



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00219**

(22) Data de depozit: **27/03/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/10/2020** BOPI nr. **10/2020**

(41) Data publicării cererii:  
**30/10/2013** BOPI nr. **10/2013**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI  
INGINERIE NUCLEARĂ "HORIA  
HULUBEI", STR. REACTORULUI NR.30,  
C.P. MG-6, MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:  
• **CĂLIN MARIAN ROMEO,  
ALEEA ATOMIȘTILOR NR.5, BL.6, SC.2,  
PARTER, AP.18, MĂGURELE, IF, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RU 2132074 C1; "NATURAL  
RADIOACTIVITY AND RADIATION", NCBI  
BOOKSHELF, A SERVICE OF THE  
NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE,  
NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH,  
1999; JP 2010008140 A**

(54) **METODĂ DE CARACTERIZARE RADIOMETRICĂ  
A FACTORILOR SPELEOTERAPEUTICI ÎN MINE SALINE**



# RO 128953 B1

1 Invenția se referă la o metodă complexă de caracterizare radiometrică a factorilor  
speleoterapeutici în mine saline din România, în vederea utilizării inovative a acestora, în  
3 sănătate, tratament și turism balneoclimateric.

5 Se cunosc metode radiometrice de măsurare în saline, peșteri, mine, grote, etc., reali-  
zate pentru cercetări științifice și/sau pentru determinarea concentrațiilor radioactive, mai ales  
7 în minele de uraniu și în depozitele de deșeuri radioactive, cum ar fi măsurări de timp scurt:  
măsurarea descendenților fixați pe aerosoli, utilizarea cărbunelui vegetal, utilizarea dispozitive-  
9 lor de tip electret, utilizarea dispozitivelor termoluminiscente, utilizarea detectoarelor tip cameră  
de ionizare, etc.

11 Se cunosc de asemenea măsurări de timp lung cu utilizează diferitelor tipuri de detectori  
de urme, etc.

13 Se mai cunoaște o metodă de monitorizare a radiațiilor (**RU 2132074 C1**), inclusiv a  
radionuclizilor alfa, utilizând un contor de scintilație cu lichid.

15 De asemenea, documentul "*Natural Radioactivity and Radiation*" se referă la consi-  
derente privind apariția radionuclizilor și a radonului în mod natural.

17 Dezavantajul metodelor clasice prezentate, presupun timpi lungi de măsurare,  
incertitudini și erori mari de măsurare și nu înglobează toate datele experimentale în vederea  
unei caracterizări radiometrice complete și complexe.

19 Metoda conform invenției prezintă măsurări de radiații, precum: măsurarea concen-  
trațiilor de Radon, analize spectrometrice gamma, măsurări alfa-beta globale și măsurări ale  
21 dozei gama, fiind efectuate atât in situ, cât și în laborator, pe probe prelevate de sare și de apă.

23 Pentru efectuarea măsurărilor și analizelor s-au folosit echipamente și sisteme de  
măsură specializate, cum ar fi: Monitor universal/Contaminometru; Sistem de măsurare  
alfa-beta global de fond scăzut; Sistem spectrometric gama cu detector de GeHP, pentru  
25 măsurarea activității radionuclizilor gama emițători conținuți în probe, Sistem/monitor portabil  
pentru măsurarea concentrației de radon atmosferic; Deumidificator de aer etc.

27 Utilizarea factorilor naturali de mediu subteran salin, deținători de proprietăți curative  
pentru prevenția, tratamentul și recuperarea pacienților cu unele patologii, cronice și severe  
29 (astm bronic, alergii respiratorii, inflamații ale tegumentului, arsuri, infecții inflamatorii,  
dificiente ale sistemului imunitar, complicații post arsuri, etc.), reprezintă un potențial de soluții  
31 pentru optimizarea serviciilor de sănătate și pentru creșterea nivelului calității vieții și propune  
abordarea problematicii efectului terapeutic al factorilor de mediu radiativ subteran din saline  
33 și peșteri. Metoda este relativ nouă, de medicină complementară, fiindu-i acceptat numele  
speleoterapie ceea ce ar înseamna din limba greaca "Spelaion" -peștera, groapa și "terapie"-  
35 tratament.

