

Tre secoli di mineralogia

Italo Campostrini Francesco Demartin
Carlo Maria Gramaccioli Massimo Russo



VULCANO

Tre secoli di mineralogia

Italo Campostrini
Francesco Demartin
Carlo Maria Gramaccioli
Massimo Russo



AMI

Associazione Micro-mineralogica Italiana



SOMMARIO

Presentazione	7
Prefazione	9
Introduzione	11
Cenni storici	13
L'industria dello zolfo e dell'allume	29
Geologia	33
- <i>Inquadramento geologico</i>	33
- <i>Storia eruttiva</i>	37
- <i>L'eruzione del 1888-90</i>	48
- <i>Vulcanello</i>	58
- <i>Le Grotte dei Faraglioni</i>	60
Le fumarole di Vulcano	65
- <i>Le fumarole della Baia di Levante</i>	65
- <i>Le fumarole del Cratere della Fossa</i>	67
- <i>Conclusioni</i>	73
I minerali dell'Isola di Vulcano	79
- <i>Minerali inesistenti, dubbi</i> o <i>inadeguatamente descritti</i>	252
Minerali in studio	257
La ricerca di minerali a Vulcano	277
Cristallochimica dei minerali delle fumarole di Vulcano	281
Conclusione	291
Ringraziamenti	293
Bibliografia	295
Tabelle	308
- <i>Cronologia delle eruzioni dal 300 a.C. al 1892</i>	308
- <i>Elenco delle specie presenti a Vulcano</i>	309
- <i>Elenco delle specie presenti a Vulcano</i> <i>nelle varie località</i>	318
Abstract	321
- <i>Geology</i>	321
- <i>The minerals</i>	322
- <i>Crystal-chemistry of the minerals from the</i> <i>fumaroles at Vulcano</i>	331
- <i>Conclusion</i>	340
Indice	342

LE FUMAROLE DI VULCANO

A cura di Giovanni Chiodini e Massimo Russo
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Napoli
Osservatorio Vesuviano, via Diocleziano 328, I-80125 Napoli

In tempi storici l'Isola di Vulcano è stata interessata da numerose eruzioni. Come già detto l'ultima attività vulcanica è avvenuta fra il 1888 e il 1890. Da allora l'attività del vulcano è caratterizzata dalla presenza di numerose aree fumarolizzate.

Le ricerche geochimiche sulle fumarole di Vulcano, finalizzate alla sorveglianza vulcanica, iniziarono negli anni '70 (MARTINI & TONANI, 1970; TONANI, 1970) e ricevettero maggiore impulso agli inizi del 1978, quando fu registrato un incremento dell'attività fumarolica nella zona del cratere La Fossa in concomitanza con un forte terremoto (CARAPEZZA *et al.*, 1981, CIONI & D'AMORE, 1984). Da allora sono stati condotti numerosi studi volti sia a definire l'origine dei fluidi fumarolici sia la loro evoluzione nel tempo in relazione all'attività del vulcano [BARBERI *et al.* (1991), CAPASSO *et al.* (1999), CHIODINI *et al.* (1992, 1993, 1995, 1998), GRANIERI *et al.* (2006), ITALIANO & NUCCIO (1996), ITALIANO *et al.* (1998), NUCCIO & PAONITA (2001), NUCCIO *et al.* (1999)].

L'attività fumarolica è prevalentemente ubicata in due aree: la spiaggia della Baia di Levante ed al cratere de La Fossa. Come vedremo, i due campi fumarolici hanno caratteristiche ben differenti.

Fumarola	VI (Baia di Levante)	FA (interno cratere)	F11 (bordo cratere)	F0 (bordo cratere)
Data	20/03/02	25/02/91	28/07/05	30/09/08
T°C	99	580	435	248
H ₂ O (vol%)	94.01	88.0	88.7	90.0
CO ₂ (vol%)	5.72	9.02	10.8	9.81
SO ₂ (vol%)	n.d.	0.64	0.37 ⁽¹⁾	0.48 ⁽¹⁾
H ₂ S (vol%)	0.151	1.06		
HCl (vol%)	n.d.	0.75	0.56	0.65
HF (vol%)	n.d.	0.32	0.03	0.013
Ar (ppmv)	0.50	n.a.	0.87	1
N ₂ (ppmv)	383	824	670	726
CH ₄ (ppmv)	83.0	n.d.	0.03	n.d.
H ₂ (ppmv)	757	1190	178	46.8
He (ppmv)	0.08	n.a.	1.48	1.22
CO (ppmv)	0.05	51.3	6.70	0.63

⁽¹⁾ Il dato si riferisce alla somma di H₂S e SO₂, n.d. non determinabile, n.a. non analizzato

LE FUMAROLE DELLA BAI A DI LEVANTE

L'area della Baia di Levante è caratterizzata da evidenti segni d'attività idrotermale quali emissioni fumaroliche sia sulla spiaggia che in mare, zone di degassamento diffuso di CO₂ e suoli caldi.

