

INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ
STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA E

Hidrogeologie

Nr. 13

STUDII DE HIDROGEOLOGIE

E X T R A S

BUCUREȘTI
1978

STUDII EXPERIMENTALE CU TRASORI RADIOACTIVI PENTRU PRECIZAREA CONDIȚIILOR HIDROGEOLOGICE ALE ZĂCĂMINTE- LOR GHELAR ȘI TELIUC ¹

DE

IANCU ORĂȘEANU², EUGEN ANGHEL³, EMILIAN GAȘPAR⁴, LUCREȚIA
DINESCU ⁵

Abstract

Experimental Studies by Means of Radioactive Tracers in View to Establish more Precisely the Hydrogeological Conditions of the Ghelar and Teliuc Ore Deposits. This paper emphasizes the efficiency of utilizing the radioactive tracers when studying the mining hydrogeology. Through marking the surface waters by a radioactive tracer their connection with the underground waters from mine is proved. Concomitantly valuable data regarding the velocity and the circulation way of waters may be obtained. The tests have proved that in the East Teliuc mine the surface waters penetrate into underground works through two ways, the one crossed in 6.5 days, and the other in 32 days.

1. Considerații hidrogeologice. Zăcămintele de fier Ghelar și Teliuc sînt situate în partea centrală-estică a masivului Poiana Ruscă, în apropierea orașului Hunedoara. Mineralizația este reprezentată printr-o serie de lentile de siderită, magnetită și hematită prinse concordant în masa șisturilor cristaline. În partea de nord a regiunii șisturile cristaline iau contact cu masivul dolomitelor de Hunedoara printr-o zonă de îndințare și mai rar prin falii. Efectele tectonicii plicative sinmetamorfice sînt materializate în două structuri plicative majore: anticlinalul Teliuc-Ghelar și sinclinalul dolomitelor de Hunedoara. Întreaga structură este compartimentată de falii direcționale, transversale și oblice.

¹ Lucrare primită la 29 martie 1975, acceptată pentru publicare la 21 aprilie 1975, comunicată în ședința din 9 mai 1975.

^{2, 3} Întreprinderea geologică de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide, București.

^{4, 5} Institutul de fizică atomică, București, 32.

Dolomitele de Hunedoara reprezintă un gigantic colector de apă alimentat din precipitații pe toată zona de aflorare a lor și din cursurile superficiale de apă care le străbat (Retișoara, Govăjdia, Cerna, etc.). Apa acestui complex acvifer se deplasează lent spre ENE în direcția zonelor de descărcare (izvoarele Boș). Șisturile cristaline au cantități reduse de apă care circulă pe falii, zone de zdrobire, fisuri și fețe de strat.

La orizonturile inferioare ale minelor Ghelar-Est și Teliuc-Est apa produce mari greutatea în avansarea lucrărilor miniere datorită viiturilor neașteptate și debitelor ridicate. În urma studiilor hidrogeologice în zonă s-a emis ipoteza existenței unor legături între cursurile de apă de la suprafață care trec prin apropierea celor două perimetre miniere și viiturile de apă din lucrările subterane. Pentru verificarea acestei ipoteze s-au efectuat încercări experimentale cu trasori radioactivi. Încercările au fost precedate de determinări de debite, pe mai multe secțiuni ale râului Cerna, în zona câmpului minier Teliuc.

2. Metodele de studiu. Dacă cercetarea geologică pune în evidență existența zonelor formate din roci permeabile, zone străbătute adesea de cursuri de apă, măsurarea debitelor acestor cursuri în două secțiuni poate da indicații asupra relațiilor de alimentare-drenare dintre cursurile superficiale și acviferul localizat în rocile înconjurătoare. În mod practic însă, în regiunile de munte, utilizarea metodelor clasice de măsurare a debitelor întâmpină dificultăți. În afară de aceasta, în zonele de munte

