RETE MAREOGRAFICA AL VESUVIO[9]

Vesuvio

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo è effettuato, oltre che con le tecniche geodetiche classiche e satellitari, anche tramite l'uso dei mareografi che rilevano, in continuo, il livello marino lungo le coste dove si impostano i vulcani attivi dell'area napoletana: Vesuvio e Campi Flegrei. La rete mareografica dell'Osservatorio Vesuviano è operante nell'area vesuviana a partire dal 1985. Il livello del mare è attualmente registrato con continuità dalle stazioni mareografiche di Castellammare di Stabia, Torre del Greco e Napoli Porto (figg. 1, 2, 3). La strumentazione operante nel sito di Napoli è ubicata all'interno della stazione mareografica dell'APAT facente parte della Rete Mareografica Nazionale.

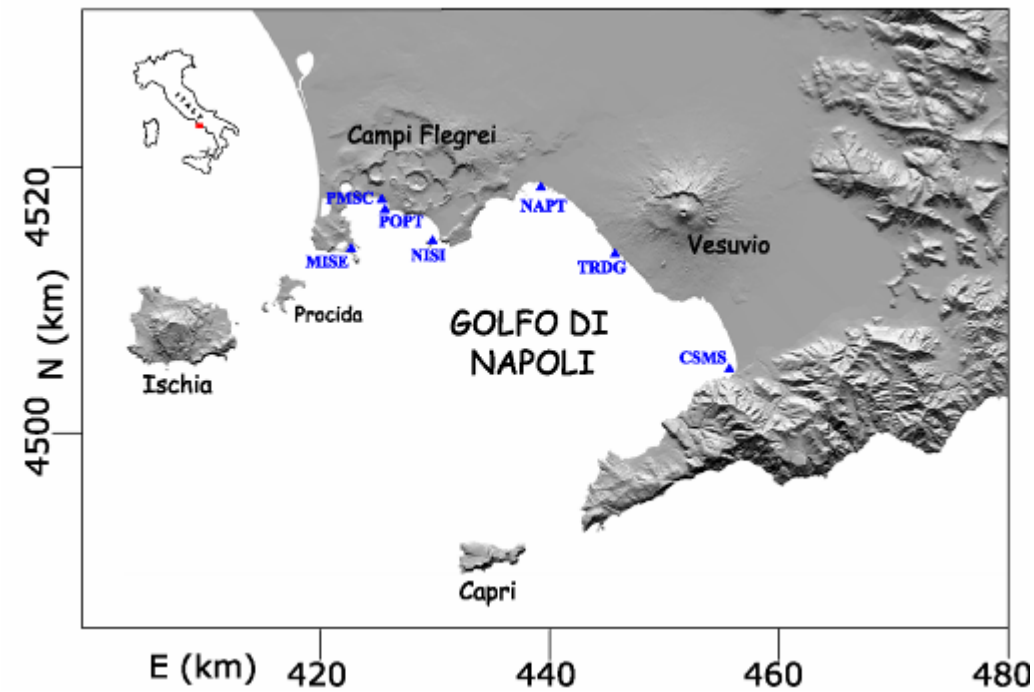

Figura 1. Rete mareografica dell'area vulcanica napoletana: Vesuvio e Campi Flegrei. Area vesuviana: NAPT=Napoli Porto, stazione di riferimento; TRDG=Torre del Greco; CSMS=Castellammare di Stabia.

Le stazioni sono attrezzate sia con mareografi meccanici con sistema a galleggiante-contrappeso e registrazione su carta, che con sensori digitali a galleggiante-contrappeso i cui dati vengono trasmessi via GSM. Attualmente i sensori digitali, per le finalità di monitoraggio, campionano il livello marino ogni 5 minuti (con possibile riduzione fino ad un minuto). Con tale frequenza di campionamento è possibile un accumulo di circa 100 giorni di dati sulla memoria interna della centralina di acquisizione, prima che questa venga sovrascritta. Essa viene interrogata, in automatico, per il trasferimento dati al Centro di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano ogni 12 ore. Con la trasformazione digitale della rete di sensori si è raggiunto l'obiettivo di aumentare la frequenza di campionamento, di evitare la successiva digitalizzazione del segnale analogico e di

[9] A cura di: P. Capuano, A. La Rocca, F. Obrizzo, F. Pingue, S. Pinto, A. Russo, U. Tammaro

ottenere la connessione e lo scarico dei dati in tempo quasi reale (l'intervallo di 12 ore del tempo di connessione può essere ridotto). Nel periodo luglio - giugno 2006 è proseguito il programma di miglioramento della rete e sono state effettuate le ordinarie operazioni per il buon funzionamento delle stazioni mareografiche. Gli interventi di manutenzione straordinaria sulle stazioni sono eseguiti entro le 24-36 ore dall'insorgere del problema. L'analisi dei movimenti verticali del suolo, per l'area vesuviana, viene eseguita riferendo le misure del livello del mare, registrate a Torre del Greco, alla stazione di Napoli Porto e di Castellammare di Stabia. La stabilità relativa della stazione di riferimento viene periodicamente verificata tramite livellazioni di precisione effettuate sul caposaldo posto in prossimità del mareografo e collegato alla rete di livellazione. Durante gli ultimi sei anni (2000-2006), nei limiti degli errori, non vengono evidenziati significativi movimenti verticali del suolo alla stazione di Torre del Greco (figg. 4, 5). Alla stazione di Castellammare di Stabia, inoltre, nel periodo luglio-dicembre 2006 (fig. 6) non si osservano significativi movimenti verticali del suolo.

