

BOSSEA MMXIII

CONGRESSO NAZIONALE

LA RICERCA CARSOLOGICA IN ITALIA

Frabosa Soprana (Cn) – Grotte di Bossea
22-23 giugno 2013

ATTI

LABORATORIO CARSOLOGICO SOTTERRANEO DI BOSSEA
STAZIONE SCIENTIFICA DI BOSSEA CAI CUNEO – COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE DEL CAI

Monitoraggio ambientale e radioprotezione nelle grotte di Skocjan, Slovenia

VANJA DEBEVEC (*), PETER JOVANOVIĆ (**)

RIASSUNTO

Le Grotte di Škocjan furono incluse nella lista del patrimonio mondiale UNESCO nel 1986 grazie alla loro eccezionale importanza per il patrimonio culturale e naturale. Il Parco Škocjanske jame si trova nella parte sud-occidentale della Slovenia. Il Parco fu istituito dall'Assemblea nazionale della Repubblica di Slovenia nel 1996, con lo scopo della conservazione e protezione di eccezionali fenomeni geomorfologici, geologici e idrologici, di rare e minacciate specie animali e vegetali, di siti paleontologici e archeologici, di peculiarità etnologiche e architettoniche e del paesaggio culturale e per garantire le opportunità per uno sviluppo idoneo.

Il Parco Škocjanske jame ha instaurato il monitoraggio che include i seguenti parametri del microclima ipogeo: umidità, CO₂, flusso del vento, concentrazione del radon e prodotti di decadimento. L'approccio alla gestione del posto di lavoro con radiazione naturale di sottofondo è complesso. Il monitoraggio del radon si svolge da più di dieci anni. La presentazione mostrerà le dinamiche osservate in diversi posti delle grotte relative ai prodotti di decadimento del radon e altri dati microclimatici. Sarà spiegata la relazione tra la radiazione di sottofondo e la capacità di carico.

Nel rispetto della legislazione slovena nel campo della radioprotezione siamo obbligati a eseguire speciali misurazioni nelle grotte e anche far sì che le guide e altri dipendenti nelle grotte siano regolarmente esaminati secondo procedure stabilite. Gli esami medici sono svolti dall'Istituto per la sicurezza sul lavoro di Lubiana per monitorare l'impatto del radon sui dipendenti nelle grotte. Anche la dose equivalente per ognun dipendente è stabilita regolarmente e fa parte del controllo medico dei dipendenti nelle grotte. Sarà presentato anche il sistema di istruzione nel campo della radioprotezione per il personale che lavora nelle grotte.

PAROLE CHIAVE: *Microclima ipogeo, radon, radioprotezione, capacità di carico*

INTRODUZIONE

Le Grotte di Škocjan furono incluse nella lista del patrimonio mondiale UNESCO nel 1986. Il sistema delle grotte, lungo 6,5 km, comprende straordinarie sale, gallerie e canyon sotterranei scolpiti dal fiume Reka. Il suo corso sotterraneo fu riconosciuto come zona umida di importanza internazionale dalla Convenzione di Ramsar. Il Parco Škocjanske jame è anche un sito del programma L'uomo e la biosfera col nome ufficiale Riserva della biosfera Kras.

Il monitoraggio del microclima ipogeo comprende il controllo del radon e dei parametri microclimatici. Il monitoraggio del radon viene svolto da quasi due decenni. Il monitoraggio continuo di temperatura, CO₂, umidità relativa e flusso del vento in punti designati è cominciato quattro anni fa.

Radon ²²²Rn entra nello spazio sotterraneo delle grotte tramite la diffusione dalla superficie delle pareti, il suolo e le profondità, dove si forma come prodotto di decadimento di ²²⁶Ra. Rn è un gas radioattivo con il periodo di dimezzamento di 3,83 giorni e risulta in prodotti di decadimento di breve durata: polonio ²¹⁸Po, piombo ²¹⁴Pb, bismuto ²¹⁴Bi e polonio ²¹⁰Po. Tutti questi sono metalli pesanti che si trovano nell'aria come particelle sospese libere o attaccate alle molecole d'acqua e aerosol nell'aria. Durante la respirazione si depositano sulla superficie delle vie respiratorie, quali naso e alveoli polmonari, dove decadono emettendo le particelle alfa, beta e gamma. I più pericolosi sono entrambi gli isotopi del polonio, i quali emettono particelle alfa che possono danneggiare celle dell'epitelio delle pareti bronchiali dei polmoni. Nel rispetto della legislazione slovena nel campo della radioprotezione siamo obbligati a svolgere un regolare monitoraggio del radon e garantire istruzione e esami medici alle guide turistiche che sono esposte alla radiazione nella maggior parte del tempo di lavoro (7,8,9).