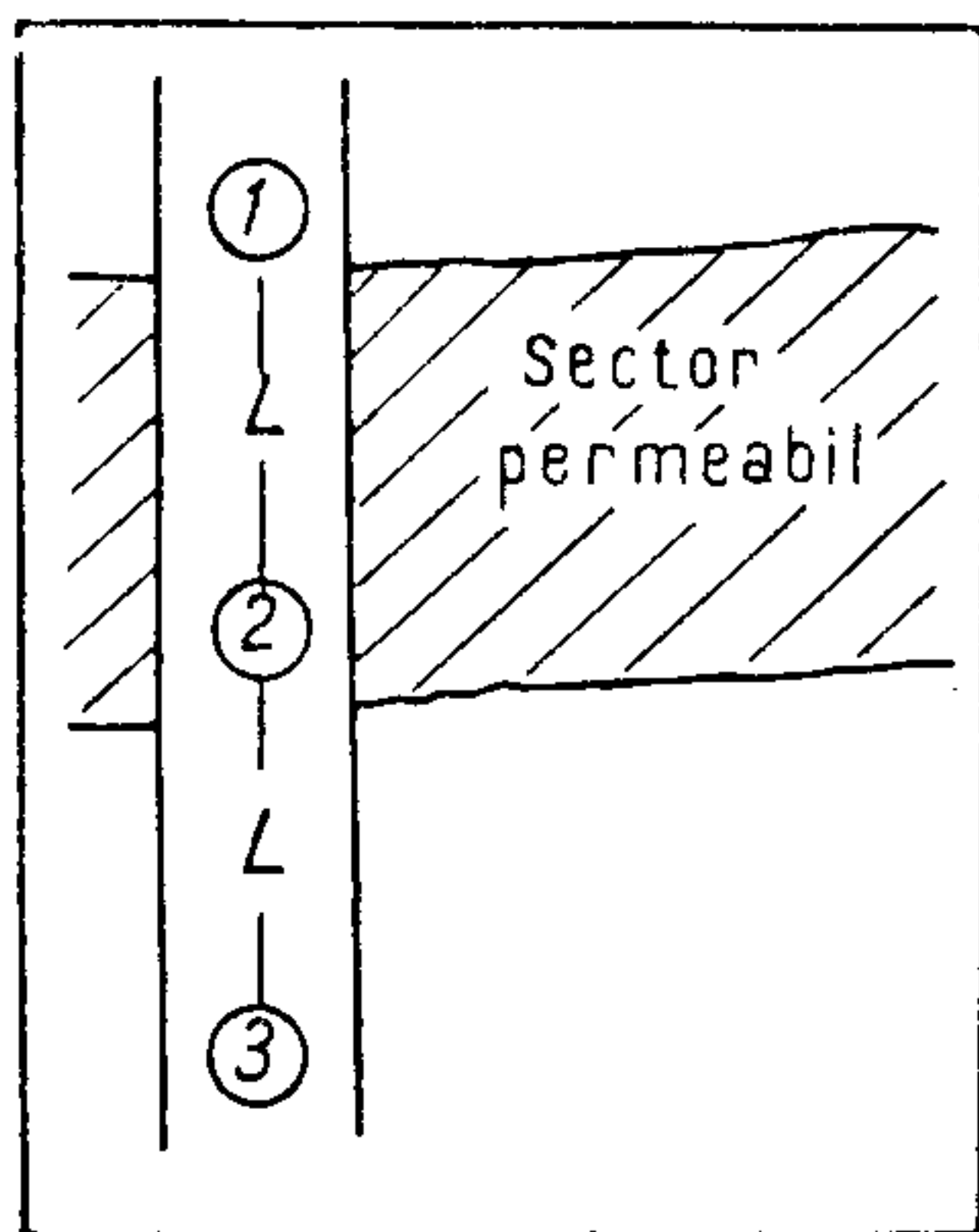


Fig. 1. — Secțiunile de măsurare a debitului (hășurat, sector permeabil).

Secteurs où l'on a mesuré le débit (hachuré, secteurs perméable).

precipitațiile sînt frecvente iar în intervalul dintre ele apa acumulată în rocile permeabile va alimenta râurile respective cu o cantitate de apă ce nu poate fi inclusă în bilanț și deci compararea debitelor din cele două secțiuni studiate s-ar putea să fie neconcludentă. Problema poate fi soluționată cu ajutorul trasorilor radioactivi. Astfel dacă în secțiunea 1 a cursului de apă (fig. 1) se injectează o cantitate de trasor avînd activitatea Λ , atunci debitul se poate calcula cu ajutorul relației :

$$Q = S \frac{\Lambda}{N}$$

în care S este sensibilitatea detectorului iar N numărul total de pulsuri dat de trasor în punctul de măsurare, la trecerea sa prin fața detectorului. Dacă în intervalul de timp cît are loc determinarea, regimul de curgere este permanent, în secțiunea 2 se va măsura același număr de pulsuri N , dacă pe traseu nu există pierderi de apă (și implicit de trasor), indiferent dacă râul este alimentat prin maluri cu un debit suplimentar ΔQ sau nu. Dacă apa marcată are pierderi în subteran atunci în secțiunea 2 se va măsura un număr de pulsuri N_1 astfel încît $N_1 < N$. Injectînd o nouă cantitate de trasor în secțiunea 2 și măsurînd-o în secțiunea 3 se va determina debitul :

$$Q_2 = S \frac{\Lambda}{N_2}$$

și deci cantitatea pierdută în subteran va fi :

$$\Delta Q = S \frac{N_2 - N}{NN_2}$$

Cînd nu se dispune de activități precis determinate, se poate face o calibrare pe teren, iar debitul va fi dat de relația :

$$Q = - \frac{\delta SR}{N}$$

în care δ este factorul de corecție pentru geometria de măsurare utilizată, iar R viteza de numărare din vasul de calibrare.

Precizînd calitativ și cantitativ zona prin care se pierde apă în subteran și injectînd în această zonă un trasor convenabil, există multe șanse ca acesta să fie detectat în galeriile din subteran, dacă într-adevăr există o legătură între apa de suprafață și cea infiltrată în mină.

3. Determinarea debitelor cu trasori radioactivi. Pentru măsurarea debitului pîrîului Cerna au fost stabilite trei secțiuni, urmărind variațiile acestuia pe tronsonul în care străbate dolomitele de Hunedoara (secțiunile 1 și 2) și pe cel din raza comunei Teliucul inferior (secțiunile 2 și 3 din schița geologică). Măsurarea debitului în secțiunile stabilite s-a făcut utilizînd ca trasor Br^{82} , sub formă de NH_4Br , care are o durată de înjumătățire de 36 ore. Relația de calcul utilizată a fost :

$$Q = 1,66 \cdot 10^3 \delta \frac{R}{N}$$

Factorul de corecție geometric δ ține cont că geometria de măsurare în râu este diferită de cea din vasul de calibrare. Coeficientul δ se ia din

graficul din fig. 2 și reprezintă raportul dintre viteza de numărare corespunzătoare unui diametru al volumului de măsurare (200 cm) și viteza de numărare corespunzătoare diametrului vasului de calibrare (25 cm). Pentru cunoașterea variațiilor debitului pe pîrîul Govăjdia determinările s-au făcut în secțiunea 4. Injectarea trasorului se poate face instantaneu sau continuu. Am preferat a doua variantă deoarece poate furniza informații care să precizeze dacă determinările se fac în regim perma-

