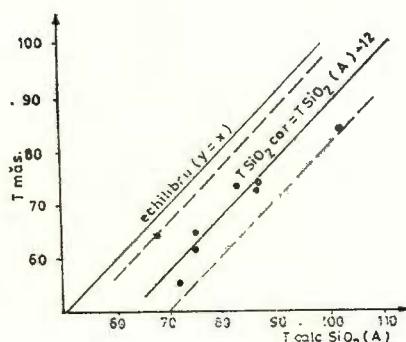
Distribution aréale et les indicatifs des forages vérifiés de la zone Oradea—Satu Mare.

constata că, aşa cum era de așteptat, valorile temperaturilor de zăcămînt sunt în toate cazurile mai mari decît cele măsurate la emergență. Dar, existența unui ecart mediu de 27°C diferență de temperatură dintre geotermometrul SiO_2 și $\text{Na}-\text{K}-\text{Ca}$ indică prezența în profunzime a unor condiții geochemice particolare, condiții care pot fi legate de constituția geologică a regiunii.

Aplicarea geotermometrelor în forma lor clasică apare deci limitată la condițiile terenurilor eruptive dacă nu se găsesc modalitățile de aplicare a unor corecții care să le facă operate.

Fig. 5. — Corelația dintre temperaturile măsurate și temperaturile calculate prin geotermometrul bazat pe SiO_2 pentru apele termale cantonate în Pontianul inferior din partea de NE a Ungariei.

Corrélation entre les températures mesurées et les températures calculées par le géothermomètre basé sur SiO_2 pour les eaux thermales cantonnées dans le Pontien inférieur de la partie NE de Hongrie.



TABELUL 1

Tabel de calcul al temperaturilor de zădămlint ale apelor termale canionice din depozitele ponitene din zona Oradea – Satu Mare, prin geotermometre bazate pe SiO_2 și $\text{Na} - \text{K} - \text{Ca}$

Nr. crt.	Indicativul forajului	$\frac{\text{Ca}}{\text{Na}}$			Concentratia in cationii exprimata in mol/l apa			SiO_2 mg/l	Timp. estim. geoterm.	$\log \frac{(\text{Ca}/\text{Na})}{\text{SiO}_2}$	$\log K_s$	Timp. estim. geoterm.	$\log \frac{(\text{Ca}/\text{Na})}{\text{Na} - \text{K} - \text{Ca}}$
		Ca	Na	K	Ca	Na	K						
1	4743 Satu Mare	63*	0,000190	0,044780	0,000190	39,50	89	2,37	-0,51	2,20	98		
2	4716 Sătmărel	53*	0,000240	0,041300	0,000230	36,60	82	2,25	-0,42	2,11	105		
3	4060 Acis	62*	0,000274	0,021391	0,000179	22,18	62	2,07	-0,11	2,03	113		
4	4740 Motruiu	58*	0,000449	0,049869	0,000460	29,58	72	2,03	-0,37	1,90	125		
5	4062 Carei	54*	0,001049	0,062304	0,000572	27,55	70	2,03	-0,28	1,93	122		
6	4089 Marghita	65	0,000389	0,043374	0,000222	40,09	86	2,30	-0,35	2,18	99		
7	4094 Chiraleu	57	0,000269	0,032434	0,00168	32,06	76	2,28	-0,29	2,18	99		
8	4014 Chisărăz	59	0,000250	0,038086	0,000204	31,85	76	2,27	-0,38	2,14	103		
9	300 Adont	64	0,000209	0,035913	0,000230	33,80	78	2,19	-0,39	2,06	110		
10	4057 Săcueni	88*	0,000489	0,071739	0,000570	56,78	103	2,09	-0,51	1,92	123		
11	4058 Săcueni	80	0,000419	0,069565	0,000638	49,31	96	2,03	-0,53	1,85	130		
12	4028 Sîncolau	63	0,000299	0,060524	0,000327	30,87	74	2,26	-0,54	2,08	108		
13	4045 Cioroia	67	0,000329	0,156695	0,000360	49,03	96	2,41	-0,93	2,10	106		
14	4075 Cenaloș	35	0,000389	0,050096	0,000245	25,08	66	2,31	-0,91	2,17	100		
15	603 Mihai Bravu	56*	0,000322	0,068695	0,000281	32,41	76	2,38	-0,58	2,18	99		
16	1021 Tămășeu	61	0,000279	0,054347	0,000194	41,93	88	2,44	-0,51	2,27	92		
17	4022 Biharec	69*	0,000289	0,017154	0,000085	39,74	80	2,30	0,00	2,30	90		

① Temperaturi măsurate la probare ; cele cu asterisk provin din perioada execuției. Variația temperaturilor între execuție și probare se înaintează în general în ecartul $\pm 3^\circ\text{C}$.

$$\textcircled{2} \quad \text{Calculată prin : } T^\circ\text{C} = \frac{1213}{4,98 - \lg \text{SiO}_2} - 273,15$$

$$\textcircled{3} \quad \text{Calculat prin : } \log K_s = \log (\text{Na}/\text{K}) + \frac{1}{13} \log [\sqrt{\text{Ca}}/\text{Na}]$$

$$\textcircled{4} \quad \text{Calcul răcut prin formula : } T^\circ\text{C} = \frac{1647}{2,24 + \lg K_s} - 273,15$$



În ceea ce privește geotermometrul SiO_2 , s-au selectat din datele publicate în Magyarország hevizkútjai (1971) un număr de 8 foraje din R. P. Ungară, zona limitrofă județelor Satu Mare și Bihor, foraje care captează ape cantonate în aceeași formătivitate și la care s-au efectuat determinări simultane de temperatură și chimism. În diagrama din figura 5 se observă că $T_{\text{calc. SiO}_2(A)}$ este constant mai mare decit $T_{\text{măs.}}$ în zăcămînt, între cele două temperaturi existînd o dependență lineară cu același coeficient unghiular ca și al dreptei de echilibru, de forma :

$$T_{\text{SiO}_2 \text{ cor.} (\text{°C})} = T_{\text{SiO}_2(A)} - 12 \quad (3)$$

Valorile de temperatură calculate pentru zona Oradea-Satu Mare prin geotermometrul SiO_2 — tipul răcire prin conductione, înscrise în tabelul 1, au fost corectate prin ecuația (3), obținîndu-se seria de valori redate în tabelul 3 și corelate cu $T_{\text{med. acv.}}$ în figura 6.

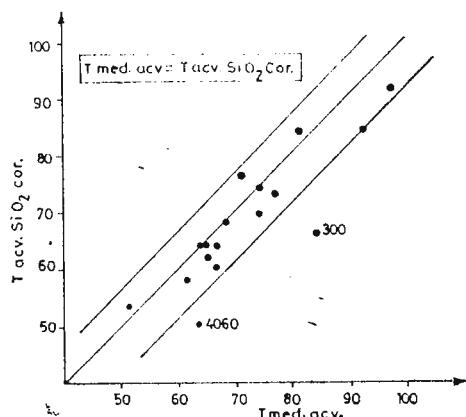


Fig. 6. — Corelația dintre temperaturile medii ale acviferului $p_1 + p_n$ evaluate prin gradientul geotermic și temperaturile calculate prin geotermometrul SiO_2 corectat.

Corrélation entre les températures moyennes de l'aquifère $p_1 + p_n$ évaluées par le gradient géothermique et les températures calculées par le géothermomètre SiO_2 corrigé.

Se observă că marea majoritate a valorilor se dispun aproape simetric în lungul dreptei $y = x$, ceea ce semnifică o foarte bună suprapunere de valori între $T_{\text{acv. SiO}_2 \text{ cor.}}$ și $T_{\text{med. acv.}}$.

În ceea ce privește geotermometrul Na-K-Ca s-a constatat că valorile temperaturilor estimate în regiune sunt mai mari decit cele considerate reale cu cca. 40°C ceea ce indică o abatere a lor de la starea de echilibru, abatere evidențiată în figura 7 prin dispunerea punctelor experimentale destul de grupat dar sub dreapta de echilibru. Aceasta indică faptul că în zăcămîntul nostru există o stare de stabilitate chimică instalață între fază lichidă (apa) și fază solidă (matricea), stare caracterizată printr-un coeficient de stabilitate (K_s) și nu printr-un coeficient teoretic de echilibru (K).

Abaterea de la starea de echilibru poate fi caracterizată printr-un coeficient de dezechilibru I , de forma :

$$I = \log K_s - \log K \quad (4)$$



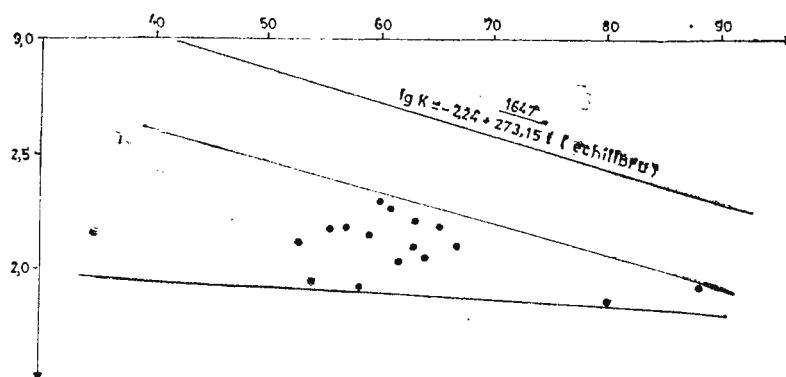


Fig. 7. — Evidențierea abaterii chimismului apelor termale cantonate în $p_1 + p_2$ de la starea de echilibru care permite utilizarea geotermometrului elastic Na—K—Ca.

Mise en évidence de la déviation du chimisme des eaux thermales cantonnées en $p_1 + p_2$ de l'état d'équilibre qui permet l'emploi du géothermomètre classique Na—K—Ca.

ale cărui valori, pentru toate punctele probate se găsesc inscrise în tabelul 2. Așadar, rezultă ca necesară găsirea unui sir de valori I' ca o funcție de un parametru fizico-chimic al zăcământului și de I , care să satisfacă ecuația (4).

S-a testat dependența lui I de adâncimea intervalului captat, de P_{CO_2} , Na, Cl, $rCl/rHCO_3$, rNa/rCa , $\log(Na/Ca)$, etc., singura legătură corelativă existind între I și $\log(Na/K)$, (fig. 8).

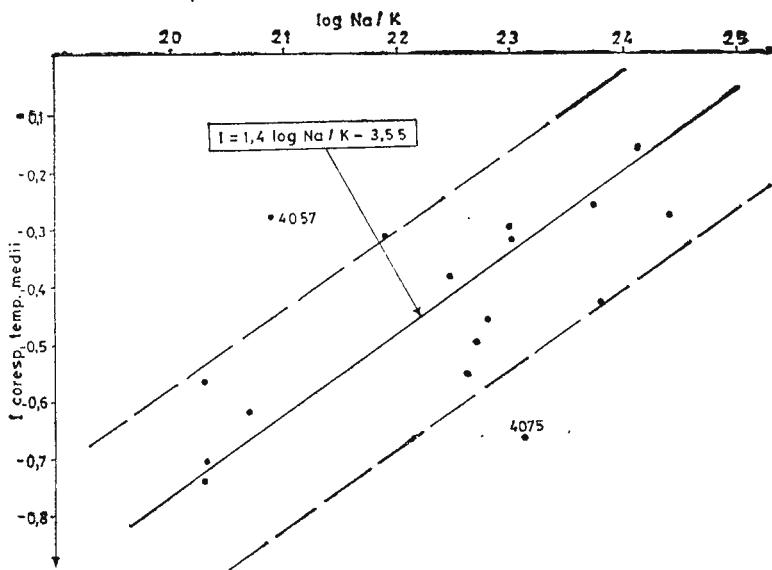


Fig. 8. — Corelația dintre indicele de dezechilibru I , calculat prin temperatura medie a acviferului și $\log Na/K$.

Corrélation entre l'indice de déséquilibre I , calculé par la température moyenne de l'aquifère et $\log Na/K$.



TABEILUL 2
Tabel de calcul al corecției geotermometrului Na-K-Ca pentru apele termale cantonate în $p_1 + p_n$
din partea de nord-est a Depresiunii Pannonică

Nr. crt.	Indicațivul forajului	Intervalul capital m	Θ	Temperatură calculată conf. Gg. penit intervalul capital $^{\circ}\text{C}$	log K	$\log \frac{K}{\Theta}$	$\log K_s - \log \frac{K}{\Theta}$		$\log K_s$	
							geotermice			
							min.	max.		
$\Theta = \frac{2,24 + \log K_s}{\log K_s - 1,647}$										
1	4740 Satu Mare	988—1404	5,6	65	89	77	2,20	2,30	2,46	
2	4716 Salina Jarel	976—1265	5,7	66	82	74	2,11	2,39	0,29	
3	4060 Aciș	534—1248	6,0	42	85	63	2,03	2,36	0,33	
4	4740 Moltinu	806—1002	6,2	60	72	66	1,90	2,43	0,62	
5	4062 Garei	614—926	6,6	51	71	61	1,93	2,54	0,63	
6	4089 Marghita	985—1376	5,4	63	84	74	2,18	2,37	0,19	
7	4094 Chiraleu	903—1134	5,3	58	70	64	2,18	2,55	0,37	
8	4014 Ghislaz	952—1008	5,6	63	66	65	2,14	2,61	0,47	
9	300 Adonii	1008—1547	5,8	68	100	84	2,06	2,17	0,37	
10	4057 Săcueni	1408—1647	5,7	90	104	97	1,92	2,12	0,20	
11	4059 Săcueni	1225—1446	5,3	75	87	81	1,85	2,33	0,46	
12	4028 Sîncolțau	958—1152	5,2	52	70	65	2,08	2,55	0,50	
13	4045 Gioacaia	1241—1360	6,3	88	96	92	2,10	2,22	0,12	
14	4075 Cenaloș	608—776	6,0	46	57	51	2,17	2,74	0,57	
15	603 Milai Bravu	802—924	6,5	62	79	66	2,18	2,55	0,37	
16	1021 Tămășeu	1043—1168	5,5	67	74	71	2,27	2,50	0,23	
17	4022 Biharea	946—1008	5,9	66	69	68	2,30	2,57	0,27	

① Valori calculate pe baza măsurătorilor termometrice din regiune; ② log K_s calculat be paiza formulei lui Fourier și Truesdell (1973) pentru $\beta = 1/3$; ③ K_s , valoare a coeficientului de echilibru teoretic, a fost calculat în cele două variante folosind relația : $\log K = -2,24 + \frac{1647}{273,15 + t}$; în care $t(^{\circ}\text{C})$ se referă la temperaturile maxime și medii, calculate prin gradientul geotermic. ④ Se-a folosit valoarea calculată pentru temperatura medie.



Analiza statistică a 15 perechi de valori (s-au exclus 4057 și 4075) indică :

$$\bar{I} = -0,44; \quad \sigma = 0,17$$

$$\overline{\log} (\text{Na}/\text{K}) = 2,24; \quad \sigma = 0,14$$

perechile de valori fiind legate printr-o relație lineară al cărei coeficient de corelație, $r = 0,80$ indică o bună legătură.

Verificarea semnificației legăturii corelativă s-a făcut prin proce-
dee de Student ($t = 4,8$; $t_0 = 4,22$ pentru 13 grade de libertate și nivel de
semnificație 0,001) și Romanovski ($R = 3$), ambele atestând o bună legă-
tură corelativă. Ecuația dedusă este de forma :

$$I' = 1,4 \log (\text{Na}/\text{K}) - 3,55 \quad (5)$$

Cu această ecuație s-a calculat întregul sir de valori empirice ale lui I' , valori care au permis obținerea coeficientului de stabilitate corectat, K'_s prin relația :

$$\log K'_s = \log K_s - I' \quad (6)$$

Calculul temperaturii prin geotermometrul Na—K—Ca corectat s-a făcut cu formula :

$$T(\text{°C}) = \frac{1647}{2,24 + \log K'_s} - 273,15 \quad (7)$$

Totalitatea datelor de temperatură obținute prin calcul utilizînd cele două termometre, în ambele variante, sunt prezentate în tabelul 3.

Se observă că prin aplicarea metodologiei de corecție prezentate se produce o omogenizare sensibilă a datelor și o apropiere de valorile calculate prin gradientul geotermic. Mai mult, valorile medii obținute prin cele două geotermometre corectate, corelate cu temperaturile medii ale acviferului în fiecare punct, pun în evidență o legătură corelativă de tip linear (fig. 9).

Testele statistice indică pentru o populație de 15 puncte (excluse 4075 și 4057) :

$$\bar{T} \text{ med. acv.} = 70,5^\circ\text{C}; \quad \sigma = 8,48$$

$$\bar{T} \text{ acv. SiO}_2\text{—Na—K—Ca} = 71,5^\circ\text{C}; \quad \sigma = 7,96$$

$$r = 0,80$$

$t = 5,78$; $t_0 = 4,22$ pentru 13 grade de libertate și nivel de semnificație 0,001;

$$R = 3,06,$$

iar ecuația de regresie are forma :

$$T \text{ acv. SiO}_2\text{—Na—K—Ca} = 0,8 T \text{ med. acv.} + 15,1 \quad (8)$$



TABELUL 3

Tabel comparativ asupra temperaturilor de zăcământ calculate pentru apele termale cantonate în $p_1 + p_n$ din partea de nord-est a Depresiunii Pannonice

Nr. crt.	Indicativul forajului	Temperatura apelor emergență ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura medie a acviferului calculată conform Gg ($^{\circ}\text{C}$)	Temperaturile ($^{\circ}\text{C}$) calculate prin geotermometrele				Diferență față de temp. medie a acviferului		
				clasice		corectate		Attemp. SiO ₂ corect	Attemp. SiO ₂ mediu	
				SiO ₂	Na-K-Ca	SiO ₂	Na-K-Ca			
1	4743 Satu Mare	63*	77	85	98	73	80	77	-4	0
2	4716 Sătmărel	53*	74	82	105	70	74	72	-4	-2
3	4060 Acis ²	62*	63	62	113	50	62	56	-13	-7
4	4740 Moftinu	58*	66	72	125	60	67	64	-6	-2
5	4062 Carei	54*	61	70	122	58	65	62	-3	+1
6	4089 Marghita	65	74	86	99	74	74	74	0	0
7	4094 Chiraleu	57	64	76	99	64	72	68	0	+4
8	4014 Chișlaz	59	65	76	103	64	74	69	-1	+4
9	300 Adoni	64	84	78	110	66	71	69	-18	-15
10	4057 Săcueni	88*	97	103	123	91	71	81	-6	-16
11	4058 Săcueni	80	81	96	130	84	71	78	+3	-3
12	4028 Stnicolau	63	65	74	108	62	77	70	-3	+3
13	4045 Ciocaia	67	92	96	106	84	92	88	-8	-4
14	4075 Cenaloș	35	51	66	100	54	76	65	+3	+14
15	603 Mihai Bravu	56*	66	76	99	64	83	74	-2	+8
16	1021 Tămășeu	61	71	88	92	76	82	79	5	+8
17	4022 Biharea	60*	68	80	90	68	65	67	0	-1

¹ Temperaturi măsurate la probare: cele cu asterisc provin din perioada execuției.

² Temperatura determinată prin geotermometrul SiO₂ corectat (50°C) este inferioară temperaturii de emergență, deci eronată.

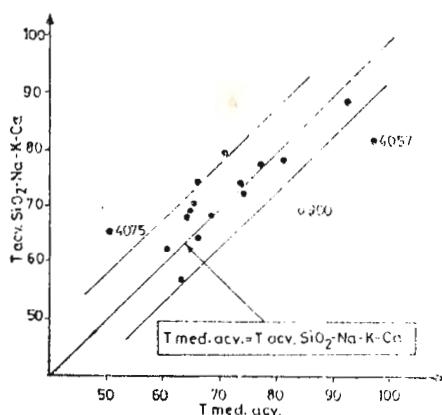


Fig. 9. — Corelația dintre temperaturile medii ale acviferului $p_1 + p_n$ evaluate prin gradientul geotermic și temperaturile calculate ca medie a celor obținute prin geotermometrele SiO_2 și $\text{Na}-\text{K}-\text{Ca}$, corectate.

Corrélation entre les températures moyennes de l'aquifère $p_1 + p_n$ évaluées par le gradient géothermique et les températures calculées comme moyenne de celles obtenues par les géothermomètres SiO_2 et $\text{Na}-\text{K}-\text{Ca}$ corrigés.

4. Concluzii

Prin prelucrarea și interpretarea materialului faptic prezentat, s-a căutat să se extindă aplicarea geotermometriei cantitative în forma sa clasică și în cazul unei arii geotermale asociate unui bazin sedimentar caracterizat prin prezența rocilor de tip „hidrolizat”.

Alegerea în acest scop a zăcământului hipertermal cantonat în Pontianul inferior din zona Oradea—Satu Mare s-a făcut datorită nivelului de cunoaștere ridicat a geologiei, hidrogeologiei, geochemismului și geotermalismului acestuia, fiind create astfel premisele optime unei analize complete a fiabilității metodei.

Rezultatele obținute au pus în evidență faptul că metodologia clasică aplicată zăcământului în discuție supraestimează temperaturile de zăcămînt, făcind-o inoperantă. De aceea, s-au căutat metode specifice de corecție care să facă aplicabile formulele de calcul.

Astfel, geotermometrului SiO_2 — tipul răcire prin conduction, i s-a aplicat corecția bazată pe formula (3), care permite aducerea valorilor calculate pe dreapta $y = x$, ceea ce semnifică o bună concordanță cu valorile de temperatură măsurate.

Corecțarea geotermometrului $\text{Na}—\text{K}—\text{Ca}$ s-a făcut prin calcularea unui coeficient de dezechilibru I, care caracterizează mărimea diferenței dintre starea de stabilitate chimică a acviferului și starea de echilibru teoretic. Aplicarea acestei corecții a permis reducerea diferenței dintre temperaturile medii ale acviferului, calculate prin gradientul geotermic și prin geotermometru, de la 40°C la 1°C .

Evaluarea rezultatelor parțiale și finale făcută prin procedee statistice, indică un bun nivel de semnificație și legături corelativе de tip linear între valorile calculate și cele măsurate.

Dat fiind caracteristicile geochemice comune ale apelor asociate rocilor de tip „hidrolizat”, se apreciază că metodologia de corecție prezentată ar putea fi folosită pentru toate ariile geotermale de acest tip.

