

## Airborne gamma ray spectrometry test for natural radioelement mapping in Tuscany region.

BELLOTTI E.<sup>(\*)(\*\*)</sup>, BEZZON G.<sup>(\*\*\*)</sup>, BROGGINI C.<sup>(\*\*\*\*)</sup>, BUSO G.<sup>(\*\*\*)</sup>, CALLEGARI I.<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>, DI CARLO G.<sup>(\*\*)(\*\*\*\*\*)</sup>, FIRPO G.<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>, GUASTALDI E.<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>, MANTOVANI F.<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>, MARIANI S.<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>, MASSA G.<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>, ROSSI ALVAREZ C.<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>

### ABSTRACT

A 4 liters NaI detector has been suspended to a tethered balloon; measurements of gamma-ray flux and energy spectrum have been carried out at altitudes up to 160 m above the ground. The observed dependence of the gamma-ray flux on the altitude and the distortion of the energy spectrum with altitude are in agreement with the expectations. The estimated content of K, Th and U, as estimated from the data collected at different altitudes, is in agreement with the measurement of soil samples. The feasibility of an air-borne measurement with a small number of detectors over an area of a few thousands of square km is discussed. Results of a test flight with a helicopter are also presented.

KEY WORDS: "airborne gamma ray spectrometry", "natural radioactivity", "Potassium", "radioelement", "Uranium", "Thorium".

### RIASSUNTO

Negli ultimi decenni molti paesi europei ed extraeuropei hanno realizzato studi per il monitoraggio da velivolo della radioattività naturale di origine non cosmica ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ), con conseguente realizzazione di mappe del contenuto di radioattività del territorio [Bristow 1979, Ladislaus R. 1996]. Questo tipo di indagini non sono finalizzate solo all'estrazione mineraria, ma anche al controllo di alcuni parametri ambientali utili per la salute pubblica, per la valutazione dell'impatto sul territorio di impianti nucleari e per la conoscenza del naturale contenuto di radioattività di strutture geologiche. Una mappa dei principali elementi radioattivi per un dato territorio rappresenta una fondamentale conoscenza pregressa con la quale confrontare l'impatto ambientale di possibili futuri incidenti nucleari o discariche di materiale radioattivo.

Il CGT (Centro di GeoTecnologie) dell'Università degli Studi di Siena e l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) hanno messo a punto un set strumentale ed una metodologia di acquisizione di spettroscopia gamma recependo le linee guida IAEA [IAEA-TECDOC-1363 2003], impiegando un pallone ad elio ed un elicottero: nel presente studio verranno esposti i risultati di questi esperimenti, che rappresenteranno un punto di riferimento per lo sviluppo di sistemi di acquisizione da im-

piegarsi su scale più estese. Scopo ultimo dell'intero progetto di ricerca è quello di realizzare una carta del contenuto della radioattività del territorio toscano sulla base delle conoscenze geologiche note, le quali forniscono una possibile chiave interpretativa delle misure di spettroscopia gamma.

Presso i Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL) dell'INFN è stato misurato il flusso di raggi gamma in funzione dell'altezza e la relativa distorsione dello spettro: un monocristallo di 4 litri di Ioduro di Sodio (NaI) è stato vincolato ad un pallone ad elio ed alzato fino ad un'altezza massima di 160 m dal terreno (fig. 1). Un set di misure ha permesso di studiare la risposta del detector alle sorgenti di interesse ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e catene di U e Th) per diverse altezze e differenti intervalli temporali.



Fig. 1 – Il pallone ad elio impiegato per le misure di spettroscopia gamma presso i Laboratori Nazionali di Legnaro (INFN).

La risposta del detector NaI è stata quindi studiata utilizzando una simulazione Monte Carlo attraverso la quale è possibile un'analisi dell'intera forma spettrale, minimizzando le incertezze dovute al riconoscimento dei singoli picchi. L'intero esperimento ha fornito chiare indicazioni sulle problematiche dell'acquisizione airborne, sul comportamento dell'apparato strumentale e sul post-processing dei dati.