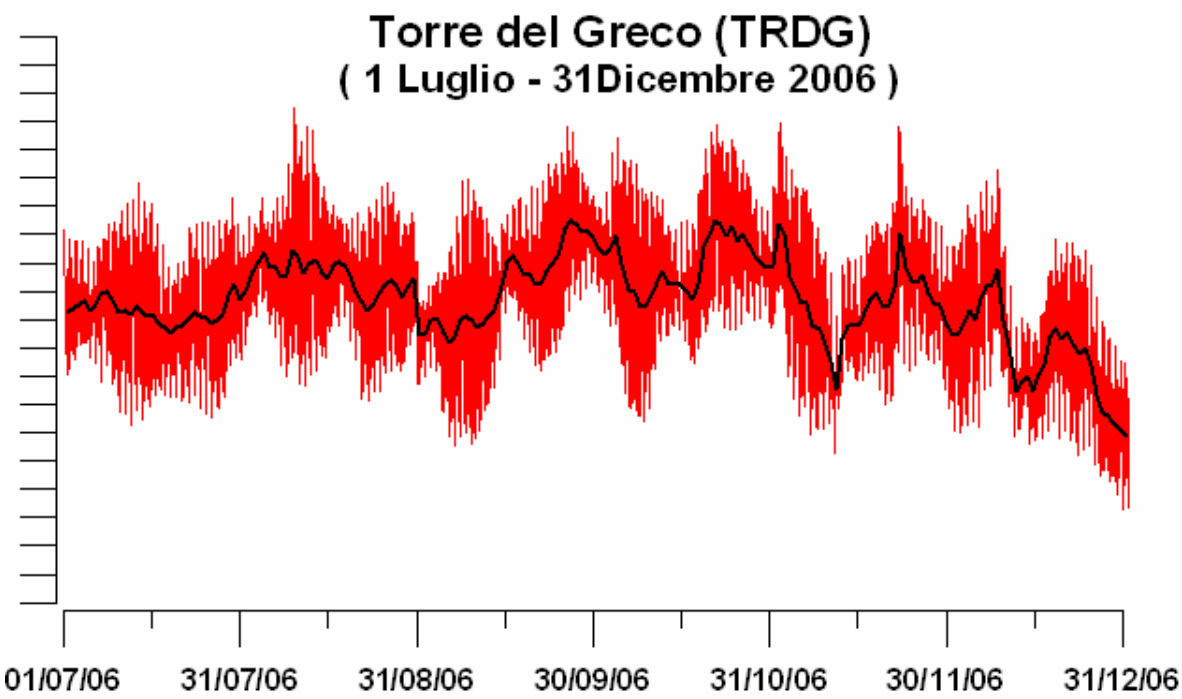

Figura 2. Variazioni del livello del mare al Porto di Torre del Greco (TRDG) nel periodo luglio - dicembre 2006 rilevate dal sensore digitale. Le variazioni riportate rappresentano le medie orarie. La curva in nero riproduce la media giornaliera. La scala verticale presenta intervalli di 5cm.