Nella tabella sopra, è riportata la composizione delle emissioni della fumarola VI (*Vasca degli Ippopotami*), situata ai bordi della vasca di fango utilizzata per scopi terapeutici.

Pur avendo subito nel tempo lievi variazioni, la composizione chimica riportata in tabella può essere considerata rappresentativa del campo fumarolico nel periodo che va dagli anni '70 ad ora.

Il componente principale è il vapore acqueo (H_2O) seguito dall'anidride carbonica (CO_2), dal solfuro d'idrogeno (H_2S), dall'idrogeno (H_2), dall'azoto (N_2), dal metano (CH_4) e componenti minori quali argon (Ar), elio (He), monossido di carbonio (CO). Non vengono emessi gas acidi come anidride solforosa (SO_2), acido cloridrico (HCl) e acido fluoridrico (HF) che sono tipici delle fumarole d'alta temperatura dei vulcani attivi. L'assenza dei gas acidi e la presenza di quantità relativamente elevate di metano, indica che le fumarole della spiaggia di Levante sono alimentate da un sistema idrotermale e non direttamente da degassamento magmatico. In particolare, studi dettagliati sugli equilibri chimici fra le differenti specie gassose hanno indicato che i vapori emessi sono generati dall'ebollizione di un acquifero, situato ad una profondità di 100÷300 metri, per cui sono state stimate temperature di 170÷230 °C (CHIODINI & CIONI, 1989). Negli anni '50, tale sistema geotermico è stato raggiunto da due pozzi ad una profondità di 185÷195 m. Le temperature misurate erano di 194-198 °C (SOMMARUGA, 1984). In superficie le emissioni fumaroliche hanno una temperatura che nel tempo è sempre stata di 99÷100 °C (temperatura d'ebollizione dell'acqua alla pressione atmosferica) testimoniando la presenza di acqua liquida nella parte superficiale dei condotti fumarolici.

Come indicato dallo studio degli isotopi stabili del vapore acqueo, e cioè del contenuto nell'isotopo con massa 18 dell'ossigeno (^{18}O) e dell'isotopo con massa 2 dell'idrogeno (deuterio o 2H), il sistema è alimentato da un miscela formata da acqua marina, acqua meteorica e quantità minori di fluidi magmatici. L'assenza dei gas acidi, tipici dei fluidi magmatici, è dovuta alla loro estrema solubilità nella fase liquida. In altre parole SO_2 , HCl e HF vengono disciolti dall'acqua formando acidi che successivamente vengono neutralizzati dai processi d'interazione acqua-roccia.

Studi recenti hanno permesso la quantificazione del totale dei fluidi idrotermali emessi nell'area e