37 Măsurările și analizele efectuate țin cont de variațiile locale ale distribuției de radionuclizi  
naturali și au fost mediate, rezultatul obținut fiind mult mai apropiat de activitatea specifică a  
arealului de măsurare ales.

39 Metoda propusă, conform invenției, presupune aplicarea concomitent sau succesiv a  
unor procedee de măsurare/monitorizare și achiziție în timp real, *in situ* sau laborator, folosind  
41 sisteme moderne, performante, datele experimentale fiind stocate în memoria de date ale  
sistemelor de măsură, folosind programe specializate și concluziile se desprind din prelucrarea,  
43 corelarea și interpretarea lor.

45 Avantajele majore ale metodei deriva din caracterizarea completă a mediului salin la  
radiații de orice natură și caracterizarea radiometrică a acestor factori salini în aplicații de  
speleoterapie și turism balnear.

# RO 128953 B1

Metoda, conform invenției, conține și are ca obiecte de studiu mai multe etape de realizare: stabilirea arealelor și a punctelor de măsură, calibrarea și etalonarea aparaturii, achiziția datelor, stocarea lor, procesarea datelor experimentale, analiza datelor, calculul bugetului de incertitudini, compararea datelor, robustețea lor, statistici, crearea de baze de date, validarea metodelor, metodologii și proceduri de lucru, intercompararea rezultatelor, etc.

Condițiile de mediu din minele saline în care s-au efectuat studiile, măsurările și analizele radiometrice pe o perioadă de mai mulți ani, au fost:

- temperatura: între 10°C și 14.5°C;
- presiune: între 1008 hPa și 1022 hPa;
- umiditate: între 65%-80%;
- adâncime: între: 0 m și 240 m;
- viteza vântului: 0.2 m/s și 1.6 m/s;
- prezența aerosolilor salini;
- iluminare: artificială;

- sisteme proprii de ventilație, sau nu, iar metodele de lucru, de calibrare și etalonare a aparaturii s-au realizat în conformitate cu procedurile de lucru ale laboratorului.

Metoda conform invenției conține mai multe procedee de caracterizare radiometrică a factorilor speleoterapeutici din mediul salin.

Procedeul măsurării concentrației de Radon

Procedeul de măsurare de activitate volumică a radonului atmosferic, conform invenției, s-a realizat cu sistemul portabil Pylon AB 5, cu ajutorul dispozitivului specializat - CPRD, în mai multe areale/locații din interiorul fiecărei mine saline analizate.

După efectuarea măsurărilor, stocarea automată a datelor experimentale și transferarea lor pe un laptop (interfața de legătură), cu ajutorul unor software-uri specializate, s-a folosit fișierul EXCEL de lucru: run#. (cod/no.), care prezintă rezultatele măsurării tabelare și calculul erorilor/incertitudinilor.

Intervalul de concentrații de Radon măsurate și mediate în minele saline, pe un interval de mai mulți ani, în diferite anotimpuri, în condițiile de mediu precizate, este cuprins între:  $7 \pm 0.4 \text{ Bq/m}^3$  și  $90 \pm 5 \text{ Bq/m}^3$ .

Un exemplu de spectru al concentrației de Radon (activitate volumică) măsurat într-o mină salină, este prezentat în fig. 1.