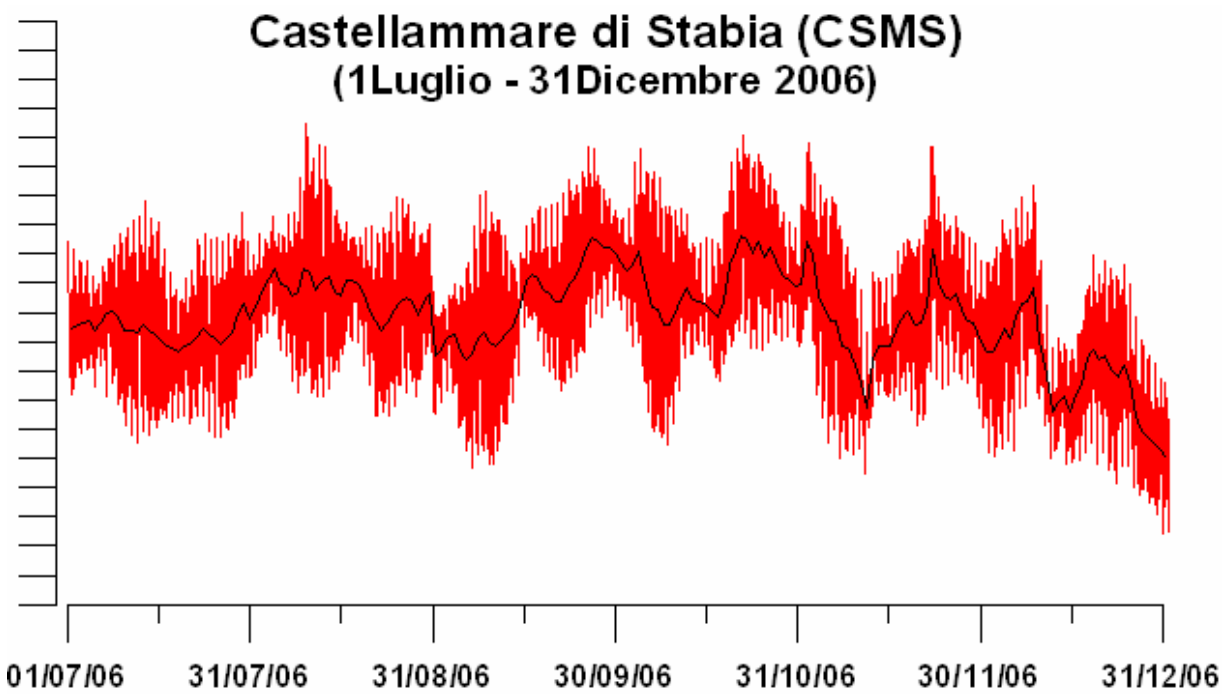

Figura 3. Variazioni del livello del mare al porto di Castellammare di Stabia (CSMS) nel periodo luglio - dicembre 2006 rilevate dal sensore digitale. Le variazioni riportate rappresentano le medie orarie. La curva in nero riproduce la media giornaliera. La scala verticale presenta intervalli di 5cm.

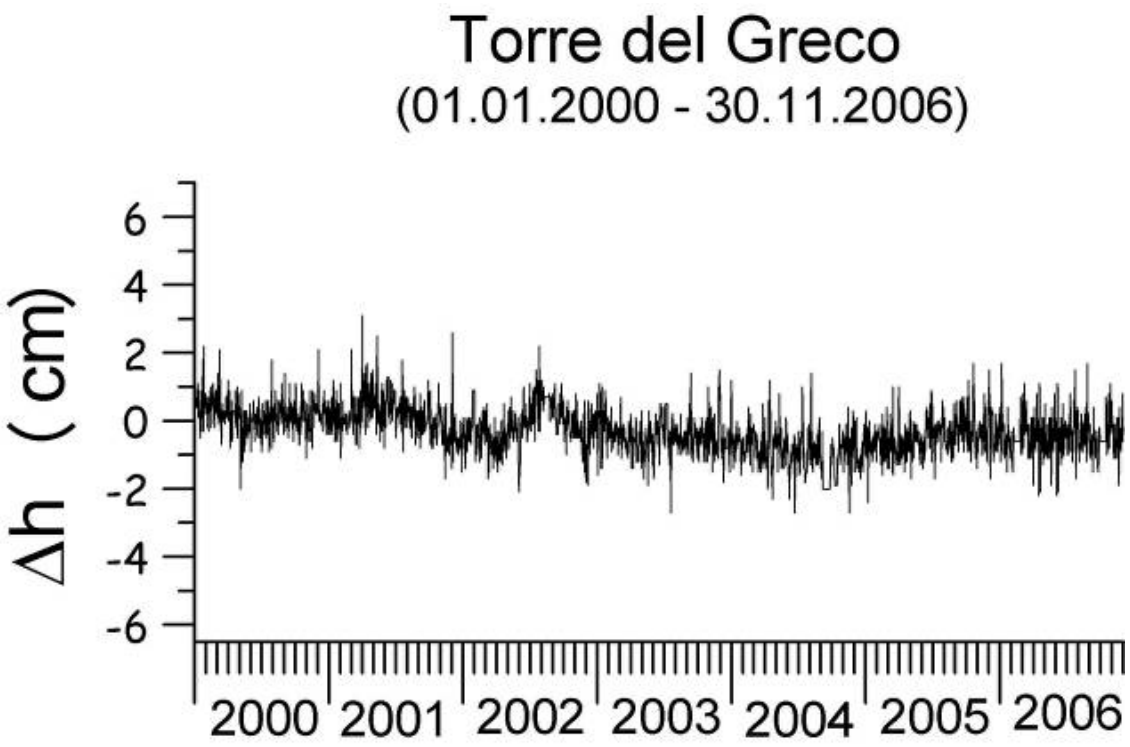

Figura 4. Movimenti verticali del suolo, nel periodo 2000-2006, dedotti dalla analisi dei dati rilevati alla stazione mareografica analogica di Torre del Greco, considerando come riferimento la stazione del porto di Napoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