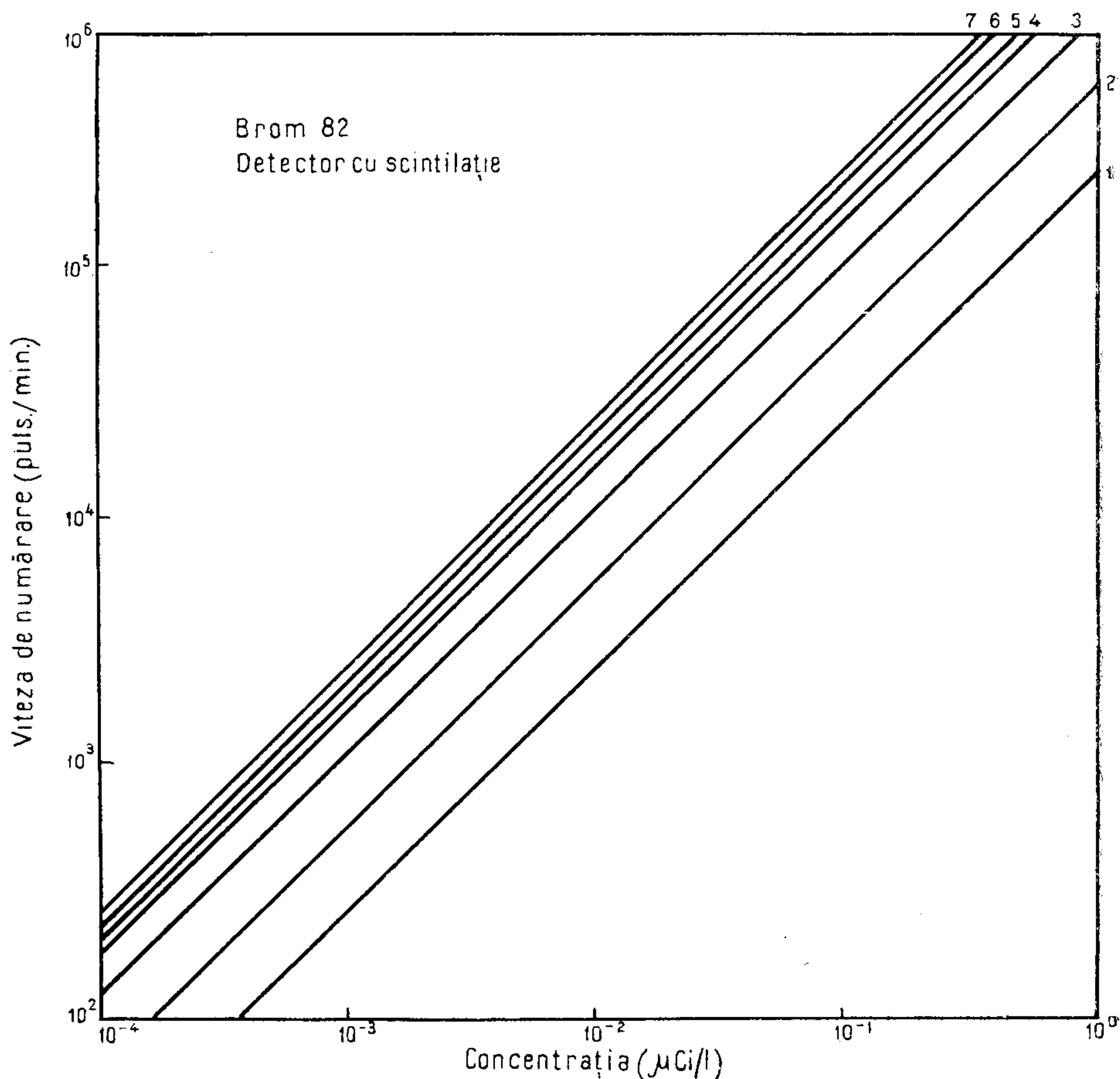


Fig. 2. — Graficul coeficientului δ (trasor : brom 82 ; detector cu scintilație) ; viteza de numărare (pulsuri/minut ; 10^2 — 10^6) ; concentrația (μ Ci/l ; 10^{-4} — 10^0) ; 1 = 10 cm ; 2 = 20 cm ; 3 = 50 cm ; 4 = 75 cm ; 5 = 100 cm ; 6 = 150 cm ; 7 = 200 cm.

Diagramme du coefficient (traceur : brome 82 ; détecteur à scintillement) ; vitesse du dénombrement (impulsions/minute ; 10^2 — 10^6) ; concentration (μ Ci/l ; 10^{-4} — 10^0) ; 1 = 10 cm ; 2 = 20 cm ; 3 = 50 cm ; 4 = 75 cm ; 5 = 100 cm ; 6 = 150 cm ; 7 = 200 cm.

nent sau nepermanent. În fig. 3 se prezintă determinările efectuate în secțiunea 4. Diagrama $R(t)$ prezintă un palier care arată clar că în timpul determinărilor curgerea a fost staționară și deci relațiile de calcul pot fi utilizate. Diagrama $N(t)$ furnizează numărul total de pulsuri incluzând și pulsuri date de fond. Rezultatele acestei determinări sînt :

- numărul total de pulsuri dat de trasor $N(t) = 14.344$ puls.
- viteza de numărare medie în vas $R = 7.000$ puls/min.
- coeficientul $\delta = 3,5$
- debitul pîriului Govăjdia $Q = 2,48 \text{ m}^3/\text{s}$.

