

FRANCESCO ARAMU (\*) e IVO URAS (\*\*)

## ALCUNI RISULTATI SU UNA ANALISI DI RADIOATTIVITA' NATURALE DEI CARBONI DEL SULCIS

Lo studio della radioattività naturale delle rocce costituenti la crosta terrestre trova, come è noto, la sua giustificazione, date le proprietà caratteristiche della radioattività, nella possibilità di effettuare ricerche, non altrimenti possibili, sui processi fisici e chimico-fisici riguardanti la formazione e l'evoluzione della crosta terrestre.

A questi sono spesso da aggiungersi, per motivi di carattere contingente, ricerche di giacimenti particolarmente ricchi in radioelementi naturali.

In questi ultimi anni, in seguito all'intensificarsi delle ricerche sui materiali radioattivi, si è riscontrato, soprattutto in America che diversi giacimenti di carboni fossili possono costituire delle potenziali riserve di uranio. I tenori riscontrati dagli Autori americani vanno da 0,02% a 0,04% (2, 3).

Nell'intento di stabilire il contenuto medio in radioelementi dei carboni del bacino carbonifero del Sulcis (Sardegna) e di dare un contributo alla conoscenza della provenienza delle sostanze radioattive naturali presenti nei carboni ed alla sua ripartizione nel minerale, abbiamo ritenuto utile intraprendere un'analisi sistematica di radioattività di un gran numero di campioni di carbone prelevati dalle miniere di Seruci e di Serbariu. Ad essi va aggiunta l'analisi di qualche altra roccia presente nel bacino.

I fattori favorevoli che ci hanno spinto a scegliere il bacino di Carbonia come campo per i nostri studi sono stati i seguenti:

- 1) carbone di qualità compreso fra una lignite ed un litantrace, tale cioè da essere tra quelli risultati come i più attivi (9);
- 2) banchi di carbone sufficientemente superficiali da poter essere stati attraversati, anche in funzione delle numerosissime fratture presenti nella zona, dalle acque di circolazione superficiali;
- 3) bacino attualmente ricoperto in parte dalle lave, ma probabil-

---

(\*) Istituto di Fisica - Università di Cagliari.

(\*\*) Istituto di Giacimenti Minerari - Università di Cagliari.

mente, ad un certo tempo geologico, ricoperto per intero o quasi; fattore positivo questo nell'ipotesi che i materiali di copertura del giacimento abbiano contribuito alle attuali concentrazioni in radioelementi;

4) numero di fasci di carbone sufficientemente elevato da poter lasciar vedere, qualora si sia manifestata, un'opera selettiva di fissazione dei sali di uranio.

La campionatura è stata eseguita per la miniera di Serbariu su tutti gli otto fasci conosciuti nel bacino, al livello —150 e per alcuni anche a —200, con prelevamenti effettuati in zone ravvicinate ed, ove possibile, lungo la stessa verticale. Per il I fascio, data la sua assenza negli attuali cantieri di coltivazione, la campionatura è stata eseguita in una zona discosta ed in affioramento. Accanto a questi campioni di carbone sono state prelevate le andesiti intruse fra i fasci.

La campionatura di Seruci si è dovuta forzatamente limitare ai soli due fasci conosciuti, tuttavia il prelevamento è stato effettuato anche in senso laterale onde poter apprezzare tutte le possibili variazioni. Anche qui sono stati prelevati altri materiali quali le trachiti della copertura nonché pezzi estratti da livelli più profondi a quelli attualmente in sfruttamento attraverso ricerche per sondaggio.

La necessità di campionare distintamente i due giacimenti deriva, oltre a quella di ordine generale che riguarda la loro diversa ubicazione nel bacino, dal fatto che, mentre la miniera di Serbariu è molto disturbata da faglie e pieghe, ciò non è per quella di Seruci, ove si eccettui una grande faglia che interrompe ad ovest il giacimento.