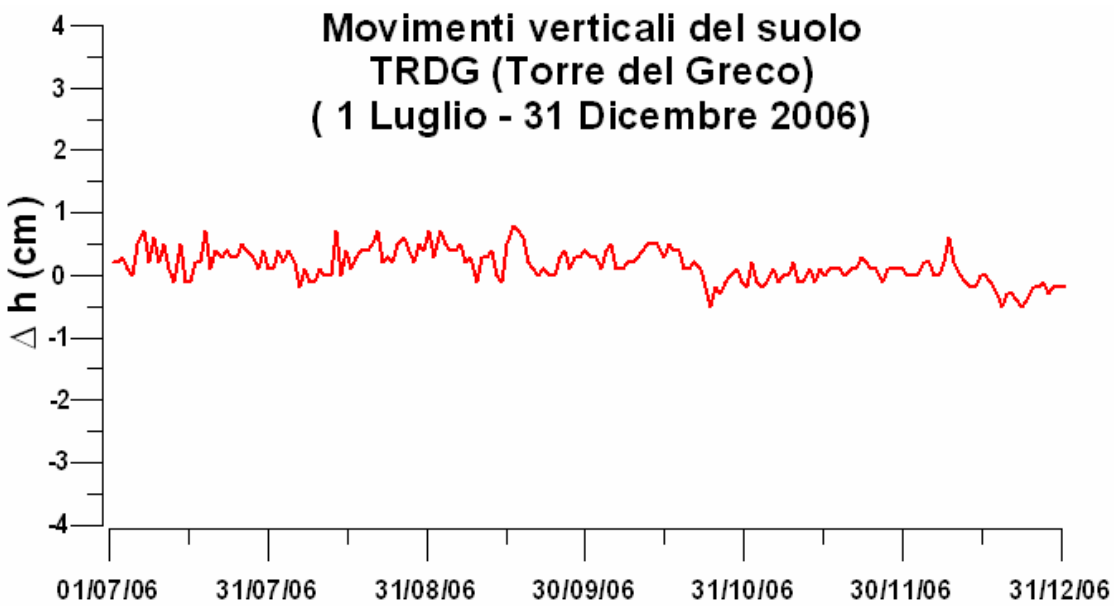

Figura 5. Movimenti verticali del suolo, nel periodo luglio - dicembre 2006, dedotti dall' analisi dei dati rilevati alla stazione digitale di Torre del Greco, considerando come riferimento la stazione del porto di Napoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

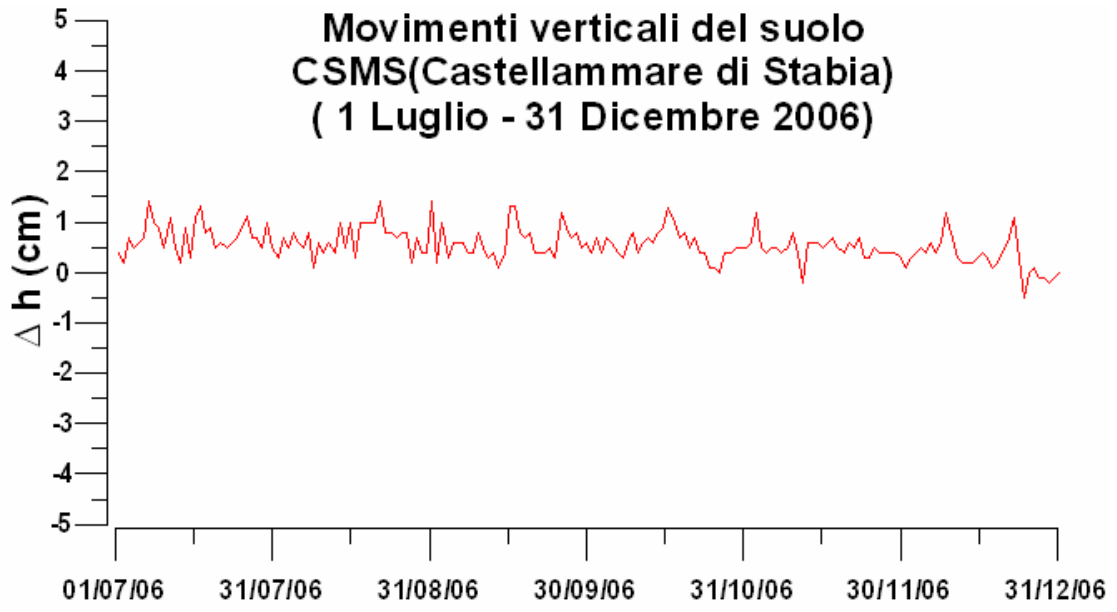

Figura 6. Movimenti verticali del suolo, nel periodo, luglio - dicembre 2006 dedotti dall'analisi dei dati rilevati alla stazione digitale di Castellammare di Stabia, considerando come riferimento la stazione del porto di Napoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

Campi Flegrei

L'acquisizione continua del livello del mare tramite stazioni mareografiche lungo la costa della caldera dei Campi Flegrei, si affianca alle tecniche geodetiche classiche e satellitari utilizzate per il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo nelle aree vulcaniche attive. La rete mareografica dell'Osservatorio Vesuviano è operante ai Campi Flegrei a partire dal 1970 ed ha permesso di seguire sia le crisi bradisismiche del 1969-72 e 1982-84 che le relative fasi successive

SORVEGLIANZA GEOCHIMICA AL VESUVIO[13]

Introduzione

La sorveglianza geochimica dell'area Vesuviana, effettuata dall'Unità Funzionale di Geochimica dei Fluidi dell'Osservatorio Vesuviano nel corso del 2006, ha riguardato il monitoraggio del processo di degassamento nell'area craterica e lo studio delle emissioni fumaroliche presenti al fondo e sul bordo del cratere.