BIBLIOGRAFIE

- Ellis A. J., Mahon W. A. J. (1967) Natural hydrothermal systems and experimental hot water/rock interactions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 28, p. 519—531.
- (1970) Quantitative interpretation of chemical characteristics of hydrothermal systems. *Geothermics*, Spec. Iss., 2, vol. 2, pt. 1, p. 516—528.
- Fancelli R., Nutti S. (1974) Locating interesting geothermal areas in the Tuscany Region (Italy) by geochemical and isotopic methods. *Geothermics*, vol. 3, no. 4, p. 146—152.
- Fournier R. O., Rowe J. J. (1966) Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot springs and wet-steam wells. *Am. Jour. Sci.*, vol. 264, p. 585—597.
- Truesdell A. H. (1970) Chemical indicators of subsurface temperature applied to hot springs waters of Yellowstone National Park, Wyoming, USA. *Geothermics*, Spec. Iss. 2, vol. 2, pt. 1, p. 529—535.
 - Truesdell A. H. (1973) An empirical $\text{Na}—\text{K}—\text{Ca}$ geothermometer for natural waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 37, p. 1255—1275.
- Hem J. D. (1970) Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. *Geol. Survey water — supply paper* 1473, 363 p.
- Morey G. W., Fournier R. O., Rowe J. J. (1962) The solubility of quartz in water in the temperature interval from 25° to 300°C . *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 26, p. 1029—1043.



- Orville P. N. (1963) Alkali ion exchange between vapour and feldspar phases. *Amer. Jour. vol.* 261, p. 201–237.
- Pačes T. (1975) A systematic deviation from Na—K—Ca geothermometer below 75°C and above 10^{-4} atm. PCO_2 . *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 39, p. 541–544.
- Panichi C. (1976) Utilization of the chemical and isotopic thermometers in evaluating deep temperatures in hydrothermal systems. *Int. post-grad. Course in Geothermics*, CNR – IIRG, 23 p.
- Paraschiv D., Cristian M. (1973) Asupra particularităților regimului geotermic în nord-vestul Depresiunii Pannonice. *Petrol și Gaze*, vol. 24, p. 655–660.
- Sarapov I. P. (1968) Utilizarea statisticilor matematice în geologie. Ed. Tehn., București, 375 p.
- Swanberg C. A. (1974) The application of the Na—K—Ca geothermometer to thermal areas of Utah and Imperial Valley, California. *Geothermics*, vol. 3, no. 4, p. 53–59.
- White D. E. (1970) Geochemistry applied to the discovery, evaluation and exploitation of geothermal energy resources. *Geothermics*, Sp. Iss. 2, vol. 1, pt. 2, p. 58–80.
- * * * (1971) Magyarország hévizzkútjai (Hévizkútkataszter), vol. II. *A vizgazd. tudom. Kutatointézet kiadványa*, Budapest, 252 p.

L'ESTIMATION — PAR GÉOTHERMOMÉTRIE CHIMIQUE — DE LA TEMPÉRATURE DES EAUX DU GISEMENT THERMAL PONTIEN, DE LA ZONE D'ORADEA-SATU MARE

(Résumé)

L'objet de cet ouvrage a été de tester l'applicabilité de la géothermométrie chimique quantitative — les géothermomètres SiO_2 et Na—K—Ca au cas des eaux thermales associées aux roches de type hydrolisé.

Le traitement des données hydrochimiques provenant de 17 forages de la région étudiée (fig. 4) a mené à la conclusion que, tandis que le géothermomètre SiO_2 offre des résultats assez proches de la réalité (tab. 3), le géothermomètre Na—K—Ca les surestime en moyenne avec environ 40°C. Afin d'appliquer ce géothermomètre il faut donc trouver une méthodologie de correction adéquate.

L'erreur d'environ 40°C signalée peut être interprétée comme une conséquence d'une déviation systématique de l'état d'équilibre eau/roche (K), en gisement s'installant en échange un état de stabilité chimique (K_s). La déviation de l'état d'équilibre peut être caractérisée donc par le coefficient de déséquilibre I (éq. 4), qui est en fonction du log. Na/K (fig. 8) conformément à l'éq. 5.

En recalculant les valeurs de température conformément à la méthodologie du tableau no. 2 on arrive à la réduction considérable de la différence entre les températures calculées par le gradient géothermique et par le géothermomètre Na—K—Ca (tab. 3).

Etant donné les caractéristiques géochimiques communes aux eaux associées aux roches de type hydrolisé on estime que la méthodologie de correction présentée peut être employée pour toutes les aires géothermales de ce type.



APELE FREATICE MINERALE DE LA IVANDA¹

DE

ANDREI UNGUREANU², GHEORGHE SCHUCH²

Regional hydrogeology. Phreatic mineral waters. Hydrogeological boreholes. Hydrochemistry. Therapeutics. Mineral water utilization. Hydrogeological parameters. Pannonian Depression. South Mureş zone.

Abstract

Phreatic Mineral Waters in Ivanda Area. The existence of the phreatic mineral waters at Ivanda has been known for a century, but their systematic investigation by drillings has been carried out only recently. The results of the researches in the Ivanda zone pointed out the fact that the mineralized phreatic water, with concentrations varying between 5,000 and 12,800 mg/l is found only in the first stratum of the phreatic horizon, situated to the depth of 7 m. The water is rich in sodium, magnesium and calcium sulphates, chlorides and, in a lower degree, bicarbonates – salts with strong therapeutic effects. The stratum yielding capacity is about 10 m³/day/drilling, but it may grow 3–5 times by using the system of drillings with radial drains; therefore these waters should be exploited.

Date generale asupra zonei Ivanda

Localitatea Ivanda este situată în zona de cîmpie joasă a Timișului, cuprinsă între Bega și Timiș, la o distanță de 36 km – VSV de Timișoara.

Pentru a înțelege mai bine geneza apelor minerale freaticе și a posibilităților de valorificare a acestora, vom arăta pe scurt condițiile fizico-geografice ale regiunii respective.

Morfologetic, zona de cîmpie joasă a Timișului aparține tipului de cîmpie aluvială de subsidență recentă, cu văi puțin adinci (2–4 m), puternic meandrate, albii părăsite și terase îngropate acoperite cu depozite resedimentate proluvio-deluviale.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale – Călimănești, octombrie, 1978.

² Direcția Apelor Mureș Banat – Filiala zonală Timișoara, str. Spitalul Nou, nr. 15, Timișoara.



Cîmpia joasă a Timișului s-a format simultan cu retragerea treptată a lacului pliocen-cuaternar, prin colmatarea în cuaternar a zonelor mlăștinoase cu depuneri de aluviuni, de loess sau materiale loessoide. Asocierea acestor depozite a generat un relief de cîmpie, la formarea căruia a contribuit în mare măsură și aria de subsidență din zona Macedonia-Gad-Grăniceri, care a acționat în tot Cuaternarul și se continuă și astăzi. Ea a îndeplinit rolul de nivel de bază local, cu reflex în organizarea retelei hidrografice și implicit în particularitățile hidrogeologice.

Geologia de suprafață a zonei este reprezentată prin depozite cuaternare; aceste depozite cuaternare, considerate în ansamblu, prezintă variații litologice și de stratificație în concordanță cu trăsăturile paleogeomorfologice ale zonei, grosimea lor oscilând între 100 și 150 m. Sunt alcătuite din nisipuri fine și rar pietrișuri, în care se intercalează argile nisipoase-prăfoase (loessoide), peste care se dispune argila galbenă cu concrețiuni fero-manganoase.

Înaintea realizării lucrărilor de canalizare și îndiguire a rîurilor, regiunea se caracteriza prin divagarea și despletirea rîurilor, încări perioadice, arii mlăștinoase, întinderea excesivă a lăcovîștilor, semilăcovîștilor humico-gleice.

Cîmpia este netedă, lipsind pînă și denivelările care ar trebui să separe luncile de interfluvii. Singurele forme negative existente în suprafață topografică a zonei sunt meandrele și albiile părăsite (zone cu exces de umiditate) și parțial crovurile, a căror formare este pusă pe seama apelor subterane prin fenomenul de levigare și tasare, în strînsă legătură cu micromorfologia anterioară depunerii loessului și depozitelor aluviale, precum și clima din Pleistocen-Holocen, timp în care acestea au luat naștere. În zonă se întlnesc și frecvente sărături.

Interfluviul Bega-Timiș, corespunzător zonei Ivanda, prezintă o ușoară inclinare NE–SV, cu o altitudine absolută de cca 80 m, avind un relief monoton. Spre V și SV altitudinea scade pînă la 70–75 m. Din cauza acestei lente inclinări, apele stagnează în timpul perioadelor plioase și după viituri pe suprafețe mari, care îngreunează și uneori chiar compromit lucrările agricole. La aceasta contribuie și existența apei freaticе la adâncimi foarte mici (0–2)m). De asemenea suprafața interfluviului este brăzdată pe direcția NNE–SSV de rîul Bega Mică și de numeroase canale de desecare.

În partea de SE a Ivandei se află o mlaștină denumită Bociar, cu un lac în mijloc. Suprafața ei era în trecut de cca 300 ha, dar în prezent ea s-a redus datorită lucrărilor de asanare. Nămolul acestei mlaștini a devenit sărat din cauza condițiilor climatice. Datorită acestei proprietăți a fost și mai este folosit și azi de localnici pentru tratarea bolilor reumatice.

Clima zonei este temperat moderată de stepă, cu influențe mediteraniene, ce se reflectă atât în regimul precipitațiilor cât și al rîurilor (apariția celui de-al doilea maxim, de toamnă). Temperatura medie anuală este cuprinsă între 10–10,5°C, iar cantitățile medii anuale de precipitații sunt de 631 mm.



Considerații hidrogeologice

În zona Ivanda este prezentă atât apă freatică cantonată în depozitele holocene, cît și apă de adâncime cantonată în depozitele pleistocene și pannoniene.

Apa freatică este studiată cu ajutorul a 50 foraje ale rețelei hidrogeologice (C o b z a r i u, U n g u r e a n u, 1972) dintre care 25 fac parte din Stația hidrogeologică experimentală Diniș, care ne oferă o imagine destul de clară asupra condițiilor litologice de existență și circulație a apelor freatici din zonă. (U n g u r e a n u și S e r a c, 1974).

Orizontul freatic se dezvoltă pe o grosime de cca 30 m și este format din două, trei strate acvifere, separate de strate de argilă slab prăfoasă.

Analizînd hărțile hidrogeologice existente pentru cîmpia joasă a Timișului ca și pe cea întocmită numai pentru zona Ivanda (fig. 1) în

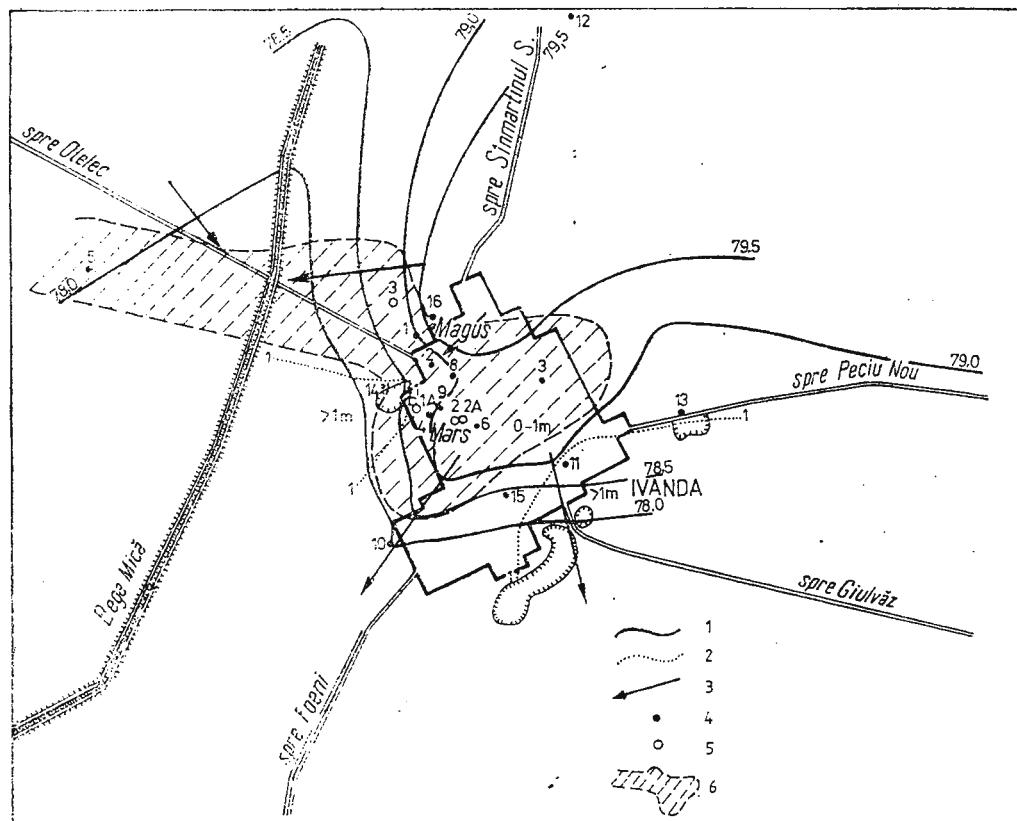


Fig. 1. — Hartă hidrogeologică a zonei Ivanda.

1. hidroisohipsă ; 2, hidroizobată ; 3, direcția de curgere a apei freatici ; 4, puț ; 5, foraj hidrogeologic ; 6, arealul de răspîndire a apei minerale.

Carte hydrogeologique de la zone d'Ivanda.

1. hidroisohypse ; 2, hidroisobathe ; 3, direction d'écoulement de l'eau phréatique ; 4, puits ; 5, forage hydrogéologique ; 6, aréal de distribution de l'eau minérale.

urma cartării din 20—21 aprilie 1977, se observă o direcție generală de curgere a apei subterane de la NE—SV. Se individualizează și abateri locale ale direcției de curgere funcție de factorii de drenare sau alimentare locali. Astfel la Ivanda față de axa principală de curgere (NE—SV) se observă o componentă a direcției de curgere E—V spre Bega Mică și una N—S spre Timiș.

Apele freatici au nivel foarte ridicat, frecvent cuprins între 0—2 m, ceea ce influențează caracterul solurilor, antrenind o serie de săruri (soluri sărate pe suprafețe mari). În zona Ivanda, la data cartării, nivelul apei freatici în general a avut adâncimi cuprinse între 0,00 și 1,00 m, rar depășind 1 m.

Sub orizontul freatic se dezvoltă pînă la adîncimea de 250 m trei complexe acvifere, cercetate de Ungureanu (1975) și Bretoceanu (1973), cu ajutorul forajelor de studii F₁ Dinias și F₁, F_{1A} Timișoara SV.

Mișcările neotectonice continue și ulterior prin fenomenul de subidență, au influențat în mod deosebit condițiile de sedimentare lacustre și fluvio-lacustre și implicit condițiile de înmagazinare a apelor subterane. La rîndul său, funcție de condițiile de sedimentare și respectiv de înmagazinare și circulație a apelor subterane depinde chimismul acestora. Mișcările neotectonice din zonă au favorizat formarea unor microbazine lacustre, cu caracter lagunar, unde s-au creat condiții fizico-chimice speciale care au permis concentrarea extremă a soluțiilor naturale, conducind la separarea compușilor foarte solubili, de sulfati și carbonați de sodiu și magneziu, cloruri etc.

Asemenea condiții de sedimentogeneză care au condus la formarea unui facies specific lagunar, considerăm că au existat și în zona Ivanda, unde s-au depus printre compușii amintiți mai sus și alte minerale: glauberit, vanthoffit, silvină, bischofit, polihalit etc. După formarea faciesului lagunar, în continuare, în condițiile unui climat de stepă, prin acțiunea îndelungată a secetei din timpul verii, apa din rocile situate mai la suprafață, antrenează prin fenomenul de capilaritate o serie de săruri, care, în urma evaporării dau naștere la eflorescențe de sulfati și carbonați. Acest fenomen se observă în fiecare sezon secetos, pe malurile lacului existent în marginea de vest a localității Ivanda. Malurile lacului, cît și fundul acestuia, cînd seacă, capătă o culoare albă datorită eflorescențelor de săruri. În astfel de condiții s-a realizat și mineralizarea apei freatici de la Ivanda, bogată în special în sulfati de sodiu și magneziu.

În urma cartărilor hidrogeologice și hidrochimice efectuate în perioada 20—21.IV.1977 de către Ungureanu (1977), s-a constatat că în zona Ivanda există mai multe fântâni cu apă mineralizată. Dintre acestea, două sunt mai cunoscute cu peste un secol în urmă, sub denumirea de „Magus” și „Mars”, din care s-a și comercializat, începînd din 1853, apă minerală amară sub numele comercial de „Magus” și „Mars”, foarte apreciată peste hotare pentru proprietățile terapeutice deosebite în special în afecțiunile stomacului.



Istoricul cercetării apei minerale de la Ivanda

Din datele istoriografice rezultă că în secolul XVII, în timpul ocupației turcești a Banatului, izvoarele minerale de la Ivanda erau cunoscute și utilizate de populația din împrejurimi, dar calitățile acestei ape cu gust amar au fost scoase în evidență mai târziu, în anul 1853, cînd profesorul R a g s z k y, de la Universitatea din Viena, a făcut prima analiză a apei. În urma acestei analize s-a început exploatarea apei minerale de la Ivanda care și-a cîștigat un renume mai ales în Ungaria de sud, unde a fost folosită în afecțiunile hepato-colecistice și gastro-intestinale (T e t e a, 1957).

În lucrarea „Geografia Banatului” apărută la Lugoj în 1864, G a v r i l u P o p u arată că în Banat se află ape minerale în mai multe locuri, însă merită să fie menționate numai următoarele localități: Mehadica, Buzias, Ivanda, și Lippa (Lipova). Deci Ivanda era una din importantele localități din Banat cu apă minerală.

În anul 1909, profesorul de chimie H a n k o W i l m o s, membru al Academiei din Ungaria, făcînd analiza chimică a apei din fîntîna Mars, iar mai târziu pe cea a apei din fîntîna Magus — principalul izvor mineral — a stabilit următoarea compoziție la un litru de apă :

	Fîntîna Mars	Fîntîna Magus
Sulfat de sodiu	6,7114 grame	11,5761 grame
Sulfat de magneziu	6,5958 "	4,5660 "
Clorura de sodiu	3,0820 "	2,6841 "
Clorura de calciu	—	0,6862 "
Clorura de potasiu	0,0236 "	0,0250 "
Hidrocarbonat de calciu	1,8796 "	1,5037 "
Clorura de litiu	—	0,0097 "
Sulfat de calciu	0,0247 "	
Nitrat de sodiu	0,8513 "	0,9890 "
Hidrocarbonat de fier	0,0425 "	0,0490 "
Hidrocarbonat de mangan	0,0016 "	0,0032 "
Acid silicic (uictă)	0,0707 "	0,0384 "
Mineralizație totală :	19,1932 "	21,5214 "
Bioxid de carbon liber	0,0707 "	0,0748 "
Temperatura apei	9°C	10°C

Din analizele chimice efectuate rezultă că apa minerală a izvorului Mars face parte din grupul apelor amare, datorită excesului de sulfati de sodiu și magneziu, prezenti în cantități egale ca și în cazul renumitei ape minerale de Buda (izvorul Huniady Janos). Apa izvorului principal Magus are o compoziție aproape identică cu cea a izvorului Kreuzbrunn din Marianske Lázne și Mühlbrunn din Karlovy-Vary, dar spre deosebire de acestea are o acțiune mult mai puternică. Apa izvorului Magus este bogată în sare Glauber, conținînd 11,5 grame, ceea ce înseamnă de două ori mai mult decît izvorul Kreuzbrunn care are numai 4,9 grame sau de cinci ori mai mult decît izvorul Mühlbrunn, care are numai 2,3 grame (T e p o s u , C i m p e a n u, 1932). În acest sens prezentăm din lucrarea „Az Ivándi Magus gyógyforrás ismertetése”, diagrama hidrochimică comparativă a celor trei izvoare (fig. 2).



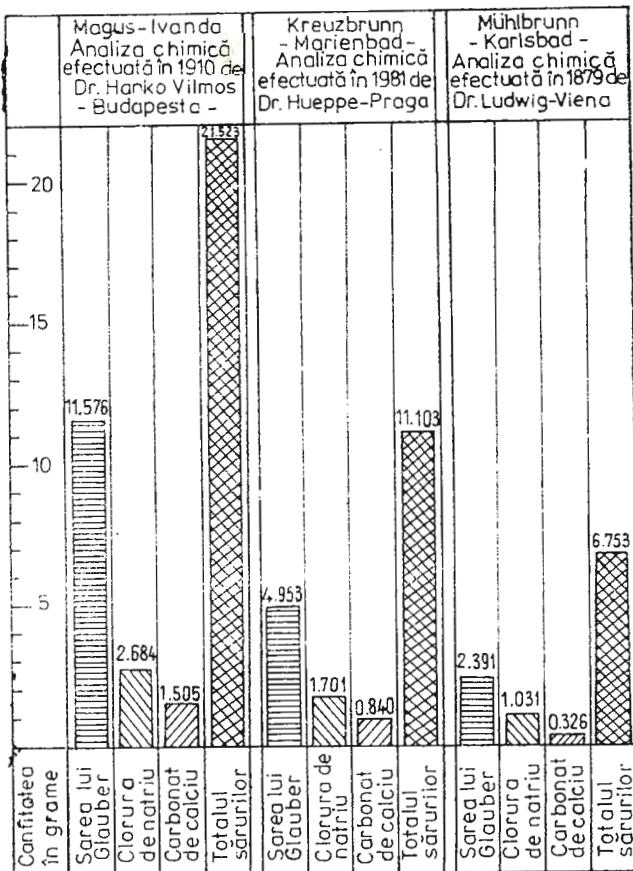


Fig. 2. — Desen comparativ între apele medicinale naturale din izvoarele Magus (Ivanda), Kreuzbrunn (Marienbad) și Mühlbrunn (Karlsbad), despre elementele principale cu efect curativ.

Dessin comparatif entre les eaux médicinales naturelles des sources de Magus (Ivanda), Kreuzbrunn (Marienbad) et Mühlbrunn (Karlsbad), concernant les éléments principaux à effet curatif.

Având în vedere acțiunea terapeutică superioară a apei de Ivanda, cele două fintini sănătății sunt puse în exploatare în anul 1891, vinzându-se apă diferiților comercianți și particulari în sticle de 700 ml. Până la primul război mondial exportul apei de Ivanda ajunsese la cca 30.000 sticle pe an, fiind comercializată pînă în Canada, S.U.A., Anglia, Franța, Germania, Iugoslavia, Grecia, Rusia etc. Din anul 1912 comercializarea apei se face sub denumirea de apă minerală „Mars”. După primul război mondial se continuă și se intensifică comercializarea apei, primă mărirea instalațiilor de îmbuteliere, ajungîndu-se la un export de 40—50.000 sticle anual. Din 1927 se comercializează sub noua denumire de apă „Magus” fiind indicată în următoarele afecțiuni: constipații cronice, hemoroizi, afecțiunile ficatului și căilor biliare, în diferite catare ale tractului gastro-intestinal, obezitate, diabetes mellitus, afecțiunile căilor urinare și ale prostatei, afecțiunile schimburilor nutritive deranjate, în afecțiunile genitale feminine și.a.

