

Il monitoraggio della concentrazione di CO in aria nelle grotte

*Original*

Il monitoraggio della concentrazione di CO in aria nelle grotte / Balestra, Valentina; De Regibus, Claudio; Fiorucci, Adriano; Vigna, Bartolomeo. - ELETTRONICO. - 42:(2023), pp. 427-428. ( XXIII Congresso Nazionale di Speleologia "La melodia delle Grotte" Ormea (Ita) 2-5 June 2022).

*Availability:*

This version is available at: 11583/2980967 since: 2025-10-28T11:14:20Z

*Publisher:*

SSI

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



# Atti XXIII Congresso Nazionale di Speleologia

“La melodia delle grotte”

2-5 giugno 2022 - Ormea (CN)

*In ricordo di Giovanni Badino*



A cura di Davide Barberis, Jo De Waele, Bartolomeo Vigna, Raffaella Zerbetto



Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia  
Serie II, vol XLII - 2022

## Il monitoraggio della concentrazione di CO<sub>2</sub> in aria nelle grotte

Valentina Balestra <sup>(a)</sup>, Claudio De Regibus <sup>(a)</sup>, Adriano Fiorucci<sup>(a)</sup>,  
Bartolomeo Vigna <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> DIATI – Politecnico di Torino, *valentina.balestra@polito.it*,  
*claudio.deregibus@polito.it*, *adriano.fiorucci@polito.it*,  
*bartolomeo.vigna@polito.it*

**Parole chiave:** grotte; CO<sub>2</sub>; impatto antropico e naturale; monitoraggio  
**Keywords:** caves; CO<sub>2</sub>; natural and human impact; monitoring

### Abstract

Nelle grotte, l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> in aria, legato a cambiamenti climatici o fattori antropici, può alterare l'interfaccia roccia-atmosfera, danneggiando gli speleotemi e l'ecosistema. Diventa quindi fondamentale conoscere quali sono le dinamiche naturali nell'ambiente sotterraneo oggetto di studio, effettuando il monitoraggio in continuo dei principali parametri ambientali (temperatura, circolazione dell'aria, CO<sub>2</sub>, etc.). Tale monitoraggio è stato effettuato per un anno nelle grotte turistiche di Borgio Verezzi, Toirano e Bossea. Grazie alla chiusura delle grotte per le restrizioni da Covid-19, è stato inoltre possibile effettuare delle valutazioni in assenza di turisti, evidenziando le variazioni naturali della concentrazione di CO<sub>2</sub> in aria. Per il monitoraggio della concentrazione di CO<sub>2</sub> in aria sono stati installati dei sistemi VAISALA con acquisitori INDIGO 520 in vari punti delle grotte, con due sonde GMP 252 (errore massimo ±2%) ciascuno. I dati sono stati acquisiti in continuo con intervalli di 10 minuti. La

concentrazione di CO<sub>2</sub> in grotta è circa 2-20 volte superiore rispetto all'esterno (380-390 ppm), l'origine della quale è principalmente legata alla respirazione e all'ossidazione di sostanza organica. La distribuzione di CO<sub>2</sub> all'interno delle grotte dipende da molti fattori, ed è strettamente correlata alla circolazione dell'aria (Ek, Gewalt, 1985, Fernández et al., 1986, Pla et al., 2016); le zone più vicine all'ingresso, più ventilate, hanno concentrazioni di CO<sub>2</sub> più basse rispetto alle aree più distanti e scarsamente ventilate. Diversi lavori descrivono variazioni cicliche stagionali naturali della concentrazione di CO<sub>2</sub> in grotta (componente a bassa frequenza), legate principalmente all'attività organica e alle variazioni di temperatura tra l'interno e l'esterno. In relazione ai dati sulla circolazione dell'aria ricavati dal suddetto monitoraggio, è ragionevole pensare che anche nelle grotte prese in esame, le variazioni di CO<sub>2</sub> siano in parte strettamente condizionate al ciclo naturale. L'aumento di CO<sub>2</sub> in relazione ai flussi turistici (componente ad alta frequenza), è altresì

ben documentato dai dati rilevati durante questo studio. Infine, altre componenti possono influenzare i valori di CO<sub>2</sub> nelle cavità, come eventi d'infiltrazione d'acqua rilevanti, la presenza di acque sotterranee o una forte attività batterica legata a sostanza organica in decomposizione.