Flussi di CO_2

Il monitoraggio del processo di degassamento nell'area vesuviana è stato effettuato attraverso:

- l'esecuzione di numero 15 indagini veloci (di cui 8 effettuate durante la simulazione Mesimex) consistenti nella misura dei flussi di CO_2 in 15 punti fissi ubicati sul bordo orientale del cratere (area anemometro);
- il monitoraggio in continuo attraverso la stazione FLXOV4.

Monitoraggio discontinuo dei flussi di CO_2 (indagini veloci)

Le indagini veloci sono state effettuate periodicamente a partire dal febbraio 1998, sul bordo orientale del cratere. Le misure dei flussi di CO_2 e delle temperature del suolo a 10cm di profondità vengono effettuate in 15 siti selezionati. I valori medi dei flussi di CO_2 di ciascuna campagna sono riportati, insieme al numero di scosse mensili, nel cronogramma di fig. 1, dove è possibile riconoscere due periodi; il primo periodo, dall'inizio 1998 alla fine del 1999 è stato caratterizzato da un trend crescente del flusso di CO_2; il secondo periodo, invece, iniziato in seguito all'evento sismico dell'ottobre 1999, è caratterizzato da valori di flusso mediamente più bassi, le cui oscillazioni cicliche, sono imputabili a variazioni dei parametri ambientali. I valori più elevati di flusso di CO_2 sono relativi al periodo di maggiore sismicità (ottobre 1999). Le misure discontinue di

[13] A cura di: R. Avino, S. Caliro, G. Chiodini, V. Di Matteo, D. Granieri, C. Minopoli, R. Moretti, M. Russo

flusso di CO_2, effettuate in tutto il 2006, non hanno evidenziato variazioni significative rispetto ai periodi precedenti.

Nell'ambito del progetto Mesimex, nel mese di ottobre 2006 è stata effettuata una campagna estesa di misure di flussi di CO_2 dal suolo in un area comprendente il cratere del Vesuvio. I dati ottenuti sono stati confrontati (fig. 2) con una precedente campagna effettuata nell'aprile 2000; i dati misurati hanno evidenziato sia una diminuzione areale delle zone d'emissione sia una diminuzione dell'output totale che all'incirca si è dimezzato.

Stazioni in continuo: ubicazione, sensoristica e risultati

Il monitoraggio geochimico in continuo al cratere del Vesuvio viene eseguito tramite la stazione automatica FLXOV4 che misura, ad intervalli di 4 ore, il flusso di CO_2 dal suolo e la temperatura del suolo a circa 20cm di profondità. La stazione è operativa dall'agosto 1999, ma ha richiesto continui interventi di manutenzione sia per la continua caduta di materiale dalle pareti del cratere del Vesuvio, sia per mancanza di irraggiamento diretto all'interno del cratere del Vesuvio durante le stagioni invernali. Il record di dati presenta pertanto delle lacune in alcuni periodi dell'anno. La stazione ha subito un danneggiamento nel settembre 2005 ed è stata ripristinata all'inizio di aprile 2006. Il primo periodo di funzionamento (aprile 2006) è stato caratterizzato da valori elevati di flusso di CO_2 con un picco di degassamento di 16000 $gm^{-2}d^{-1}$. Considerando l'intero anno 2006 il valore medio di flusso è stato di circa 2500 $gm^{-2}d^{-1}$ che risulta un valore simile a quello registrato negli anni precedenti (fig. 3). La temperatura del suolo, riportata nella fig. 3, è stata registrata nel 2005 in un sito diverso (sito II) di quello monitorato fino al settembre 2003 (sito I). Dal mese di aprile 2006 è stato reinstallato il sensore di temperatura del suolo nel sito originario (sito I). La stazione meteorologica (ABC 7030), ubicata sul bordo occidentale del Vesuvio è stata completamente distrutta da una scarica elettrica atmosferica nell'ottobre 2005 ed è stata ripristinata ad ottobre 2006.