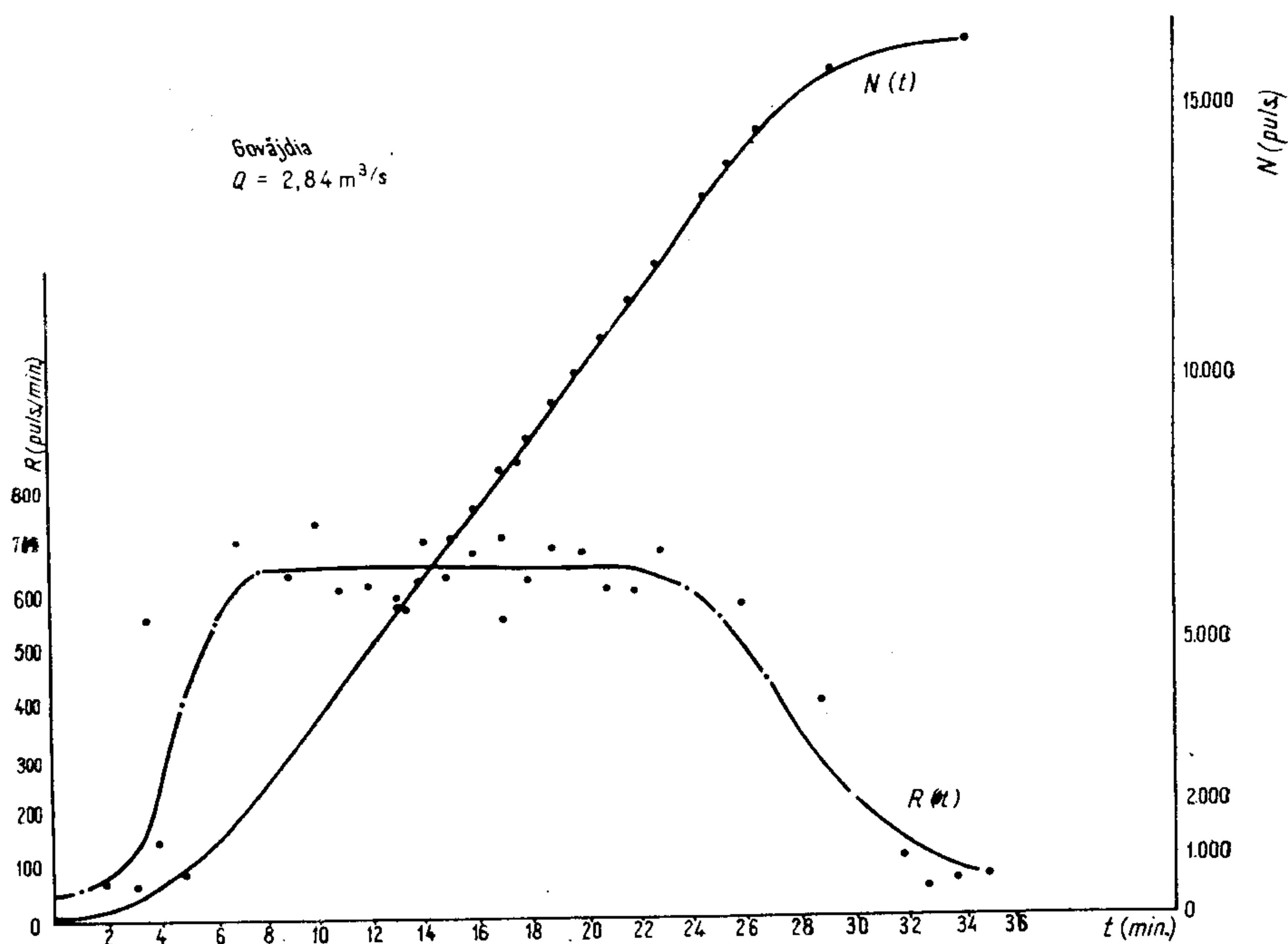


Fig. 3. -- Diagramele $R(t)$ et $N(t)$ pentru pîriul Govăjdia. Diagrame $R(t)$ et $N(t)$ pour le ruisseau Govăjdia.

4. Stabilirea legăturii dintre apele superficiale și apele subterane din lucrările miniere. În vederea stabilirii existenței unei legături între apele superficiale care trec prin apropierea perimetrelor miniere ale zăcămintelor de fier Teliuc Est (valea Cernei) și Ghelar Est (pîriul Retișoara și pîriul Govăjdia) și apele care produc viiturile de la orizonturile inferioare ale celor două exploatări, s-a efectuat o injectare cu tritiiu în pîriul Retișoara la data de 13.08.1974. Punctul de injectare este situat la cca 600 m aval de stația de captare a apelor de pe Retișoara.

Trasorul, purtat de apele pîrîului Retișoara, a ajuns în pîrîul Govăjdia iar de aici în rîul Cerna, realizîndu-se în acest mod marcarea apelor superficiale pentru ambele perimetre miniere. Concentrația trasorului a scăzut din amonte spre aval datorită creșterii debitului apelor purtătoare prin aportul afluenților. Anterior injectării trasorului radioactiv a fost stabilit un program de prelevare a probelor de apă de la orizonturile —50 m și —100 m ale exploatării Teliuc Est și XII al minei Ghelar Est. Probele s-au prelucrat și s-au măsurat cu un spectometru TRICARB iar rezultatele măsurărilor se prezintă în tabele și grafice.