Un controllo delle misure è stato realizzato utilizzando il detector al germanio MCA\_Rad operativo presso i LNL (fig.

(\*) Università di Milano Bicocca e INFN, Milano.

(\*\*) Consorzio di Ricerca del Gran Sasso, Assergi (AQ).

(\*\*\*) INFN, Laboratori Nazionali di Legnaro, Padova.

(\*\*\*\*) INFN, Sezione di Padova, Padova.

(\*\*\*\*\*) Centro di GeoTecnologie, Università degli Studi di Siena, San Giovanni Valdarno (AR).

(\*\*\*\*\*) INFN, Laboratori Nazionali del Gran Sasso, Assergi (AQ).

2), in grado di misurare con elevata precisione ed in modo speditivo il contenuto di radioattività presente in campioni di materiale. Nell'area indagata, che rientra nei depositi alluvionali del fiume Brenta, sono stati misurati 14 campioni di suolo: il loro contenuto di radioattività è compatibile con le medie dei valori riportati in bibliografia [De Vos 2006] per questo tipo di depositi ( $K(\%) = 2.0 \pm 0.2$ ,  $U_{eq}(\text{ppm}) = 2.9 \pm 0.3$ ,  $Th_{eq}(\text{ppm}) = 10.5 \pm 1.2$ ).



Fig. 2 – Il detector al germanio MCA\_Rad operativo presso i Laboratori Nazionali di Legnaro (INFN).

Il successivo volo in elicottero è stato realizzato partendo e tornando dall'eliporto di Castelnuovo di Garfagnana, sorvolando una parte delle Alpi Apuane, un tratto di mare a largo di Viareggio ed un tratto di litorale pianeggiante della provincia di Lucca. Per questo esperimento sono stati impiegati due rivelatori di NaI da 4 litri ciascuno, corredati di relativa elettronica in acquisizione continua con finestre temporali di 10 sec., dei sensori di pressione e temperatura, con una lettura ogni 2 sec. ed un sistema GPS con una lettura ogni sec..

Per la valutazione delle quote rispetto al terreno dell'elicottero e ridurre gli effetti della topografia è stato utilizzato un modello digitale di elevazione DEM del territorio sorvolato.

Per la verifica dei dati sono stati effettuati prelievi di campioni di sabbia nella zona costiera, di suolo nella zona dell'eliporto e frammenti di roccia nella zona delle cave di marmo. Tali campioni sono stati poi misurati con il detector al germanio MCA\_Rad.

Dall'analisi preliminare dei dati si evince che con sorvolo a 100-200 metri di quota e 100 km/h di velocità, la sensibilità della misurazione del  $^{40}\text{K}$  naturale consente di distinguere circa 10-15 classi di concentrazione e di campionare 40-80 km<sup>2</sup> di superficie all'ora. Dalle stesse misure è possibile ricavare le concentrazioni di Th e U naturali e quella di altri elementi di origine antropica anche se con un numero di classi inferiore.

#### REFERENCES

- BRISTOW, Q., (1979) - *Gamma-ray Spectrometric Methods in Uranium Exploration - Airborne Instrumentation in Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores* (P.J. Hood, ed.), Geol. Survey of Canada, Economic Geology Report **31**, pp 135-146.
- LADISLAUS R., GEORG F. S. AND FAUSTO M. (1996) - *Construction of radioelement and dose-rate base line maps by combining ground and airborne radiometric data*, vol. **913** (Zurich: Institute of Geophysics ETH) pp 1-11.
- IAEA-TECDOC-1363 (2003) - *Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data*.
- DE VOS, W., TARVAINEN, T. et al. (2006): *Geochemical Atlas of Europe. Part 2: Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables, Figures, Maps, and Related Publications*. Geological Survey of Finland.

Si ringraziano i direttori e gli staff dei Laboratori Nazionali INFN di Legnaro e del Gran Sasso per il supporto offerto per queste misure. Un ringraziamento particolare a F. Bondi, M.C. Bottacchi, L. Carmignani, A. Ciulli, T. Colonna, P.L. Fantozzi, G. Fiorentini, D. Morini, A. Pirro.