În 1934 s-a măsurat capacitatea fintinii Magus prin presiune hidraulică și s-a constatat că ea poate avea un debit de cca 13 milioane litri

anual. Tot în acest an Facultatea de Științe din București a efectuat o nouă analiză chimică a apei „Magus” caracterizând-o drept o apă minerală purgativă foarte eficace.

În timpul celui de-al doilea război mondial exploatarea se oprește, utilajul și instalația de îmbuteliere sunt distruse, iar fintina Magus părăsită. De atunci și pînă în 1956 apa a fost folosită doar ocazional de localnici. În 1956, C.A.P. Ivanda, deși a amenajat fintina Magus, apa nu a putut fi utilizată din cauza poluării bacteriologice datorită faptului că hala de îmbuteliere a fost transformată în grajd de cai, iar în imediata apropiere au mai fost construite încă două mari grajduri de vite. Fintina Mars fiind în curtea unei gospodării (casa cu nr. 337) insalubre și apa acesteia este poluată. Repetatele analize bacteriologice efectuate de laboratorul central sanitar și antiepidemic Timișoara arată că atît apa „Magus” cît și apa „Mars” au avut peste 7.000 bacili coli la 1 litru de apă, ambele fiind necorespunzătoare din punct de vedere bacteriologic. În anul 1962 Institutul de Balneologie și Fizioterapie din București a efectuat ultimele analize chimice, rezultînd că apa „Magus” este o apă sulfatată, clorurată, sodică, magneziană, calcică, hipertonă (concentrația a fost de 12118 mg/l), iar apa „Mars” are aceeași caracter chimic fiind însă mai puțin concentrată (izotonă). Cercetările cu caracter medical, efectuate mai recent în Timișoara, au dovedit că apa de la Ivanda este utilă în anumite sechete posthepatice, colecistite cronice, dischinezii biliare, obezitate, nefropatii cronice compensate, litiază renale.

Cercetările hidrogeologice actuale

Deși apa minerală de la Ivanda, unică în țara noastră, reprezintă o mare valoare terapeutică și economică, ea nu poate fi pusă în practică pînă la rezolvarea problemei poluării și efectuarea unui minim de instalații de exploatare. Multe propuneri au vizat rezolvarea problemei poluării prin îndepărtarea grajdurilor existente. Este foarte puțin probabil că se va rezolva prin această măsură, deoarece în timpul cartării hidrogeologice s-a constatat că și solul din jurul fintinilor este poluat, fiind acoperit cu un strat de gunoi de grajd.

În perioada cartării hidrogeologice efectuate în aprilie 1977 s-au recoltat probe chimice de la un număr de 20 de fintini (fig. 1). Pe hartă s-au notat fintinile în ordine, funcție de concentrația în săruri. Concentrația cea mai mare de săruri o are fintina nr. 1 (Magus), de peste 9 g/l. Predomină tipurile de apă sulfato-sodico-magneziene și sulfato-cloro-sodice-magneziene-calcice. Bazîndu-ne pe criteriul mineralizației totale se poate constata că arealul de existență a apei minerale este mai mare și s-ar axa pe două direcții: una NNV-SSE pe aliniamentul fintinilor 1 ; 2 ; 4 ; 6 și alta orientată aproximativ E-V, pe aliniamentul fintinilor 3 ; 2 ; 1 ; 5.

Întrucînt fintinile Magus și Mars nu pot fiexploatare din cauza că apa lor este poluată bacteriologic s-a inițiat studierea zăcămintului de apă minerală freatică, prin executarea unor foraje în alte puncte din zonă unde se pot asigura perimetrele de protecție de regim sever (Schuch, 1974).

Scopul executării forajelor a fost cercetarea și stabilirea adincimii stratului acvifer mineral, originea chimismului apei, potențialul productiv



al acviferului, direcția de curgere a fluxului subteran și alți parametri hidrogeologici utili proiectelor de captare a apei. Orizontul freatic fiind format din 2–3 strate acvifere, acestea au fost captate separat prin dublarea forajelor F_1 și F_2 (vezi secțiunea hidrogeologică, fig. 3).

Execuția forajelor

Forajele s-au executat în perioada septembrie-octombrie 1977 de către D.A.M.B. — Filiala Zonală Timișoara.

Execuția s-a făcut cu o instalație semimecanică în sistem uscat. În timpul execuției s-au recoltat probe litologice tulburate din metru în metru și la fiecare schimbare de strat, pentru analize granulometrice și geochimice. De asemenea s-au recoltat, în timpul execuției și probe de apă pentru analize chimice, din fiecare strat acvifer.

Stratele acvifere captate

Cu ajutorul forajelor executate în zona Ivanda s-au investigat, pînă la adîncimea de cca 30 m, trei strate acvifere.

Stratul cel mai adînc, cuprins între adîncimile de 16,90 și 24,20 m, a fost captat de forajul F_2 . Stratul este format din nisip fin și mediu, vinăt, cu foarte multă mică albă. Coperișul și patul stratului acvifer este format din argilă marnoasă vinătă compactă. Stratul are apă sub presiune, nivelul piezometric stabilindu-se după definitivare la 2,12 m (măsurat de la sol).

Stratul al doilea a fost captat de forajele F_1 , F_2 și F_3 și a fost întlnit la adîncimi cuprinse între limitele : 10,60—13,8 și 8,50—12,60. În forajul F_3 stratul captat este cuprins între 5,00—10,60. Stratul de argilă, care separă primul strat de-al doilea, dispare în partea de NV a localității Ivanda. Stratul acvifer este format din nisip mediu și grosier în partea de N a zonei (F_3) și din nisip fin în partea de S (F_1 și F_2). Stratul este delimitat în coperiș de argilă gălbui-cenușie compactă și în pat de argilă vinătă. Are apă sub presiune.

Primul strat a fost captat separat numai de forajul F_{1a} , dar a fost întlnit în toate forajele. În forajele F_2 și F_3 este captat împreună cu stratul al doilea. Este alcătuit din nisip argilos gălbui cu striații cenușii.

În zona de aerație a primului strat predomină prafurile nisipoase, argiloase și argilele prăfoase, nisipoase cu concrețiuni fero-manganoase, prin care de asemenea poate circula apa. Este separat de stratul al doilea printr-un strat de argilă gălbui-cenușie compactă care în partea superioară devine slab prăfoasă, nisipoasă (vezi secțiunea hidrogeologică — fig. 3). Are apă cu nivel liber sau ușor ascensional, fiind direct sub influența factorilor meteorologici.

Determinarea parametrilor experimentalii

Pompările experimentale s-au făcut în luna septembrie cu o instalație mamuth de $\varnothing 2''$. Desnisiparea a durat cîte 6—15 ore la fiecare foraj. Treptele de pompare au durat cîte 10 ore fiecare cu excepția forajului F_{2a} .



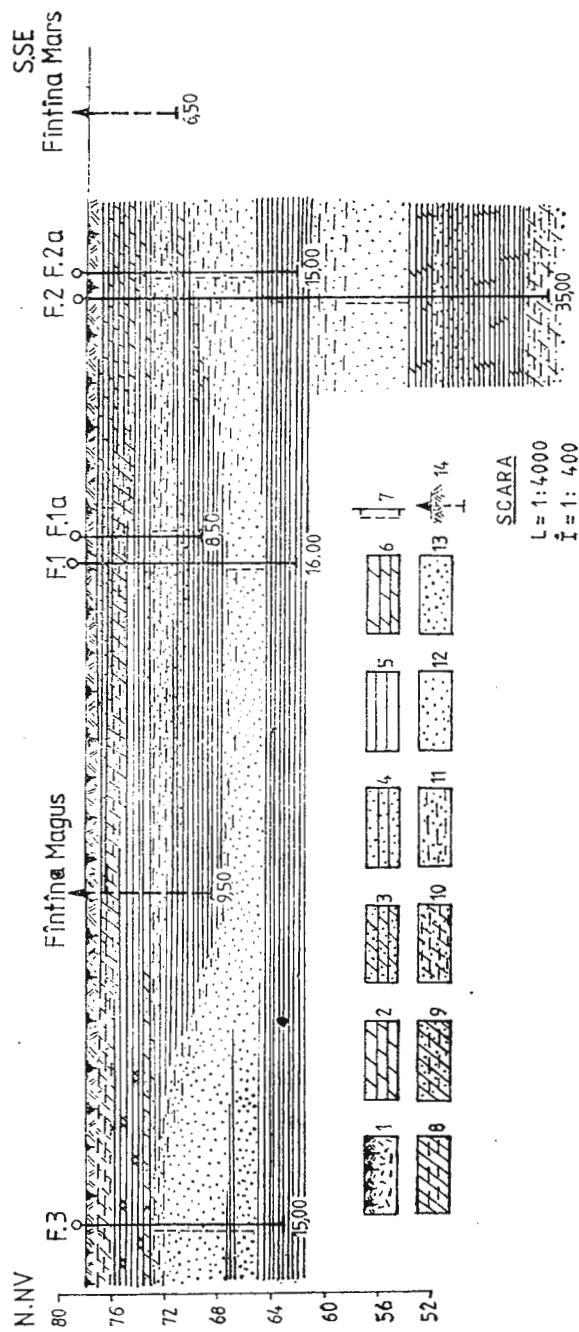


Fig. 3. — Secțiune hidrogeologică prin forajele din zona Ivanda. 1, sol vegetal; 2, argilă prăfoasă; 3, argilă prăfoasă nisipoasă; 4, argilă nisipoasă; 5, argilă; 6, argilă marnoasă; 7, poză filtrului; 8, praf argilos; 9, praf argilos nisipos; 10, nisip argilos; 11, nisip argilos; 12, nisip fin; 13, nisip mediu; 14, fintină existentă.
Section hydrogéologique dans les forages de la zone d'Ivanda. 1, sol végétal; 2, argile siliceuses; 3, argile siliceuses sableuses; 4, argile sableuses; 5, argile; 6, argile marnoises; 7, position du filtre; 8, silt argileux; 9, silt argileux sableux; 10, sable moyen et grossier; 11, sable argileux; 12, sable fin; 13, sable moyen; 14, fontaine existante.

TABEL

Parametrii hidrogeologici experimentali și calculati - zona Ivanda

Denumirea forajului (r)	Caracterile litologice ale stratului acvifer						Pompare experimentale						Calculul caracterelor hidrogeologice					
	Raza filtrui (r)	Adincimea stratului acvifer (m)	Groasimea stratului acvifer (M)	Litologia stratului acvifer	Data adintinționării niveliului piezometric	Inălț. col. apă II	Nr. treptei	Denivelare (S)	Debit			Debit specific Q	Raza de influență (R)	Coeficient de permeabilitate (K)	Transmisivitate T			
									m	m	m				m	m ² /zi		
F ₁ Ivanda	0,105	13,80	10,60	3,20	Nisip fin	23 IX 1977	2,50	11,30	9,58	1	1,72	0,35	30,240	0,203	32,36	5,00	16,000	
F _{1a} Ivanda	0,105	6,40	5,20	1,20	Nisip argilos	30 X 1977	2,71	3,69	7,41	2	3,89	0,70	60,480	0,180	84,41	5,16	16,512	
F ₂ Ivanda	0,105	24,20	18,60	5,60	"Nisip mediu	7 IX 1977	1,59	22,61	21,01	1	1,60	1,9	164,15	1,187	54,05	19,57	109,62	
F ₂ Ivanda	0,105	6,20	5,30	0,90	Nisip fin cu liant argilos	7 X 1977	1,87	10,73	5,46	1	2,13	2,5	216,00	1,173	76,76	20,43	114,40	
F ₃ Ivanda	0,105	10,60	4,70	5,90	Nispuri medii și grosiere	4 X 1977	1,66	11,34	10,66	1	0,68	0,80	69,12	1,176	15,43	10,07	80,56	
F ₃ Ivanda	0,105	13,00	10,90	2,10					9,98	2	1,36	1,60	138,24	1,176	36,70	11,82	94,56	
									9,38	3	1,96	2,10	181,44	1,071	55,30	11,52	92,16	



unde s-a făcut numai o treaptă de 7 ore și F_3 la care treapta a III-a s-a făcut de 6 ore. La forajul F_{1a} care a captat primul strat s-a executat numai revenire din cauza debitului foarte scăzut ($0,115 \text{ l/s}$). La sfîrșitul pompărilor experimentale s-au recoltat probe de apă pentru analize chimice și bacteriologice.

Calculul parametrilor hidrogeologici s-a făcut pentru o curgere în regim permanent, quasistabilizat, folosindu-se formulele de calcul ale lui Krasnopol'ski, Sichardt și Dupert pentru strat cu nivel liber (F_{1a}) și sub presiune. La forajul F_{1a} debitul folosit în formulele de calcul s-a calculat prin metoda revenirii. Parametrii hidrogeologici experimentală și calculăți cît și caracteristicile litologice ale stratului acvifer sunt consemnate în tabelul centralizator anexat studiului (vezi tabelul).

Chimismul apei

Din forajele executate s-au recoltat probe de apă pentru analize chimice din fiecare strat în parte, atât la execuție cît și după definitivare. Pentru a se putea compara cît mai sugestiv concentrațiile ionice în cele trei straturi acvifere întlnite pînă la adincimea de 30 m s-au întocmit diagramele chimice pentru fiecare foraj și fintinile Magus și Mars.

Din interpretarea analizelor chimice efectuate pînă în prezent (28.VII.1978) rezultă că cea mai mare concentrație în săruri o are primul strat situat pînă la adincimea de cca 7 m (vezi planșa). Mineralizația totală a acestui strat acvifer are valori cuprinse între 5000 și 9800 mg/l, dar ea variază pe intervalul stratului în sensul că în partea superioară (3,90–4,90 m), concentrația este maximă depășind peste tot 8000 mg/l. Excepție face F_{1a} în care această concentrație se menține pînă la adîncime de 6,40 m. În ceea ce privește conținutul în săruri, analizele chimice ale extrasului apos din probele litologice ale primului strat, indică existența în cantități mari a sulfatilor de sodiu și magneziu cît și a bicarbonaților. Reacția apei (pH) are valori cuprinse între 7,9 și 8,7. Analizele chimice ale probelor de apă recoltate la pompările experimentale indică predominarea bicarbonaților și sulfatilor de sodiu și magneziu.

Tot aici la primul strat încadrăm și fintinile Magus, adîncă de 9 m și Mars, adîncă de 6 m. Analizele chimice ale apei recoltate din fintina Magus efectuate din 1962 și pînă în prezent indică mineralizații cuprinse între 8000 și 12500 mg/l. Sărurile predominante sunt sulfatii de sodiu, sulfatii de magneziu și sulfatii de calciu. În cantități mici (sub 2000 mg/l) se mai pot menționa clorura de sodiu și carbonații de sodiu. Apa din fintina Mars are o concentrație ceva mai mică, cuprinsă între 4500 și 10 500 mg/l, iar sărurile predominante sunt sulfatii de magneziu, sulfatii de sodiu și clorura de sodiu.

Merită să fie menționată și constatarea că mineralizația totală diferă funcție de adîncimea de recoltare a apei. Astfel, la data de 28.VII.1978 au fost recoltate probe de apă de la suprafață (0,5 m) și de la adîncimea de 5 m la Mars și respectiv 8 m la Magus. Din rezultatele analizelor reiese că mineralizația totală crește spre adîncime cu 1000–2000 mg față de suprafață. Mineralizația apei variază și în timp, funcție de condițiile climatice. Concentrația cea mai mare se produce în sezonul ploios (aprilie-



iunie) cînd procesul de spălare și dizolvare a sărurilor este maxim (vezi analizele din 24.IV.1978). În perioadele de secetă îndelungată concentrația scade, prin depunerea sărurilor în partea superioară a zonei franjei capilare, ca efect al procesului de evapotranspirație, aşa după cum se poate vedea din interpretarea analizelor din 28.VII.1978, recoltate în plină perioadă de secetă de la forajele F_{1a} , F_1 și fintinile Magus și Mars. Face excepție concentrația ionilor de calciu și clor, care crește puțin în această perioadă.

Stratul al doilea, cuprins între 8,5–12,8 m, are o concentrație mai mică de săruri în comparație cu primul strat. Mineralizația totală este cuprinsă între 2000 și 5000 mg/l. Sărurile predominante sunt sulfatii de magneziu și sodiu (în zona forajelor F_3 și F_1), clorurile de magneziu, sodiu și calciu (în zona forajului F_{2a}) și bicarbonații de sodiu și magneziu (în zona forajului F_1). și în cazul stratului al doilea se observă aceeași variație în timp și spațiu a conținutului de săruri. Dar analiza probei din forajul F_3 recoltată în 28.VII.1978 face excepție, indicind o mineralizație mult mai mare (5733 mg/l). Analizele ce se vor mai efectua vor elucida dacă este vorba de o excepție sau nu.

Stratul al treilea, cuprins între 17–25 m, are cea mai mică concentrație de săruri. Mineralizația totală este de 1000–3000 mg/l. Apa este de tipul bicarbonatato-sodico-magneziană sau sulfato-bicarbonatato-sodico-magneziană în perioadele cu concentrații scăzute (1000–2000 mg/l) și de tipul sulfato-magneziano-sodică, cînd concentrația în săruri depășește 2000–3000 mg/l.

Din punct de vedere bacteriologic apă nu corespunde, depășind limitele excepționale prevăzute de STAS 1342-61. Întrucît probele de apă pentru analiza bacteriologică au fost prelevate după un număr redus de ore de pompări (10–30 ore), încă nu ne putem pronunța cu certitudine asupra contaminării bacteriologice. Analizele bacteriologice trebuie repetate după mai multe ore de pompări și de la toate forajele.

Concluzii și propuneri

În zona Ivanda, apa freatică mineralizată cu concentrații de peste 5000 mg/l se găsește numai în stratul de la suprafață situat pînă la adâncimea de 7 m. Apa este bogată în sulfati, cloruri și mai puțin bicarbonați de sodiu, magneziu și calciu. Potențialul acvifer al stratului este foarte scăzut, de numai cca 10 mc/zi (stratele 2 și 3 au debitul mai mare: 85–300 mc/zi).

În cazul în care se va relua exploatarea în scopuri terapeutice a apei minerale, recomandăm captarea stratului prin sistemul forajelor cu drenuri absorbante radiare, ce pornesc de la un foraj central cu diametrul mare (1,5–2 m). În felul acesta, mărinindu-se suprafața activă a filtrelor, debitul de exploatare poate crește de 3–5 ori, putindu-se valorifica zilnic 30–50 mii litri de apă, ceea ce ar fi destul de rentabil.

De asemenea recomandăm extinderea lucrărilor de investigare hidrogeologică prin executarea de noi foraje, pentru a se putea contura mai bine arealul de existență a apelor freatici mineralizate.



Pentru observarea variației conținutului în săruri minerale să se facă prelevări de probe chimice lunar sau cel puțin trimestrial. De asemenea să se acorde atenție deosebită creierii unui perimetru de protecție cu regim sever în vederea evitării poluării de către agenți poluanți externi.

Pentru recondiționarea fintinilor Magus și Mars se recomandă mutarea grajdurilor, îndepărțarea și înlocuirea stratului de sol infectat pe o rază de 70–100 m în jurul fintinilor și înierbarea terenului decopertat. În felul acesta în cîțiva ani se poate produce autoepurarea bacteriologică a apei minerale.

Din punct de vedere al modului de exploatare apei, pe lîngă metoda clasică de îmbuteliere în sticle, se poate folosi și metoda evaporării la 70–80°C a apei minerale și transformarea ei în sare, care se ambalează în pacheete ce se vor comercializa, consumatorii diluind conținutul conform indicațiilor terapeutice date.

Poate ar merita să se dea atenție și studierii acțiunii terapeutice a nămolului sărat din mlaștina Bociar, din apropierea satului, cel puțin pentru satisfacerea nevoilor locale.

Avînd în vedere faptul că sănătatea oamenilor muncii stă permanent în atenția statului nostru, se pot deschide perspective frumoase pentru valorificarea apei minerale și a nămolului sărat de la Ivanda.

BIBLIOGRAFIE

- Bretotean M. (1973) Raport, arhiva Institutului de meteorologie și hidrologie, București
 Cobzariu I., Ungureanu A. (1972) Considerații hidrogeologice asupra stratului acvifer freatic din Câmpia Timișului inferior. *Probleme de hidrometrie* nr. 2, București.
 Schuch G. h. (1974) Raport, arhiva O.G.A., Timișoara.
 Tetea A.I. (1957) Izvorul mineral de la Ivanda. Din activitatea științifică a cadrelor didactice din Institutul pedagogic din București pe anul 1957.
 Teodosiu E., Pușcariu V. (1932) România balneară și turistică.
 Ungureanu A., Serac I. (1974) Raport, arhiva Institutului de meteorologic și hidrologie, București.
 — (1975) Raport, arhiva Institutului de meteorologie și hidrologie, București.
 — (1977) Raport, arhiva Institutului de meteorologie și hidrologie, București.
 — (1977) Clasificarea fizico-chimică a apelor freatici din Câmpia Timișului. *Stud. cerc. geol., geofiz. geogr., seria geografie* nr. 2, XXIV. Edit. Acad. RSR., București.

LES EAUX PHRÉATIQUES MINÉRALES D'IVANDA

(Résumé)

La localité d'Ivanda est située dans la zone de basse -plaine du Timiș, sur l'interfleuve Timiș-Bega.

Les leviers hydrochimiques ont mené à la constatation que dans la zone d'Ivanda il y a plusieurs fontaines d'eau minéralisée dont deux sont connues il y a plus d'un siècle, sous le



nom de „Magus” et „Mars”, et dont l'eau minérale amère, très appréciée surtout pour les affections de l'estomac, a été commercialisée dès l'année 1853.

Vu que l'eau des fontaines Magus et Mars est polluée on a étudié le gisement d'eau minérale phréatique par des forages dans d'autres points de la zone, où l'on peut assurer des périmètres de protection.

A l'aide des forages on a investigué, jusqu'à la profondeur d'environ 30 m, trois couches aquifères. On a récolté de ces forages des échantillons d'eau de chaque couche à part, pendant l'exécution ainsi qu'après la définitivation des travaux.

L'interprétation des analyses chimiques effectuées jusqu'à présent montre que la première couche, située jusqu'à la profondeur d'environ 7 m, a la plus grande minéralisation totale, à savoir 5000—9800 mg/l. Les analyses chimiques indiquent la présence en grandes quantités des sulfates de sodium et magnésium, ainsi que des bicarbonates. Toujours ici, à la première couche, nous encadrons les fontaines Magus et Mars, à minéralisations comprises entre 5000 et 12 500 mg/l; les sels prédominants sont les sulfates de magnésium, de sodium et de calcium, et la chlorure de sodium.