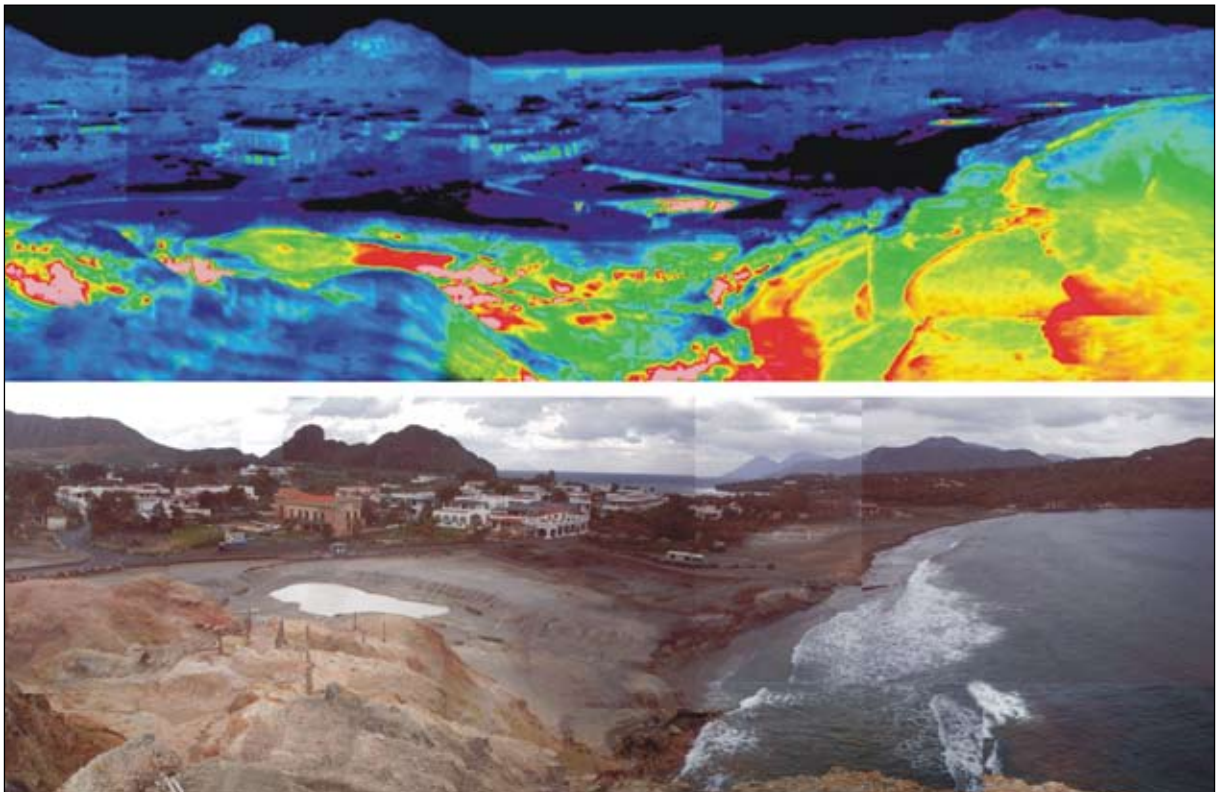


Fig.1 - Immagine all'infrarosso dell'area della Baia di Levante. Le aree calde sono rappresentate dai colori verde, giallo, rosso e rosa (ordine crescente di temperatura). Modificato da CHIODINI et al. (2005).

dell'energia termica associata alla condensazione del vapore nel sottosuolo. Le indagini, che si riferiscono ad una campagna del marzo 2002, hanno mostrato che ogni giorno venivano emesse circa 120 tonnellate di vapore con un flusso d'energia pari a 3 MW (CHIODINI *et al.*, 2005).