*Procedeul măsurării spectrometrice gamma cu detector de GeHP*

Invenția se referă de asemenea la procedeul de măsurare și analiză spectrometrică gama pe probe de sare. Măsurările au fost efectuate utilizând un detector cu GeHP, cu următorii parametri de instalație: constanta de timp de 6  $\mu\text{s}$  cu eficiență relativă de 30% la 1332 keV pentru  $^{60}\text{Co}$  și o rezoluție de 1.85 keV, la 1332 keV ( $^{60}\text{Co}$ ), și 0.85 keV la 122 keV ( $^{57}\text{Co}$ ), tensiunea de lucru + 4400 V și un lant spectrometric specializat. Spectrele au fost achiziționate în domeniul energetic cuprins între 40 și 2670 keV, pe 16384 de canale, astfel încât energetic, un canal corespunde la aproximativ 6,21 keV.

Datele experimentale de măsurare s-au prelucrat cu ajutorul unui softwar specializat al sistemului de măsură, pe probe de sare neprelucrată cu masa de aproximativ 100 g și timp de măsură (time live) de 86400 s, prelevate din minele saline monitorizate, iar un exemplu de date de măsurare achiziționate sunt prezentate în tabelul 1. Sunt prezentați principalii radionuclizi naturali conținuți în probele de sare alba și neagra analizate, în raport cu o referința aleasă și anume media pe 50 de probe de sol din mai multe zone ale țării.

Măsurările eu fost efectuate și mediate pe timp de mai mulți ani în diverse perioade de timp ale anului.

# RO 128953 B1

1           Principalii radionuclizi naturali care apar în probele de sare analizate, în condițiile de  
mediu precizate, în mici urme, sunt: 228-Ac (liniile de 911.07, 964.6, 968.9, 1587.9, 1630.4),  
3           212-Bi (linia de 1620.56), 214-Bi (liniile de 609.32, 1120.28, 1155.19, 1238.11, 40-K (1460.75),  
212-Pb, 214-Pb (241.92, 295.22, 351.99), 177-Rn, 226-Ra (185.99), 234-Th (63.2, 92.38),  
5           208-Tl (510.72, 583.14, 1592.47, etc. În conformitate cu Tabelul 1, toate la nivelul fondului  
natural de radiații. Pentru aplicarea mediului salin în speleoterapie și tratament balnear, studiul  
7           spectrometric de radioactivitate prezintă activități masice de radionuclizi naturali, cu activități  
totale cuprinse între 20-25 Bq/kg pentru sare albă și de 30-55 Bq/kg pentru sare care conține  
9           incluziuni în conținut (sare neagră).

## *Procedeeul măsurării alfa-beta globale*

11           Procedeeul de măsurare de activitate volumică alfa-beta globală, conform metodei  
inventiei, pe probe de sare, constă din analiza probelor prelevate din minele saline, cu mase  
13           de aproximativ 1-2 g, care s-au supus măsurărilor alfa-beta globale, în geometria <ALFA+BETA  
SUS>, cu un sistem specializat. Datele experimentale de măsurare, înregistrate automat de  
15           sistem, sunt stocate și prelucrate cu scăderea automată a fondului natural de radiații.

17           Activitățile minime detectabile ale sistemului pentru măsurările pe probe de  
sare sunt: AMD la radiația alfa = 0.0174 Bq/probă; respectiv 2.88 Bq/kg; AMD la radiația  
beta = 0.193 Bq/probă; respectiv 11.61 Bq/kg.

19           Astfel, intervalul de concentrații de radioactivitate măsurate prin analize alfa-beta globale  
pe probe de sare sunt cuprinse între: 2-8 Bq/kg la radiația alfa și 10-15 Bq/kg la radiația beta.

21           Datele experimentale furnizate de sistemul de măsură alfa-beta global și apoi prelucrate,  
pe probele măsurate la radiațiile alfa și beta, nu prezintă practic radioactivitate.

## *Procedeeul măsurării fondului natural de radiații - doza gama*

23           Procedeeul măsurării fondului natural de radiații, conform invenției, din minele saline s-a  
efectuat cu un sistem portabil, care este și dozimetru/debitmetru și contaminometru. Măsurările  
25           din minele saline s-au realizat ca debitmetru cu integrare de impulsuri folosind o sondă gamma  
- Counter-timer (numărător-timer) pentru timpi de integrare de 3600 de secunde/măsurare.