La deuxième couche, comprise entre 8,5—12,8 m, a une moindre concentration en sels (2000—5000 mg/l), à dominance de sulfates, chlorures et bicarbonates de magnésium, sodium et calcium.

La troisième couche, située entre 17—25 m, a la plus petite concentration en sels (1000—3000 mg/l). L'eau est du type bicarbonato-sodico-magnésien ou sulfato-bicarbonato-sodico-magnésien.

Au point de vue bactériologique l'eau ne correspond pas, parce qu'elle dépasse les limites exceptionnelles prevues par le STAS 1342-61. Dans ce sens, on recommande un nombre plus grand d'heures de pompage.

En ce qui concerne le potentiel aquifère, la première couche — qui est la plus minéralisée — a un débit bien réduit, seulement de 10 mc/jour. Les couches 2 et 3 ont un débit plus grand : 85—300 mc/jour.

On recommande l'exploitation de la première couche minéralisée, par le système des forages à drènes absorbantes radiales, partant d'un forage central à grand diamètre (1,5—2m). Par ce système, le débit d'exploitation peut accroître de 3—5 fois, et on peut valoriser par jour 30—50 mille litres d'eau , ce qui semble être assez rentable.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Le diagramme hydrochimique à travers les forages de la zone d'Ivanda.



Institutul Geologic al României

CERCETĂRI HIDROGEOLOGICE PENTRU APE MINERALE,
ÎN ZONA STĂIUNII BALNEARE GOVORA¹

DE

GHEORGHE VASILESCU², MARIA PÎRVU², VIORICA UDICIOIU²

Regional hydrogeology. Artesian waters. Mineral waters. Hydrogeological boreholes. Cretaceous. Tertiary. South Carpathians. Southern Subcarpathian zone. The Olt Hillocks.

Abstract

Hydrogeological Researches for Mineral Waters in the Govora Spa Area. The hydrogeological researches carried out recently led to the identification of new aquiferous strata with mineral waters, situated in the base of the Helvetician deposits as well as in the Aquitanian-Burdigalian formations; these strata, by their artesian yielding capacity, may constitute new exploitation sources in the area surrounding the Govora bathing place. It was found for the first time that the aquiferous strata in the base of the Helvetician deposits, situated below the level reached by the present exploitation works, yield water with a temperature of up to + 37°C. The data obtained led to the conclusion that, in the Govora area, there may exist some thermo-mineral aquifers with high capacity for exploitation. They are situated in the Aquitanian-Burdigalian, Paleogene and Cretaceous formations.

I. Introducere

Stațiunea balneară Govora este situată în zona colinară a Carpaților Meridionali, pe valea pârâului Hința, la circa 3 km amonte de confluența cu rîul Govora, în cuprinsul județului Vilcea.

Altimetric, zona se situează între cotele + 530,97 m în culmea Baba Floarea la sud de stațiune și + 265 m pe valea pârâului Hința, la amplasamentul forajului nr. 618.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Întreprinderea de foraj și lucrări geologice speciale, Str. Caransebeș nr. 1, 78344 București, 32.



Rețeaua hidrografică este reprezentată prin pîrul Hința, cu numeroase văi afluente, activate în general în perioadele cu precipitații abundente.

Versanții văilor prezintă în general pante pronunțate și sunt afectați de numeroase alunecări de teren, în cea mai mare parte stabilizate.

În lungul văii Hința, numai în aval de stațiunea Govora, se întâlnește un șes aluvionar cu dezvoltare redusă și care este mai extins pe partea stîngă a văii.

Temperatura medie anuală este de +9,5°C, cu limite de variație în general de la -2°C, la +22°C.

Valoarea precipitațiilor medii anuale este de 737 mm, înscriindu-se astfel în regimul pluviometric general al zonei colinare.

II. Istoricul cercetărilor

Date geologice asupra regiunii sunt cunoscute din anul 1870, prin lucrările de cercetare efectuate de Gr. Ștefănescu (1870–1885), Sabba Ștefănescu (1884–1897), V. Popovici-Hăteg (1896), L. Mrazec (1905).

G. Murgoci (1908) aduce o contribuție importantă la cunoașterea regiunii prin lucrarea „Terțiarul din Oltenia, cu privire la sare, petrol și ape minerale”.

Cercetări cu caracter regional au efectuat I. P. Voitești, Ionescu Argetoiaia, M. Filipescu, N. Gherasi, H. Fabian (1910–1943).

E. Hristescu (1938–1939) a cercetat Paleogenul dintre Olănești și Olt, iar N. Oncescu și I. Motas (1949) ridică harta geologică 1 : 50.000 dintre valea Otășăului și valea Oltețului.

G. Popescu (1950–1952) a studiat geologia regiunii Govora-Rimnicu Vilcea-Olănești, evidențiind anticlinalul Ocnele Mari–Govora–Pietrar, iar I. Moldovan și M. Popescu (1953) au ridicat harta 1 : 20.000 a regiunii Măldărești–Pietrari, descriind structura tectonică a zonei.

G. Stoica și E. Schovirth (1955–1956) realizează o prezentare amănunțită a formațiunilor care se dezvoltă pe flancul sudic al anticlinalului Govora, între Valea Luncavăț și valea Govora.

În 1963–1964, A. Zbiera și colaboratorii efectuează prospecțiuni de detaliu (sc. 1 : 10.000) pentru cărbuni între valea Oltețului și valea Topologului, după care elaborează o sinteză a rezultatelor obținute, ilustrate grafic în harta 1 : 50.000.

Cercetări geofizice (seismice și gravimetrice) s-au inițiat de fostul M.P. în 1953 și s-au reluat, într-o serie de profile seismice, în 1961–1964 și 1967, evidențiind structura complexă a formațiunilor.

M. Filipescu (1955) a efectuat prospecțiuni geochemice experimentale pentru hidrocarburi pe anticlinalul Govora.

O contribuție deosebită la cunoașterea alcăturirii geologice a zonei, a fost adusă de lucrările de cercetare prin foraje, executate de fosta Societatea Petrol Govora (1906, 1936), de IFLGS începînd din anul 1949, cu unele întreruperi pînă în anul 1977, de IBF în anul 1953 și de ISLGC (1973–1977).



III. Considerații geologice

Zona Govora se situează în cadrul unității geologice majore, Depresiunea Getică, a cărei evoluție a început în Cretacicul superior, ca urmare a scufundării lente a fundamentalului cristalin.

Lucrările de cercetare geologică, executate în zona Govora, au arătat că la alcătuirea sa stratigrafică, participă formațiuni aparținind : Cretacicului, Paleogenului, Miocenului și Cuaternarului (fig. 1, 2, 3).

Cretacicul este reprezentat printr-un facies grezos, cu frecvențe intercalării de argilite, în general grezoase, de culoare cenușie uneori negricioasă.

După părerea noastră, pe baza similarității litologice cu formațiunile cretacice interceptate prin forajele de cercetare hidrogeologică executate de IFLGS în zona Căciulata-Călimănești, în zona Govora, Cretacicul a fost interceptat prin forajul IFLGS nr. 610 sub adâncimea de 4550 m pînă la 5001,50 m, adâncimea finală a forajului.

Paleogenul este reprezentat în bază printr-o serie marnoasă-argilitică de culoare cenușie-verzuie, în care se intercalează orizonturi grezoase, uneori conglomeratice, cu grosime de circa 1800 m, aparținind Eoce-nului ; peste acesta, urmează o alternanță de gresii conglomeratice și marno-argilite de culoare cenușie închisă, cu grosime în jur de 1250 m, atribuită Oligocenului.

Aquitanian-Burdigalianul, în zona Govora, a fost deschis prin sonda 610 și sonda 606, reprezentat prin argile negricioase, brecii și conglomerate cu elemente de cuart și sisturi cristaline, cu o alură caracteristică pe diagrama de carotaj electric, care totalizează o grosime de cca 280 m. Spre vest (Otășău, Folești) au fost identificate și depozite de sare cu dezvoltare lenticulară, slab diapiră.

Helvețianul este formațiunea cea mai veche, care aflorează în zona axială a anticinalului Govora.

A. Zierea (1964) separă în cuprinsul depozitelor helvețiene patru orizonturi litologice :

- Orizontul conglomeratic, reprezentat prin conglomerate brecioase, nisipuri, conglomerate cu intercalării de argile și marne roșii.
- Orizontul nisipos vărgat, constituit din nisipuri fine sau grozioare, micacee, cu intercalării subțiri de marne cenușii și roșii.
- Orizontul marnelor cenușii, compacte sau stratificate, marne nisipoase cu intercalării de nisipuri micacee, gresii și mai rar argile.
- Orizontul pietrișurilor superioare, cu intercalării subțiri de argile roșii-cărămizii și marne cenușii.

În foraje, Helvețianul a fost deschis pe grosimi de 1000–2000 m, grosimile mari datorindu-se uneori dedublărilor produse de falii. Cele patru orizonturi nu au putut fi recunoscute în sonde, dar diagramele de carotaj electric evidențiază prezența unor orizonturi permeabile bine dezvoltate ca grosime și frecvență, care s-au dovedit bune colectoare pentru apele sărate bromoiodurate, asociate cu gaze și țăței.

Tortonianul urmează în continuitate de sedimentare peste Helvețian și este reprezentat prin cele patru orizonturi, cunoscute în toată zona subcarpatică.



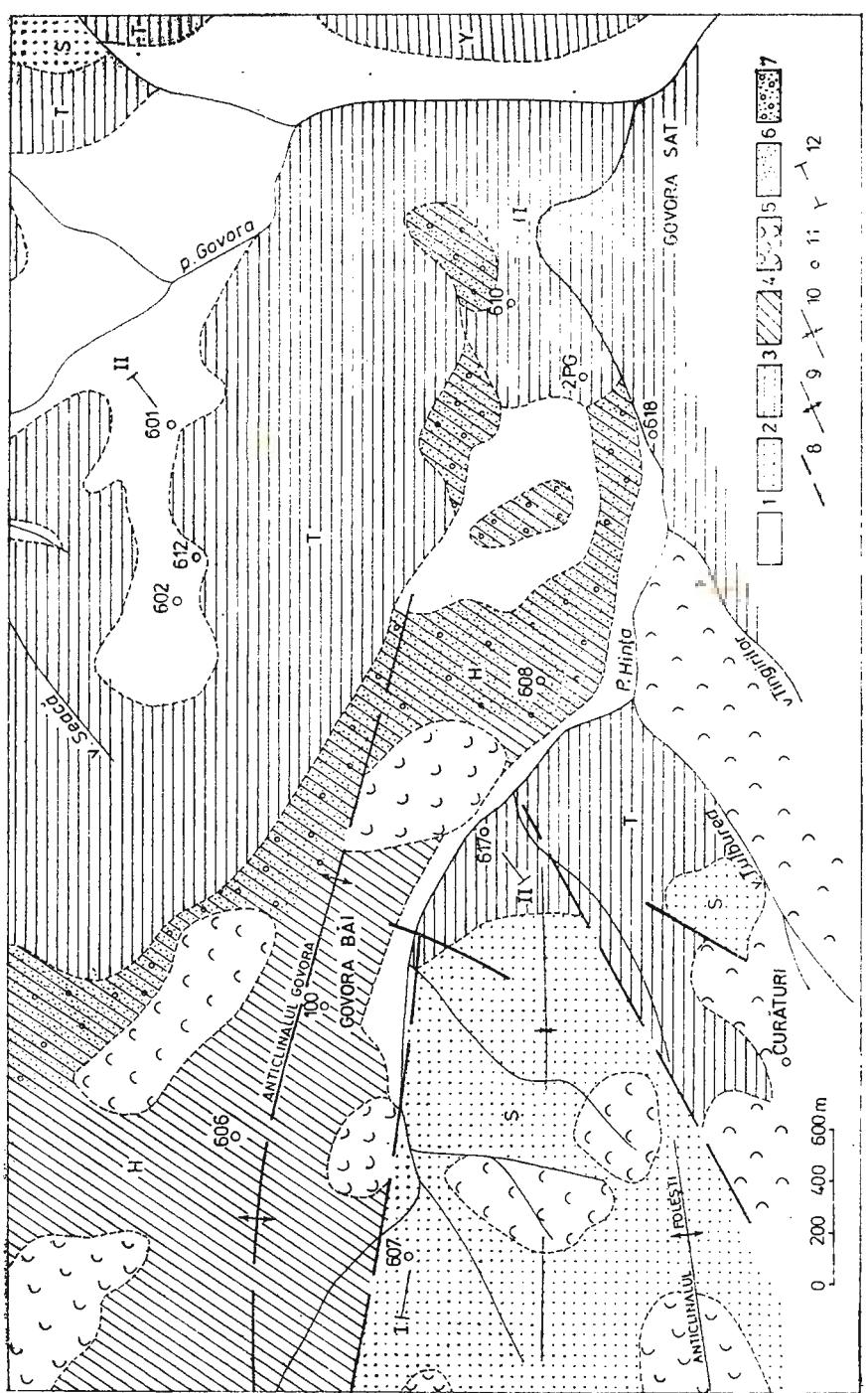


Fig. 1. — Harta geologică, scara 1 : 20.000 (după A. Zbiera). 1, Guaternar; 2, Sarmatian; 3, Tortonian; 4, Helvetician; 5, pumnituri; 6, nisipuri; 7, conglomerate; 8, fosile; 9, ax anticlinial; 10, ax sinclinal; 11, foraj executat nr/cota; 12, profil de cordare. Carte géologique, échelle 1 : 20.000 (d'après A. Zbiera). 1, Quaternaire; 2, Sarmatien; 3, Tortonien; 4, Helvétien; 5, dépouilllements de terrain; 6, sables; 7, congolomérats; 8, fossiles; 9, axe anticlinial; 10, axe sinclinal; 11, forage exécuté nr/cote; 12, profil de terrain.

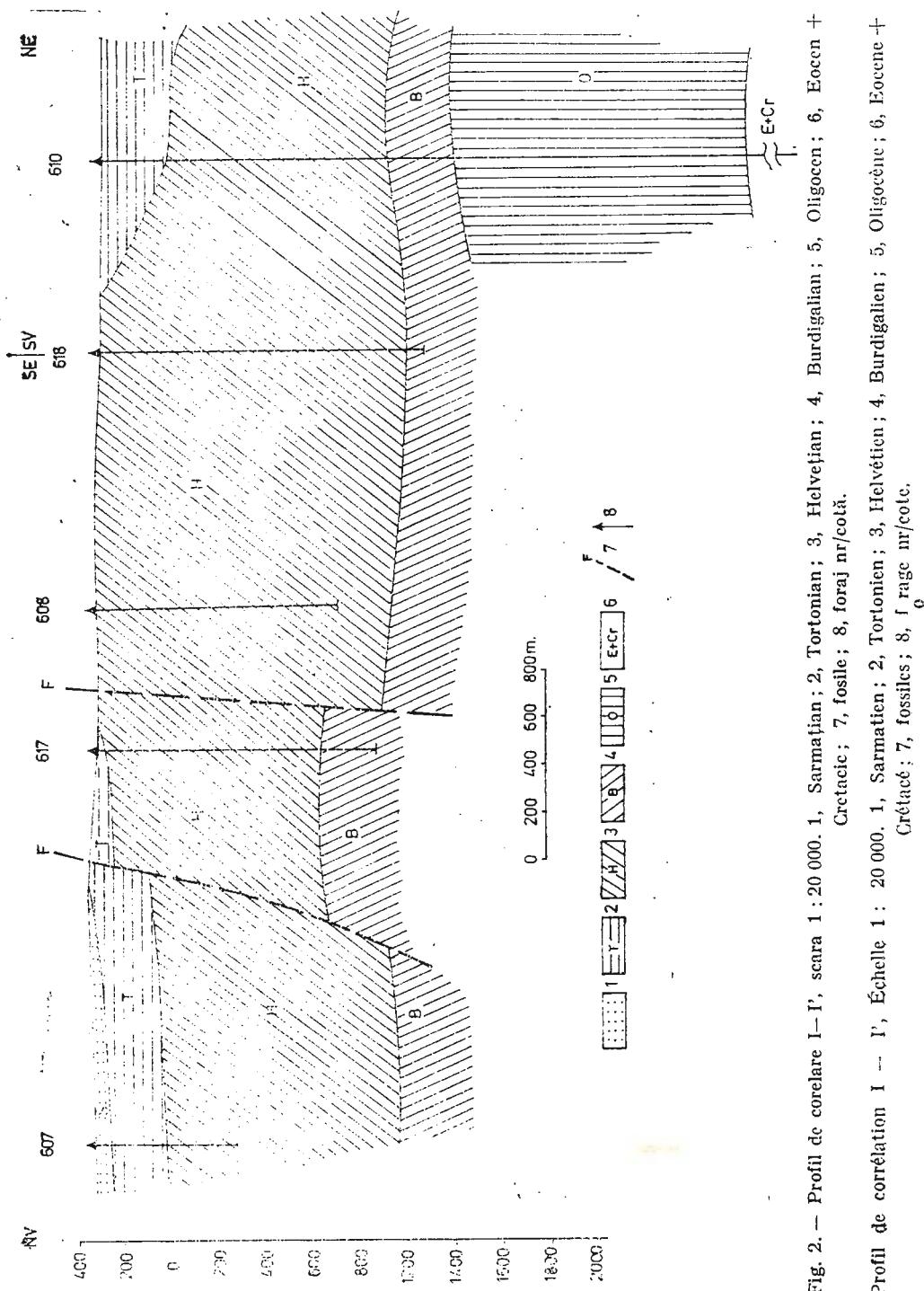


Fig. 2. — Profil de corelare I—I', scara 1 : 20 000. 1, Sarmatian; 2, Tortonian; 3, Helvetic; 4, Burdigalian; 5, Oligocen; 6, Eocen + Cretacic; 7, fosile; 8, foraj nr/cote.

Profil de corelatie I — I', Echelle 1 : 20 000. 1, Sarmatien ; 2, Tortonien ; 3, Helvetic ; 4, Burdigalien ; 5, Oligocene ; 6, Eocene + Creteac ; 7, fossiles ; 8, frage nr/cote.

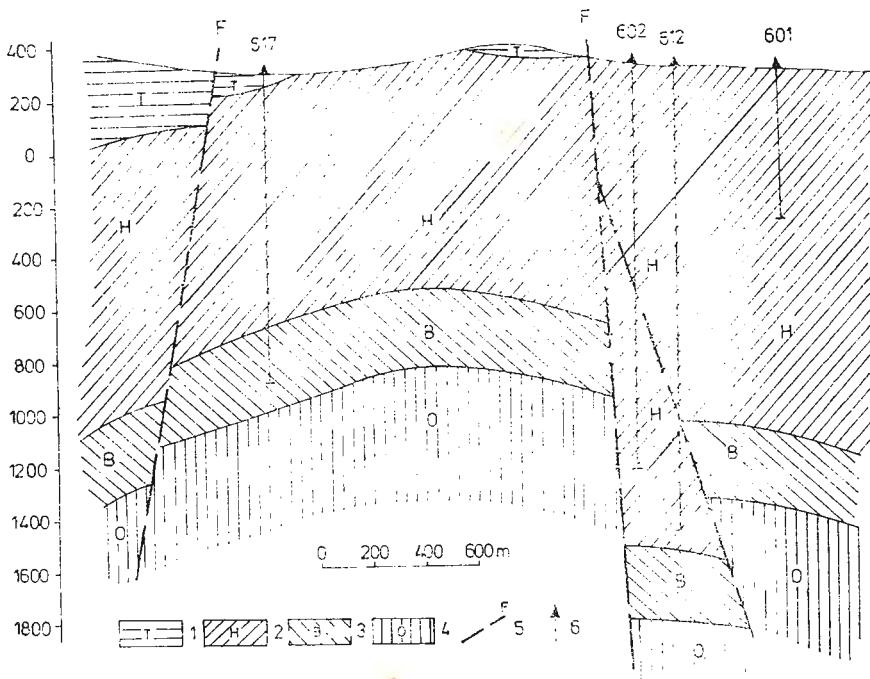


Fig. 3. — Profil de corelare II – II', scara 1 : 20.000, 1, Tortonian ; 2, Helvetican ; 3, Burdigalian ; 4, Oligocene ; 5, fosile ; 6, foraj nr/cotă.

Profil de corrélation II – II', échelle 1 : 20.000.

1, Tortonien ; 2, Helvétien ; 3, Burdigalien ; 4, Oligocène ; 5, fossiles ; 6, forage nr/cote.

— Orizontul tufurilor cu globigerine, alcătuit din tufuri dacitice stratificate, alternând cu marne cenușii-gălbui, cu microfaună caracteristică (globigerine), bine dezvoltat pe flancul de nord al anticinalului Govora.

— Orizontul cu depozite de sare, identificat în zona Govora numai în sonda 607 (cca 80 m grosime); a mai fost întîlnit, la vest, prin forajele din Valea Bistriței, iar la est formează cunoscutul zăcămînt de sare de la Ocnele Mari.

— Orizontul șisturilor cu radiolari, constituit din argilă fină șistoasă, de culoare cafenie închisă sau galben-cărămidie.

— Orizontul marnelor cu *Spirialis*, reprezentat printr-o serie de marne calcaroase, albicioase, tari și marne cenușii, fin stratificate, cu filme calcaroase, cu microfaună caracteristică.

Sarmațianul este alcătuit din depozite marno-grezoase cu urme cărbunoase, uneori cu eflorescențe de sulf, marne fosilifere, șisturi marnoase, calcaroase, foioase, fosilifere, nisipuri alburii, slab cimentate, în bancuri groase, depozite lumașelice și gresii calcaroase oolitice, fosilifere.

Depozitele sarmațiene din flancul sudic al anticinalului Govora sunt acoperite succesiv, spre sud, de depozitele Pliocenului.

Cuaternarul este reprezentat prin depozitele aluvionare ale pîriului Hința, mai dezvoltate pe malul stîng în zona Govora-sat și depozitele deluviale de pe ambii versanți ai văii Hința.

Structural, zona Govora se caracterizează prin prezența anticlinalului Otosău-Govora, cu direcție aproximativ E-V, avind în ax depozite helvețiene; acesta plonjează direcțional spre est.

Structura menționată este complicată de o serie de falii longitudinale și transversale, care separă mai multe compartimente tectonice.

Flancul nordic al anticlinalului este mai larg dezvoltat, în timp ce flancul sudic este mai îngust, mai abrupt și afectat de o importantă fâlfie direcțională (falia Blidari).