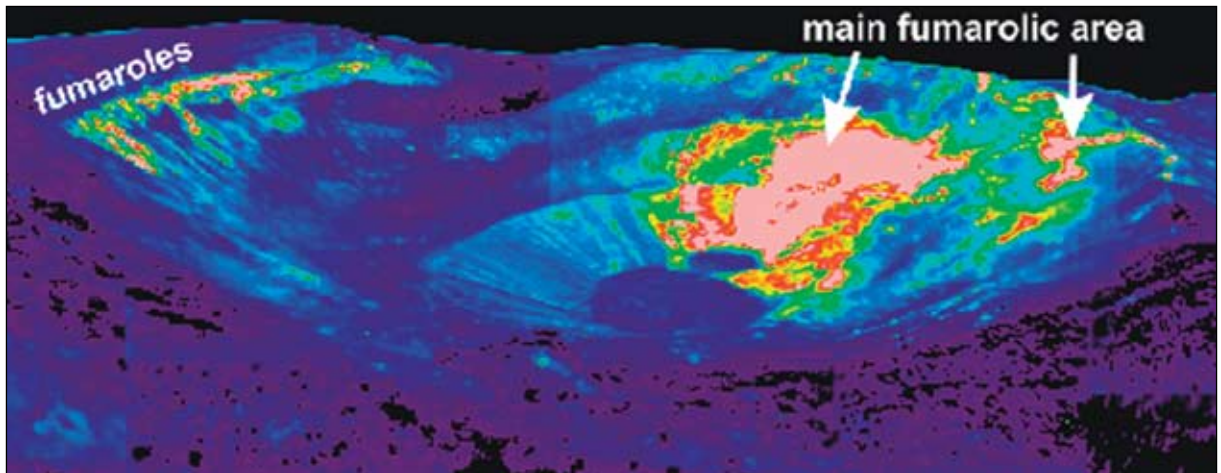


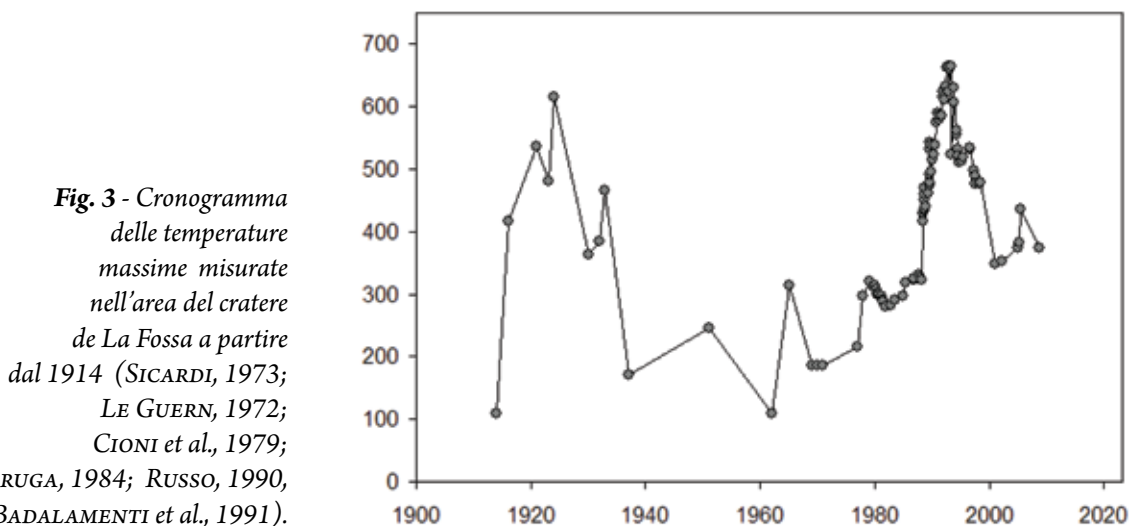
Fig. 2 - Immagine all'infrarosso del cratere de La Fossa. Le aree calde sono rappresentate dai colori verde, giallo, rosso e rosa (ordine crescente di temperatura). Modificato da CHIODINI *et al.* (2005).

LE FUMAROLE DEL CRATERE DE LA FOSSA

Le fumarole principali di Vulcano si trovano nella parte sommitale del cono de La Fossa e all'interno dell'omonimo cratere. A parte le emissioni fumaroliche, l'area craterica è caratterizzata anche da un intenso processo di degassamento diffuso dal suolo di CO₂ e dalla presenza di suoli caldi come evidenziato dalla fotografia all'infrarosso riportata in Fig. 2.

Le fumarole de La Fossa, al contrario di quelle della Baia di Levante, sono caratterizzate da temperature elevate (fino ad un massimo di ~700 °C) e fortemente variabili nello spazio e nel tempo come evidente in Fig. 3 dove è riportata la temperatura massima misurata a La Fossa a partire dal 1914.

Durante l'ultimo secolo la temperatura mostra due chiari picchi positivi: il primo nel 1924 ed il secondo nel periodo 1992-1993. L'ultimo picco di temperatura è stato accompagnato da un impressionante aumento dell'attività fumarolica con estensione delle aree a degassamento diffuso di fluidi profondi,