Nella grotta di Bossea, durante il periodo di chiusura, sono state registrate variazioni naturali di CO<sub>2</sub> che oscillano tra i 750 e i 1000 ppm nel periodo invernale e primaverile. In tale periodo sono state eseguite misure di concentrazione di CO<sub>2</sub> libera nell'acqua del collettore della grotta che hanno mostrato valori che diminuiscono lungo il percorso, dalla parte più interna verso l'esterno, evidenziando quindi un rilascio di CO<sub>2</sub> nell'ambiente di circa 14 mg/l a fine settembre. Nel periodo estivo, viene registrato un ulteriore incremento, in parte naturale e in parte legato all'impatto antropico. L'incremento antropico avviene durante i week end e nelle festività ed ha valori di circa 50 ppm in settimana, mentre nei week end raddoppia.

La grotta di Borgio Verezzi è caratterizzata dalla presenza di una serie di laghi che possono influenzare i valori naturali della concentrazione di CO<sub>2</sub>. Durante il periodo di chiusura invernale e primaverile a causa delle restrizioni da COVID-19, sono stati misurati valori di CO<sub>2</sub> tra i 500 e i 650 ppm. Nella stagione estiva, i dati evidenziano un notevole incremento di CO<sub>2</sub> che raggiunge i valori massimi nel mese di agosto di circa 3240 ppm. Dalla riapertura della grotta, sono evidenti marcati decrementi di CO<sub>2</sub> (circa 1000 ppm in settimana e anche 2000 ppm nei week end) nelle ore giornaliere, mentre nelle ore notturne i valori rimangono più alti e costanti. Tali decrementi sembrano essere legati all'apertura della porta principale, con conseguente notevole ricambio d'aria e abbattimento della

concentrazione di CO<sub>2</sub>.

Le grotte di Toirano sono formate da due grotte, la grotta della Bàsura e la grotta di S. Lucia inferiore, unite successivamente da un condotto artificiale. Nella grotta di S. Lucia inf., nella zona più profonda della cavità, è stato registrato, nella parte bassa di un tratto non turistico, un notevole incremento naturale della concentrazione di CO<sub>2</sub> che raggiunge un picco massimo di circa 7045 ppm alla fine di giugno, e che supera di oltre 5000 ppm la concentrazione di CO<sub>2</sub> rilevato nella parte alta della galleria. Nella grotta della Bàsura invece, la concentrazione di CO<sub>2</sub> ha un probabile incremento naturale estivo più graduale con un picco di 3272 ppm a metà luglio. Dalla riapertura delle grotte, si possono osservare molto bene variazioni giornaliere di CO<sub>2</sub> legate al flusso turistico che superano anche i 1000 ppm. Nel periodo invernale è stato possibile osservare un notevole incremento della concentrazione di CO<sub>2</sub> durante le festività natalizie, tornato ai valori precedenti nell'arco di qualche giorno.

Maggiori approfondimenti ed ulteriori monitoraggi verranno sicuramente sviluppati nei prossimi anni.

### Riferimenti bibliografici

- Ek C., Gewalt M. (1985), "Carbon dioxide in cave atmospheres. New results in Belgium and comparison with some other countries", *Earth Surface Processes and Landforms*, 10 (2): 173-187
- Fernández P., Gutierrez I., Quindós L., Soto J., Villar E. (1986), "Natural ventilation of the paintings room in the Altamira cave", *Nature*, 321 (6070): 586-588
- Pla C., Galiana-Merino J.J., Cuezva S., Fernández-Cortés A., Cañaveras J.C., Benavente D. (2016), "Assessment of CO<sub>2</sub> dynamics in subsurface atmospheres using the wavelet approach: from cavity-atmosphere exchange to anthropogenic impacts in Rull cave (Vall d' Ebo, Spain)", *Environmental Earth Sciences*, 75 (5): 1-16