Le ricerche sono state eseguite con il metodo delle lastre nucleari, secondo la tecnica per la prima volta illustrata da Curie (5) e successivamente adoperata da altri Autori (7, 11, 13, 14). L'esposizione delle sezioni lucidi di carbone alle emulsioni è stata in media di 60 giorni circa a temperatura di —10° C. Per i dati necessari al calcolo del potere frenante del minerale, si è fatto uso del risultato delle analisi chimiche effettuate da Berti e Coll. (4) su campioni di carbone del bacino carbonifero del Sulcis. I risultati sperimentali sono riassunti nelle Tabb. allegate, rispettivamente per i campioni di Seruci e di Serbariu.

Perchè esse possano essere giustamente interpretate è necessario tener presente i punti di prelevamento di singoli campioni, ed in particolare che alcuni dei più ricchi fra di essi, quali l'S.5 di Seruci ed il B.8 di Serbariu, sono stati presi a contatto di faglie od in affioramento e quindi in condizioni tali da essere più facilmente ed abbondantemente attraversati dalle acque di dilavamento.

TABELLA I

*Risultati sperimentali delle misure eseguite sui campioni di seruci (\*)*

Mater.	Simb.	Quota Fascio	Attività specifica N. a/cm <sup>2</sup> sec.	C <sub>Th</sub> gr/gr	C <sub>U</sub> gr/gr
Carbone	S. 1	-90 I Fasc. Piede	$8,67 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-5}$	$5,22 \times 10^{-6}$
»	S. 2	-90 I Fasc. Tetto	$4,1 \times 10^{-5}$	$6,0 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-7}$
»	S. 3	-90 I Fasc. Centro	$2,03 \times 10^{-4}$	$2,98 \times 10^{-6}$	$1,28 \times 10^{-6}$
»	S. 4	-90 I Fasc. riflu.	$1,80 \times 10^{-5}$	$2,7 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-7}$
»	S. 5	-90 I Fasc. faglia	$1,56 \times 10^{-3}$	$2,291 \times 10^{-5}$	$9,39 \times 10^{-6}$
»	S. 6	-90 I Fasc. a 150 m. da S.5	$2,84 \times 10^{-4}$	$4,17 \times 10^{-6}$	$1,71 \times 10^{-6}$
»	S. 7	-80 II F disc. princ.	$2,76 \times 10^{-4}$	$4,05 \times 10^{-6}$	$1,66 \times 10^{-6}$
»	S. 8	-123 II F. disc. princ.	$5,89 \times 10^{-5}$	$8,8 \times 10^{-7}$	$3,6 \times 10^{-7}$
»	S. 9	-136 II F. disc. princ.	$1,38 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-6}$	$8,3 \times 10^{-7}$
»	S. 10	-175 II F. I trav	$2,59 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-7}$	$1,6 \times 10^{-7}$
»	S. 11	-163 II F. Pozzo	$2,14 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$
»	S. 12	-102 II F. Estr. E. corona	$2,06 \times 10^{-4}$	$3,03 \times 10^{-6}$	$1,24 \times 10^{-6}$
»	S. 13	-102 II F. Estr. E. piede	$1,42 \times 10^{-3}$	$2,086 \times 10^{-5}$	$8,55 \times 10^{-6}$
»	S. 14	-117 II F. Estr. W piede	$3,97 \times 10^{-5}$	$5,9 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-7}$
»	S. 15	-117 I F. III Sez. IV in- terc. W	$6,62 \times 10^{-5}$	$9,8 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-7}$
»	S. 16	idem al piede	$6,70 \times 10^{-4}$	$9,83 \times 10^{-6}$	$4,03 \times 10^{-6}$
»	S. 17	-110 idem Sett W piede	$2,92 \times 10^{-4}$	$4,29 \times 10^{-6}$	$1,76 \times 10^{-6}$
»	S. 18	idem corona	$7,72 \times 10^{-4}$	$1,135 \times 10^{-5}$	$4,65 \times 10^{-6}$
Trachite	T	Esterno	$1,54 \times 10^{-4}$	$2,27 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-7}$
Marna	5 (1)	IX trav W	$4,32 \times 10^{-4}$	$6,34 \times 10^{-6}$	$2,60 \times 10^{-6}$
Carbone	1 (1)	I trav W	$2,73 \times 10^{-4}$	$4,00 \times 10^{-6}$	$1,64 \times 10^{-6}$
»	1 (1)	I trav W	$3,16 \times 10^{-3}$	$4,640 \times 10^{-5}$	$1,902 \times 10^{-5}$

(\*) Per il rapporto C<sub>Th</sub>/C<sub>U</sub> si è scelto provvisoriamente, il valore fornito da Bellanea e coll. (1).