4. 1. **Zona Ghelar.** Probele de apă prelevate zilnic din rigola de la orizontul XII al minei Ghelar Est în perioada 15.08.1974—28.09.1974 au fost toate activate (vezi tabelul).

TABEL

Rezultatele măsurărilor tritiului la orizontul XII

Nr. probă	R(puls./min.)	Nr. probă	R(puls./min.)	Nr. probă	R(puls./min.)
1	2.256	12	2.815	23	5.960
2	1.900	13	4.516	24	1.010
3	3.323	14	2.739	25	2.247
4	3.893	15	3.700	26	2.663
5	5.222	16	6.705	27	2.650
6	3.900	17	6.430	28	2.103
7	6.475	18	230	29	2.670
8	4.381	19	74	30	1.560
9	4.444	20	2.865	31	3.030
10	6.335	21	1.985	32	410
11	2.807	22	4.592		

Notă : Probele prelevate la Ghelar nu au fost date astfel încît numerotarea din tabel nu corespunde ordinii cronologice.

Deoarece probele nu au fost numerotate în ordinea prelevării nu s-a putut trasa curba concentrație-timp necesară aprecierii timpului și modului de sosire a trasorului. Totuși, faptul că izotopul radioactiv a fost identificat în apele de la orizontul XII al minei Ghelar Est demonstrează existența unei legături între acestea și apele pîrîurilor Retișoara și Govăjdia ale căror cursuri sînt săpate în dolomitele de Hunedoara.

Legătura hidrogeologică dintre complexul acvifer carstic localizat în dolomitele de Hunedoara și orizontul zăcămintelor de fier se realizează atît pe sistemul de falii transversale care afectează întreaga serie vulcanogenă bazică și se continuă spre N ajungînd pînă la dolomitele de Hunedoara cît și direct, în zona situată la W de falia Șesuri, zonă în care

orizontul zăcămintelor de fier este adus în contact direct cu ramificațiile sudice ale dolomitelor de Hunedoara, de-a lungul faliei Alun-Nădrag (fig. 4).