IV. Cercetări hidrogeologice

Primele date referitoare la compoziția chimică a apelor minerale din zona Govora, datează din anul 1886 și aparțin lui P. Bernath; primele lucrări pentru captarea în adâncime a apelor minerale, s-au executat în anul 1888, constând din săparea unui puț de 45 m adâncime, prevăzut cu două galerii scurte, prin care s-a obținut un debit de $21 \text{ m}^3/24 \text{ ore}$.

Forajele de cercetare, executate începînd cu anul 1906 de către: Societatea de Petrol Govora, IFLGS, IBF și ISLGC, au furnizat un bogat material de cunoaștere hidrogeologică a zonei.

La nivelul actual de cunoaștere, stratele acvifere din zona stațiunii balneare Govora, pot fi grupate în: strate acvifere freatiche și strate acvifere de adâncime.

Stratele acvifere freatiche sunt situate în baza depozitelor permeabile aluvionare, cu extindere foarte limitată, precum și în depozitele deluviale, care acoperă versanții văilor și dispun de potențiale mici de debitare.

Stratele acvifere de adâncime, după tipul de mineralizare, se pot separa în strate cu ape sulfuroase, clorosodice, legate în general de depozitele sarmatiene și tortoniene și strate cu ape clorosodice, bromoiodurate, intercalate în depozitele pre-tortoniene.

Apele sulfuroase sunt captate prin izvoarele 30 Decembrie și 23 August și puțurile nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 și 7 cu adâncimi de 6,00–25,21 m, situate pe valea Hința, în amonte de confluența cu valea Silva și în aval de forajul IFLGS nr. 607.

ACESTE LUCRĂRI DE CAPTARE SUNT SITUATE LA BAZA VERSANTULUI DREPT AL VĂII HINȚA, CU EXCEPȚIA PUȚULUI NR. 6 SITUAT ÎN VERSANTUL STÎNG AL VĂII.

Debitele puțurilor sunt foarte mici, cuprinse între 0,0006 și 0,05 l/sec, iar nivelele hidrostatice se situează între adâncimile de 0,45 m și 11,00 m.

Izvoare cu debite reduse de ape sulfuroase mai sunt cunoscute pe văile: Silva, Nedelcu și Nuferilor.

Apele clorosodice-bromoiodurate au fost exploataate, inițial, prin 7 foraje cu adâncimi de 92–334,10 m, executate de firma Societatea Petrol Govora, în zona văii Hința, în amonte de confluența cu valea Silva. Prin aceste foraje au fost deschise strate acvifere din depozitele helvețiene. De asemenea, prin forajul nr. 2 Petrol Govora, executat în anul 1929, pînă la adâncimea de 872,75 m, pe un amplasament situat pe stînga văii Hința, în extremitatea comunei Govora, s-a constatat pre-



zența apelor minerale din depozitele helvețiene. În prezent, nici unul dintre aceste foraje nu mai este în exploatare.

Începînd cu anul 1949, actuala întreprindere de foraj și lucrări geologice speciale — IFLGS [Ene, Balint (1958); Vasilescu, Dragomirescu (1959); Ionescu (1966)] a executat o serie de foraje de cercetare geologică și hidrogeologică, cu adîncimi între 350 m și 5001,50 m.

Forajele la care s-au obținut rezultate bune pentru ape minerale, au fost predate pentru exploatare stațiunii balneare Govora, cu următoarele debite:

Forajul nr.	Cota (m)	Adîncimea finală (m)	Interval de captare (m)	Debit m ³ /24 ore
601	280,88	1500	537—440	294,00
602	314,82	1567,50	514—496	45,00
606	383,61	1300	696—484	85,73
606 bis	383,96	350	342—196	189,88
607	337,37	598,50	450—340	43,00
608	291,06	1002	955—722	76,80

Forajele predate au totalizat inițial un debit cumulat de 734,40 mc/24 ore, obținut din stratele acvifere generate în orizonturile permeabile ale depozitelor helvețiene, cu regim de debitare arteziană prin foraje nr. 601, 606, 607 și 608 și prin pompare la forajele nr. 602 și 606 bis.

În timp, debitul forajelor a scăzut, astfel că la forajul 601 care debita artezian, s-a ajuns la 216—302 mc/24 ore prin pompare cu aerlift, iar la forajul 608, debitul artezian a scăzut la 17,28 mc/24 ore.

În aceste condiții, la cererea Ministerului Turismului, ISLGC a executat studii geologice și hidrogeologice în zona stațiunii Govora, în perioada 1973—1977, cu care ocazie a săpat un foraj pînă la adîncimea de 500 m, precum și intervenții la unele din forajele executate anterior de către IFLGS.

Ca urmare a lucrărilor executate, ISLGC Capotă, Iancu (1973) — a stabilit în depozitele helvețiene, următoarele rezerve exploataibile de categoria C₁ de ape clorosodice, bromoiodurate:

Forajul nr.	Intervalul de captare (m)	Debitul m ³ /24 ore
601	537—440	173
602	470—245	145
606	596—384	130
606 bis	342—196	140
607	410—340	86
608	542—308	121
100	57—134	86



Dintre acestea, numai la forajul nr. 608 se mai menține debitarea arteziană, celelalte foraje fiind trecute în regim de pompare, prin sistem aerlift.

Cunoscînd cerințele sporite de apă minerală în stațiunea balneară Govora, precum și evoluția capacităților de debitare la forajele în exploatare, în perioada 1976–1977, IFLGS, a reluat cercetările hidrogeologice în această zonă, prin executarea a două foraje: primul foraj nr. 617 – are adîncimea de 1172,00 m și este situat pe partea dreaptă a pîriului Hîntă, la cca 175 m în amonte de confluența cu valea Nuferilor, cota + 293,10 m, al doilea foraj nr. 618 – are adîncimea de 1350 m, fiind situat de asemenea pe partea dreaptă a pîriului Hîntă, la cca 1600 m în aval de forajul nr. 617, cota + 264,9 m.

Din analiza datelor furnizate de aceste foraje, reprezentate prin carote mecanice intermitente, probe de sită și diagrafii geofizice complexe, comparate în special cu cele obținute prin forajul nr. 610, am ajuns la concluzia că, ambele foraje au avansat prin depozite helvețiene pînă la adîncimea de 945 m la forajul nr. 617 și 1248 m la forajul 618, după care au fost interceptate formațiunile aquitanian-burdigaliene, în care forajele au fost oprite, la adîncimile arătate mai înainte.

Avind în vedere obiectivul urmărit prin aceste lucrări, respectiv punerea în evidență a noi strate acvifere minerale, care să poată fiexploatare, în vederea satisfacerii cerințelor de apă minerală în zona Govora, stratele acvifere din depozitele Helvețianului superior au fost închise prin coloane cimentate în spate și s-au făcut încercări hidrogeologice experimentale numai din stratele acvifere cantonate în depozitele aquitanian-burdigaliene și helvețian inferioare.

Astfel, la forajul nr. 617 au fost deschise prin perforarea coloanei Ø 5.1/2" cu 12 jeturi/metru, intervalele: 947–951 m; 953–981 m; 992,50–1001 m; 1013–1035 m; 1110–1114 m și 1126–1136 m în depozitele burdigaliene.

Dat fiind efectul de blocaj al stratelor permeabile ca urmare a noroiiului de foraj folosit, cu densitate în jur de 2 kg/dm³, după perforare, forajul a debitat foarte slab, respectiv sub 0,10 l/sec. Pentru creșterea debitului, s-a trecut la forțarea strateelor prin pistonare, cu nivel dinamic în jurul adîncimii de 550 m, dar efectul a fost practic neînsemnat. În această situație s-a torpilat în dreptul stratelor permeabile mai importante, cu patru explozii la adîncimile: 1023 m; 994,50 m; 976,50 m și 953,50 m, după care forajul a început să debiteze artezian. În final, pe duză de 12 mm, debitul forajului s-a stabilit la 103,60 mc/24ore, apă clorosodică-bromoiodurată cu mineralizație totală de 41,1697 gr/kg și temperatură de +31°C; presiunile dinamice au fost de 22 atmosfere la tubing și 52 atmosfere la coloană, iar presiunea statică fiind de 90 atmosfere. Cu acești parametri, forajul a fost predat pentru exploatare la O.J.T. Vilcea.

La forajul 618, în prima etapă au fost deschise, prin perforarea coloanei Ø 5.1/2", cu 12 jeturi/metru, intervalele: 1249–1260 m și 1267–1286 m din Burdigalian, pentru care, după încercările de antrenare prin debitare arteziană, pistonare, fisurare hidraulică și în final torpilare, debitul nu a depășit 0,20 l/sec, apă bromoiodurată.



În etapa a doua au fost deschise prin perforarea coloanei $\varnothing 5,1/2''$, cu 12 jeturi/metru, intervalele: 882–896 m; 945–951 m; 960–965 m; 1025–1051 m; 1072–1075 m; 1080–1086 m; 1104–1112,00 m; 1124–1129 m; 1140–1147 m și 1180–1187 m din Helvetianul inferior, care după înlocuirea noroiului cu apă, au început să debiteze, pe duză de $\varnothing 12$ mm, 224,60 mc/24 ore, apă clorosodică-bromoiodurată, cu temperatură de +37°C și mineralizația totală de 42,1429 gr/kg; presiunea dinamică a fost de 14 atmosfere la tubing și 26 atmosfere la coloană, iar presiunea statică, de 33 atmosfere. Cu aceste caracteristici, forajul a fost predat pentru exploatare Complexului balnear Govora.

În acest fel, potențialul de alimentare cu apă minerală, în zona Govora a crescut cu 328,20 mc/24 ore.

Datele hidrogeologice obținute prin cele două foraje, au arătat că stratele acvifere de adâncime, generate în orizonturile permeabile ale depozitelor burdigalian-aquitaniene, precum și în partea inferioară a Helvetianului, constituie noi surse de alimentare cu apă minerală, care pot să satisfacă cerințele în continuu creștere din stațiunea Govora.

De asemenea, prin aceste foraje s-a obținut, pentru prima oară, ape minerale cu temperaturi de +31°C și respectiv +37°C.

În măsura în care pentru stratele acvifere care constituie actualele surse de alimentare, se va constata scăderea potențialului de debitare, aşa cum au evoluat stratele acvifere deschise în primele foraje, executate în zonă pînă la adâncimea de 334 m, cercetarea hidrogeologică va trebui să fie orientată către stratele acvifere mai profunde, generate în orizonturile permeabile ale depozitelor paleogene și cretacice.

Stratele acvifere mai profunde, prezintă importanță și prin aceea că dispun de temperaturi mai ridicate, aşa cum s-a dovedit prin forajele IFLGS, executate în zona Căciulata-Călimănești.

Trebuie avut însă în vedere că, zona Govora, prin complexitatea structurii geologice și prezența gazului metan, în stratele permeabile acvifere, la presiuni care în general cresc cu adâncimea, impune măsuri speciale la săparea forajelor pentru prevenirea erupțiilor. Aceste măsuri, în special prin calitatea fluidelor de foraj, influențează substanțial permeabilitatea stratelor, în imediata vecinătate a forajului, ceea ce se reflectă în rezultatele încercărilor hidrogeologice experimentale, care în unele cazuri sunt total modificate.

Pentru evitarea unor asemenea situații, se impune ca programele de cercetare prin foraje să fie cât mai rigurose stabilite, atât în ceea ce privește obiectivul, cât și tehnologia de săpare și deschidere a stratele acvifere.

BIBLIOGRAFIE

- Căpotă A., Iancu V. (1973) Raport, arhiva Intreprinderii pentru sistematizare, locuințe și gospodărie comună, București.
- Ene I., Balint Iulia (1958) Raport, arhiva Intreprinderii de foraj și lucrări geologice speciale, București.
- Ionescu Elena (1966) Raport, arhiva Intreprinderii de foraj și lucrări geologice speciale, București.



- Ionescu Argetoiaia I. P. (1918) Pliocenul din Oltenia. *An.Inst. Geol.* VII, Bucureşti.
- Liteanu, E., Vasilescu G., (1967) Despre existenţa apelor termo-minerale, în zona staţiunii balneare Căciulata. *Rev. hidrotehnica, gospodărirea apelor, meteorologia*, 12, Bucureşti.
- Popescu G. (1954) Cercetări geologice în regiunea Govora—Rm. Vilcea-Olăneşti (Depresiunea Getică). *D.S.Com. Geol.* XXXVIII, Bucureşti.
- Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din România. Ed. tehnică, Bucureşti.
- Stoica C., Schowertsh E. (1962) — Neozoicul dintre valea Luncavățului și valea Govorei. *D.S.Com. Geol.*, XLIII, Bucureşti.
- (1964) Anticlinalul Govora. *Rev. Petrol și Gaze* 2/1974, Bucureşti.
- Vasilescu G., Dragomirescu C. (1959) Raport, arhiva Intreprinderii de foraj și lucrări geologice speciale, Bucureşti.
- Zbierca A. (1964). Raport, arhiva Intreprinderii geologice de prospecții pentru minerale solide, Bucureşti.

RECHERCHES HYDROGÉOLOGIQUES POUR EAUX MINÉRALES, DANS LA ZONE DE LA STATION BALNÉAIRE DE GOVORA

(Résumé)

La station balnéaire Govora est située dans l'unité géologique majeure de la Dépression getique, sur la structure anticlinale Otășău-Govora.

A la constitution géologique de cette zone participant des dépôts appartenant au : Quaternaire, Miocène, Paléogène et Crétacé, disposés sur le soubassement cristallin.

Afin de satisfaire aux besoins balnéaires dans le cadre de cette station, les eaux sulfureuses chloro-sodiques sont obtenues des puits, creusés dans les dépôts tortoniens et sarmatiens, le long de la vallée de la Hința, en amont du confluent avec la vallée de Silva, et les eaux chloro-sodiques, bromo-iodurées sont assurées par l'exploitation des forages ayant capté les couches aquifères formées dans les horizons perméables des dépôts helvétiques.

L'analyse de l'évolution des débits, aux sources des eaux minérales, indique une diminution considérable des capacités de débit chez les forages exploités pour eaux chloro-sodiques bromo-iodurées.

En connaissant les besoins accrues en eau minérale de la station Govora, l'I.F.L.G.S. a repris les recherches hydrogéologiques dans cette zone et durant la période 1976—77 a exécuté deux forages, sur le flanc méridional de l'anticlinal Ottășău—Govora.

Le premier forage, no. 617, est avancé jusqu'à la profondeur de 1172 m, et le deuxième, no. 618, a atteint une profondeur de 1350 m, en interceptant la limite Helvétien-Aquitain-Burdigalien à une profondeur de 954 m et notamment 1248 m.

Les recherches hydrogéologiques expérimentales effectuées à l'aide de ces forages ont prouvé que dans les horizons perméables de la partie basale des dépôts helvétiques, qui n'ont pas été ouverts par les forages d'exploitation des eaux minérales exécutés antérieurement.

urement, ainsi que dans les dépôts aquitano-burdigaliens, se sont formées des couches aquifères, avec un débit artésien de 103,60 — 224,60 m³/24 h, d'eau chloro-sodique, bromo-iodurée, à minéralisation totale autour de 42 g/l et température de jusqu'à +37°C, en enregistrant ainsi, pour la première fois, l'existence des eaux thermo-minérales dans la zone de Govora.

Les données de connaissance obtenues mènent à la conclusion que, dans les horizons perméables des formations : aquitano-burdigaliens, paléogènes et crétacées se sont formées de couches aquifères minérales, à températures accrues, à même de satisfaire les besoins en eau minérale de la station balnéaire de Govora.



CERCETĂRI HIDROGEOLOGICE PENTRU APE TERMALĂ,
ÎN ZONA SUDICĂ A DEPRESIUNII PANNONICE
(JUDEȚUL TIMIȘ)¹

DE

GHEORGHE VASILESCU², CRISTIAN DRAGOMIRESCU², VICTOR MIRCESCU³,
ANA ŠINKA²

Regional hydrogeology. Aquifers. Thermal waters. Artesian waters. Hydrogeological boreholes. Lower Pliocene. Miocene. Pannonian Depression. South Mureș zone.

Abstract

Hydrogeological Researches for Thermal Waters in the Southern Zone of the Pannonian Depression (Timiș District). The good results obtained by the hydrogeological research works for thermal waters on the Romanian territory, namely in the northern half of the Pannonian Depression, led to the drawing out and carrying out of a drilling program with a character of hydrogeological reference also in the southern part of this structural unit. The developed works proved that in the permeable horizons of the Lower Pliocene, Miocene and crystalline formations, thermal and hyperthermal aquiferous strata are generated, yielding artesian waters with temperatures of up to 90°C; the most important aquifer capacities are recorded for the Lower Pliocene deposits. The data obtained account for the necessity of a detailed hydrogeological research in order to establish the thermal waters reserves in this part of the Romanian territory.

I. Introducere

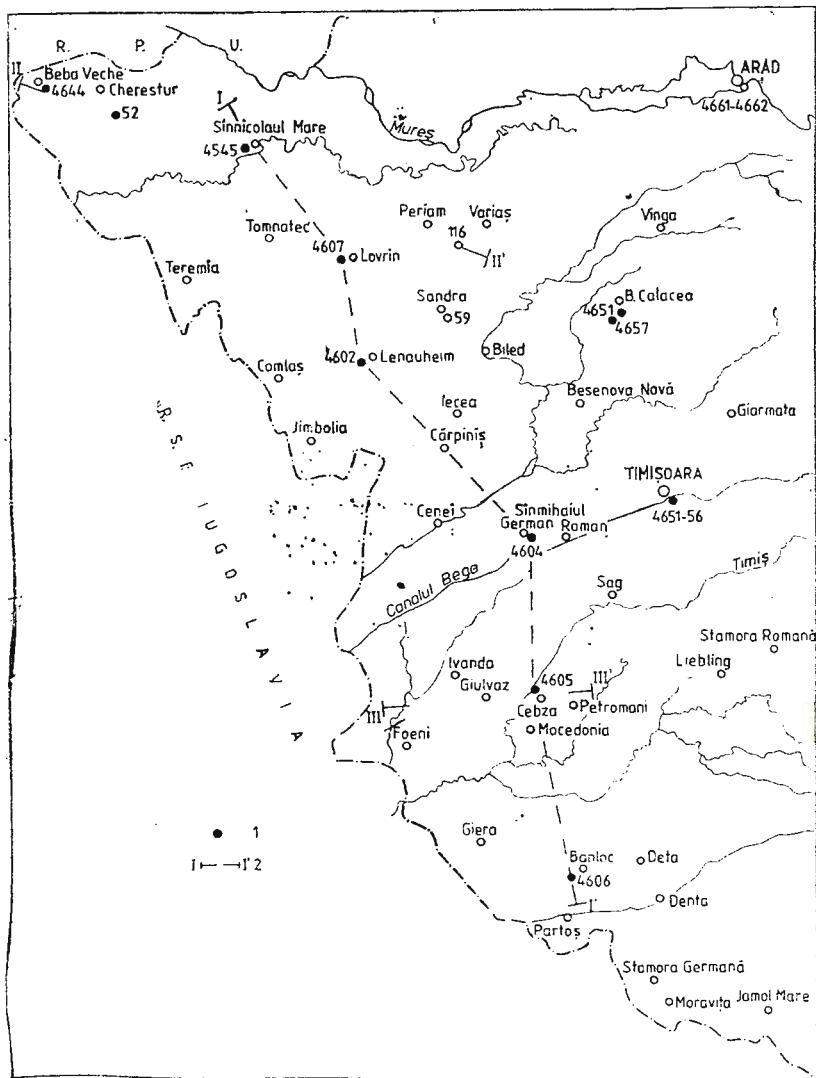
Analiza diverselor unități structurale din țara noastră, privind perspectivele pentru ape termale, a indicat că cele mai largi posibilități de identificare a unor surse importante de ape termale, sunt legate de condițiile geologice ale Depresiunii Pannonice.

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale — Călimănești, octombrie 1978.

² Intreprinderea de foraje și lucrări geologice speciale, Str. Caransebeș, nr. 1, 78344 București, 32.



Caracterizată printr-o importantă anomalie geotermică, evidențiată atât printr-o serie de emergențe de ape termale (Băile Felix, Băile Tinca etc.), cît și prin rezultatele măsurătorilor de termometrie în foraje (186° la forajul nr. 4041 Galoșpetreu, la adîncimea de 3178 m, în partea de nord a Depresiunii Pannonicice și 160° la sonda nr. 1 Sînnicolau, la adîncimea de 3200 m, în partea sudică), Depresiunea Pannonică prezintă pe întreaga suprafață o treaptă geotermică redusă (15–16 m), subsolul



Schița zonei de sud-vest a Banatului — Depresiunea Pannonică.

1, foraje hidrogeologice pentru ape termale; 2, secțiuni geologice.

Esquisse de la zone sud-ouest de Banat — Depression Pannonique.

1, forages hydrogéologiques pour eaux thermales; 2, sections géologiques.

ei dovedindu-se un rezervor important de ape termominerale și hipertermale, exploatație cu succes pentru diverse scopuri.

În cadrul IFLGS, lucrările de cercetare hidrogeologică pentru punerea în evidență a zăcămintelor de ape termominerale și hipertermale din Depresiunea Pannonică, au fost începute din anul 1962, cercetându-se în prima fază zona nordică și centrală a acestei unități.

Lucrările de cercetare hidrogeologică prin foraje s-au axat pe cercetarea complexelor acvifere de adâncime termale, din nisipurile și gresiile Pliocenului și Miocenului, din calcarele cretacice și din dolomitele triasice, lucrări care au condus la obținerea unor rezultate deosebit de favorabile.

Începînd din anul 1974, s-a trecut la executarea de foraje de referință hidrogeologică pentru ape termale, în partea sudică a Depresiunii Pannonice, respectiv în zona de vest și sud-vest a Banatului, urmărindu-se cercetarea stratelor acvifere de adâncime din Pliocen, Miocen și din partea superioară alterată a fundamentului cristalin.

În afara măsurătorilor de termometrie prin forajele săpate de fostul Minister al Petrolului, fundamentarea lucrărilor de cercetare din această zonă, s-a bazat pe rezultatele cercetărilor de cercetare hidrogeologică prin forajele executate de IFLGS, în zonele municipiilor Arad și Timișoara și în zona Băilor Calacea, precum și pe datele furnizate de probele de producție efectuate prin unele foraje M.P. care au dovedit existența apelor termale în diverse formațiuni geologice, cu temperaturi pînă la +90°C.

În zona respectivă au fost executate, în perioada 1974–1977, 7 foraje de referință hidrogeologică, cu adâncimi cuprinse între 1546 m și 3200 m, în zonele localităților: Lenauheim — forajul nr. 4602 cu adâncime de 3200 m, Sinmihaiul German — forajul nr. 4604, cu adâncime de 2150 m, Cebza — forajul nr. 4605 cu adâncime de 2292 m, Banloc — forajul nr. 4606, cu adâncime de 1546 m, Lovrin — forajul nr. 4607, cu adâncime de 2950 m, Beba Veche — forajul nr. 4644 cu adâncime de 3200 m și Sinnicolaul Mare — forajul nr. 4645, de asemenea cu adâncime de 3200 m (fig., pl.).