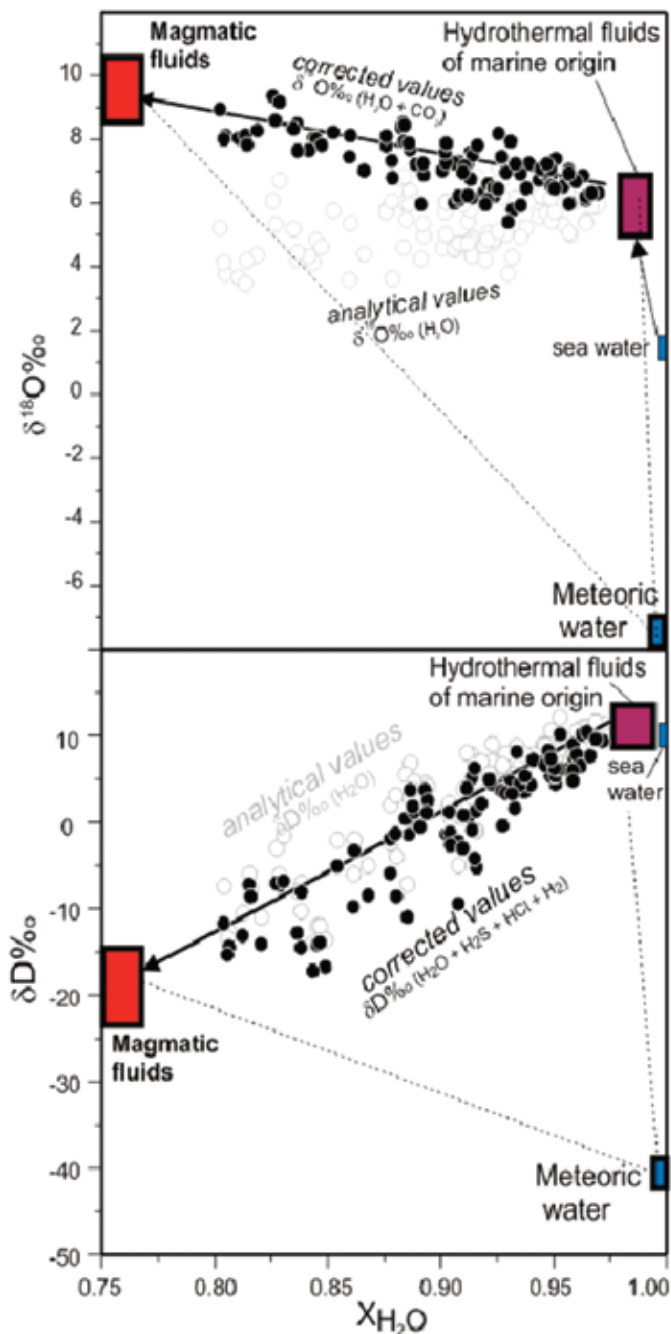


Fig. 4 - Il diagramma, modificato da CHIODINI et al., (2000), confronta il contenuto in H_2O delle fumarole con le concentrazioni, espresse in notazione delta per mille, degli isotopi ^{18}O e 2H . I valori analitici (analytical values) sono stati corretti (corrected values) per tener conto degli scambi isotopici fra le differenti specie fumaroliche. I dati chiaramente indicano la presenza di un processo di miscelazione fra fluidi idrotermali di origine marina e fluidi tipicamente magmatici (GIGGENBACH, 1992).

l'aumento dei flussi delle fumarole, la formazione di nuove e l'apertura di fratture nella zona sommitale del cono.

Tale fenomenologia ha allertato le autorità civili e la comunità scientifica che ha iniziato un intenso lavoro di ricerca finalizzato a capire l'origine dei fluidi fumarolici e dell'evidente anomalia. Analogamente alle fumarole della Baia di Levante, le specie fumaroliche principali sono l' H_2O e la CO_2 , ma nel caso delle emissioni di La Fossa sono presenti in concentrazione elevata i gas acidi SO_2 , HCl e HF che rendono l'ambiente fortemente corrosivo e provocano forti disturbi alla respirazione (Tab. a pag. 65, fumarole FA, F11 e F0). Tale caratteristica e l'assenza di metano indicano che, almeno parzialmente, il campo fumarolico è alimentato da fluidi magmatici. Le fumarole presenti all'interno del cratere, dove è stata misurata la temperatura più elevata, si differenziano da quelle del bordo per un maggior contenuto in gas acidi.

Per quanto riguarda la loro origine, i fluidi fumarolici de La Fossa sono stati interpretati come il prodotto della miscela fra gas magmatici ed il vapore generato dall'ebollizione pressoché completa di un liquido idrotermale d'origine marina (Fig. 4).

Le maggiori differenze fra i due tipi di gas riguardano i contenuti relativi in CO_2 , He e N_2 che sono molto maggiori nella componente magmatica rispetto a quella idrotermale che è caratterizzata da un maggior contenuto in H_2O (Fig. 5). A causa del differente contenuto relativo nelle due componenti, il contenuto in CO_2 risulta un ottimo indicatore dell'arrivo in superficie dei gas rilasciati in profondità dal magma. Analizzando il cronogramma di Fig. 6, dove è riportato l'andamento nel tempo della concentrazione della CO_2 nei fluidi fumarolici, è evidente che i gas magmatici arrivano in superficie non

