



Radon concentration and earthquakes, selected according to Hauksson and Goddard (1981), in the water of the thermal spring.

The b -value, that is indicative of the stress status of the zone, has been calculated, in continuous time. The program used is Zmap (Wiemar, 2001) where the b value is calculated by Aki (1981) with a mobile window and a fixed number of earthquakes.

The results underline, once more, the sensitivity of the fluids to the geodynamic process and the utility of the b -value as seismic precursor.

Acknowledgements. This work is supported by the Friuli Venezia Giulia Region – ASSESS Project and by S1 of ING V-DPC.

References

- Hauksson E. and Richter C.F.; 1944: Frequency of earthquakes in California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 34, 185-188.
- Goddard J.G. and Goddard J.G.; 1981: Radon Earthquake Precursor studies in Iceland, *J. Geophys. Res.* 86, 7037 – 7054
- Wakita H., Wakita G., Wakita H.; 1990: Groundwater radon anomalies associated with earthquakes, *Tectonophysics*, 180, 237 – 254.
- Aggarwal Y.P., Lynn R. S., Aggarwal Y.P.; 1973: Earthquake Prediction: a physical basis, *Science*, vol. 181, N. 4102
- Wiemar, S.; 2001: A software package to analyze seismicity: ZMAP, *Seism. Res. Lett.* 72, 373 – 382.

FORMAZIONI DEL CARSO IN RISPOSTA AI FATTORI AMBIENTALI

Enze, C. Braitenberg, I. Nagy

Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Trieste

La registrazione continua dei pendoli della Grotta Gigante situata nel Carso triestino nel 2010 ha raggiunto la notevole durata di 44 anni. L'eccellente qualità delle registrazioni e l'eccezionale durata della serie temporale permettono di seguire le deformazioni crostali nel tempo in maniera continua. Le cause che possono provocare tali deformazioni sono molteplici e comprendono gli effetti del movimento della placca Adria, le oscillazioni libere, le maree terrestri, le onde sismiche, il carico delle maree marine dell'Adriatico, effetti termoelastici e il defluire delle acque sotterranee. Gli studi eseguiti su oltre quarant'anni di registrazione clinometrica hanno portato a distinguere tali cause e a stimare in parte l'entità della loro influenza (e.g. Braitenberg et al., 2006; Braitenberg et al., 2007; Longuevergne et al., 2009). L'oggetto principale di questo lavoro è la comprensione delle relazioni fra il segnale geodetico dei pendoli della Grotta Gigante e i fattori ambientali quali:

pressione, piovosità, temperatura e acque sotterranee del Carso triestino. In particolare è stata effettuata un'analisi spettrale delle osservazioni geodetiche e di quelle ambientali. Inoltre è stata analizzata in dettaglio la relazione fra i pendoli, le acque piovane in superficie e quelle sotterranee. L'analisi spettrale delle sequenze temporali mostra la presenza evidente di una componente annuale. Lo spettro di potenza calcolato per l'intera serie temporale mostra un tilting massimo verso NE nella metà del mese di settembre e un tilting massimo in direzione opposta, SW, nella metà di marzo. L'azimut del segnale annuale è pressoché costante e si aggira intorno a 60° . La direzione è approssimativamente ortogonale alla linea di costa. La causa di tale segnale è da attribuire principalmente ad effetti termoelastici e di carico. Al fine di eseguire un'analisi comparata, è stato calcolato lo spettro di potenza anche della temperatura, della pressione e delle precipitazioni misurate dalla stazione meteorologica posta fuori della Grotta Gigante. Analizzando le serie temporali troviamo che la temperatura presenta una variazione annuale con ampiezza di 9.2°C , con valore massimo il 20 luglio e minimo il 20 gennaio. Lo spettro di potenza riporta due valori estremi con periodi rispettivamente di 365.22 e 182.61 giorni. Per quanto riguarda la pressione e le precipitazioni, troviamo tre periodicità principali: quella annuale con 365 giorni, quella semiannuale con 182 giorni e quella ter-annuale con 120 giorni, quest'ultima assente nello spettro della temperatura. Osservando la fase delle componenti spettrali emerge che la massima escursione annuale dei pendoli verso SW avviene 21 giorni dopo il massimo della variazione annuale delle precipitazioni piovose, oppure 56 giorni dopo il massimo della variazione annuale di temperatura. Per la relazione tra le acque sotterranee ed il segnale clinometrico si analizzano le variazioni di livello dell'acqua registrate in una grotta nei pressi di Trebiciano (sull'altopiano carsico, dove il Timavo si mostra per un breve tratto) e il segnale geodetico dei pendoli nella Grotta Gigante a circa 6 chilometri di distanza. Analizzando i dati con campionamento giornaliero, troviamo una chiara correlazione fra il segnale clinometrico e le piene del Timavo nell'Abisso di Trebiciano; i due segnali sono in fase, a meno di uno sfasamento temporale massimo di un giorno. Il segnale clinometrico è un transiente, per cui il clinometro torna alla posizione iniziale successivamente al passaggio della piena. La deformazione subita dalla grotta conseguentemente è di tipo elastico. Il segnale clinometrico ha un'orientazione caratteristica lungo la direttrice N150W-N30E. Si osserva che il segnale clinometrico è proporzionale al livello delle acque nell'Abisso di Trebiciano (100 nrad d'inclinazione corrispondono a 9.7 m di incremento di livello dell'acqua nell'Abisso di Trebiciano). La piena registrata nell'Abisso di Trebiciano deve raggiungere il livello minimo di 23.2 m, per provocare anche un segnale clinometrico in Grotta Gigante.

Ringraziamenti. Si ringrazia prof. Franco Stravisi per la disponibilità dei dati mareografici di Trieste; Renato R. Colucci, ISMAR, CNR per i dati pluviometrici e di temperatura registrati dalla stazione meteorologica della Grotta Gigante (Trieste) della Commissione Grotte "Eugenio Boegan", Società Alpina della Giulie, Sezione Trieste del C.A.I. Il prof. Franco Cucchi per l'aiuto e la disponibilità dei dati idrogeologici.

Bibliografia

- Braitenberg C., Romeo G., Taccetti Q., Nagy I.; (2006): The very broadband long-base tiltmeters of Grotta Gigante (Trieste, Italy): secular term tilting and the great Sumatra-Andaman Islands earthquake of December 26, 2004. *J. of Geodynamics*, v. 41, p. 164-174.
- Braitenberg C., Zadro M.; 2007: Coparative analysis of the free oscillations generated by the Sumatra-Andamans Islands 2004 and the Chile 1960 earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 97, p. S6-S17.
- Braitenberg C., Zadro M. (2007). Comparative analysis of the free oscillations generated by the Sumatra-Andamans Islands 2004 and the Chile 1960 earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 97, No. 1A, p. S6-S17.
- Longuevergne L., Florsch N., Boudin F., Oudin L. & Camerlynck C.; (2009): Tilt and strain deformation induced by hydrologically active natural fractures: applications to the tiltmeters installed in Sainte-Croix-aux-Mines observatory (France). *Geophys. J. Int.*, v. 178, p. 667-677.