(1) Materiali prov. da fori di sonda.

TABELLA II

Risultati sperimentali delle misure eseguite sui campioni di Serbariu (\*)

Mater.	Simb.	Quota Fascio	Attività specifica N. a/cm <sup>2</sup> sec.	C <sub>Th</sub> gr/gr	C <sub>U</sub> gr/gr
Carbone	B. 1	VIII —150	$5,86 \times 10^{-4}$	$8,61 \times 10^{-6}$	$3,53 \times 10^{-6}$
»	B. 2	VII —150	$5,08 \times 10^{-4}$	$7,47 \times 10^{-6}$	$3,06 \times 10^{-6}$
»	B. 3	VI —150	$4,18 \times 10^{-5}$	$6,1 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-7}$
»	B. 4	III o IV —150 sopra intere.	$1,11 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-7}$	$7 \times 10^{-8}$
»	B. 5	III o IV —150 sotto intere.	$3,08 \times 10^{-5}$	$4,4 \times 10^{-7}$	$1,8 \times 10^{-7}$
»	B. 6	II —150	$8,86 \times 10^{-5}$	$1,29 \times 10^{-6}$	$5,3 \times 10^{-7}$
»	B. 7	V —150	$6,04 \times 10^{-5}$	$9,0 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-7}$
»	B. 8	I affior.	$1,28 \times 10^{-3}$	$1,881 \times 10^{-5}$	$7,71 \times 10^{-6}$
»	B. 9	V —200	$3,55 \times 10^{-4}$	$5,22 \times 10^{-6}$	$2,14 \times 10^{-6}$
»	B. 10	VI —200	$2,56 \times 10^{-5}$	$3,60 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-7}$
»	B. 11	VII —200	$4,20 \times 10^{-4}$	$6,17 \times 10^{-6}$	$2,53 \times 10^{-6}$
Andesite	B. 12	—150	$2,48 \times 10^{-5}$	$3,67 \times 10^{-7}$	$1,50 \times 10^{-7}$

(\*) Per il rapporto C<sub>Th</sub>/C<sub>U</sub> si è scelto provvisoriamente, il valore fornito da Bellanca e coll. (1).

Poichè circa la presenza dei materiali uraniferi nei giacimenti di carboni fossili si sono fino ad oggi avanzate due ipotesi, una di natura singenetica (8, 10, 12) ed una di natura epigenetica (6, 9), le relazioni da noi sopra chiarite, fra posizione del campione e sua concentrazione in U, ci portano a propendere piuttosto per la seconda di esse o quanto meno ad accettare un certo arricchimento secondario.

Per quanto riguarda poi la distribuzione nel minerale delle sostanze radioattive, ulteriori esposizioni di sezioni sottili ci hanno consentito di stabilire che circa il 95-97% della radioattività totale è diffusa nel materiale, la rimanente parte è invece concentrata in centri sufficientemente ricchi (oltre un centinaio di tracce per una esposizione di 60 giorni). Lo studio microscopico delle sezioni sottili ci ha inoltre consen-

tito di stabilire che i centri di emissione di questa radioattività concentrata sono prevalentemente costituiti da minutissimi cristallini di anatasia; essi sono riconoscibili, se pure non con tutta certezza date le loro dimensioni, in base al loro colore azzurrino, alla alta rifrangenza e, talvolta, al loro abito cristallino. La parte diffusa è invece, molto verosimilmente, emessa dalla sostanza carboniosa.