Composizione chimica delle fumarole al Vesuvio

Nel corso del 2006 sono state eseguite n. 7 campagne di campionamento delle fumarole interne al cratere vesuviano e 19 campagne di campionamento della fumarola B1, 12 campionamenti della fumarola B2 e 7 campionamenti della fumarola B3 tutte del bordo cratere (tab 1). Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo delle fumarole del Vesuvio è riportata nei precedenti rapporti di sorveglianza in cui sono state segnalate variazioni della composizione delle fumarole interne al cratere (fig. 4 e 5). In particolare a partire dal terremoto del 9 ottobre 1999 (Md=3.6) sono state misurati per 2 anni aumenti nel tempo sia del rapporto He/CO_2 che della pCO_2 stimata sulla base di geoindicatori gassosi. Contemporaneamente si è verificata la diminuzione del rapporto CH_4/CO_2 (vedi rapporto finale 2001 e 2002). A partire dall'autunno 2002, i risultati delle analisi chimiche hanno mostrato e mostrano tuttora un graduale ritorno dei valori verso le condizioni pre-1999. Le variazioni riscontrate, che hanno registrato i massimi valori nel 2002, e il contemporaneo aumento del flusso di CO_2 rilevato alla stazione FLXOV4 (fig. 4), sono state probabilmente causate da un aumento dell'input di gas profondo, forse favorito dall'evento sismico

dell'ottobre 1999. Durante il 2005 ed il 2006, i valori stimati di pCO_2 non hanno evidenziato variazioni significative rispetto ai periodi precedenti (fig. 3). Nello stesso periodo i rapporti CH_4/CO_2, He/CO_2 e H_2/CO_2 (fig. 5) hanno anch'essi mostrato un'evoluzione verso valori simili a quelli registrati precedentemente all'evento sismico dell'ottobre 1999.

Conclusioni

Le misure discontinue di flusso di CO_2 effettuate nel 2005 e 2006 nel bordo orientale del cratere non hanno evidenziato variazioni significative rispetto al periodo precedente. Il flusso di CO_2 misurato alla stazione automatica FLXOV4 ubicata al fondo del cratere del Vesuvio ha mostrato valori medi simili a quelli degli ultimi anni. I parametri chimici delle fumarole non hanno mostrato variazioni significative rispetto al periodo precedente.

Tabella 1. Analisi chimica dei campioni della fumarola FC2 del fondo cratere e della fumarola B1 del bordo cratere (le analisi sono espresse in μmol/mol).

Campione	Data	T°C	H_2O μm/m	CO_2 μm/m	H_2S μm/m	Ar μm/m	O_2 μm/m	N_2 μm/m	CH_4 μm/m	H_2 μm/m	He μm/m	CO μm/m
FC2	24/03/2006		933335	65552	255.3	0.546	0.008	113.1	39.8	704.3	0.362	28.013
FC2	07/05/2006	95	938599	60365	239.4	0.202	0.038	94.4	36.9	665.0	0.342	28.071
FC2	19/07/2006	94	934129	64845	272.2	0.257	0.039	93.0	35.0	625.7	0.366	21.705
FC2	02/09/2006	94	930022	68873	260.3	0.306	0.044	103.1	39.8	701.7	0.413	26.694
FC2	07/10/2006	95	927662	71186	301.2	0.309	0.028	102.0	39.7	708.6	0.387	27.339
FC2	29/11/2006	93	914989	83778	262.6	0.306	0.127	122.0	43.8	803.7	0.409	30.343
FC2	31/12/2006	93.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Campione	Data	T°C	%Ar	$\%O_2$	$\%N_2$	$\%CH_4$	$\% CO_2$
B1	10/01/2006		0.881872	19.75504	73.57571	0	1.342094
B1	31/03/2006	68.5	0.878135	19.65806	77.16097	0.018949	1.649406
B1	20/06/2006	75.4	0.8600	19.215	73.849	0.00027	0.932
B1	05/09/2006	73.6	0.8775	19.615	74.745	0.00065	1.302
B1	02/10/2006	74.3	0.9269	20.814	77.490	0.00000	1.429
B1	12/10/2006	74.7	0.9154	20.376	76.165	0.00106	2.000
B1	17/10/2006	73.5	0.922	20.87	77.80	0.00000	0.84
B1	18/10/2006	73.5	0.929	20.74	77.35	0.00049	1.49
B1	18/10/2006	73.5	0.930	20.81	77.56	0.00065	1.50
B1	18/10/2006	73.5	0.928	20.71	77.28	0.00074	1.49
B1	19/10/2006	74.0	0.934	21.24	77.24	0.00000	2.04
B1	19/10/2006	74.0	0.915	21.46	75.80	0.00034	2.13
B1	19/10/2006	74.0	0.936	21.26	77.22	0.00000	2.00
B1	20/10/2006	73.6	0.922	20.50	76.53	0.00073	2.15
B1	20/10/2006	73.6	0.920	20.38	76.03	0.00047	2.16
B1	21/10/2006	75.2	0.903	20.05	74.72	0.00000	2.58
B1	21/10/2006	75.2	0.931	20.62	76.96	0.00000	2.58
B1	21/10/2006	75.2	0.906	20.25	75.65	0.00000	2.51
B1	27/12/2006	68.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