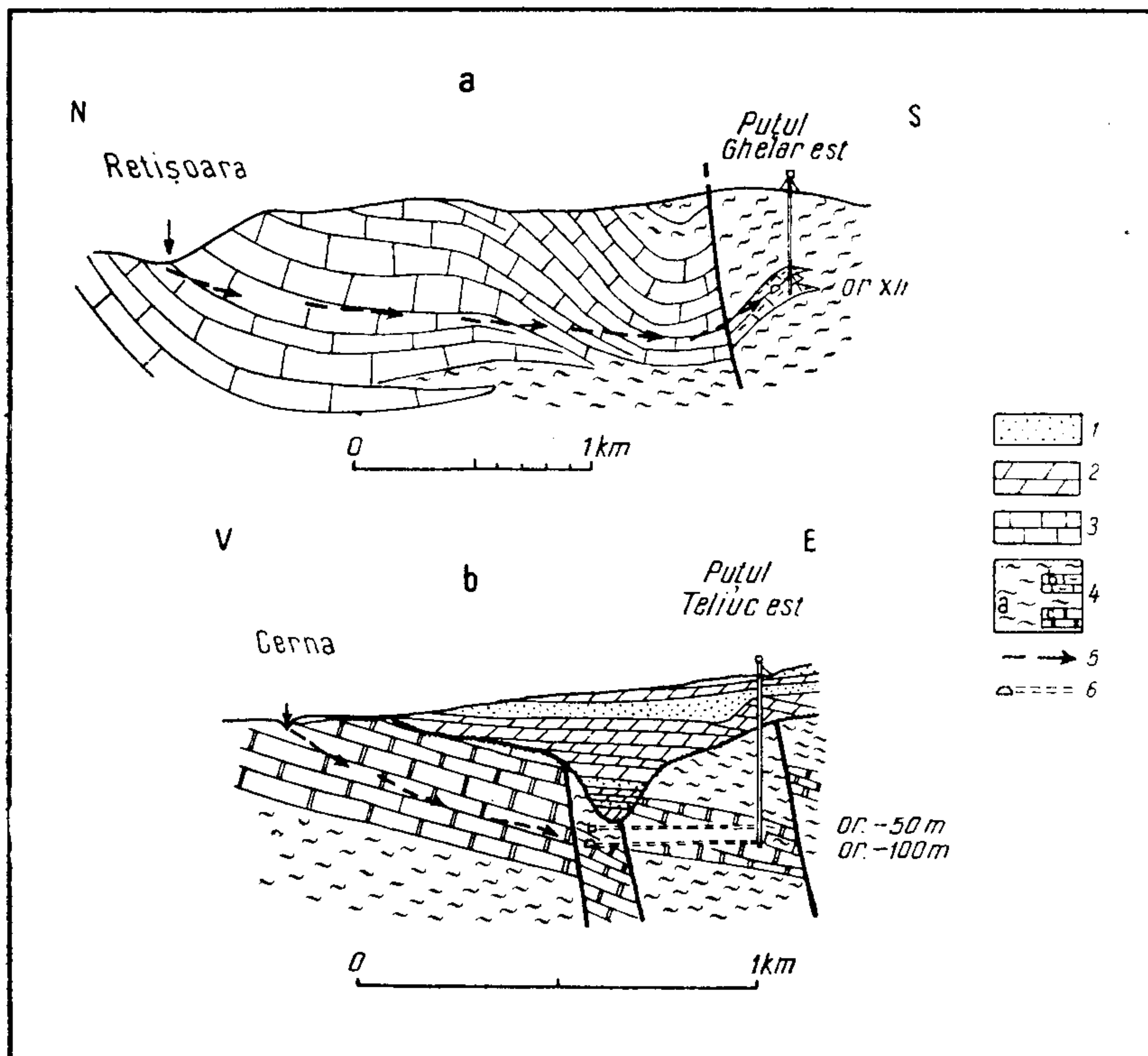


Fig. 4. — Secțiuni geologice în zona Ghelar-Teliuc. 1, nisipuri ; 2, marne ; 3, dolomite de Hunedoara ; 4. a, șisturi cristaline ; b, dolomitul de zăcămînt ; c, dolomitul inferior zăcămintelor ; 5, direcția de deplasare a apelor subterane ; 6, lucrări miniere. Coupes géologiques dans la zone de Ghelar-Teliuc. 1, sables ; 2, marnes ; 3, dolomie de Hunedcara ; 4. a, schistes cristallins ; b dolomie à minéralisation de fer ; c, dolomie de la partie basale des gisements ; 5, direction du déplacement des eaux souterraines ; 6, exploitations minières.

4.2. Zona Teliuc. Din apele subterane care apar în lucrările miniere de la orizonturile —50 m și —100 m ale minei Teliuc Est, au fost recoltate probe timp de 69 de zile, începînd cu 15.08.1974. Probele au fost recoltate din rigolele de evacuare a apelor din cele două orizonturi, înainte de deversarea lor în jompul puțului. Curbele concentrație-timp $C(t)$ au o formă identică pentru cele două orizonturi, indicînd căi de circulație comune pentru apele care se descarcă în acestea (fig. 5, 6). Curbele prezintă două maxime. Pentru primul maxim din cele două

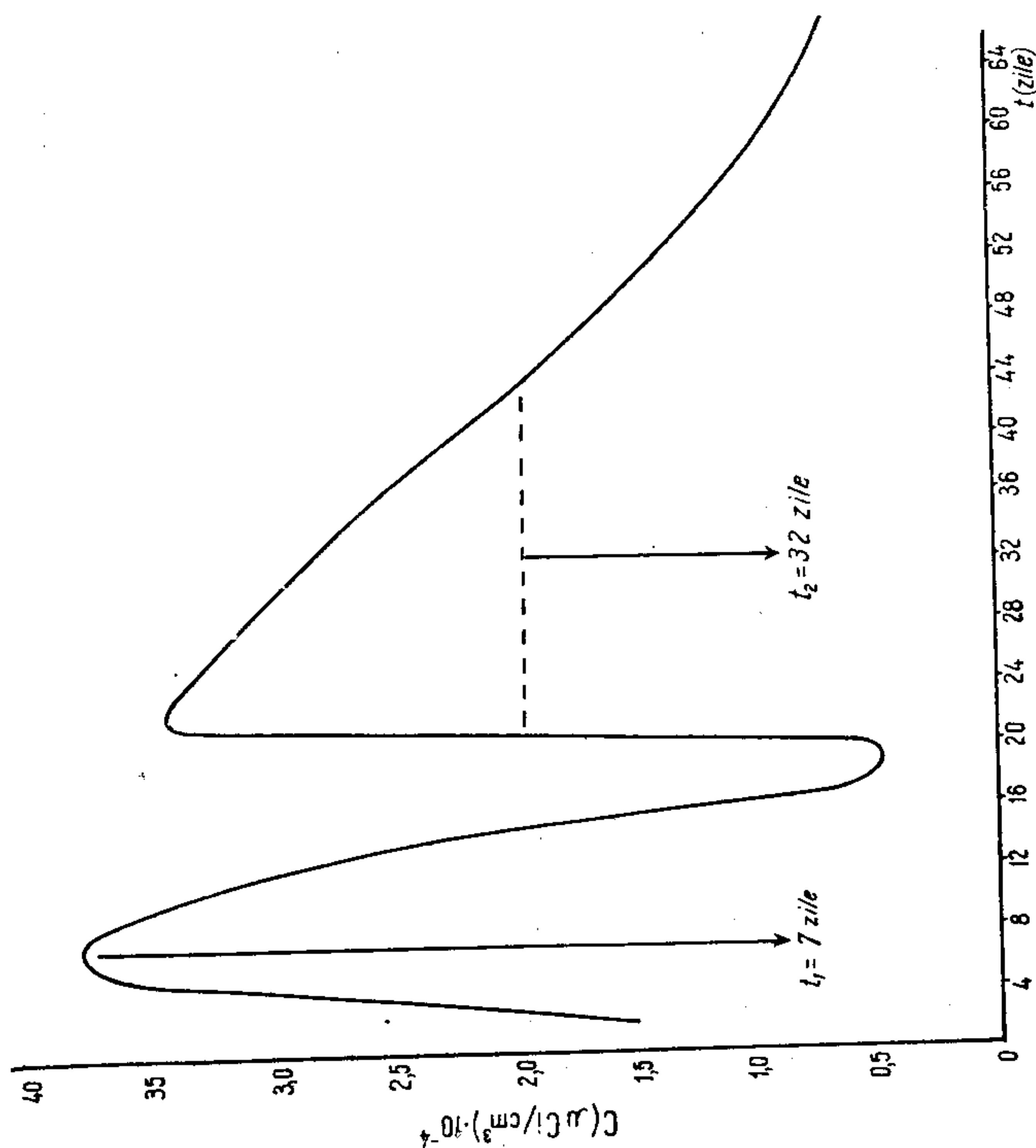


Fig. 5. — Curba de variație a concentrației în timp, mina Teliuc-Est, orizontul —50 m; traser tritiiu; C.M.A. = $3 \cdot 10^{-3} \mu\text{Ci/cm}^3$; $t_1 = 7 \text{ zile}$; $t_2 = 32 \text{ zile}$.