Il monitoraggio ambientale nelle grotte è stato concepito in modo da valutare l'impatto antropogenico sul delicato ambiente ipogeo e di conseguenza la capacità di carico del sito. Questa è definita con il massimo numero ammissibile che non causa danni irreversibili al sito e allo stesso tempo consente al visitatore una visita di qualità del sito. Per proporre una gamma di limiti minimi e massimi dovrebbero essere inclusi diversi aspetti. Tra i più importanti sono naturalmente le caratteristiche fisiche e gli aspetti sociali ed economici del sito. Nelle grotte il numero di visite guidate è limitato anche dal raccomandato tempo trascorso nelle grotte che non causa l'aumento della dose effettiva del Rn. L'osservazione dell'impatto antropogenico si svolge tramite il controllo delle dinamiche della temperatura, umidità e CO₂, che dovrebbero aumentare dopo la visita (5,6).

Il monitoraggio del microclima ipogeo rivela interessanti dinamiche di parametri che generalmente sono considerati costanti. In alcune parti delle grotte si osserva l'impatto dell'aria esteriore.

METODI DI LAVORO

Nelle Grotte di Škocjan abbiamo designato sei punti di misurazione della concentrazione del Rn, tra questi tre per il costante monitoraggio della temperatura, CO₂, umidità e flusso del vento.

(*) Capo del Servizio ricerca e sviluppo, Parco Škocjanske jame, Slovenia

(**) Istituto per la sicurezza sul lavoro, Ljubljana, Slovenia

Il programma di monitoraggio viene svolto dall'Istituto per la sicurezza sul lavoro di Lubiana e dal Parco Škocjanske jame, Slovenia.

Misuriamo continuamente la concentrazione del Rn e trimestralmente anche i prodotti di decadimento del Rn usando i seguenti strumenti: RGA-40 (Scintrex, Canada) EQF-3020, RTM-2010 (Sarad, Germania), per prodotti di decadimento Rn: WLM-30 (Scintrex, Canada), EQF-3020 (Sarad, Germania). La dose effettiva per i dipendenti è calcolata secondo il modello ICRP32.

Alcuni altri parametri del microclima ipogeo sono misurati con strumenti Ahlborn ALMEMO, Germania, la temperatura è misurata con termocoppie, l'umidità con lo stazionario Psychrometer FP A836-3, CO₂ col sensore Almemo FYA600CO2. L'anno scorso abbiamo introdotto misurazioni di temperatura e umidità anche con strumenti Hanwell HT330.

Durante il periodo estivo e invernale del 2011 abbiamo eseguito il monitoraggio della concentrazione di particelle con campionatore low volume sampler Sven Leckel SEQ47/50 col metodo gravimetrico. Nel dicembre del 2011 abbiamo analizzato PM10 e gas NO, NO₂, Nox e CO con Airpointer, metodo ottico.

RISULTATI

La prima parte della grotta Tiha jama è abbastanza chiusa e di conseguenza la circolazione dell'aria è modesta. La seconda parte della grotta Šumeča jama, al contrario, è più aperta verso l'esterno e vi si osserva l'impatto dell'aria esteriore. La più alta concentrazione del Rn è stata misurata nel periodo estivo nel sistema della grotta Tiha jama: Kalvarija, Šotor, ingresso nella sala Velika dvorana e Velika dvorana. La concentrazione più bassa è stata misurata nella grotta Šumeča jama e presso le bacinelle. Questo vale per l'intero periodo del monitoraggio con fluttuazioni che dipendono dalla temperatura esteriore e dallo scambio dell'aria.

Valori medi dei prodotti di decadimento del Rn sono stati misurati nella prima parte delle grotte, da aprile ad ottobre, quando c'è la massima differenza tra la temperatura nelle grotte e l'esterno. Il fattore di equilibrio è alto durante tutto l'anno a causa della modesta ventilazione nella prima parte della grotta.

Diversi punti di misurazione nelle grotte hanno rilevato una costante temperatura nella prima parte delle grotte, che va dagli 11,9 °C ai 13 °C nella grotta Šumeča jama. C'è un lieve aumento di temperatura e livelli di CO₂ dopo le visite turistiche in spazi più chiusi, ma non si osserva alcun aumento di valori permanente (figura 3). Lo stesso vale per CO₂, con dinamiche giorno-notte. Siccome il flusso d'aria è modesto nella prima parte della grotta, nella grotta Šumeča jama c'è un impatto costante dell'aria esteriore. L'aria nella grotta è molto pulita, come risulta dai dati di PM10 e gas (figura 5) (1,2,3,4).