Il rapporto fra radioattività diffusa e concentrata ed i loro centri rispettivi di emissione, confermerebbero anche le esperienze di Breger, Deul e Rubinstein (2) i quali hanno dimostrato che circa il 90% dell'uranio contenuto nei carboni fossili è legato alla sostanza organica con la quale forma dei complessi metallorganici.

Pensando alla probabile provenienza dei materiali torio-uraniferi, un certo ruolo pensiamo si possa senz'altro attribuire alle lave della copertura senza però ignorare o disconoscere quello che può essere stato il contributo degli altri materiali presenti nel bacino. Anzi, se si vorranno completare le conoscenze su questo problema, bisognerà analizzare sistematicamente tutti gli intercalari del bacino eocenico, le coperture mioceniche o presunte tali, ed in particolare le circostanti forme di rilievo date dagli scisti del paleozoico, che costituiscono anche la roccia d'invaso del bacino.

Dal punto di vista industriale si deve concludere che le concentrazioni medie in U e Th,  $C_u$  e  $C_{Th}$  :

	$C_{Th}$	$C_u$	
Seruci	$5,66.10^{-6}$	$2,33.10^{-6}$	gr/gr
Serbariu	$4,56.10^{-6}$	$1,87.10^{-6}$	gr/gr

ottenuto per le due miniere, non è molto favorevole.

Considerando però che mediamente i carboni del bacino in studio hanno un contenuto in ceneri del 15,4% ed ammettendo, come è probabile, che tutto il materiale radioattivo sia sotto forma stabile e si ritrovi nei residui di combustione, non si può, sia pure con le più prudentiali riserve, escludere che nel futuro anche il giacimento di Carbonia possa costituire una potenziale riserva d'uranio.

Anche tenendo conto che, secondo i più recenti esperimenti (2-3), un semplice trattamento con HCl 6N è capace di estrarre oltre il 90% dell'uranio contenuto sia nei carboni che nelle ceneri.

Ci è grato esprimere i nostri più vivi ringraziamenti ai Proff. G. Frongia e C. Lauro per le utili discussioni ed i consigli avuti durante l'esecuzione del presente lavoro.

Ci è altresì grato ringraziare la Società Carbonifera Sarda e particolarmente il suo Direttore centrale dr. Ing. G. Carta ed i Direttori delle miniere di Serbariu e Seruci per l'ospitalità e le informazioni di cui ci sono stati particolarmente larghi.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) BELLANCA A., CURATOLO M., SANTANGELO M., Riv. Min. Sic. 6, 164, (1955).
- (2) BREGER I. A., DEUL M., RUBINSTEIN S., Economic Geology 50, 206, (1955).
- (3) BREGER I. A., DEUL M., RUBINSTEIN S., Economic Geology 50, 610, (1955).
- (4) BERTI V., SINIRAMED C., MANCI C., Riv. dei Combustibili 8, 639, (1954).
- (5) CURIE I., Journal Phys. et Rad. 7, 313, (1946).
- (6) FREDRICKSON A. F., Science 103, 184, (1948).
- (7) IMBÒ G., CASERTANO L., Annali di Geofisica 5, 1, (1952).
- (8) MCKELVEY V. E., NELSON J. M., Economic Geology 45, 35 (1950).
- (9) MOORE G. W., Economic Geology 49, 652 (1954).
- (10) NEWMANN W. F., U. S. Atomic Energy Commission ABST of declassified documents 1, 149 (1947).
- (11) PICCIOTTO G. G., Bull. Soc. Belge de Geol. de Paleont. et Hydrol. 59, 1 (1950).  
— Bull. Centre Phys. Nucleaire - Univ. Libre de Bruxelles n. 16 (1950).  
— Bull. Soc. Belge de Geol., Paleont. Hydrol. 56, 2 (1952).  
— Bull. Centre Phys. Nucleaire de l'Univ. libre de Bruxelles n. 1 (1948).
- (12) SVERDRUP H. U., JOHNSON M. W. and FLEMING R. H., The Oceans, New York 1942.
- (13) TAMBURINO S., STELLA A., Nuovo Cimento 9, 253 (1952).
- (14) YAGODA H., Radioactive Measurements With Nuclear Emulsions, New York 1949.