



Prot. int. UFVG2005/115

**Rapporto sulle misure di CO₂ nella galleria drenante Pavone di Vena
(25 Novembre 2005)**

Salvatore Giammanco, Domenico Condarelli

Introduzione

La CO₂ è un gas inodore ed incolore, la cui concentrazione in aria è normalmente attorno ai 350 ppm in volume, pari allo 0.03 %. Per concentrazioni fino al 5 % tale gas provoca nell'uomo un incremento dell'attività respiratoria unita ad una azione vasocostrittrice. Superata questa soglia, la CO₂ diventa un gas tossico pericoloso che provoca asfissia. Per concentrazioni al di sotto del 10 % i sintomi riscontrati sono ipotensione e capogiri, ma sono reversibili respirando aria pura. Al di sopra di questa soglia, tuttavia, si ha la paralisi respiratoria e lo svenimento nel giro di pochi minuti. Infine, al di sopra del 25 % di concentrazione sopraggiunge il decesso quasi immediatamente.

L'anidride carbonica (CO₂) è il secondo gas più abbondante, dopo l'acqua, nella fase volatile rilasciata da un vulcano attivo; inoltre, tra i gas non condensabili (quindi esclusa l'acqua) la CO₂ ammonta a circa il 98 % del totale. Sull'Etna questo gas è rilasciato per lo più attraverso le emissioni crateriche, ma una parte rilevante di esso viene emessa anche in forma diffusa attraverso i fianchi dell'edificio vulcanico soprattutto lungo faglie (Aiuppa et al., 2004; Allard et al., 1991; Giammanco et al., 1998). Stime recenti indicano che l'Etna potrebbe rilasciare circa 15 Mt/a di CO₂, di cui circa 1 Mt/a da emissioni diffuse dai fianchi (Allard et al., 1991; D'Alessandro et al., 1997).

Le aree dell'Etna che maggiormente risultano interessate dal degassamento diffuso di CO₂ sono un'ampia zona del basso versante meridionale e sud-occidentale ed anche il versante orientale. In tali aree la presenza massiccia di CO₂ nel sottosuolo è testimoniata dalla sua elevata concentrazione nelle acque di falda, dove tende a solubilizzarsi, e dai notevoli flussi dalla superficie del suolo. In alcuni casi, si può riscontrare l'accumulo di tale gas in zone morfologicamente depresse della superficie topografica, nonché entro pozzi d'acqua scavati (di tipo "romano") o entro gallerie drenanti. Ciò in quanto la CO₂ è un gas più pesante dell'aria che, in assenza di vento, tende ad accumularsi nelle depressioni potendo così raggiungere concentrazioni molto elevate che possono provocare moria di piante e di piccoli animali.

Sito del sopralluogo e descrizione dell'intervento effettuato

L'intervento è stato effettuato su segnalazione fatta dal Geometra Alliotto a Filippo Murè, secondo cui da alcune settimane si stanno verificando ripetuti episodi di accumulo di gas all'interno della galleria drenante Pavone ubicata in Contrada Rocca Campana di Vena, tanto da impedirne l'accesso al personale operaio ivi presente quotidianamente.

In seguito a tale segnalazione, il giorno 25 Novembre 2005 ci siamo recati presso la galleria suddetta per effettuare misure di concentrazione di CO₂ in aria al suo interno e verificare l'eventuale presenza di tenori anomali di questo gas.

La galleria drenante Pavone è ubicata poco a NW di Vena ed è attraversata da uno dei rami della faglia della Pernicana (Figura 1), laddove essa si divide in varie *splay-faults* (Azzaro et al., 2001). La galleria è lunga circa 1 km e drena circa 700 L/s di acqua proveniente da una vasta falda che interessa il settore NE del vulcano. Recentemente si sono intrapresi lavori di allungamento della galleria, lavori che sono tuttora in corso.