Courbe de la variation de la concentration en temps, exploitation minière de Teliuc-Est, horizon —50 m; traceur tritium; C.M.A. = $3 \cdot 10^{-3} \mu\text{Ci/cm}^3$; $t_1 = 7 \text{ jours}$; $t_2 = 32 \text{ jours}$.

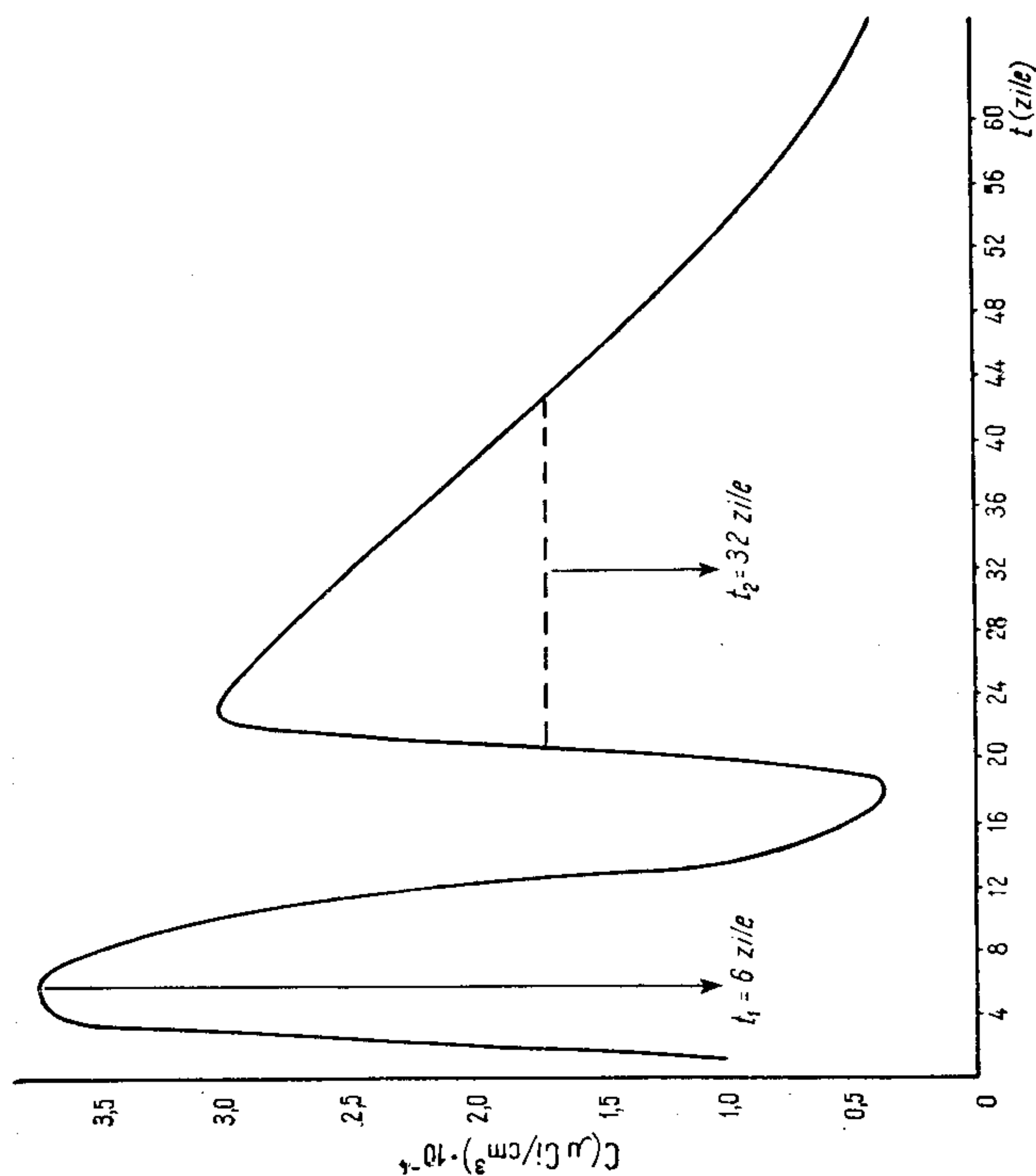


Fig. 6. — Curba de variație a concentrației în timp, mina Teliuc-Est, orizontul —100; traser Tritiu; C.M.A. = $3 \cdot 10^{-3} \mu\text{Ci/cm}^3$; $t_1 = 6 \text{ zile}$; $t_2 = 32 \text{ zile}$.