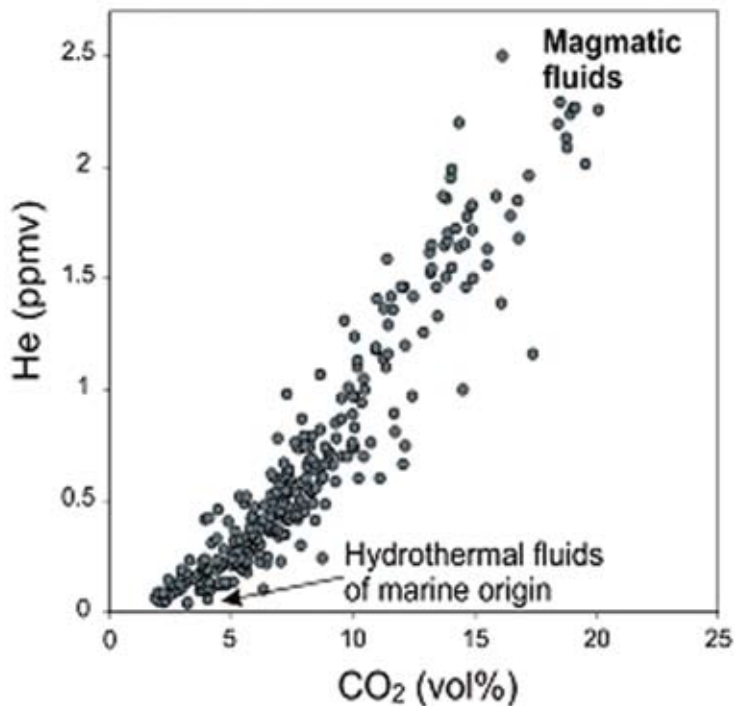
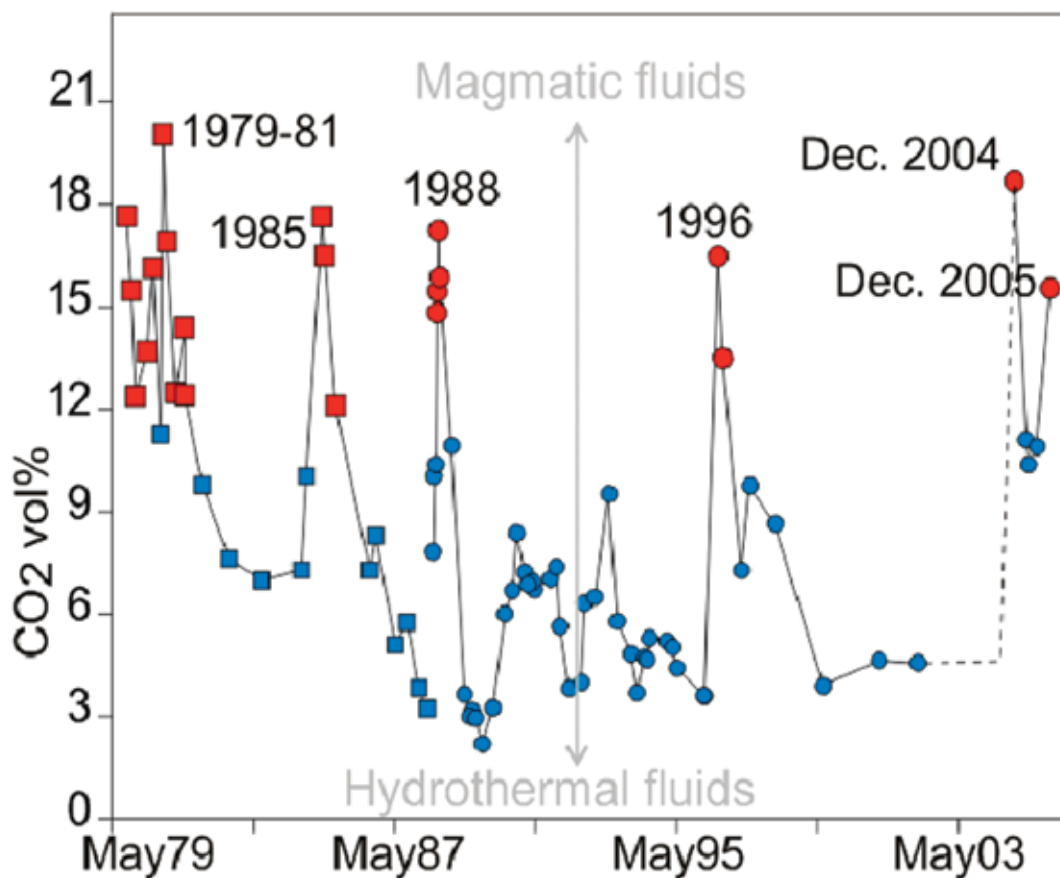


Fig. 5 - Diagramma He-CO₂. L'andamento lineare è rappresentativo della miscela fra fluidi magmatici, ricchi in CO₂ ed He, e fluidi idrotermali ricchi in H₂O. Modificato da CHIODINI et al., (1993).