Cercetările au fost completate prin redeschiderea și efectuarea de încercări experimentale hidrogeologice, prin trei foraje săpate anterior pentru alte obiective și abandonate, respectiv prin forajele nr. 116 Variaș, 52 Cherestur și 59 Sandra.

II. Considerații geologice

Lucrările de prospecții geofizice și cercetările geologice prin foraje au condus la stabilirea succesiunii stratigrafice, a formațiunilor care iau parte la alcătuirea geologică a zonei de sud a Depresiunii Pannonică, precum și la obținerea unei imagini structurale de ansamblu a acesteia.

Astfel fundamentalul zonei este constituit din formațiuni cristalofiliene, străbătute de roci eruptive, peste care sunt dispuse formațiuni sedimentare care aparțin: Cretacicului, Paleogenului, Miocenului, Pliocenului și Cuaternarului.



Cristalinul — este constituit din roci de tip epizonal și mezozonal — sisturi cloritoase, sericitoase, sisturi amfibolice, amfibolite și micașisturi.

Prin forajele hidrogeologice, formațiuni cristaline au fost interceptate numai prin forajul nr. 4605 Cebza (micașisturi și sisturi sericitoase, în general alterate) și forajul nr. 4606 Banloc (sisturi amfibolice, amfibolite și micașisturi).

Complexul cristalin este străbătut de roci eruptive, reprezentate prin : granite, grano-gnais, porfirite și melafire, roci asemănătoare cu cele care apar la zi pe bordura estică a zonei sudice a Depresiunii Pannonicice.

Cretacicul — reprezintă cea mai veche formațiune sedimentară din această zonă.

Depozitele cretacice, care pe baze microplaeontologice au fost atribuite Senonianului, au fost întâlnite prin forajele nr. 45 și 46 Cărpiniș, 1 Sinmartin, 40 Uivar și 4 Ceavoș, cu grosimi de 250 — 600 m, însă nici un foraj nu le-a străbătut în totalitate.

Ele sunt constituite din argile cenușii cu frecvențe oglinzi de fricțiune și cu intercalații de gresii. Prin forajul nr. 58 Dudeștii Noi, Cretacicul, într-un facies predominant grezos, a fost străbătut pe o grosime de cca 900 m.

Paleogenul — este reprezentat prin sedimente de vîrstă eocenă, constituite din marne grezoase cenușii, cu intercalații de gresii și microconglomerate, breccii cu elemente calcaroase și cu ciment marno-argilos, cu numuliți.

Aceste depozite au fost întâlnite numai prin două foraje situate la SE de Timișoara, respectiv forajele nr. 10 Jebel și 14 Folea.

Miocenul — este reprezentat prin Helvetician, Tortonian și Sarmatian.

Helveticianul a fost întâlnit în forajele executate pe structurile Foeni și Ceavoș, unde este reprezentat prin gresii roșcate și microconglomerate, cu rare intercalații de marne, iar în zona Moravița prin argile nisipoase cenușii-verzui, cu intercalații de nisipuri și pietrișuri.

Tortonianul — este transgresiv pentru formațiunile sedimentare mai vechi, uneori fiind dispus direct pe cristalin.

În general, depozitele tortoniene sunt alcătuite din marne compacte cu intercalații de gresii calcaroase și calcare grezoase, cum a fost întâlnit și prin forajele nr. 4602 Lenauheim, 4644 Beba Veche și 4645 Sînnicolaul Mare, grosimea lor fiind de 450—500 m.

În zonele în care Tortonianul este dispus direct pe cristalin, acesta este format din calcare și marnocalcare foarte fine, compacte, cu grosimi de 50—150 m, cum a fost întâlnit în forajele din zonele : Variaș, Cebza și Banloc.

Sarmatianul — este de asemenea constituit dintr-un complex grezos-marnos cu grosimi de 200—300 m.

Datorită asemănării petrografice, separarea depozitelor helveticiene, tortoniene și sarmatiene este dificilă astfel că, în general, sunt luate în considerare, în majoritatea forajelor, sub termenul global de „Miocen”.



Pliocenul — se aşterne transgresiv peste diverşii termeni ai Mioce-nului, peste Cretacic sau chiar peste funda-mantul cristalin.

Pozi-ia discordantă a Pliocenului este dovedită prin discontinuitatea de sedimentare dintre depozitele sarma-tiene și cele pon-iene, cu care incepe transgresiunea pliocenă din această zonă.

Pon-ianul — determinat pe baze macro- și microfaunistice, se dezvoltă cu grosimi variabile, în funcție de relieful preexistent. Litologic, incepe cu un complex psamo-psefitic, alcătuit din gresii cu bob mediu pînă la grosier, nisipuri fine la grosiere, cenușii, cu intercalări marnoase, peste care urmează un complex de marne și argile compacte, cu intercalări de nisipuri.

Cu toate că se remarcă, în general, o uniformitate litologică, în detaliu, condi-ile de sedimentare se dovedesc a fi destul de diferite de la o zonă la alta, fiind determinate de morfologia fundului bazinului, de inten-sitatea mișcărilor de ridicare și coborîre, de natura sedimentelor, de dis-tan-ă și direc-ia de transport, etc.

Dacianul și *Levantinul* — sănt reprezentate prin-tr-un complex de nisipuri fine la grosiere, uneori slab cimentate, cu intercalări de marne, argile și argile nisipoase, lipsite în general de faună. Grosimea acestor depozite este apreciabilă, în zonele depresionare ajungînd la peste 2500 m, cum este cazul și în forajul nr. 4607 Lovrin (2560 m).

Prezen-ia depozitelor pliocene cu o mare predominan-ă a faciesurilor psamo-psefitice, cu grosimi mari, care în zonele depresionare depășesc 3000 m, are o importan-ă deosebită din punct de vedere hidrogeologic, deoarece acestea constituiesc cele mai importante colectoare pentru ape termale.

Cuaternarul — acoperă întreaga suprafa-ă a zonei, fiind reprezentat prin depozite loessoide, depozite aluvionare ale luncilor și teraselor prin-cipalelor râuri, depozite deluviale etc.

Eruptirul — cunoscut la suprafa-ă pe marginile depresiunii și înălnit în forajul nr. 51 Sînmihai, 1 Sînmartin, 1 Ivanda, 2 și 3 Giulvăz, apar-ine magmatismului triasic-cretacic inferior (diabaze și porfirite), cretacic superior-paleogen (granodiorite, diorite, andezite și dacite), neogen (andezite piroxenice și piroclastite), cuaternar (bazalte). Forajele prin care s-au interceptat roci eruptive sănt dispuse de-a lungul unei zone orientate aproximativ N – S, ceea ce presupune că acestea apar-în unui corp eruptiv, format prin pătrunderea pe o linie de disloca-ie, în diferite faze de erup-ie.

Structural, în alcătuirea Depresiunii Pannonice se deosebesc două complexe: complexul inferior al forma-uniilor cristaline și complexul superior al forma-uniilor sedimentare.

Forma-uniile cristaline împreună cu depozitele sedimentare preneo-gene, formează soclul Depresiunii Pannonice, în timp ce depozitele neo-gene constituie cuvertura acestei depresiuni.

În ceea ce privește fundamentalul cristalin, al zonei sudice a Depresiunii Pannonice, prospec-uniile geofizice și forajele executate au pus în eviden-ă existen-ă unor zone de coborîre și ridicare, compartimentate în



diferite blocuri tectonice de o serie de linii de fractură, pe un fond de cădere generală de la est la vest. În funcție de poziția structurală a acestor blocuri sau de relieful lor în diverse momente ale evoluției geologice, au rezultat variații importante de facies, grosime, sau succesiuni stratigrafice.

Depozitele sedimentare depuse în diversele faze de subsidență (Cretacic superior, Miocen și Pliocen) mulează un relief existent, astfel că există un oarecare paralelism între stilul tectonic al fundamentului și cel al cuverturii. Supuse în general mișcărilor de exondare și subsidență, aceste depozite formează umplutura zonelor depresionare, iar în zonele de ridicare ale fundamentului, au dat naștere unor structuri anticlinale de tasare.

Harta structurală întocmită în cadrul ICPGG, la baza Pliocenului evidențiază existența unor ridicări structurale, dispuse de-a lungul unor aliniamente cu direcție N-S (Cherestur-Teremia, Tomnatec-Comloș, Variaș-Șandra, Uivar-Foeni-Ceavos, Sînmartin-Giulvaz, Sînmihai-Petroman-Macedonia, Denta-Moravița etc.), separate prin zone depresionare, în care grosimea depozitelor sedimentare este deosebit de mare.

III. Cercetări hidrogeologice

După cum am arătat, existența apelor termale în zona sudică a Depresiunii Pannonice, a fost indicată de datele furnizate de rezultatele probelor de producție, efectuate prin unele foraje executate de fostul Minister al Petrolului.

Astfel, au fost întâlnite ape termale cu temperaturi de +70°C pînă la +90°C prin forajele nr. 4 Ceavos și 1 Foeni. Apele respective au caracter clorosodic și provin din strate acvifere de adâncime din depozite permeabile miocene și pliocene inferioare.

Măsurările de termometrie executate prin forajele MP au arătat existența unui gradient geotermic crescut, ceea ce presupune că în zonele depresionare, pot fi întâlnite strate acvifere de adâncime, care să debiteze ape cu temperaturi ridicate.

De asemenea prezența unor strate acvifere termale în Pliocenul superior, a fost pusă în evidență în zona Băilor Calacea, de un foraj care debita 2,7 l/sec apă cu temperatură în jur de +37°C.

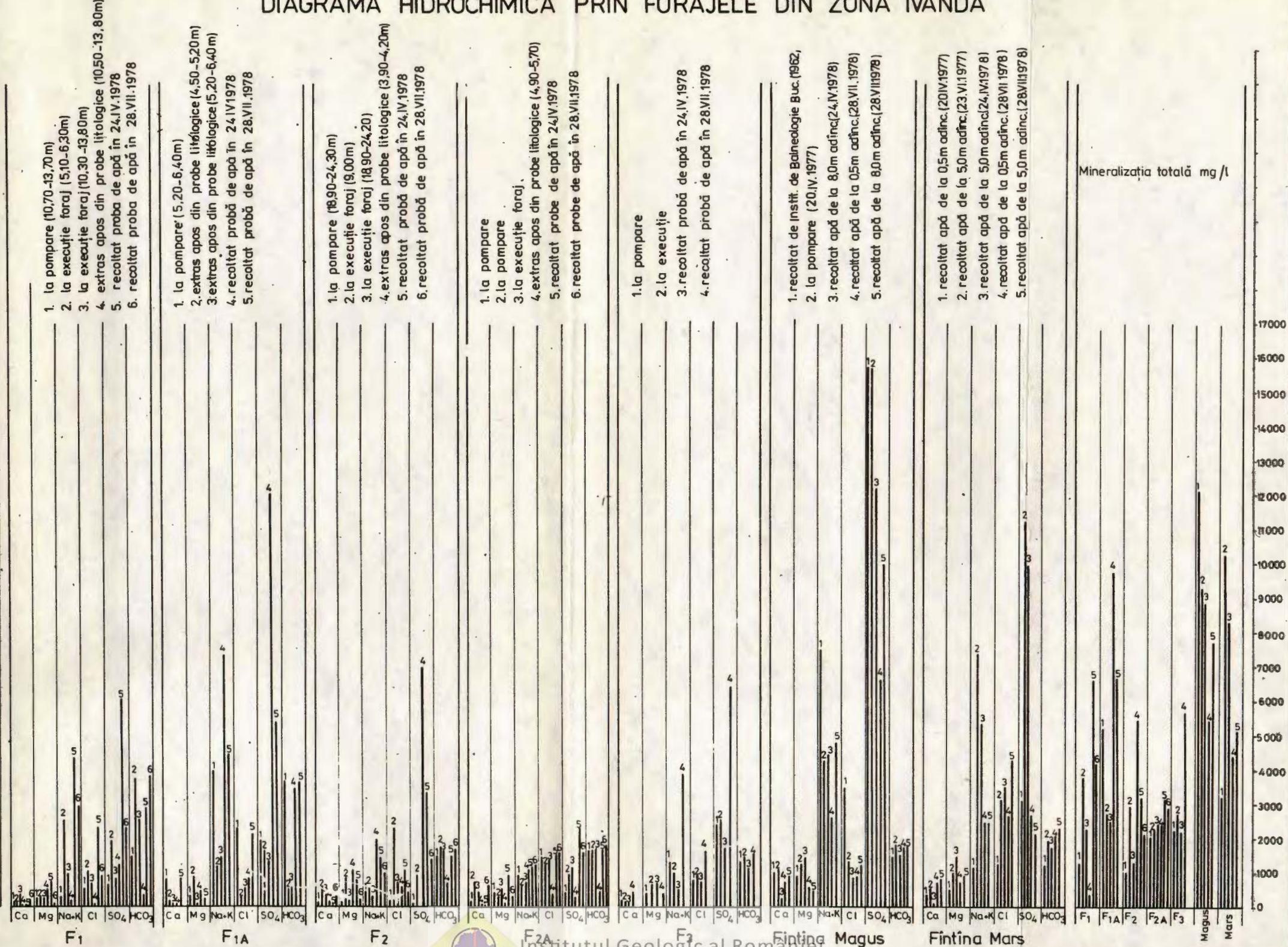
În anul 1963, IFLGS a executat în zona Băilor Calacea un foraj de referință hidrogeologică, prin care au fost cercetate strate acvifere de adâncime din Pliocenul superior. Aceste strate acvifere situate pe intervalul 504–624 m au debită artezian 1,8 l/sec, apă clorosodică, bicarbonatată sodică, cu o mineralizație totală de 2,983 gr/l și cu temperatură de +42°C.

Datele furnizate de acest foraj au fost confirmate și de rezultatele asemănătoare obținute prin forajul nr. 4657, executat în anul 1976.

În zona municipiului Timișoara, prin forajele executate (4651–4656) au fost puse în evidență în Pliocenul inferior, strate acvifere termale, cu debite arteziene de pînă la 8,5 l/sec și cu temperaturi pînă la +52°C. Aceste strate acvifere sunt situate într-un complex de nisipuri cu constituție granulometrică variată (fină la grosieră), între adâncimi de 950–1300 m. Apa debitată de foraje este clorosodică, bromoiodurată, sulfuroasă, cu mineralizații care ajung pînă la 14 gr/l.



DIAGRAMA HIDROCHIMICA PRIN FORAJELE DIN ZONA IVANDA



Menționăm că în forajul nr. 4651 Timișoara, au fost cercetate și stratele acvifere de adâncime din baza Pliocenului superior, situate în jurul adâncimii de 650 m. Aceste strate debitează ape cu temperatură de +35°C, cu un debit de cca 6 l/sec, caracterul apei fiind bicarbonat-calcic-magnezian și alcalin, cu o mineralizație de 4,20 gr/l.

La nord de Mureș, în zona municipiului Arad, s-au obținut ape termale prin forajele nr. 4661 și 4662, cu debite importante (10–12 l/sec), dar cu temperaturi mai reduse (29–32°), din strate acvifere de adâncime din Pliocenul superior, situate între adâncimi de 350–720 m. Caracterul apelor este clorosodic, bromiodurat, bicarbonat, sodic, sulfuros.

Informațiile hidrogeologice obținute prin forajele executate de IFLGS și datele furnizate de forajele M.P., au condus la concluzia că este posibilă existența apelor termale, în toată zona sudică a Depresiunii Pannonice.

Având în vedere că cercetările hidrogeologice anterioare prin foraje, au fost executate pe zone foarte restrânse (Băile Calacea, Timișoara și Arad) pentru cunoașterea repartiției apelor termale, atât pe orizontală cât și în adâncime, s-a trecut la realizarea unui program de cercetare hidrogeologică prin foraje de referință.

Înînd seama de imaginea structurală de ansamblu a zonei sudice a Depresiunii Pannonice, s-a căutat ca forajele de referință hidrogeologică, să fie situate în zonele depresionare, urmărindu-se să fie cercetate formațiunile cu colectorii cei mai favorabili pentru acumularea apelor termale, respectiv Pliocenul superior și inferior, Miocenul și partea superioară alterată a cristalinului.

După cum am arătat, în această zonă au fost executate 7 foraje de referință hidrogeologică, respectiv forajele nr. 4602 Lenauheim, 4604 Sinnihaiul German, 4605 Cebza, 4606 Banloc, 4607 Lovrin, 4644 Beba Veche și 4645 Sinnicolau Mare.

Adâncimea maximă pînă la care au fost executate forajele respective a fost de 3200 m (forajele 4602, 4644, 4645), adâncime limitată și de capacitatea instalațiilor de foraj utilizate.

Cercetările au fost completate prin executarea de încercări hidrogeologice experimentale prin forajele nr. 116 Variaș, 59 Sandra și 52 Cherestur, foraje executate anterior de M.P. și abandonate.

În general, din punct de vedere geologic, datele obținute prin forajele hidrogeologice confirmă datele de cunoaștere anterioare. Limitele diverselor formațiuni traversate de foraje sunt prezentate în tabelul 1.

Datele obținute prin foraje, corelate cu diagrafiile geofizice complexe, executate pe toată adâncimea forajelor și cu măsurătorile de termometrie, au indicat prezența unor complexe de roci permeabile, care pot conține strate acvifere de adâncime, termale, în Pliocenul superior și inferior, în Miocen și în cristalin.

Aceste complexe, puse în evidență, au fost deschise și încercate prin fiecare foraj, rezultatele încercărilor fiind prezentate în tabelul 2.

Analizind rezultatele obținute prin lucrările de cercetare executate, se constată că în fapt au fost evidențiate mai multe complexe acvifere de adâncime, termale, situate la diverse nivele în Pliocenul superior, în Pliocenul inferior, în Miocen și în cristalin.



TABELUL 1
Limitele formațiunilor geologice stabilite în foraje

Nr. crt.	Nr. foraj	Localitatea	Adâncime foraj (m)	Limite stratigrafice		
				Pliocen superior/ Pliocen inferior	Pliocen inferior/ Miocen	Miocen/ cristalin
1	4602	Lenauheim	3 200	2 360	2 830	—
2	4604	Sinnihaiul German	2 150	1 570	1 965	—
3	4605	Cebza	2 292	1 313	1 995	2 115
4	4606	Banloc	1 645	715	1 310	1 339
5	4607	Lovrin	2 950	2 560	—	—
6	4644	Baba Veche	3 200	2 123	2 760	—
7	4645	Sinnicolaul Mare	3 200	2 000	2 755	—
8	116	Variaș	2 102	nedivizat	1 941	2 007
9	59	Şandra	2 193	nedivizat	2 103	2 140
10	52	Cherestur	2 526	2 029	2 369	2 397

Complexul acvifer termal de adâncime din Pliocenul superior, cercetat prin forajele nr. 4644, 4645, 59, 52, a avut un potențial de debitare, arteziană, variind de la $208,00 \text{ m}^3/24 \text{ ore}$ (forajul nr. 4677) pînă la $1728,00 \text{ m}^3/24 \text{ h}$ (forajul nr. 52), datorat în special constituției granulometrice diferite a orizonturilor de nisipuri, în care sunt generate strate acvifere termale. Temperatura apei la suprafața terenului, pentru acest complex acvifer, este cuprinsă între valori de $+51^\circ$ la forajul 4644 Baba Veche și $+90^\circ$ la forajul nr. 52 Cherestur.

Apele complexului acvifer din Pliocenul superior sunt bicarbonatace sodice, bromoiodurate, sulfuroase, cu mineralizații cuprinse între 1,9272 și $4,2975 \text{ g/l}$.

În general, complexul acvifer termal din Pliocenul superior, cu ape cu temperaturi de peste $+50^\circ\text{C}$ se dezvoltă în partea de nord-vest a zonei cercetate.

În partea centrală a zonei, în care Pliocenul superior și complexul marnos al Pliocenului inferior are o dezvoltare redusă, prin forajele nr. 4602, 4604, 4607 și 116, au fost cercetate împreună, complexul acvifer din partea bazală a Pliocenului superior și cel din Pliocenul inferior.

Aceste complexe acvifere au potențiale de debitare de asemenea importante, ajungînd pînă la $1210,00 \text{ m}^3/24 \text{ h}$, apele acestora avînd temperaturi de $+59^\circ\text{C}$ (forajul nr. 4602) pînă la $+86^\circ\text{C}$ (forajul nr. 4607). Variatia mare a temperaturii apelor se datorește, în principal, poziției pe verticală a stratelor acvifere deschise, iar în cazul forajului nr. 4602 Lenauheim și debitului mai redus al orizonturilor acvifere deschise.

În general, apa debitată de foraje din aceste complexe acvifere este clorosodică, bromoiodurată, cu excepția forajului nr. 4607, la care apa este de tip bicarbonat-sodic.

TABELUL 2
Rezultatele cercetărilor hidrogeologice

Formațiu-ne geologică	Nr. foraj	Interval deschis	Rezultate încercări			Mineraliz. apei g/l	Caracterizarea apelor
			Q m ³ /24h	T °C	Pres. st. atm		
Pliocen superior	4 644	953 – 1442	208,00	51	2,15	3,0355	bicarbonatată sodică, iodurată cu concentrație mică
	4645	794 – 1649	916,00	54	6,1	2,5511	bicarbonatată sodică, iodurată sulfuroasă, cu concentrația mică $H_2S = 3,6 \text{ mg/l}$
	59	952 – 1315	1210,00	63	2,8	1,9272	bicarbonatată sodică, iodurată, sulfuroasă cu concentrația mică $H_2S = 0,2 \text{ mg/l}$
	52	1564 – 1856	1728,00	90	8,0	4,2975	bicarbonatată sodică, sulfuroasă cu concentrație mică $H_2S = 2,5 \text{ mg/l}$
Pliocen superior + inferior	4 602	1925 – 3181	129,600	59	5,0	10,9356	clorosodică, bromoiodurată, cu concentrație mică
	4 604	1405 – 1578	690,00	66	4,0	6,1550	clorosodică, bromoiodurată, cu concentrație mică
	4 607	2038 – 2940	520,00	86	7,0	5,5912	bicarbonatată sodică, iodurată, cu concentrație mică
	116	1016 – 1414	1210,00	63	4,5	3,1570	clorosodică, bromoiodurată cu concentrație mică
Miocen	4 644	2968 – 3082	138,00	46	0,5	6,3430	bicarbonatată sodică, clorosodică, iodurată, sulfuroasă, cu concentrație mică $H_2S = 0,7 \text{ mg/l}$
	4 645	2310 – 3186	242,00	78	6,1	5,5289	bicarbonatată sodică, iodurată, sulfuroasă cu concentrație mică $H_2S = 0,3 \text{ mg/l}$
Cristalin	4 605	2062 – 2275	390,00	83	40,0	20,4775	clorosodică, bromoiodurată, cu concentrație mare
	4 606	1380 – 1540	466,00	76	8,5	22,9203	clorosodică, bromoiodurată, cu concentrație mare



Considerăm că tipul de apă în aceste cazuri, este imprimat de afluxul mai mare sau mai mic al fiecărui din cele două complexe acvifere deschise (după cum am arătat Pliocenul inferior are ape de tip clorosodic).