27           Din analizele efectuate rezulta că în minele saline există un fond natural de radiații  
cuprins în intervalul: (0.002-0.006)  $\mu$ Sv/h (2-6 nSv/h), cu erori cuprinse între (5.3-10.5)%, în  
raport cu fondul natural (doza gama) de la suprafața minelor saline - măsurări martor și putem  
31           concluziona că în saline fondul natural de radiații este de câteva zeci de ori mai mic decât la  
suprafață.

33           Pentru toate măsurările și analizele radiometrice efectuate și precizate în prezenta  
invenției, valorile măsurate sunt caracterizate și cu erorile aferente calculate. S-au calculat  
35           astfel: S(n-1) - abaterea standard experimentală; S(n-1) (%) - abaterea standard experimentală  
relativă; S(med) - abaterea standard experimentală a mediei; S(med) (%) - abaterea standard  
37           experimentală relativă; S(Poisson) - eroarea relativă Poisson; eroarea globală absolută, etc.,  
care sunt calculate pentru fiecare punct de măsură în parte. S(Poisson) este data pentru  
39           compararea cu valoarea abaterii standard asupra mediei în scopul aprecierii statistice a valorilor  
medii față de numărul total de impulsuri achiziționat.

## *Aplicații*

41           Metoda conform invenției are caracter de noutate și originalitate venind să acopere un  
foarte mare număr de aspecte cu caracter aplicativ, cu mare impact economic și social în  
43           competiție cu studiile științifice din alte țări europene cu experiență în domeniu.

45           Metoda conform invenției propune abordarea problematicii efectului terapeutic al  
factorilor de mediu subteran din saline și peșteri asupra organismului uman.

# RO 128953 B1

Metoda conform invenției de caracterizare radiometrică a mediului salin, asociată și cu studii complexe medico-biologice, clinico-funcționale, de imunologie celulară, biologie celulară, biochimie, ionizare, concentrația de aeroioni, dispersia aerosolului salin, concentrația de micro-organisme, concentrația de diferite gaze în mediul subteran salin, etc. reprezintă o alternativă complementară în cura speleoterapeutică din mediul minelor salin.

Rezultatele aplicării metodei propuse pot avea un impact pozitiv asupra dezvoltării unor noi direcții de cercetare, diminuarea tratamentelor medicamentoase costisitoare, micșorarea frecvenței și duratei de spitalizare, ridicarea calității vieții bolnavilor, mărirea posibilității încadrării și reabilitării acestora în activitatea profesională și socială, etc.

În conformitate cu metoda de caracterizare radiometrică propusă, conform invenției, se prezintă mai jos un exemplu de realizare a procedeelelor, în legătură cu fig. 1...4 și tabelul 1, care reprezintă:

- fig. 1, concentrația de radon într-o locație anume dintr-o mină salină; 13
- fig. 2, activitatea totală a probelor de sare în raport cu o referință ce reprezintă media pe 50 de probe de sol; 15
- fig. 3, activitatea de  $^{226}\text{Ra}$  (Seria URANIU) în raport cu o referință ce reprezintă media pe 50 de probe de sol; 17
- fig. 4, activitatea de  $^{235}\text{U}$  (Seria ACTINIU) în raport cu o referință ce reprezintă media pe 50 de probe de sol; 19
- tabelul 1, radionuclizi naturali conținuți în probe de sare prelevate din mine salin analizate prin spectrometrie gama cu detector de HPGe. 21

Se prezintă în continuare un exemplu de măsurare a concentrației de Radon într-o locație dintr-o mină salină conform fig. 1, în care apare variația concentrației de radon în funcție de timp. În calcul s-a luat valoarea medie care este de aproximativ  $38 \text{ Bq/m}^3$  în acest caz.