Comparando i dati medi mensili della stazione meteorologica sulla superficie possiamo osservare un aumento di temperatura al punto di misurazione Ponte durante l'estate (figura 4). C'è un flusso d'aria verso l'interno delle grotte a causa della differenza della temperatura (durante l'inverno la differenza è minore). Questo può spiegare anche i valori alti della concentrazione del Rn nella prima parte della grotta a causa del basso scambio dell'aria (figura 1). Il monitoraggio ambientale è pianificato e svolto per stabilire il limite massimo

della capacità di carico (CC) per la zona delle grotte. La capacità di carico fisica è principalmente collegata a caratteristiche geomorfologiche, mentre nei reali valori di capacità portante possiamo determinare anche altri parametri che vengono alterati dalla presenza dei turisti o la visita stessa è alterata a causa dell'accessibilità, condizioni atmosferiche o altri fenomeni. Abbiamo misurato i valori dei parametri microclimatici per osservare cambiamenti irreversibili nei valori a causa del numero di visitatori. Per adesso non sono stati rilevati cambiamenti di questo tipo. Però possiamo dire che uno dei fattori limitativi per le visite è anche la concentrazione del radon dal punto di vista della sicurezza sul lavoro, poiché le guide non possono avere un tempo esteso di visite a causa della bassa dose effettiva annuale. Per facilitare l'implementazione della gestione adattiva si potrebbe introdurre un indicatore che potesse descrivere l'equilibrio tra l'uomo e l'ambiente ipogeo. L'indice dell'uso delle grotte (CUI) dovrebbe comprendere i dati della CC e presentare i possibili limiti dell'impatto antropogenico sulla componente biotica e abiotica dell'ecosistema.

$$CUI = Ecc / Hhf$$

Dove possiamo definire:

Ecc – Fattori ambientali relativi alla capacità di carico,

Hhf – Fattore della salute dell'uomo

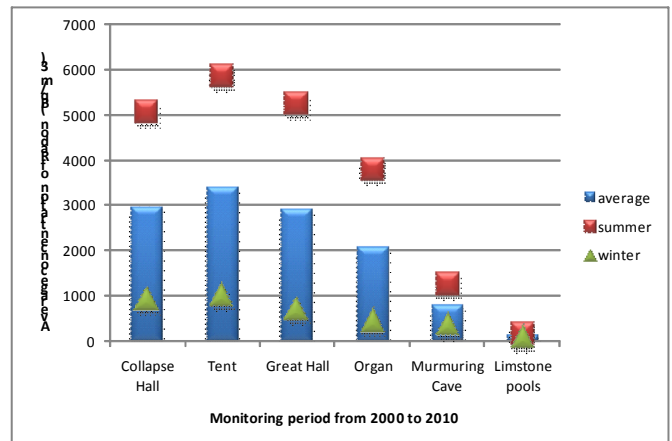


Fig. 1 – Concentrazione media del Rn in diversi punti nelle Grotte di Škocjan.

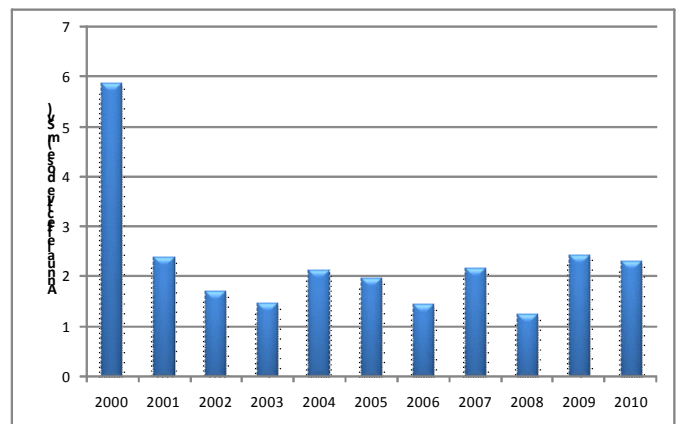


Fig. 2 – Dosi effettive annuali medie nel periodo decennale del monitoraggio.

Uno degli aspetti più importanti della radioprotezione sono anche l'istruzione e gli esami medici. L'aumento della consapevolezza ha portato a una diminuzione delle dosi effettive annuali nel periodo decennale del monitoraggio (figura 2).

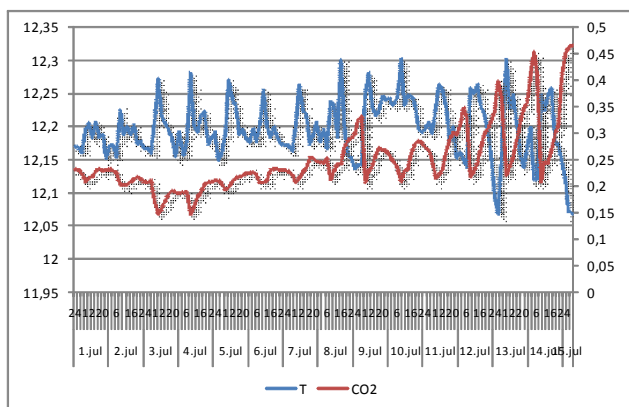


Fig. 3 – L'aumento della temperatura e valori CO₂ dopo le visite nelle grotte.