Fig. 6 - Cronogramma della concentrazione fumarolica di CO₂. I quadrati rappresentano la fumarola FS, i cerchi la fumarola F11. Il colore celeste indica il prevalere della componente idrotermale mentre il rosso il prevalere di quella magmatica (ridisegnato da GRANIERI et al., 2006).





In alto. Il cratere della Fossa con i principali gruppi di fumarole.

A sinistra. Panoramica sul fondo del cratere e sulle fumarole interne.

In basso. Fumarole sul bordo del cratere.

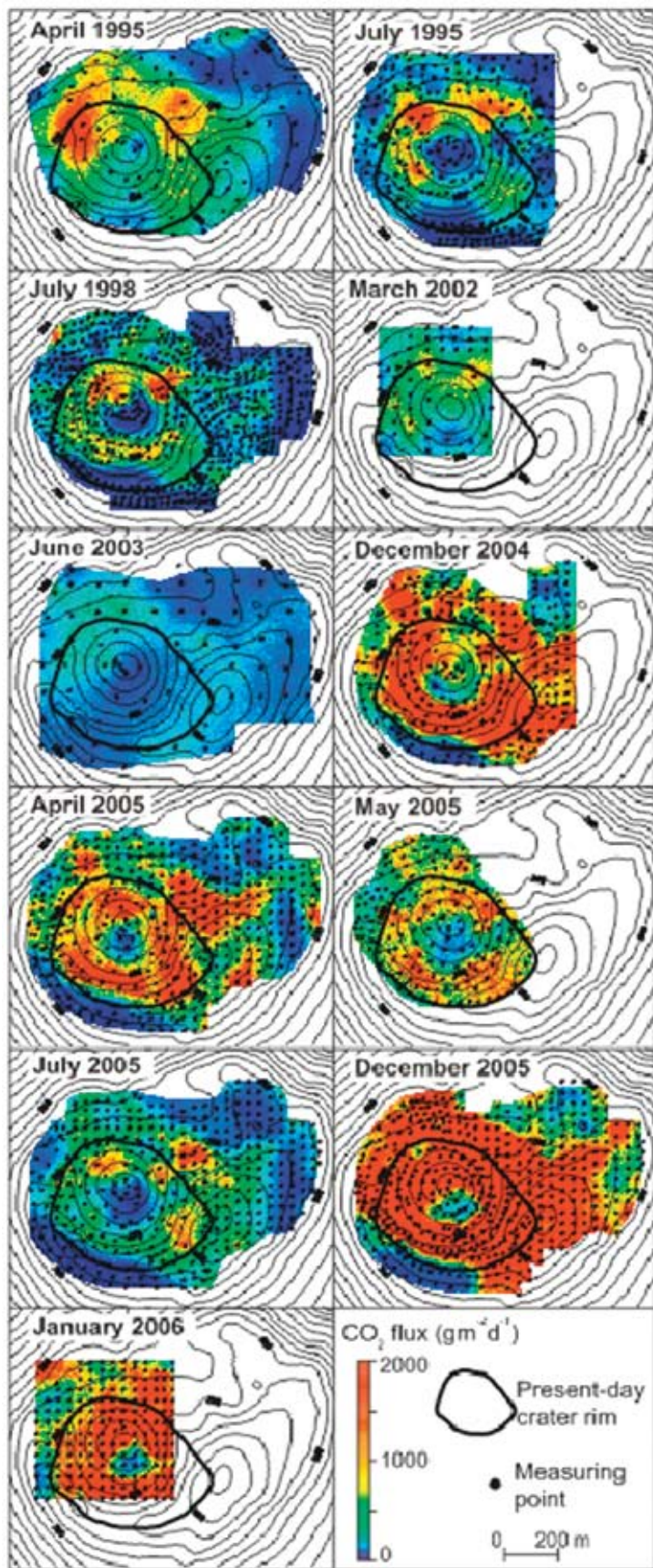




Nelle tre immagini, alcune fasi della misurazione della temperatura di una fumarola all'interno del cratere; settembre 2007.

Nel dettaglio in basso, il display del termometro indica la temperatura espressa in gradi centigradi.





in maniera costante, ma ad impulsi. In particolare episodi di degassamento magmatico sono stati rilevati nel 1979-81, nel 1985, nel 1988, nel 1996, nel 2004 e 2005.

