

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF 82/78(R)
29 Settembre 1982

G. Campos Venuti, A. Esposito, A. Grisanti, G. Grisanti, M. Pelliccioni
e S. Risica: STUDIO DELLA RADIOATTIVITA' NATURALE IN ROCCE
E CEMENTI, AI FINI DELLA COSTRUZIONE DEL LABORATORIO DEL
GRAN SASSO DELL'INFN

STUDIO DELLA RADIOATTIVITA' NATURALE IN ROCCE E CEMENTI, AI FINI DELLA COSTRUZIONE DEL
LABORATORIO DEL GRAN SASSO DELL'INFN

A. Esposito , M. Pelliccioni
INFN, Laboratori Nazionali di Frascati, Frascati, Italia.

e

G. Campos Venuti, A. Grisanti, G. Grisanti, S. Risica
Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio delle Radiazioni e Sezione Sanità dell'INFN, Roma, Italia.

1. - INTRODUZIONE

Uno dei requisiti di progetto del laboratorio che l'INFN intende costruire sotto al Gran Sasso d'Italia è quello di avere all'interno di esso un fondo di radiazioni quanto più modesto possibile, in considerazione della rarità degli eventi che dovranno essere osservati.

Le più importanti componenti del fondo di radiazioni in tale laboratorio saranno certamente quelle originate dai materiali da costruire usati e dalle rocce circostanti. In entrambi i casi i contributi principali saranno quindi dovuti al ^{40}K e ai radionuclidi componenti delle famiglie dell' ^{238}U e del ^{232}Th . Sarà sicuramente più modesto il contributo dei raggi cosmici, anche in considerazione dell'attenuazione introdotta da uno spessore di roccia dell'ordine di 1400 m.

Allo scopo di fornire utili indicazioni nella scelta dei materiali con i quali realizzare il laboratorio è stato pertanto effettuato uno studio della radioattività naturale presente nella zona del Gran Sasso interessata al laboratorio stesso e in numerosi campioni di cemento. I risultati delle misure sono illustrati in questa nota.

2. - RADIOATTIVITA' NATURALE NELLE ROCCE

I campioni di roccia da esaminare sono stati prelevati ogni 10 metri utilizzando i due sondaggi esplorativi effettuati dalla ditta costruttrice rispettivamente a 6197.8 metri e a 6100 metri della galleria via sinistra, con asse a 90° rispetto alla direzione della galleria stessa. Nel primo caso i campioni sono stati prelevati fino a una profondità di 210 metri, nel secondo fino a 90 metri.

Successivamente i campioni sono stati frantumati e ridotti a polvere omogenea con granuli di diametro medio inferiore a 1 mm tramite un frantoio a mascelle cortesemente messo a disposizione dal Laboratorio Trattamento Minerali del CNR. Infine, sono stati analizzati con lo spettrometro γ al Ge-Li del laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità e gli spettri sono stati elaborati con calcolatore "on line".

I risultati sono riportati nelle Tabelle I e II separatamente per i campioni provenienti dai due diversi sondaggi esplorativi.