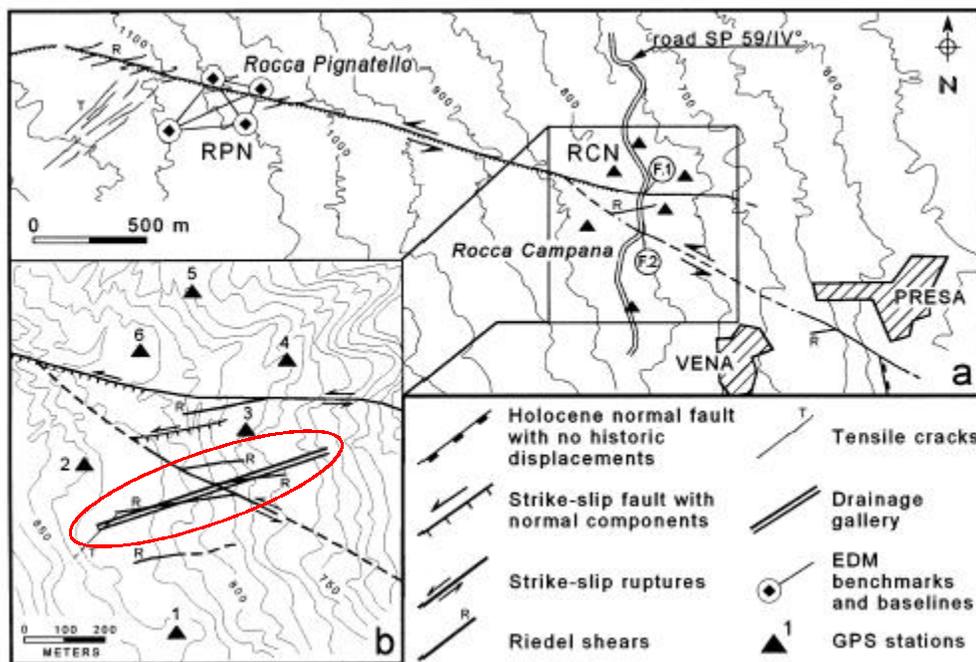


Fig. 1: Schema strutturale dell'area dove è ubicata la galleria Pavone sul versante NE dell'Etna (tratto da Azzaro et al., 2001). La galleria in esame è indicata come *Drainage gallery* in legenda ed è evidenziata dall'ellisse rossa nel riquadro b). Si notano le diverse fratture che interessano la galleria causate dal movimento della faglia della Pernicana.

Le misure di concentrazione di CO₂ sono state effettuate utilizzando lo spettrofotometro IR mod. EGM-4 della PPSsystems in dotazione all'INGV di Catania; lo spettrofotometro è stato predisposto in modalità statica, ossia non utilizzando la camera di accumulo per il flusso di CO₂ dal suolo ma misurando in tempo reale la concentrazione diretta di CO₂ in aria mediante utilizzo della pompa interna allo strumento. Le misure sono state effettuate tenendo lo strumento ad un'altezza di circa 1.5 m dal suolo e occasionalmente anche al livello del suolo per confronto.

La concentrazione di CO₂ in aria misurata all'esterno della galleria è risultata pari a 420 ppm, comunque nel range normale di concentrazione nell'atmosfera. Percorrendo quasi l'intera lunghezza della galleria (fino a circa 800 m dall'ingresso) si è riscontrato che la concentrazione di CO₂ in aria è andata progressivamente aumentando fino ad un massimo di 1530 ppm al termine del percorso, con un incremento medio di circa 1.4 ppm/m rispetto al valore iniziale. La concentrazione di CO₂ in aria durante varie soste lungo il cammino è comunque risultata sempre più alta al livello del pavimento di circa il 25 % rispetto ad 1.5 m di altezza (come da attendersi da un gas più pesante dell'aria). Sono state anche effettuate misure in diversi punti lungo una galleria parallela alla principale, laddove le due gallerie venivano portate in comunicazione tramite condotti trasversali di connessione. In questa seconda galleria la concentrazione di CO₂ è risultata essere circa il 10-20% più elevata rispetto alla galleria principale. Tale seconda galleria non è normalmente frequentata da operai, per cui è ragionevole ipotizzare che l'aumento di concentrazione di CO₂ nella galleria primaria non fosse dovuto alla respirazione delle persone ivi presenti. Anche in questa seconda galleria i valori più elevati sono stati misurati al pelo dell'acqua che scorre ai bordi del camminamento.

Sulla base delle informazioni fornite dagli operai presenti, si è dedotto che la quantità di gas presente in galleria al momento del nostro sopralluogo era sicuramente molto minore rispetto ai giorni precedenti; in alcune occasioni gli operai non sono stati neppure in grado di entrare nelle gallerie a causa del fastidio accusato nel respirare l'aria interna, descrivendoci i classici sintomi da asfissia da CO₂ (forte ed improvviso mal di testa, perdita dell'equilibrio, nausea). In quelle stesse occasioni è stato inoltre osservato un velo di nebbiolina nella parte bassa della galleria, tanto da nascondere quasi il camminamento; tale fenomeno è costituito normalmente da condensa di vapore misto a CO₂ che si accumula negli strati bassi dell'aria come di solito avviene per concentrazioni di CO₂ superiori a qualche percento in volume. La massima intensità di accumulo di CO₂ è stata indicata in un punto posto a circa 600 m dall'ingresso della galleria principale. Tale fenomeno nel complesso sembra essere iniziato da poche settimane, e a detta degli operai più anziani non si era mai verificato negli ultimi 35 anni.