Courbe de la variation de la concentration en temps, exploitation minière de Teliuc-Est, horizon —100; traceur tritium; C.M.A. = $3 \cdot 10^{-3} \mu\text{Ci/cm}^3$; $t_1 = 6 \text{ jours}$; $t_2 = 32 \text{ jours}$.

curbe rezultă $t_1 = 6,5 \pm 0,5$ zile. Pentru cel de al doilea maxim s-a considerat timpul corespunzător semiînălțimii picului rezultând $t_2 = 32$ zile. Peste 60 de zile concentrația tinde către concentrația minimă detectabilă, indicînd trecerea trasorului de punctele de recoltare. Menționăm că, concentrația maximă măsurată ($5 \cdot 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$) a fost mai mică decît concentrația maximă admisă în apa potabilă pentru tritium ($\text{CMA} = 3 \cdot 10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$).

Prezența a două maxime pe curbele $C(t)$ indică existența a două căi de legătură între apele Cernei și apele subterane. Prima cale de legătură, mai directă, parcursă de apă în cca 6,5 zile și caracterizată printr-o trecere efectivă și relativ rapidă a trasorului, o considerăm a fi realizată prin dolomitul inferior zăcămintelor. Aceste roci intens carstificate care aflurează în versanții râului Cerna și se afundă spre E sub lunca acestuia și în continuare sub formațiunile tortoniene pînă în zona zăcămintului Teliuc Est, constituie o cale de circulație directă și imediată a apelor râului Cerna și ale stratului freatic din lunca acestuia, spre lucrările miniere de la orizonturile —50 m și —100 m. Circulația este ușurată de sistemul de falii transversale care pun în legătură directă dolomitul inferior zăcămintelor cu dolomitul de zăcămint.

Cea de a doua cale de legătură, parcursă de apele de infiltrare din Cerna în cca 32 de zile, caracterizată printr-o trecere a trasorului într-un interval mare de timp, considerăm că este formată într-o parte de golurile carstice ale dolomitelor de Hunedoara și în continuare de zonele de zdrobire care însoțesc faliile transversale pe întreaga structură.

5. *Concluzii.* Lucrările cu trasori radioactivi efectuate în zona Teliuc-Ghelar au confirmat ipotezele emise privind căile de circulație ale apelor subterane din zona perimetrelor miniere respective și au condus la următoarele concluzii :

— Condițiile hidrogeologice ale minei Ghelar Est sînt influențate direct de apele complexului acvifer carstic localizat în dolomitele de Hunedoara, complex alimentat din precipitații și cursurile de apă superficiale (Retișoara și Govăjdia).

— Încercările experimentale cu trasori radioactivi au stabilit legătura directă dintre apele superficiale din zona dolomitelor de Hunedoara și apele de la orizontul XII al minei Ghelar Est.

— Apele care apar în lucrările miniere de la orizonturile —50 m și —100 m ale minei Teliuc Est sînt alimentate în parte din apele râului Cerna, legătura dintre acestea realizîndu-se pe două căi : o cale mai rapidă parcursă de apă în cca 6,5 zile situată în dolomitul inferior zăcămintelor de fier și faliile transversale pe structură, care le pun în legătură directă cu dolomitul de zăcămint și o cale mai lungă, parcursă de apă în cca 32 zile, formată din golurile carstice ale dolomitelor de Hunedoara și falii transversale pe structură.

BIBLIOGRAFIE

- Gașpar E., Oncescu M. (1972) Radioactive trecers in Hydrology, *Elsevier Publishing Company*, Amsterdam.
- Maier O., Kräutner H., Kräutner Florentina, Mureșan Georgeta, Mureșan M. (1968) Stratigrafia și structura formațiunilor epimetamorfice din zona mediană a masivului Poiana Ruscă. *An. Com. Geol.* XXXVII, București.

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES AVEC DES TRACEURS RADIOACTIFS EN VUE DE PRÉCISER LES CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES DES GISMENTS DE GHELAR ET DE TELIUC

(Résumé)

Aux exploitations minières de Ghelar et de Teliuc, le travail dans les horizons inférieurs est entravé par les grandes crues d'eau. Pour établir si ces crues sont en rapport avec les eaux de surface on a effectué des marcages avec des traceurs radioactifs. Le marquage a été effectué en vue de poursuivre le débit des eaux superficielles et de dépister leur apparition dans les horizons profonds des exploitations minières. À l'exploitation minière de Ghelar on a démontré que les eaux superficielles sont en liaison avec celles de la mine car l'isotope apparaît dans tous les échantillons analysés. Il en est de même de l'exploitation de Teliuc où on a pu identifier deux voies, l'une plus courte parcourue par l'isotope en approximativement 6,5 jours et une autre plus longue parcourue en 32 jours.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Schéma géologique de la zone de Ghelar-Teliuc avec les directions du déplacement des eaux souterraines mises en évidence par des traceurs radioactifs.

En affluement et couvert : 1 et 1', dolomies de Hunedoara ; 2 et 2', schistes cristallins ; a et a', dolomie à minéralisation de fer ; b et b', dolomie de la partie inférieure des gisements ; 3, limite géologique normale ; 4, limite de transgression ; 5, faille ; 6, carrière ; 7, lieu où l'on introduit le traceur ; 8, secteur où l'on mesure le débit ; 9, direction du déplacement des eaux souterraines mise en évidence par des traceurs radioactifs ; 10, galerie dans l'horizon —50 m Teliuc-Est ; 11, galerie dans l'horizon —100 m Teliuc-Est ; 12, puits ; 13, position des coupes géologiques ; 14, synclinal.

SCHIȚA GEOLOGICĂ A ZONEI GHELAR - TELIUC CU DIRECȚIILE DE DEPLASARE A APELOR SUBTERANE PUSE ÎN EVIDENȚĂ CU TRASORI RADIOACTIVI