Fig. 2 reprezintă activitatea totală a probelor de sare în raport cu o referință ce reprezintă media măsurărilor pe 50 de probe de sol alese aleatoriu provenite din diverse locuri cu o concentrație de aproximativ  $800 \text{ Bq/kg}$ , pentru a pune în evidență faptul că valoarea concentrațiilor de radon pe probe de sare este extrem de mică ( $10\text{-}20 \text{ Bq/kg}$ ).

Fig. 3 reprezintă activitatea de  $^{226}\text{Ra}$  (Seria URANIU) în raport cu aceeași referință ce reprezintă media pe 50 de probe de sol; practice concentrațiile de activitate sunt inexistente în raport cu referința pe soluri.

Fig. 4 reprezintă activitatea de  $^{235}\text{U}$  (Seria ACTINIU) în raport cu referința ce reprezintă media pe 50 de probe de sol; Valoarea activității de  $^{235}\text{U}$  în acest exemplu este de asemenea mult mai mică decât valoarea concentrației pe probele de sol analizate.

Tabelul 1 reprezintă un exemplu de analiză a radionuclizilor naturali conținuți în probe de sare prelevate din mine salin analizate prin spectrometrie gama cu detector de HPGe. Valorile sunt extrem de mici,  $18.8 \text{ Bq/kg}$  pe probe de sare albă și de  $24.7 \text{ Bq/kg}$  pe probe de sare neagră.

## Revendicare

1

3

5

7

9

11

13

15

17

19

Metodă de caracterizare radiometrică a factorilor speleoterapeutici în mine salin, în vederea utilizării factorilor naturali de mediu subteran salin, deținători de proprietăți curative, pentru prevenția, tratamentul și recuperarea pacienților cu unele patologii, în sănătate, tratament și turism balneoclimateric, **caracterizată prin aceea că**, ulterior stabilirii arealelor și a punctelor de măsură, în condiții de temperatură între 10 și 14,5 C, presiune între 1008 și 1022 hPa, umiditate între 65 și 80%, adâncime între 0 și 240 m, viteza vântului între 0,2 și 1,6 m/s, și calibrării și etalonării aparaturii, include etapele de: măsurare a concentrațiilor de activitate volumică a radonului atmosferic din minele de sare analizate, obținându-se un interval de valori caracteristice măsurate de 7÷90 Bq/m<sup>3</sup>; măsurare și analiză de spectrometrie gama pe probe de sare cu masa de 100 g, timp de măsură 86.400 s, pentru detectarea principalilor radionuclizi naturali emițători gama care fac parte din probele de sare neprelucrate, cu identificarea de activități specifice de radionuclizi naturali cuprinse între 20÷25 Bq/kg; analiză alfa-beta globală pe probe de sare cu mase de aproximativ 1-2 g, fiind măsurate concentrații de radioactivitate de 2÷8 Bq/kg la radiația alfa și 10-15 Bq/kg la radiația beta, și măsurare a fondului natural de radiații folosind o sondă gama, cu identificarea unui fond natural de radiații cuprins în intervalul de valori 2÷6 nSv/h, în raport cu fondul natural de la suprafața minelor salin monitorizate, datele obținute fiind corelate, comparate și utilizate ca bază pentru metodologii și proceduri de lucru aplicabile în speleoterapie.