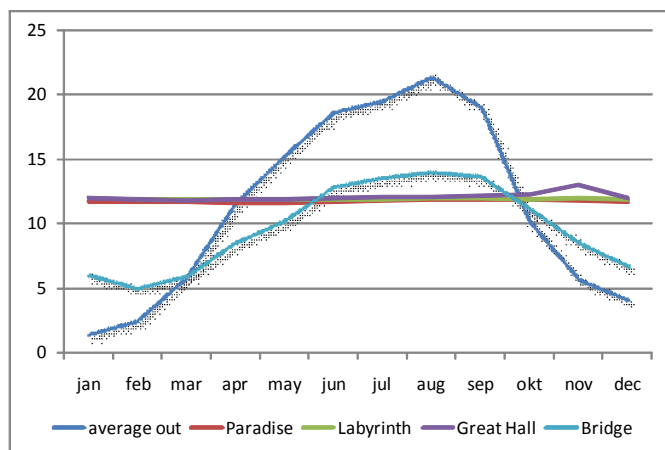


Fig. 4 – L'impatto dell'aria esteriore.

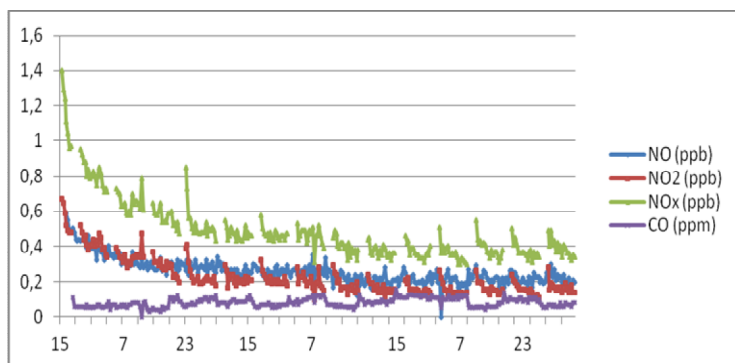


Fig. 5 – Misurazione di diversi gas nell'aria ipogea.

CONCLUSIONI

La concentrazione del Rn e dei prodotti di decadimento è maggiore durante l'estate e minore durante l'inverno. Durante l'estate si osserva la dinamica giorno-notte: durante il giorno la concentrazione del Rn è più e scende durante la notte poiché allora la differenza nella temperatura dell'aria esteriore e interiore è minore e questo risulta in uno scambio dell'aria più modesto.

Esiste il bisogno di una continua misurazione di ioni, particolato e aerosol, oltre agli altri parametri del microclima ipogeo, per stabilire il limite della capacità di carico della grotta. Nella valutazione di questa si dovrebbe prendere in considerazione anche la dose effettiva a causa della radiazione. Dovrebbe essere ben stabilita per garantire ai dipendenti in un ambiente così speciale un'adeguata sicurezza sul lavoro.

BIBLIOGRAFIA

1. *Legge sulla radioprotezione e sicurezza nucleare.* Gazzetta Ufficiale della RS 50/03.
2. *Regolamento sugli obblighi dell'esecutore di attività di irradiazione.* Gazzetta Ufficiale della RS 13/04.
3. *Regolamento sulle condizioni e metodologie per la valutazione delle dosi per la radioprotezione dei lavoratori e cittadini.* Gazzetta Ufficiale della RS 115/94.
4. *Comparative dosimetry of radon in homes and mines.* 1991. Washington D. C., National Research Council Academy press: 244 str.
5. CIGNA A. A. 1993. *Considerations on the environmental aspects of radiation protection.* V: OECD-NEA, Radiation Protection on the Threshold of 21st Century. Proceeding of ans NEA Workshop, Paris, 11 – 13 January 1993: 1-14.
6. CIGNA A. A., BURRI E. 2000. *Development, management and economy of show caves.* International Journal of Speleology, 29B, 1/4: 1-27.
7. *Legge sulla radioprotezione e sicurezza nucleare.* Gazzetta Ufficiale della RS 50/03.
8. *Regolamento sugli obblighi dell'esecutore di attività di irradiazione,* Gazzetta Ufficiale della RS 13/04.
9. *Regolamento sulle condizioni e metodologie per la valutazione delle dosi per la radioprotezione dei lavoratori e cittadini.* Gazzetta Ufficiale della RS 115/94.
10. *Decreto della Amministrazione per la radioprotezione della RS.* Ministero della Salute della RS, 1999.