Mineralizația totală a apelor este cuprinsă între 3,1570 g/l și 10,9356 g/l, valori mai reduse decât ale apelor din Pliocenul inferior din zona Timișoara, datorate probabil amestecului dintre apele Pliocenului superior cu mineralizații mai reduse, cu apele Pliocenului inferior, mai puternic mineralizate.

În depozitele miocene, deschise prin forajele nr. 4644 Beba Veche și 4645 Sinnicolau Mare, au fost evidențiate ape termale, cu debite pînă la 242,00 m³/24 ore și cu temperaturi pînă la +78°C. În această zonă, apele stratelor acvifere termale din gresiile și microconglomeratele miocene sunt bicarbonatace, sodice, iodurate, cu conținuturi scăzute de H₂S (0,3–0,7 mg/l).

Mineralizația totală a apei este de 5,5289 – 6,3430 g/l, ușor mai crescută decât a apelor din complexele acvifere superioare.

Rezultate interesante s-au obținut din forajele nr. 4605 Cebza și 4606 Banloc, situate în partea sudică a zonei cercetate, prin care a fost deschisă și încercată partea superioară, alterată a fundamentului cristalin.

În formațiunile cristaline cercetate, au fost puse în evidență strate acvifere termale, cu debite relativ importante, respectiv 390,00–470,00 m³/24 ore, ape cu temperaturi de +76°C la forajul nr. 4606 și + 83°C la forajul nr. 4605.

Apa debitată de forajul nr. 4605 a fost însoțită de rafale de gaze.

Apele din cristalin sunt ape clorosodice, bromiodurate, cu concentrație mare, mineralizația apei variind între 20,4775 gr/l și 22,9203 gr/l.

De menționat că forajele nr. 4605 și 4606 nu au avut obiective de cercetare în Miocen și în Pliocen, faciesul acestor formațiuni fiind în general pelitic.

Cercetările hidrogeologice executate în zona sudică a Depresiunii Pannonice, prin foraje de referință, au condus la concluzia că în formațiunile permeabile ale Pliocenului, Miocenului și în partea superioară a formațiunilor cristaline, sunt situate strate acvifere termale și hipertermale, cu potențiale de debitare importante și cu temperaturi pînă la +90°C.

Cele mai importante complexe acvifere termale din această zonă, sunt complexele situate în baza Pliocenului superior, în Pliocenul inferior și în cristalin.

Prin potențialul de debitare, gradul de termalitate și compoziția chimică, complexele acvifere termale puse în evidență în această zonă, pot constitui surse importante pentru utilizarea energiei geotermice în diverse scopuri economice, precum și pentru balneologie și agrement.

Lucrările de cercetare hidrogeologică prin forajele executate în zona sudică a Depresiunii Pannonice, au adus contribuții importante, în ceea ce privește cunoașterea parametrilor hidrogeologici și hidrochimici ai complexelor acvifere termale. Considerăm că datele obținute vor putea fundamenta o primă apreciere a potențialului de rezerve, pentru complexele acvifere termale din formațiunile sedimentare și cristaline, potențial deosebit de important, dat fiind dezvoltarea mare pe orizontală, cît și pe verticală a complexelor acvifere respective.

BIBLIOGRAFIE

- Leca C., Pirvu Maria (1973) Despre existența apelor termale în zona municipiului Arad. *Inst. geol., St. tehn. econ. seria E*, nr. 11, București.
- Liteanu E., Vasilescu Gh. Opran C. (1964) — Fundamentarea cercetărilor hidrogeologice, pentru descoperirea de noi surse de ape hipertermale în Cîmpia de vest a țării. *D.S. Inst. Geol.*, L 1/2, București.
- Paucă M. (1954) Neogenul din bazinile externe ale Munților Apuseni. *An. Com. Geol.*, XXVIII, București.
- Pricăjan A. (1972) — Apele minerale și termale din România. Ed. tehnică, București.
- Vasilescu, Gh., Dragomirescu Cr. (1969) — Cercetări hidrogeologice pentru ape termominerale, efectuate în zona orașului Timișoara. *Rev. hidrotehnica, gospodăria apelor, meteorologia*, nr. 5, București.

RECHERCHES HYDROGÉOLOGIQUES POUR EAUX THERMALES DANS LA ZONE MÉRIDIONALE DE LA DÉPRESSION PANONIQUE (DISTRICT TIMIŞ)

(Résumé)

La zone méridionale de la Dépression pannonique du territoire de la Roumanie correspond presque à la surface du district Timiș.

À la constitution géologique de la zone participent des formations : quaternaires, plio-cènes, miocènes, paléogènes et crétacées, disposées sur le soubassement cristallin.

Par plusieurs forages de recherche géologique, ainsi que par les forages hydrogéologiques exécutés auparavant dans le périmètre du municipie Timișoara et Bains Calacea, on a obtenu les premières informations sur l'existence des couches aquifères thermales, dans les horizons perméables des dépôts pré-quaternaires.

Les bons résultats obtenus par les travaux de recherche hydrogéologique, pour eaux thermales, dans la moitié septentrionale de la Dépression pannonique, ont mené à l'élaboration et à l'exécution d'un programme de recherche par forage, à caractère de référence hydrogéologique aussi dans la partie sud de cette unité structurale.

Dans le cadre de ce programme on a exécuté 7 forages, à des profondeurs de jusqu'à 3200 m, emplacés dans des points structuralement dépressionnaires.

Les résultats des essais hydrogéologiques expérimentaux exécutés par forages ont mené à la connaissance d'ensemble des caractéristiques des couches aquifères thermales, interceptées dans les dépôts plio-cènes et miocènes, ainsi que dans la partie supérieure du soubassement cristallin.

Ainsi, les couches aquifères des dépôts plio-cènes disposent des débits artésiens, variant entre 208 et 1728 m³/24 h, eau bicarbonatée sodique ou chloro-sodique, iodurée, sulfureuse, à température de jusqu'à + 70°C.



La couche aquifère des réseaux de fissures, affectant la partie supérieure du soubassement cristallin, a débité 390 -- 5470 m³/24 h, eau chloro-sodique, bromo-iodurée, à température de +76 -- 83°C.

Les données de connaissance obtenues mènent à la conclusion que les couches aquifères thermales les plus importantes se sont formées dans les horizons perméables des dépôts pliocènes.

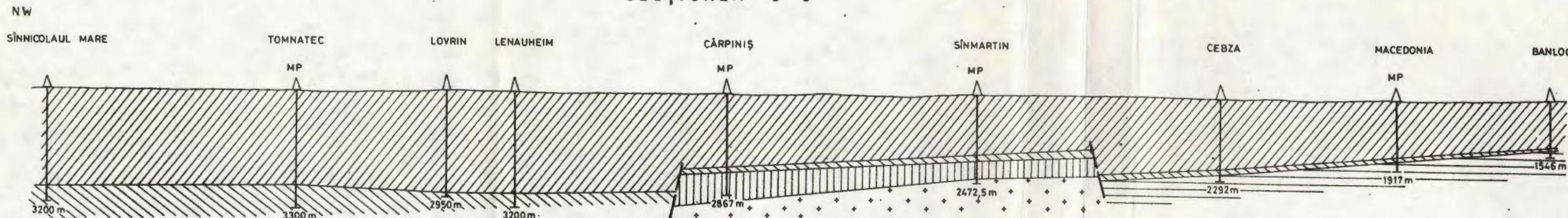
EXPLICATION DE LA PLANCHE

Sections géologiques dans des forages échelle 1 : 200 000, 1 : 100 000.

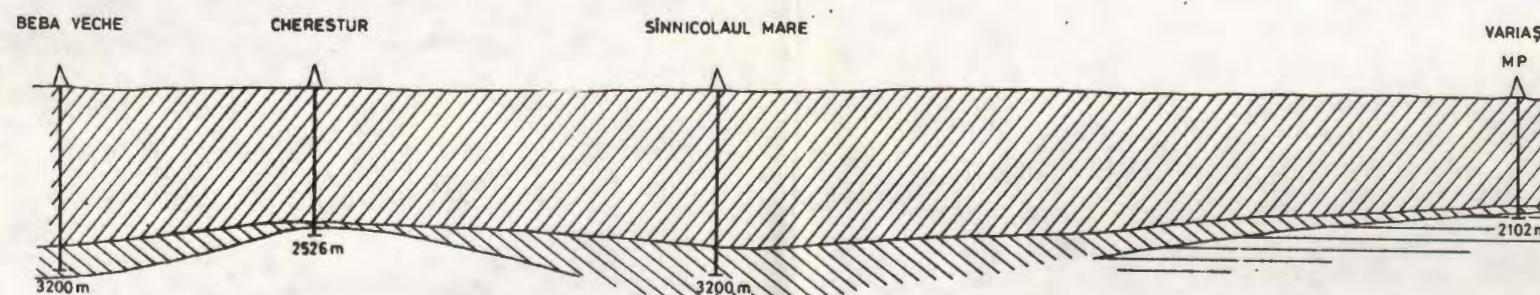
1, Pliocène ; 2, Miocène ; 3, Crétacé ; 4, roches cristallines ; 5, roches éruptives ; 6, failles ; 7, forages géologiques ; 8, forages de référence hydrogéologique.



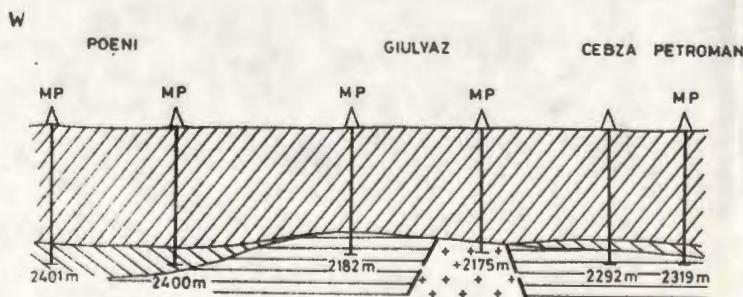
SECȚIUNEA I - I'



SECȚIUNEA II - II'



SECȚIUNEA III - III'



SECȚIUNI GEOLOGICE PRIN FORAJE

SCARA LUNGIMILOR 0 2 4 km

SCARA ÎNĂLȚIMILOR 0 1 2 km

LEGENDA

- 1 Pliocen
- 2 Miocen
- 3 Cretacic
- 4 Rocî cristaline
- 5 Rocî eruptive
- 6 Falii
- 7 Foraje geologice
- 8 Foraje de referință hidrogeologică



UN NOU SISTEM CODIFICAT DE CARACTERIZARE ȘI CLASIFICARE A APELOR MINERALE ȘI TERMALE¹

DE

MIHAIL VERNESCU²

Mineral and thermal waters. Hydrogeology. Electronic processing. Computer. Water resources. Hydrogeological informatics. Water classification.

Abstract

A New Encoded System of Characterization and Classification of Mineral and Thermal Waters. The knowledge of the numerous and various resources of mineral water requires the record and processing of a large amount of information. The paper provides an encoded system of location, denomination and quantitative and qualitative record of all the sources in Romania; this allows the automatic processing of the data and the acquisition of any necessary information. The encoding may be also used for the synoptic presentation on maps of the quality of the sources of mineral waters.

Țara noastră dispune de numeroase și importante resurse de ape termominerale de o extrem de largă varietate, fiind identificate ape din aproape toate tipurile hidrochimice cunoscute, multe din acestea fiind termale, unele prezintând chiar o slabă radioactivitate.

Valoarea acestor resurse naturale, din punct de vedere balneo-terapeutic, turistic, energetic și chiar pur comercial este inestimabilă, atât datorită calității lor cît și datorită potențialului și răspândirii geografice pe aproape întreg teritoriul țării.

Necesitatea identificării și cunoașterii celor cîteva mii de izvoare naturale și foraje care debitează ape minerale și termale este incontestabilă și ca primă dovadă a importanței care s-a acordat acestei acțiuni,

¹ Comunicare susținută la Simpozionul de protecția și exploatarea apelor minerale – Călimănești, octombrie 1978.

² Institutul de cercetări și proiectări pentru sistematizare, locuințe și gospodărie comunală, str. Snagov nr. 53 – 55, București.



reamintin că distinși oameni de știință români și chiar străini și-au consacrat o bună parte din activitatea lor cercetării apelor minerale și termale din țara noastră.

Astfel există numeroase și valoroase lucrări care prezintă rezultatele unor studii și cercetări pe zone geografice, sisteme geologice hidrominerale sau chiar limitate în cadrul unor localități, lucrările acestui simpozion (al IV-lea) de protecție și exploatare rațională a zăcămintelor de ape minerale, fiind o bună exemplificare în acest sens.

Un loc deosebit îl ocupă lucrarea geologului Artemiu Pricăjan „Apele minerale și termale din România” care reprezintă prima sinteză, la nivelul întregii țări, constituind o contribuție deosebit de valoasă pentru clasificarea și inventarierea surselor de ape minerale.

În cadrul prestigiosului Institutul de medicină fizică, balneologie și recuperare medicală, timp de mai bine de 15 ani s-a depus o muncă uriașă în vederea identificării și analizării apei fiecărui izvor, fiecărui foraj de apă minerală. Cele patru volume privind „Apele minerale și nămolerile terapeutice din Republica Socialistă România” publicate pînă în prezent reprezintă un material de o valoare excepțională pe linia cunoașterii resurselor de ape minerale și termale ale țării noastre.

Este de remarcat însă că atît modul de clasificare cit și cel de prezentare a materialelor nu permit obținerea unei vizuni de ansamblu asupra situației apelor minerale și termale din țara noastră și cu atît mai puțin prelucrarea datelor în vederea cunoașterii potențialului existent pe diferențele categorii de ape minerale.

Aceste deficiențe ca și metodologia adoptată pentru identificarea surselor de apă minerală prin folosirea simultană a unor nume proprii, a indicativelor numerice, a denumirii unităților care au executat lucrările de captare, a unor indicații privind locația, nu face posibilă întocmirea unui cadastru detaliat aşa cum există în alte țări și cum considerăm că este absolut și urgent necesar să realizăm și în țara noastră. De altfel este ușor de înțeles că pentru o corectă identificare și în special pentru prelucrarea automată a datelor nu pot fi menținute simultan denumiri ca : Izvorul local, Izvorul din şosea (8 km de Vaslui), Forajul 125, Sonda B (dintre blocuri), Izvorul Paiu, Izvorul de pe pîrîul Gilminei, Izvorul Păcura, Izvorul Valea Fîntinii nr. 1, Izvorul Neagra Bolovăniș, Izvorul nr. 2, Izvorul nou, Izvorul sărat de pe Murătoarea Roma, Sonda ISEM nr. 5081, Sonda 605 etc.

În bună măsură însăși definițiile și clasificările folosite pentru apele minerale sunt neprecise și neunitare fiind folosite în mod diferit de medici, chimisti, geologi sau ingineri, chiar în cadrul aceleiași specialități apărind moduri diferite de a clasifica și denumi apele minerale.

Astfel se folosesc definiții de ordin calitativ general ca de exemplu : „Apa termominerală este o apă naturală, dotată cu proprietăți terapeutice deosebite” (Castany, 1967), „Apele minerale sunt apele subterane sau chiar superficiale care datorită unei mineralizații speciale sau unor calități fizice deosebite sunt utilizate cu eficacitate în cura balneară sau industrie ca materie primă” (Pricăjan, 1972).



„Apa minerală este o apă care conține în soluție foarte diluată diverse săruri minerale și care se ivește la suprafața scoarței pământului printr-o sursă, sau care — cu ajutorul unor lucrări artificiale — o extragem din simbolul scoarței pământului” (Grozeșcu, 1950).

„Apa minerală este apa subterană sau de suprafață, termală sau rece, cu un conținut variabil de săruri, gaze sau substanțe minerale radioactive, caracterizată prin proprietăți terapeutice sau posibilități de valorificare industrială” (STAS 4621-69).

În alte cazuri s-a încercat să se introducă în definiții elemente cantitative ca de pildă:

„Prin noțiunea de ape minerale se înțeleg acele ape naturale care, administrate pe cale internă în cura de băut sau pe cale externă sub formă de băi, inhalații sau irigații, au acțiuni terapeutice asupra organismului. Pentru ca o apă să poată fi considerată minerală ea trebuie să îndeplinească anumite condiții: să conțină cel puțin 1 g de săruri obișnuite (cloruri, sulfati, bicarbonați) la litru, să conțină elemente chimice cu acțiune farmacodinamică importantă (I, As, Fe) în anumite cantități admise ca minimum necesare, să conțină unele gaze (CO_2 , SH_2 , Radon) în anumite concentrații, sau să aibă la izvor temperatura de peste 20°C (ape termale) și, bineînțeles să aibă o acțiune terapeutică verificată și recunoscută științific (Dinulescu, 1963).

„Apă termală este apa subterană cu o temperatură mai ridicată decât media celei mai calde luni a anului” (STAS 4621-69).

Evident că nici una din aceste definiții nu dă totală satisfacție și aceasta se datorează în primul rând mariei varietăți a apelor minerale, ceea ce face ca încadrarea lor într-o definiție formulată sintetic să fie deosebit de dificilă. De altfel, trebuie să menționăm că definiția dată în STAS 4621-69 pentru apă minerală, reprobusă mai sus, conține o eroare de principiu intrucât una din caracteristicile esențiale ale apelor termominerale este aceea de a-și păstra calitatea la sursă, deci conținutul de săruri, gaze sau substanțe radioactive nu este „variabil” ci este „variat” de la o apă la alta.

Atât definiția STAS 4621-69 cât și celelalte definiții care au la bază aprecierea calitativă de ordin general se pot aplica în egală măsură apelor naturale dulci, a căror proprietăți terapeutice nu pot fi contestate (hidroterapia) și care au totodată posibilități de valorificare industrială (producerea de apă grea etc.). Pe de altă parte, a considera ape minerale numai pe acelea care au proprietăți terapeutice deosebite sau numai pe acelea care sunt utilizate cu eficacitate în cura balneară sau în industrie, este neștiințific, deoarece pot fi cazuri în care proprietățile terapeutice respective sau posibilitățile de valorificare să nu fie încă descoperite la nivelul respectiv al cunoștințelor. Ori, definirea corectă a apelor minerale nu poate fi dependentă de nivelul cunoștințelor medicale sau tehnice la un moment dat.

De aceea, ținând seama că toate tipurile de clasificare a apelor termominerale folosite au la bază, după cum se va arăta în cele ce urmează, precizarea unor domenii privind conținutul de săruri, gaze sau a valorii temperaturii, apare logic ca definiția să se bazeze pe aceleasi criterii, fără a se face referire la utilizarea terapeutică sau la posibilitățile de valorificare industrială a apei respective. La această propunere poate să apară o



observație obiectivă referitoare la faptul că multe ape minerale au proprietăți terapeutice recunoscute în ciuda conținutului total foarte redus de săruri. Explicația rezidă în aceea că apele respective conțin cel puțin un anumit element chimic în concentrație importantă deși pe ansamblu conținutul total de substanțe chimice poate fi redus. Rezultă de aici că, pentru definirea apelor minerale pe baza caracterizării fizico-chimice a conținutului de substanțe dizolvate sau în stare de hidrosoli, nu se va putea adopta un indicator global, ci va trebui să se prescrie și limite minime pentru anumite săruri sau elemente chimice specifice conținute în apă, limite de la care apa să fie considerată minerală. Pe baza acestui raționament și pornind de la definiția STAS 4621-69 propunem pentru apa minerală următoarea definiție :

„apa minerală este apa naturală subterană sau de suprafață atermală sau termală cu conținut variat de săruri, elemente chimice, gaze sau substanțe minerale radioactive, care depășește una din valorile minime stabilite”.

Această definiție este similară cu definiția dată în STAS 4621-69 pentru apa potabilă „apă naturală, subterană sau de suprafață care îndeplinește anumite condiții organo-leptice, fizico-chimice, bacteriologice, biologice etc. . . .”, condiții care sunt normate prin indicatori limită.

Pentru apa minerală lista valorilor minime a indicatorilor caracteristici, dintre care cel puțin una trebuie să fie depășită se propune să fie următoarea : mineralizare totală (rezidiu fix la 105°C) $\geq 1000 \text{ mg/dm}^3$, $\text{Fe} \geq 10 \text{ mg/dm}^3$; $\text{As} \geq 0,7 \text{ mg/dm}^3$; $\text{Br} \geq 5 \text{ mg/dm}^3$; $\text{I} \geq 1 \text{ mg/dm}^3$; $\text{HBO}_2 \geq 5 \text{ mg/dm}^3$; $\text{S} (\text{titrabil}) \geq 1 \text{ mg/dm}^3$; $\text{H}_2\text{S} \geq 1 \text{ mg/dm}^3$; CO_2 liber sau legat în bicarbonați $\geq 1000 \text{ mg/dm}^3$; radioactivitate ≥ 80 unități Mache/ dm^3 . Desigur că această listă poate fi completată.

Pentru apa termală de asemenea, definiția dată de STAS 4621-69 și anume : „apă subterană cu temperatură mai ridicată decât media celei mai calde luni a anului. În funcție de temperatură, apele termale pot fi :

- hipotermale, cu temperaturi de $20-35^{\circ}\text{C}$
- izotermale, cu temperaturi de $36-41^{\circ}\text{C}$
- hipertermale, cu temperaturi $\geq 42^{\circ}\text{C}$ ”,

are o lipsă evidentă în aceea că deși se dă definiția generală în care se face referire la temperatura medie a acelei mai calde luni a anului, în continuare se precizează limita minimă la 20°C ceea ce corespunde de altfel cu definiția din literatura străină (C a s t a n y 1967), fără însă a se preciza că aceasta este valabilă pentru România sau pentru Europa Centrală.