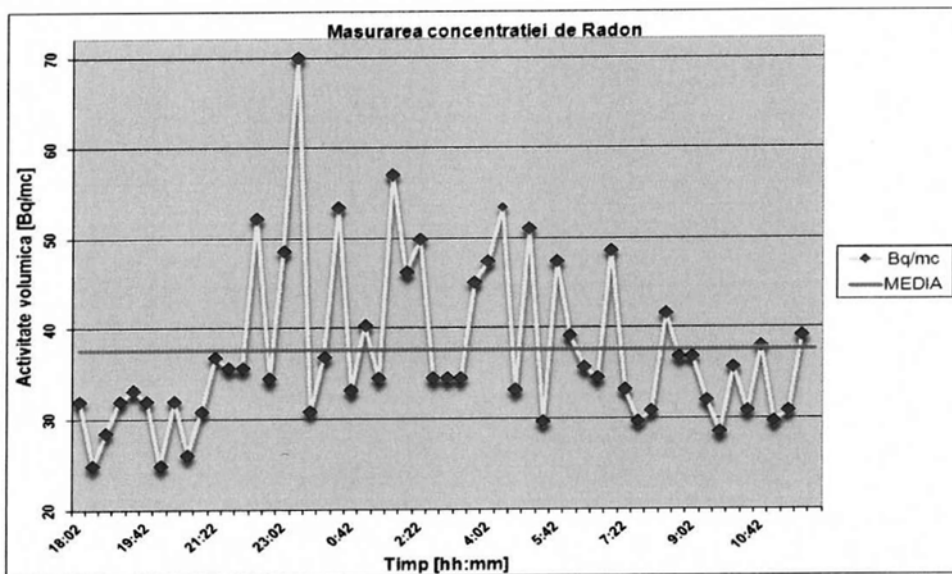


Fig. 1

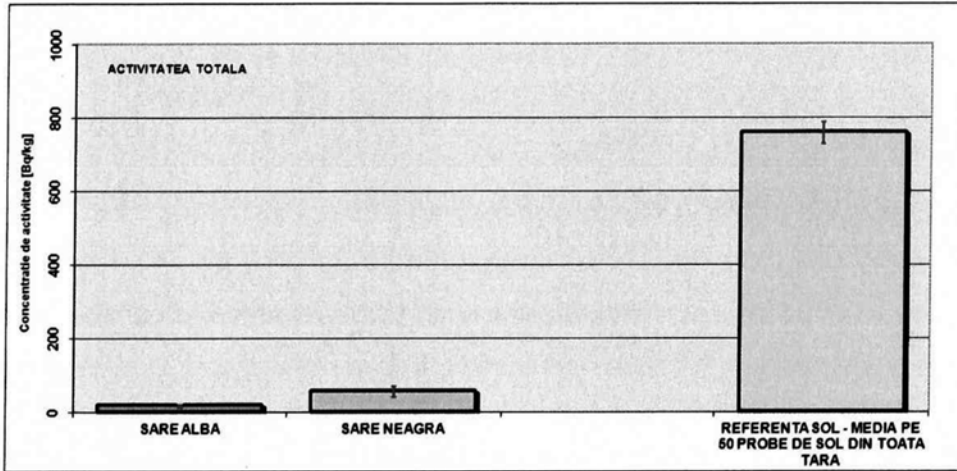


Fig. 2

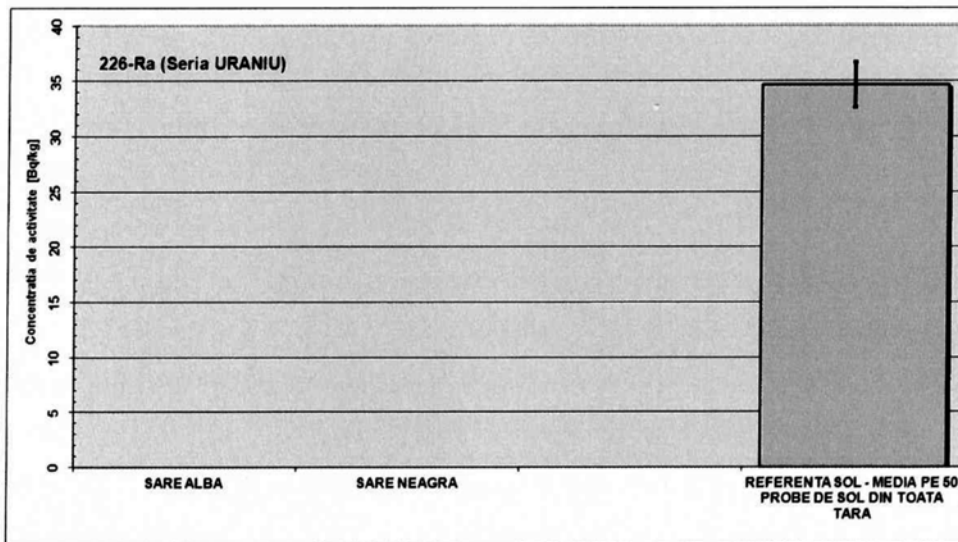


Fig. 3



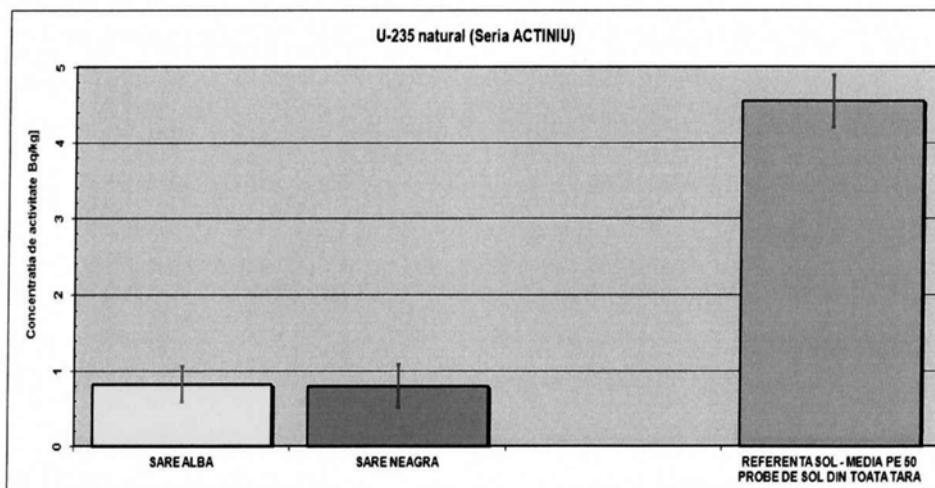


Fig. 4

**Tabelul 1 – Radionuclizi naturali continuti in probe de sare prelevate din mine saline analizati prin spectrometrie gama cu detector de HPGe**

PROBA		SARE ALBA		SARE NEAGRA	
		Activitate	Incertitudine	Activitate	Incertitudine
Radionuclid		[Bq/kg]		[Bq/kg]	
K-40	89,33%BET&GAM	<AMD		<AMD	
CS-137	BET&GAM	<AMD		<AMD	<AMD
TL-208	36%BET&GAM	<AMD		<AMD	
PB-210	BET&GAM	<AMD		<AMD	
PB-212	BET&GAM	1.2	0.2	<AMD	
PB-214	BET&GAM	<AMD		<AMD	
BI-212	64%BET&GAM	9.1	2.2	11.3	3.1
BI-214	BET&GAM	<AMD		<AMD	
RA-226	ALF&GAM	<AMD		<AMD	
AC-228	BET&GAM	7.7	1.4	<AMD	
TH-228	ALF&GAM	<AMD		22.3	3.1
TH-234	BET&GAM	<AMD		<AMD	
U-235	ALF&GAM	0.8	0.3	0.8	0.2
RA-224	ALF&GAM	<AMD		<AMD	
RA-223	ALF&GAM	<AMD		<AMD	
ACTIVITATE TOTALA		18.8	3.1	27.7	4.6
TOTAL BETA		11.7		3.5	
TOTAL ALFA		0.0		45.303	
232-Th		7.7	2.6	21.5	2.23
238-U + 234-U		0.00	0.00	0.00	0.00
U-235 natural (Serie ACTINIU)		0.4	0.1	0.8	0.2

AMD-Activitatea Minima Detectabila