TABELLA I

Profondità (m)	Tipo di Roccia	Attività specifica (Bq/kg)		
		^{40}K	^{212}Pb	^{214}Bi
0 (By-pass a 5650 metri)		$6,4 \pm 3,6$	$\leq 1,0$	$4,4 \pm 1,0$
10	Calcere micritico rosso mattone; intercalazioni calcari bianchi; selce rosata in noduli scarsa.	55 ± 7	$2,3 \pm 0,9$	$1,6 \pm 0,8$
20	Calcere micritico rosso mattone; intercalazioni calcari bianchi; selce rosata in noduli scarsa.	64 ± 7	$2,8 \pm 0,9$	$1,4 \pm 0,8$
30	Calcere micritico verdino.	44 ± 6	$3,0 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
40	Calcere micritico "scaglia" grigio verdastro o avorio; noduli di selce rosata.	33 ± 5	$2,7 \pm 0,8$	$4,8 \pm 1,0$
50	Calcere micritico avorio a selce brunastra passante a calcare.	27 ± 5	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$
60	Calcere micritico "scaglia" avorio; noduli di selce.	30 ± 5	$1,4 \pm 0,8$	$1,1 \pm 0,8$
70	Calcere micritico grigio chiaro con intercalazioni di selce.	27 ± 6	$1,1 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
80	Calcere micritico color avorio+noduli di selce.	29 ± 5	$1,4 \pm 0,7$	$\leq 1,0$
90	Calcere micritico color avorio+liste di selce.	29 ± 5	$1,5 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
100	Calcere micritico color avorio+liste di selce.	34 ± 6	$1,4 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
110	Calcere micritico grigiastro con intercalazioni di selce.	25 ± 5	$1,2 \pm 0,7$	$\leq 1,0$
120	Calcere micritico avana patine verdastre. Tracce di ossidi di ferro.	24 ± 6	$1,5 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
130	Calcere micritico grigio o grigio verdastro a liste di selce. Patine argillose grigio scure.	45 ± 8	$2,6 \pm 0,9$	$\leq 1,0$
140	Calcere micritico grigio o grigio verdastro a liste di selce. Patine argillose grigio scure.	28 ± 6	$1,3 \pm 0,7$	$\leq 1,0$
150	Calcere micritico rosso mattone a liste di selce. Patine argillose grigio scure.	41 ± 6	$2,3 \pm 0,9$	$1,1 \pm 0,9$
160	Calcere micritico beige con piccoli noduli di selce.	31 ± 6	$2,0 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
170	Calcere micritico grigio verdino con piccoli noduli di selce.	34 ± 6	$1,2 \pm 0,8$	$1,1 \pm 0,8$
180	Calcere micritico grigio verdino con piccoli noduli di selce.	36 ± 7	$1,6 \pm 1,0$	$\leq 1,0$
190	Faglia con breccia cementata. Sostanze argillose nerastre.	41 ± 8	$2,3 \pm 1,0$	$2,0 \pm 1,2$
200	Calcere micritico grigio stratificato con noduli di selce e tracce argillose.	51 ± 9	$4,2 \pm 1,2$	$6,6 \pm 1,4$
210	Calcere micritico grigio stratificato con noduli di selce e tracce argillose.	48 ± 8	$3,2 \pm 1,0$	$5,3 \pm 1,3$

Il ^{40}K ha una riga γ a 1461 keV. Per quanto riguarda le famiglie dell' ^{238}U e del ^{232}Th , la spettrometria γ evidenzia numerose righe, corrispondenti a diversi radionuclidi delle due famiglie: i valori di attività specifica riportati nelle Tabelle sono calcolati sulla riga a 609 keV del ^{214}Bi (della famiglia dell' ^{238}U) e su quella a 238 keV del ^{212}Pb (della famiglia del ^{232}Th) perchè quelle più intense che presentano, quindi, un errore minore.

TABELLA II

Profondità (m)	Tipo di Roccia	Attività specifica (Bq/kg)		
		^{40}K	^{210}Pb	^{210}Bi
20	Calcere micritico rosso mattone con noduli di selce rossastra.	38 ± 7	$1,7 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
30	Calcere micritico color verdino o rossastro.	37 ± 6	$1,9 \pm 0,8$	$\leq 1,0$
41	Calcere micritico prevalentemente rossastro.	48 ± 7	$1,4 \pm 0,9$	$1,2 \pm 0,9$
51	Calcere micritico grigio verdino con alternanze di di calcare avorio. Noduli di selce.	42 ± 7	$1,8 \pm 0,9$	$\leq 1,0$
60	Calcere micritico grigio verdino con alternanze di calcare avorio. Noduli di selce.	36 ± 6	$3,1 \pm 0,9$	$1,3 \pm 1,0$
69	Calcere micritico grigio verdino con alternanze di calcare avorio. Noduli di selce.	40 ± 7	$2,1 \pm 0,9$	$1,3 \pm 0,9$
80	Calcere micritico grigio verdino con alternanze di calcare avorio. Noduli di selce.	41 ± 8	$2,7 \pm 1,2$	$4,3 \pm 1,4$
90	Calcere avorio.	$6,4 \pm 4,2$	$\leq 1,0$	$4,2 \pm 1,0$

Come si può notare, l'attività specifica dei radionuclidi misurati nei campioni risulta generalmente omogenea, indipendentemente dalla profondità cui il campione stesso è stato prelevato, e quindi la diversa composizione della roccia sembra in questo caso non avere un'influenza significativa.