Spre deosebire însă de literatura străină, de limbă franceză, în care apele termale sunt definite ca având $5-6^{\circ}\text{C}$ peste temperatura medie a zonei de emergență și sunt clasificate în :

- | | |
|----------------|---|
| — reci pentru | $t < 20^{\circ}\text{C}$ |
| — hipotermale | $20^{\circ}\text{C} \leq t < 35^{\circ}\text{C}$ |
| — mezotermale | $35^{\circ}\text{C} \leq t < 50^{\circ}\text{C}$ |
| — hipertermale | $50^{\circ}\text{C} \leq t < 100^{\circ}\text{C}$ |

în STAS 4621-69 s-a introdus categoria de izotermale pentru apele cu temperaturi între 36°C și 41°C , adică temperaturile între care variază temperatura singelui omenesc, apele hipertermale considerindu-se cele care



depășesc 42°C . Considerăm că această subîmpărțire este mai nimerită dacă se ține seama de utilizarea în cura externă a apelor termale, dar este nesatisfăcătoare în prezent cind folosințele energetice a apelor termale impun o clasificare mai precisă în zona temperaturilor ridicate. Ca atare este de analizat oportunitatea introducerii subcategoriilor de apă hipertermală de joasă energie pentru temperaturi de pînă la 120°C și apă hipertermală de înaltă energie pentru temperaturi de peste 120°C .

Într-o asemenea viziune clasificarea apelor s-ar prezenta astfel:

- atermale cu $t < 20^{\circ}\text{C}$
- hipotermale $20^{\circ}\text{C} \leq t < 36^{\circ}\text{C}$
- izotermale $36^{\circ}\text{C} \leq t < 41^{\circ}\text{C}$
- hipertermale de joasă energie $41^{\circ}\text{C} \leq t < 120^{\circ}\text{C}$
- hipertermale de înaltă energie $120^{\circ}\text{C} \leq t$

Și din punct de vedere al caracterizării chimice a apelor minerale există o foarte mare diversitate de denumiri, de limite valorice luate în considerare, ceea ce face ca o clasificare unitară și mai ales o inventariere clară pe diferite categorii a apelor minerale să nu fie posibilă.

Astfel apele cu conținut de săruri dizolvate mai mic de 1000 mg/dm^3 sunt denumite simultan oligominerale, oligometalice sau acratice. În funcție de temperatură se folosesc denumirile de acratopege sau reci (cele cu $t < 20^{\circ}\text{C}$) și acratoterme (cele cu $t \geq 20^{\circ}\text{C}$).

Se folosește simultan denumirea de „ape bicarbonatate” cu cea de „ape alcaline” sau denumirea de „ape bicarbonatate calcice” simultan cu cea de „ape teroase” și cea de „ape bicarbonatate sodice” simultan cu cea de „ape alcaline” după cum există și denumirea de „ape alcalino-teroase” pentru „apele bicarbonatate mixte” care conțin în cantități apropiate atît Ca cit și Na (D i n u l e s c u , 1963).

Apele sulfatate sunt denumite „purgative” sau „glauberiene”, „gipsoase” și „vitriolice” după cum predomină Na și Mg sau Ca sau Fe.

Apele cu conținut de clorură de sodiu sunt denumite fie clorurosodice, fie clorurate sodice.

Evident că aceste denumiri nu sunt afectate de limite valorice astfel încît să situeze apa respectivă într-o grupă precisă de calitate.

Se face adesea o clasificare pe tipuri de ape minerale și anume: carbogazoase, alcaline, alcalino-teroase, teroase, feruginoase, clorosodice, arsenicale, iodurate, sulfuroase, sulfatare etc. Ape clorosodice sunt denumite și clorurosodice și sărate; apele carbogazoase sunt denumite și acidocarbonice (P r i c ă j a n , 1972).

Se folosesc simultan denumiri de ape hipotonice sau izotonice și ape hipotone și izotone, ape feroase și ape feruginoase, ape bicarbonatate și ape alcaline etc. (S t e f ă n e s c u , 1967).

Însuși ordinea în care se dau indicațiile privind calitatea apei minerale nu este stabilită și se folosește în mod diferit chiar în cadrul aceleiași lucrări. Astfel apa din sonda nr. 3 Șarul Dornei este caracterizată: apă carbogazoasă, bicarbonatată sodică, feruginoasă, hipotonă, iar apa sondei ISPIF nr. 1 Singiorz Băi este caracterizată: apă bicarbonatată, clorurată sodică, slab calcică, carbogazoasă, hipotonă. Sau apa izvorului Venera, Băile Herculane care conțin $13,8 \text{ mg/dm}^3$ acid metaboric (HBO_2) este caracterizată: apă sulfuroasă, bromată, clorurată, sodică, calcică,



hipotonă, hipotermală, iar apa sondei ISPIF nr. 1 Singiorz Băi care conține 29,3 mg/dm³ acid metaboric este caracterizată ca mai sus fără să se menționeze indicația de borică (Costin-Deleau et al., 1973).

Asemenea exemple sunt nenumărate și s-a insistat asupra lor tocmai pentru a dovedi marea varietate a denumirilor folosite ca și lipsa pe unitate în caracterizarea apelor minerale. Dacă la aceasta se adaugă și faptul că nu există o corelare certă și uniformă folosită între concentrația anumitor substanțe în apa minerală și caracterizarea folosită, se deduce cu ușurință imposibilitatea de a realiza un inventar complet al resurselor de ape minerale și în special imposibilitatea de a prelucra la nivelul întregii țări datele de care se dispune.

Pe această linie este binevenită dar și foarte dificilă sarcina pe care Institutul de medicină fizică, balneologie și recuperarea medicală o are de a elabora în cursul anului 1979 un standard privind apele minerale.

Pornind de la constatăriile de mai sus ne-am propus să inițiem o dezbatere căt mai amplă asupra necesității și a modalității de a adopta o clasificare unitară a apelor minerale care să poată fi folosită în toate domeniile de activitate și care să prezinte legături univoce cu valorile diferenților indicatori fizici și chimici astfel încât caracterizarea să ne ofere nu numai o imagine calitativă ci și una cantitativă privind caracteristicile apei minerale respective.

În cele ce urmează facem o propunere pe care o supunem atenției și discuției în intenția de a ajunge la un consens, pentru a putea definitivă o clasificare care să fie adoptată în viitorul standard de ape minerale.

În propunerea pe care o facem am ținut seama de necesitatea codificării astfel încât să fie posibilă înregistrarea inventarelor de ape minerale pe suport magnetic și prelucrarea automată a datelor cu utilizarea tehnicilor moderne de calcul. De asemenea, am ținut seama și vă propunem să fiți de acord ca pentru fiecare compartiment din clasificare să se dea prioritate punctelor de vedere ale domeniului de activitate (medical, geologic, energetic etc.) cu cea mai mare pondere din punct de vedere al aplicațiilor practice.

Caracterizarea apelor minerale trebuie să aibă oordonare riguroasă și propunem că în primul rînd să fie definită temperatura, deoarece ea face o distincție netă între apele atermale și termale, acestea din urmă având o utilizare totală distinctă. Conținutul de gaze constituie, de asemenea, o caracteristică esențială atât în legătură cu modul de folosire a apei cit și în legătură cu problemele tehnice de captare și transport, de aceea considerăm că în caracterizare este indicat să se situeze pe locul al doilea.

Caracterizarea chimică a apelor minerale se face de obicei printr-un indicator global al conținutului de săruri care dă de la început o indicație asupra posibilităților de a fi folosite în cură internă sau externă și a măsurilor tehnice de ordin general ce trebuie să fie luate în instalațiile respective. Urmează o grupă de indicatori care se referă la mineralizarea dominantă și în fine o grupă de indicatori care se referă la mineralizarea secundară specifică.

Radioactivitatea a fost lăsată pe ultimul loc deoarece ea intervine mai rar și cu o pondere mai redusă în cazul apelor minerale din țara noastră.



Pentru ca aprecierea mineralizării dominante să se facă totdeauna în același fel se propune să se folosească criteriul capacitații chimice de reacție exprimat procentual în miliechivalenți conform diagramei triunghiulare (fig. 1 și 2). Rezultă că ionul sau radicalul care depășește procentul de 25% din diagrama triunghiulară va fi nominalizat în caracterizarea apei. Dacă nici un cation sau nici un anion nu depășește procentul de 25%, apa va fi caracterizată ca mixtă pentru cationi sau anioni.

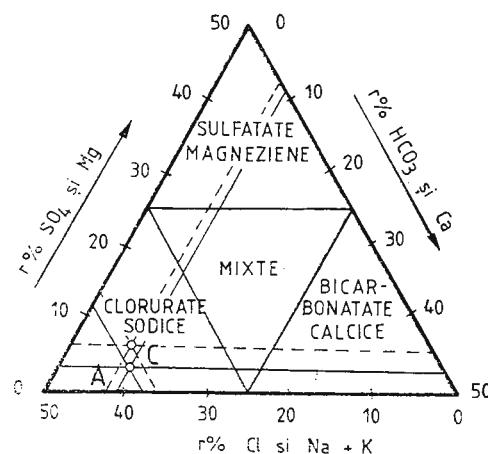


Fig. 1. — Caracterizarea chimică a apei izvorului 8 Olănești.
Caractérisation chimique de l'eau de la source 8 d'Olănești.

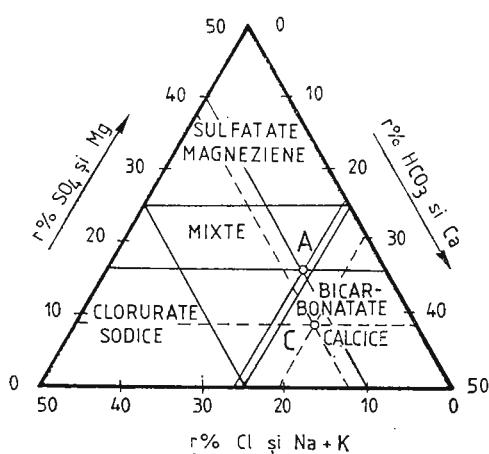


Fig. 2. — Caracterizarea chimică a apei izvorului de vest Vatra Dornei.
Caractérisation chimique de l'eau de la source ouest de Vatra Dornei.

În aceste condiții și ținând seama și de clasificarea propusă în funcție de temperatură, apele minerale se vor clasifica în conformitate cu tabelul (Verneșcu, 1978).

Pentru codificare s-au afectat cifre sau grupe de cifre pentru fiecare caracteristică astfel :

- o cifră pentru termalitate;
- două cifre pentru conținutul de gaze;

- o cifră pentru concentrația chimică globală ;
- două cifre pentru mineralizarea secundară specifică ;
- o cifră pentru radioactivitate.

TABEL

Criterii de clasificare propuse pentru apele minerale din România

Temperatura t° C	Conținutul de gaze dizolvate mg/dm ³	Conținutul de alte substanțe chimice dizolvate sau sub formă de hidrosoli			Radioactivitate U Mache/dm ³
		din care			
			mineralizarea dominantă r %	Mineralizare secundară specifică G mg/dm ³	
1-atermală <20	1-saline (cu conținut de gaze sub limitele indicate)	1-acratică < 1	1-bicarbonatată $\text{HCO}_3 \geq 25$		
	2-slab carbogazoasă $1000 \leq \text{CO}_2 < 1500$	2-hipotonă ≥ 1 < 8	2-caleică $\text{Ca} \geq 25$	1-feruginoasă $\text{Fe} \geq 10$	
	3-carbogazoasă $1500 \leq \text{CO}_2 \leq 2500$		3-clorurată $\text{Cl} \geq 25$	2-iodurată $I \geq 1$	1-neradioactivă < 80
	4-puternic carbogazoasă $\text{CO}_2 \geq 2500$	3-izotonă ≥ 8 < 10	4-sodică $\text{Na} + \text{K} \geq 25$		
		4-hipertonă ≥ 10 < 50		3-bromurată $\text{Br} \geq 5$	
	5-slab sulfuroasă $1 \leq \text{H}_2\text{S} < 10$		5-sulfatată $\text{SO}_4 \geq 25$	4-borică $\text{HBO}_2 \geq 5$	2-radioactivă ≥ 80
3-izotermală ≥ 36 < 41	6-sulfuroasă $10 \leq \text{H}_2\text{S} < 100$	5-concentrată ≥ 50 < 100	6-magneziană $\text{Mg} \geq 25$		
	7-puternic sulfuroasă $\text{H}_2\text{S} \geq 100$	6-foarte concentrată ≥ 100	7-mixtă toți anionii sau toți cationii < 25	5-arsenicală $\text{As} \geq 0,7$	
4-hipertermală de joasă energie ≥ 41 < 120					
5-hipertermală de înaltă energie ≥ 120					



Cifrele din tabel sunt folosite în codificare cu mențiunea că în cazul în care sunt rezervate pentru o grupă două cifre și calitatea apei nu permite utilizarea a două cifre semnificative, se utilizează un zero.

Astfel o apă minerală codificată 1 — 25 — 2 — 34 — 14 — 1 reprezintă apă atermală slab carbogazoasă, slab sulfuroasă, hipotonă, clorurată sodică, feruginoasă, borică, neradioactivă.

Dacă la aceasta se atașează numărul sursei de apă din localitatea respectivă pentru care se rezervă două cifre (deci se pot acoperi 99 de surse într-o localitate) și codul poștal al localității, se poate înregistra codificat orice sursă de apă minerală din țară. Astfel codul 08 — 1037 — 1 — 05 — 2 — 34 — 04 — 1 reprezintă ivorul nr. 8 din Băile Olănești cu apă atermală slab sulfuroasă, hipotonă, clorurată sodică, borică neradioactivă.

Înregistrând pe un suport magnetic toate sursele de apă minerală cu toate caracteristicile de detaliu ale fiecărei: debit, calitate chimică, fizică etc. cu ajutorul unor programe speciale se pot prelucra pentru a obține orice situație să ar cere privind potențialul de apă minerală și inventarul surselor de diferite categorii.

Considerăm că adoptarea unei asemenea clasificări codificabilă, trebuie să constituie primul pas pentru întocmirea cadastrului apelor minerale din țara noastră, acțiunea căreia necesitate se resimte din ce în ce mai mult pe măsură ce activitatea de valorificare a acestei bogății naturale se intensifică.

Facem o remarcă asupra avantajului pe care clasificarea codificată o poate avea în prezentarea sinoptică la nivel regional sau chiar național a situației apelor minerale și prezentăm o asemenea încercare la nivelul întregii țări (vezi planșa).

BIBLIOGRAFIE

- Castany G. (1967) *Traité pratique des eaux souterraines*. Ed. Dunod, Paris.
- Costin-Deleanu E. et al. (1973) Apele minerale și nămolurile terapeutice din R. S. R. Institutul de balneologie și fizioterapie, Ed. medicală, vol. IV, București.
- Dinculescu T. (1963) *Balneofizioterapie*. Ed. medicală, București.
- Grozescu H. (1950) Contribuții la studiul geologic al surselor de ape minerale. Cercetări balneo-climatologice, vol. I, București.
- Pricăjan A. (1972) Apele minerale și termale din România, Ed. Tehnică, București.
- Ștefănescu C. (1967) Stațiuni balneare și climaterice din România. Ed. Meridiane, București.
- STAS 4621-69 *Hidrogeologie — Terminologie*.
- Verneșcu M. (1978) Contribuții privind perfecționarea tehnicii de captare și transport prin conducte a apelor minerale și termale. Teză de doctorat.



UN NOUVEAU SYSTÈME CODIFIÉ DE CARACTÉRISATION ET CLASSIFICATION DES EAUX MINÉRALES ET THERMALES

(Résumé)

La Roumanie dispose d'un très grand nombre de sources d'eau minérale, d'une extrêm variété au point de vue de la qualité. Afin de les connaître, les institutions de spécialité ont initié beaucoup de recherches et d'inventaires, de sorte qu'à présent on dispose de riches et précieux matériels documentaires. Mais, du fait que jusqu'à nos jours la caractérisation et la classification des eaux minérales a été faite de manière non unitaire, en variant beaucoup en fonction du domaine de préoccupations (médicales, géologiques, techniques) et aussi dans le même domaine, de nombreuses difficultés apparaissent dans la valorisation des matériels documentaires.

Cette note confronte les spécialistes avec le problème de la nécessité de l'unification du mode de classification et présente une première proposition d'un pareil système, à même d'être codifié aussi, ce qui lui confère l'avantage de la possibilité d'utiliser les techniques modernes de calcul dans l'inventaire, la présentation et le traitement automat des données. Pour la codification, on propose en plus la dénomination numérique des toutes les sources d'eau minérale de chaque localité, ainsi que l'emploi du code postal des localités. Après ce qu'on va arriver à un consensus sur la classification, le système proposé permettra l'enregistrement de toutes les données sur les sources d'eau minérale du pays sur un support magnétique et leur traitement sur la base d'un programme de calcul, afin d'obtenir toutes les informations nécessaires. La codification permettra également la présentation synoptique, beaucoup plus commode et précise, au niveau régional ou national, de la qualité des ressources d'eau minérale. La note comprend un exemple d'une première rédaction de la carte avec les principales sources d'eau minérale de Roumanie.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Présentation synoptique des ressources d'eaux minérales de Roumanie. Classification des ressources d'eau minérale de Roumanie.

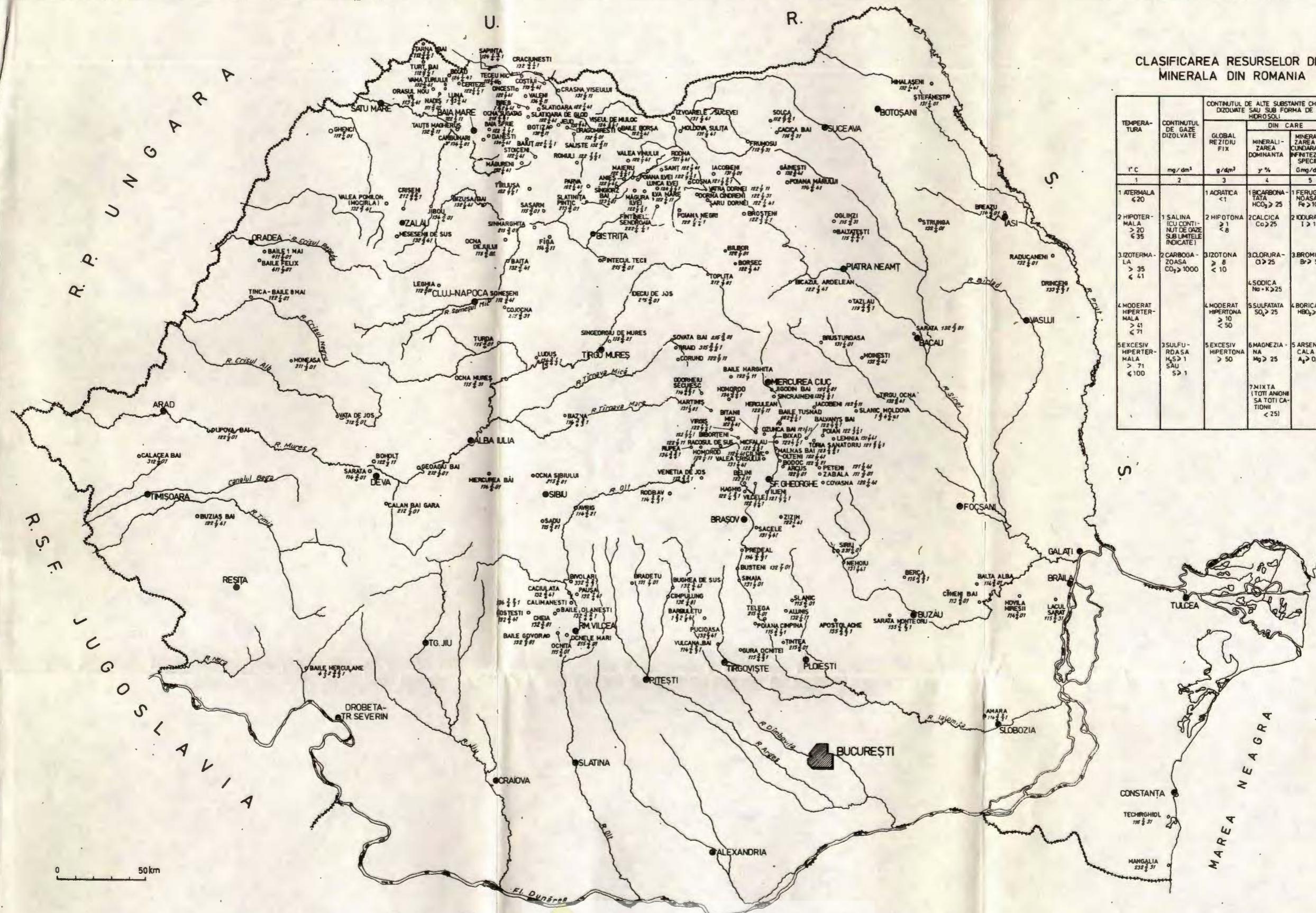


Institutul Geologic al României

PREZENTAREA SINOPTICĂ A RESURSELOR DE APE MINERALE DIN ROMÂNIA

lupa p 280

M. VERNESCU. Sistem de clasificare a apelor minerale



CLASIFICAREA RESURSELOR DE APA MINERALA DIN ROMANIA

TEMPERA-TURA °C	CONTINUTUL DE GAZE DIZOLVATE mg/dm ³	CONTINUTUL DE ALTE SUBSTANTE CHIMICE DIZOLVATE SAU SUB FORMA DE HOROSOLI			RADIOACTI-VITATE U Maché/dm ³
		DIN CARE	GLOBAL REZIDU g/dm ³	MINERALI-ZAREA SE-ZARDA SAU INFINITEZIMALA SPECIFICA y %	
1	2	3	4	5	6
1 ATERMALA ≤ 20		1 ACARATICA ≤ 1	1 BICARBONATA TATA HCO ₃ > 25	1 FERUGI-NOASA Fe > 10	1 NERADIOAC-TIVA > 80
2 HIPOTER-MALA 20 - 35	1 SALINA (CU CONTI-NUT DE GAZE SUB LUMTELE INDICATE)	2 HIPOTONA ≤ 1 ≤ 8	2 CALCIKA Ca > 25	2 IODURATA I > 1	2.1 BROMURA-Br > 5
3.1 ZOTERMA-LA 35 - 41	3 CARBOGA-ZOASA CO ₂ > 1000	3 ZOTONA ≥ 8 ≤ 10	3 CLORURA-Cl > 25	3.2 BROMURA-Br > 5	
4 MODERAT-HPERTER-MALA 41 - 71	4 MODERAT-HPERTONA ≥ 10 ≤ 50		4 SODICA Na > K > 25	4 BORICA HBO ₃ > 5	
SEXCESIV-HPERTER-MALA 71 - 100	5 EXCESIV-HPERTONA ≥ 50		5 MAGNEZIA-NA Mg > 25	5 ARSENI-CALA As > 0,7	2 RADIO-ACTIVA > 80
	6 SULFATADA-H SAU S > 1		6 MIXTA I TOTTI ANIONII SA TOTTI CA-TIONII < 25		

Studiile tehnice și economice, seriile A–J au apărut
în decursul timpului în cadrul următoarelor instituții:

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

COMITETUL GEOLOGIC

COMITETUL DE STAT AL GEOLOGIEI

INSTITUTUL GEOLOGIC

INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României