B2	18/10/2006	75.7	0.932	20.72	77.36	0.00084	1.11
B2	18/10/2006	75.7	0.929	20.76	77.49	0.00000	1.15
B2	19/10/2006	75.4	0.921	20.92	76.09	0.00000	1.76
B2	19/10/2006	75.4	0.947	21.48	78.06	0.00000	0.97
B2	19/10/2006	75.4	0.946	21.47	77.95	0.00088	1.83
B2	20/10/2006	75.8	0.925	20.56	77.13	0.00000	1.93
B2	20/10/2006	75.8	0.940	20.85	77.78	0.00000	2.04
B2	20/10/2006	75.8	0.927	20.69	77.54	0.00000	2.03
B2	21/10/2006	76.5	0.926	20.53	76.86	0.00000	2.49
B2	21/10/2006	76.5	0.921	20.52	76.74	0.00000	2.60
B2	21/10/2006	76.5	0.927	20.67	77.10	0.00000	2.62
B2	27/12/2006	68	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
B3	18/10/2006	71.0	0.941	20.89	78.26	0.00000	0.77
B3	19/10/2006	71.9	0.796	18.03	65.75	0.00000	0.67
B3	19/10/2006	71.9	0.947	21.68	79.11	0.00000	0.80
B3	20/10/2006	71.7	0.938	20.73	77.68	0.00000	0.95
B3	20/10/2006	71.7	0.933	20.62	77.40	0.00000	0.89
B3	21/10/2006	71.3	0.941	20.93	78.37	0.00000	1.00
B3	21/10/2006	71.3	0.953	21.09	78.97	0.00000	1.01

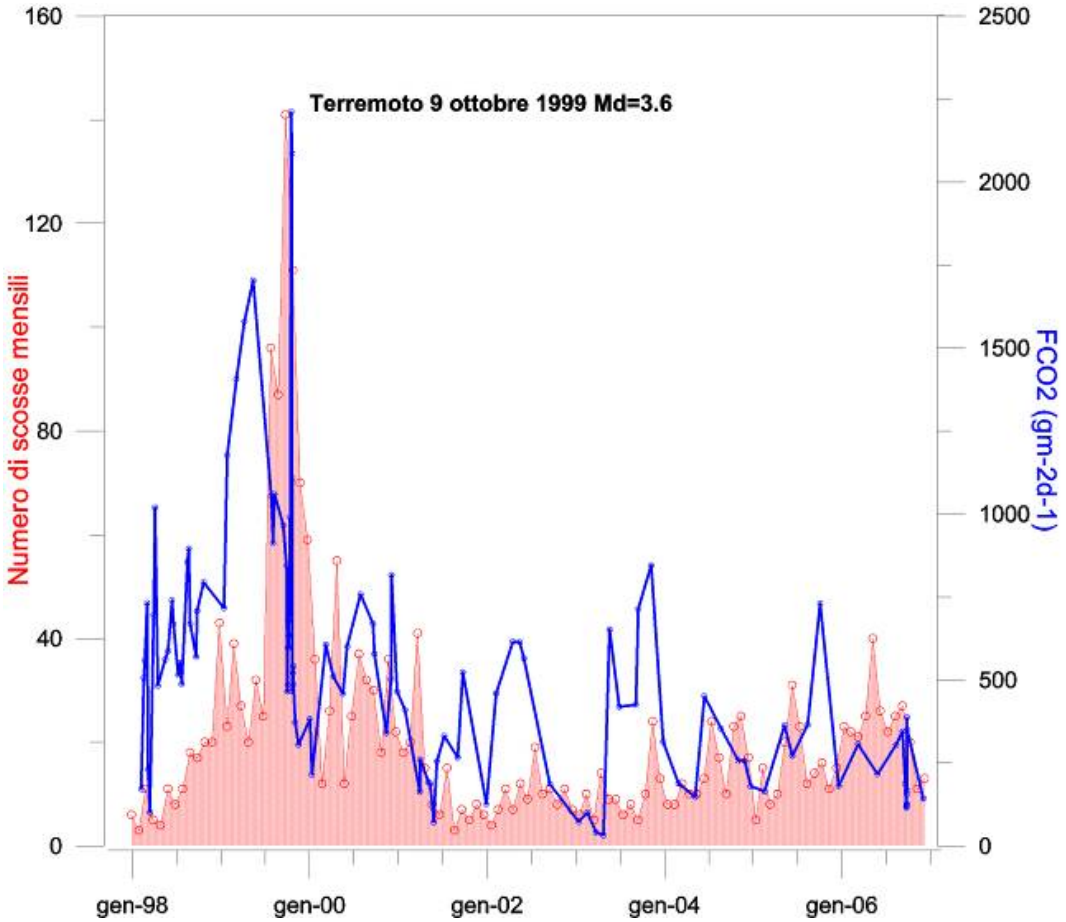

Figura 1. Valori medi del flusso di CO_2 in 15 punti del bordo craterico del Vesuvio, area anemometro (per l'ubicazione esatta del sito vedi i rapporti di sorveglianza 1999). Nel grafico è anche riportato il numero mensile di eventi sismici.