Come si vedrà più avanti, l'attività specifica delle rocce esaminate risulta comunque sempre molto modesta sia in confronto con quella dei cementi, sia soprattutto in confronto con quella dei più abituali materiali da costruzione.

3. - RADIOATTIVITA' NATURALE NEI CEMENTI

E' stato quindi effettuato uno studio su vari campioni di cemento, forniti da diverse ditte, scelte in linea di massima con il criterio della vicinanza al Gran Sasso. Non mancano tuttavia alcuni campioni provenienti da stabilimenti anche relativamente lontani.

In genere i campioni sono stati forniti già in polvere; nei pochi casi in cui ciò non è avvenuto, si è provveduto a frantumarli opportunamente.

Come nel caso delle rocce, l'analisi spettrometrica è stata effettuata con il rivelatore γ al Ge-Li del Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità. I risultati sono mostrati nella Tabella III. Per quanto riguarda le righe studiate valgono le stesse considerazioni riportate al paragrafo precedente.

Come si può osservare dalla Tabella III, i cementi di tipo 325 esaminati presentano una grande variabilità e, tra questi, quelli che contengono pozzolana (PZ) hanno il maggior contenuto di radioattività. I valori più modesti dell'attività specifica riguardano il tipo d'altoforno (AF) e il calcestruzzo, che nonostante contenga pozzolana presenta una minore concentrazione di radionuclidi a causa dell'aggiunta di materiale inerte e di acqua.

I cementi di tipo 425 esaminati presentano un'attività specifica paragonabile a quella dei cementi d'altoforno (AF); e in media minore di circa un fattore 3 rispetto ai pozzolanici.

Ancora migliori, infine, i cementi Ancorfix, che hanno un'attività specifica decisamente inferiore.

L'UNSCEAR nel suo ultimo rapporto⁽¹⁾ riporta le attività specifiche medie dei cementi in 4 paesi europei (Germania Federale, Gran Bretagna, Svezia, Unione Sovietica): esse sono $22+703$ Bq/kg per il ^{40}K , $3+67$ Bq/kg per

TABELLA III

Tipo di Cemento	Attività specifica (Bq/kg)		
	^{40}K	^{210}Pb	^{210}Bi
Cemento PZ 325 Gran Sasso.	735 ± 24	149 ± 4	78 ± 4
Cemento PZ 325 (Calcestruzzo) Gran Sasso.	200 ± 13	38 ± 2	21 ± 2
UNICEM PZ 325 Stabilimento di Guidonia (Roma).	788 ± 29	240 ± 5	98 ± 5
ITALCEMENTI PZ 325 Stabilimento di Scafa (PE).	551 ± 22	136 ± 4	69 ± 4
SACCI PZ 325 Stabilimento di Cagnano Amiterno (AQ).	753 ± 27	137 ± 4	75 ± 4
CEMENTIR PZ 325 Stabilimento di Spoleto.	480 ± 24	126 ± 4	61 ± 4
CEMENTIR AF 325 Maddaloni (CE).	211 ± 17	61 ± 3	77 ± 4
UNICEM PTL 425 Stabilimento di Guidonia (Roma).	314 ± 20	108 ± 4	53 ± 4
ITALCEMENTI PTL 425 Stabilimento di Scafa (PE).	279 ± 18	51 ± 3	51 ± 3
SACCI PTL 425 Stabilimento di Cagnano Amiterno (AQ).	247 ± 17	31 ± 3	48 ± 3
CEMENTIR PZ 425 Stabilimento di Spoleto.	267 ± 18	43 ± 3	26 ± 3
CEMENTIR AF 245 Maddaloni (CE).	228 ± 16	39 ± 3	43 ± 3
ANCORFIX INTONACO della Pagel Italiana Villa Lagarina (TN).	155 ± 12	11 ± 2	7 ± 2
ANCORFIX MALTA della Pagel Italiana Villa Lagarina (TN).	80 ± 10	19 ± 2	10 ± 2
ANCORFIX INIEZIONE della Pagel Italiana Villa Lagarina (TN).	161 ± 13	25 ± 2	19 ± 2