Considerazioni conclusive

I limiti di concentrazione di CO₂ in aria consentiti in ambiente di lavoro sono di 5000 ppm (0.5 %) per un'esposizione di 8 ore, e del 3 % per esposizioni fino a non più di 15 minuti. La concentrazione di CO₂ rilevata entro la galleria Pavone nel giorno del nostro sopralluogo, per quanto superiore di circa quattro volte rispetto a quella dell'aria esterna, rientra dunque nei limiti consentiti. Tuttavia, è risultato evidente dalle testimonianze rilasciate dagli operai, che occasionalmente nelle ultime settimane si sono verificati episodi di accumulo di CO₂ in concentrazioni sicuramente superiori al limite minimo consentito e forse anche a quello massimo, creando situazioni di rischio elevato per la salute umana. L'origine del fenomeno sembra essere chiaramente ascrivibile al degassamento di CO₂ di origine magmatica. La zona in questione è fortemente fagliata e dunque soggetta a rilasci di gas vulcanici attraverso le tante discontinuità tettoniche

presenti. Sul motivo dell'improvvisa presenza di CO₂ nella galleria dopo almeno 35 anni in cui invece non si è verificato tale fenomeno si possono fare diverse ipotesi:

- a) L'approfondimento della galleria principale effettuato nelle ultime settimane può avere causato l' intercettamento, durante i lavori di scavo, di orizzonti rocciosi più permeabili e caratterizzati da maggiore presenza di CO₂. Tuttavia, tale ipotesi non sembra supportata dall'indicazione riportata dagli operai che la massima emissione di CO₂ si è avuta circa a metà galleria, ossia nel tratto già esistente e non interessato da nuovi lavori.
- b) Vi è stato un forte e repentino aumento di emissione di CO₂ attraverso le fratture beanti che interessano la porzione mediana della galleria e che sono dovute ai continui movimenti della faglia della Pernicana e sue faglie coniugate. Tale aumento di emissione potrebbe essere dovuto sia a fattori puramente tettonici, quali essenzialmente l'aumento di permeabilità delle rocce per via di nuovi forti stress tettonici, oppure ad un aumento del rilascio di CO₂ da parte del vulcano. In quest'ultimo caso si dovrebbero meglio seguire le dinamiche dell'Etna nel versante in esame, dato che simili fenomeni non si erano verificati in tale area nell'ultimo quarto di secolo.

La variabilità temporale del fenomeno è probabilmente da ascrivere soprattutto alla variabilità delle condizioni meteorologiche, soprattutto per quanto riguarda la temperatura e la pressione dell' aria all' esterno della galleria.

Bibliografia

- Aiuppa, A., Allard, P., D'Alessandro, W., Giammanco, S., Parello, F., Valenza, M., 2004. Magmatic gas leakage at Mount Etna (Sicily, Italy): relationships with the volcano-tectonic structures, the hydrological pattern and the eruptive activity. In: "Mt. Etna: Volcano Laboratory". A.G.U. Geophysical Monograph Series 143, pp. 129-145, doi.: 10.1029/143GM09.
- Allard, P., Carbonelle J., Dajlevic D., Le Bronec J., Morel P., Robe M.C., Maurenas J.M., Faivre-Pierret R., Martin D., Sabroux J.C., and Zettwoog P., 1991. Eruptive and diffuse emissions of CO₂ from Mount Etna, Nature, 351, 387-391.
- Azzaro, R., Mattia, M., and Puglisi, G., 2001. Fault creep and kinematics of the eastern segment of the Pernicana Fault (Mt. Etna, Italy) derived from geodetic observations and their tectonic significance. Tectonophys., 333, 401-415.
- D' Alessandro, W., Giammanco, S, Parello, F., and Valenza, M., 1997. CO₂ output and $\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)$ from Mount Etna as indicators of degassing of shallow asthenosphere. Bull. Volcanol., 58: 455-458.
- Giammanco, S., Gurrieri, S., and Valenza, M., 1998. Anomalous soil CO₂ degassing in relation to faults and eruptive fissures on Mount Etna (Sicily, Italy). Bull. Volcanol., 60, 252-259.