L'arrivo dei gas magmatici in superficie è accompagnato da attività sismica di debole energia concentrata nell'area craterica e dal forte aumento dei flussi di CO₂ dai suoli del cratere.

Il processo d'emissione diffusa di CO₂ dal suolo a Vulcano è stato studiato in dettaglio mediante numerose campagne di misura eseguite con il metodo della "camera d'accumulo" (CHIODINI *et al.*, 1998).

Il flusso totale di CO₂ è risultato variabile nel tempo fra un minimo di 100 tonnellate al giorno (giugno 2003) ed un massimo di 1600 tonnellate per giorno (dicembre 2005).

Questa grande variabilità nel flusso di CO₂ è legata allo stato d'attività del vulcano. Ciò risulta chiaro dalla Fig. 7, dove sono confrontate le mappe di flusso relative alle 11 campagne eseguite nell'area craterica dal 1995 al 2005.

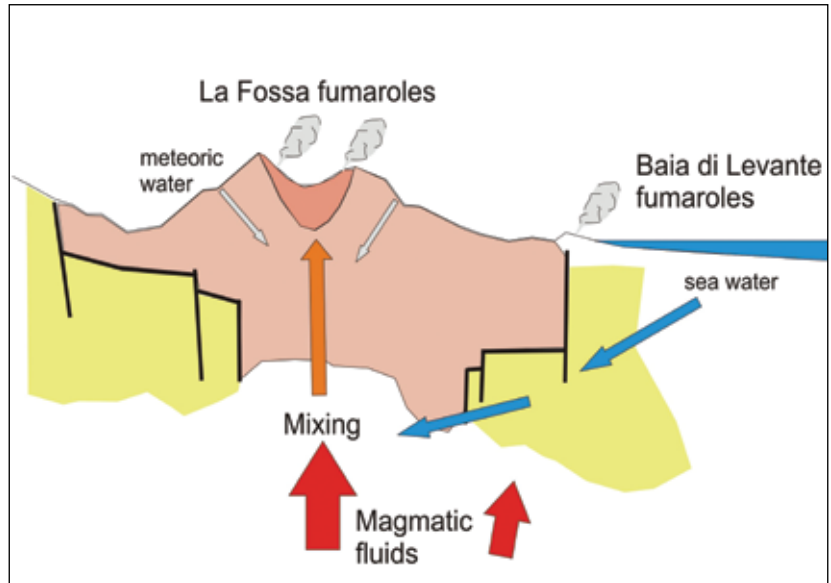
È da notare il forte aumento registrato nelle campagne di dicembre 2004 e dicembre 2005 in concomitanza con il picco di CO₂ misurato alle fumarole e rappresentativo dell'arrivo dei gas magmatici.

I fluidi fumarolici del cratere de La Fossa contengono inoltre concentrazioni variabili di numerosi elementi metallici (principalmente Pb e Bi, ma anche Tl, As, Se e Zn).

Fig. 7 - Evoluzione temporale della struttura a degassamento diffuso del cratere de La Fossa dal 1995 al 2005. La scala di colori si riferisce al valore del flusso diffuso di CO₂ (ridisegnato da GRANIERI *et al.*, 2006).

Fig. 8 - Modello semplificato dell'origine dei fluidi alla Fossa di Vulcano e alla Baia di Levante.

Il trasporto di questi elementi da parte dei fluidi fumarolici è confermato dalla presenza di numerosi solfuri, solfosali ed alogenuri individuati nei pressi delle fumarole a temperatura più elevata. Per ulteriori dettagli sulla distribuzione dei metalli nei gas fumarolici rimandiamo al lavoro di CHEYNET *et al.* (2000).



CONCLUSIONI

In Fig. 8 è riportato il modello concettuale dell'attività fumarolica dell'Isola di Vulcano. Il modello mostra come le fumarole del cratere della Fossa sono alimentate dalla miscela fra fluidi magmatici e acqua marina che viene completamente vaporizzata nelle zone ad alta temperatura dei condotti vulcanici. L'attività fumarolica, insieme all'attività sismica e alle deformazioni del suolo, vengono monitorate sistematicamente per individuare segnali legati ad una possibile riattivazione del vulcano. Questi, probabilmente, saranno costituiti dal contemporaneo aumento dei flussi gassosi e della frazione magmatica presente nei fluidi.



Il campo fumarolico presente ai piedi del Faraglione Piccolo nel 1989. Foto M. Russo.