il ^{226}Ra e 1.5 ± 85 Bq/kg per il ^{232}Th . Un confronto tra le attività dei cementi qui esaminati con questi valori mostra che alcuni cementi 325 italiani hanno un contenuto di radioattività decisamente superiore mentre i rimanenti 325, i 425 e gli Ancorfix si collocano entro i valori medi.

4. - MISURE IN ARIA

Come utile complemento allo studio di cui sopra, si è infine ritenuto opportuno procedere alla misura della radioattività γ in aria in vari punti della galleria via sinistra. A questo scopo si è fatto uso dell'Environmental Radiation Monitor Mod. RSS. 111 della Reuter Stokes, la cui camera a ionizzazione veniva lasciata integrare per alcune ore al centro della galleria, a circa un metro dal suolo.

I risultati delle misure sono mostrati nella Tabella IV. Come si può notare, nelle gallerie di by-pass, ancora non rivestite di cemento all'epoca delle misure, il fondo di radiazione è generalmente più modesto che lungo la galleria principale, a conferma della minore attività specifica delle rocce rispetto ai cementi. La galleria principale era infatti già rivestita esternamente con calcestruzzo 325, cui in alcuni punti erano state aggiunte

TABELLA IV

Punto di Misura (m)*	Rateo di Esposizione ($\mu\text{R/h}$)
Aperto	$7,4 \pm 0,9$
1000	$3,5 \pm 0,2$
By-pass a 1456	$2,5 \pm 0,2$
1456	$3,3 \pm 0,1$
2000	$4,6 \pm 0,5$
2400	$4,0 \pm 0,1$
3000	$2,7 \pm 0,3$
4000	$3,9 \pm 0,4$
4100	$4,7 \pm 0,1$
4500	$3,6 \pm 0,1$
5000	$4,3 \pm 0,3$
By-pass a 5650	$1,2 \pm 0,2$
5650	$3,5 \pm 0,1$
6100	$3,9 \pm 0,3$

* Salvo se diversamente indicato, il punto di misura è individuato dalla distanza (m) dall'ingresso della galleria autostradale via sinistra.

internamente iniezioni con altri cementi. Ciò spiega anche la variabilità, peraltro contenuta, dei valori del rateo di esposizione nei diversi punti della galleria stessa. Si noti infine il minor valore del fondo nel tunnel rispetto alla zona esterna circostante.

CONCLUSIONI

In conclusione sembra potersi affermare che un'oculata scelta dei materiali da costruzione, e quindi non solo del cemento, ma anche delle malte e di eventuali tipi di rivestimento, con cui realizzare il laboratorio del Gran Sasso, possa contribuire notevolmente a ridurre il fondo di radiazioni nel laboratorio stesso.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il dr. P. Catalano dell'ANAS per le informazioni geologiche fornite, il Prof. G. Rinelli Direttore del Laboratorio Trattamento Minerali del CNR, per aver cortesemente messo a disposizione il frantoio a mascelle con il quale sono stati frantumati i campioni esaminati e la Società Cogefar nelle persone degli ingegneri F. Di Odoardo e C. Antiga, direttore del cantiere del Gran Sasso, per la preziosa collaborazione nella raccolta dei campioni.

BIBLIOGRAFIA

- (1) UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), 1977 report. Sources and Effects of Ionizing Radiation. p. 50.