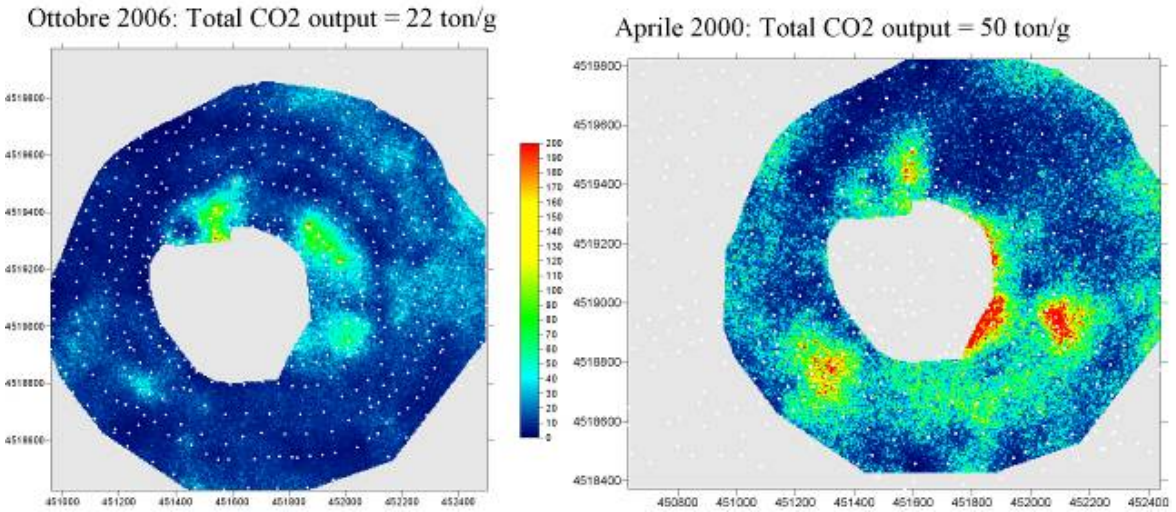

Figura 2. Mappa dei flussi di CO_2 dal suolo misurati ad ottobre 2006 confrontata con quella realizzata ad aprile2000. La scala dei flussi è espressa in $gm^{-2}d^{-1}$.

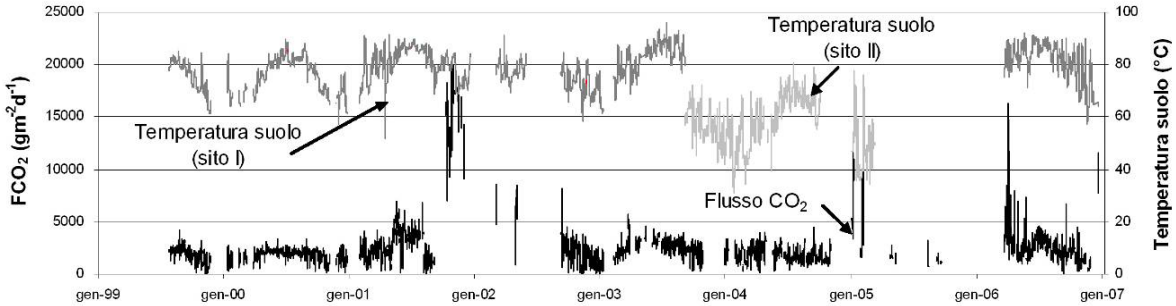

Figura 3. Flusso di CO_2 e temperatura del suolo a circa 0.2m di profondità, all'interno del cratere del Vesuvio. Dall'aprile 2006 è stato ripristinato il controllo della temperatura del suolo nel sito I.

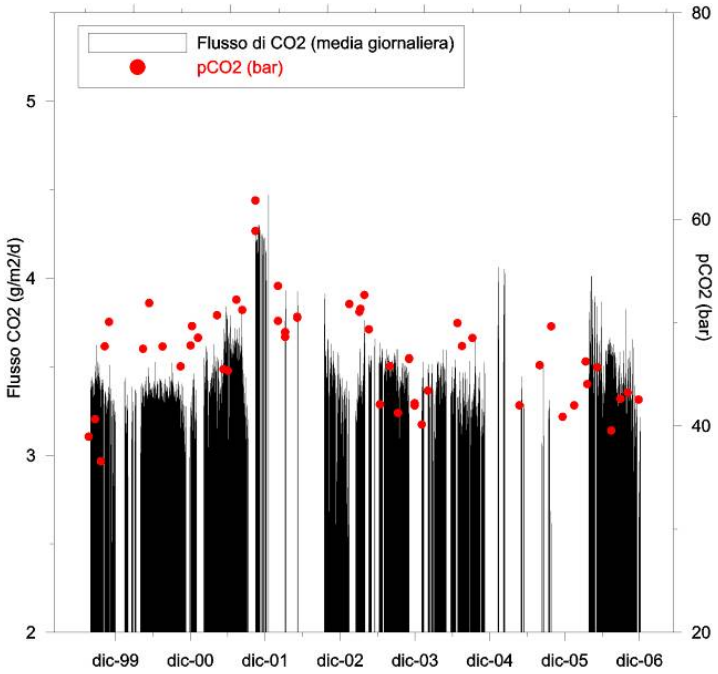

Figura 4. pCO_2 stimata sulla base dei gas emessi dalla fumarola FC2 (brine NaCl 3M) e medie giornaliere del flusso di CO_2 alla stazione FLXOV4 (1998-2006).

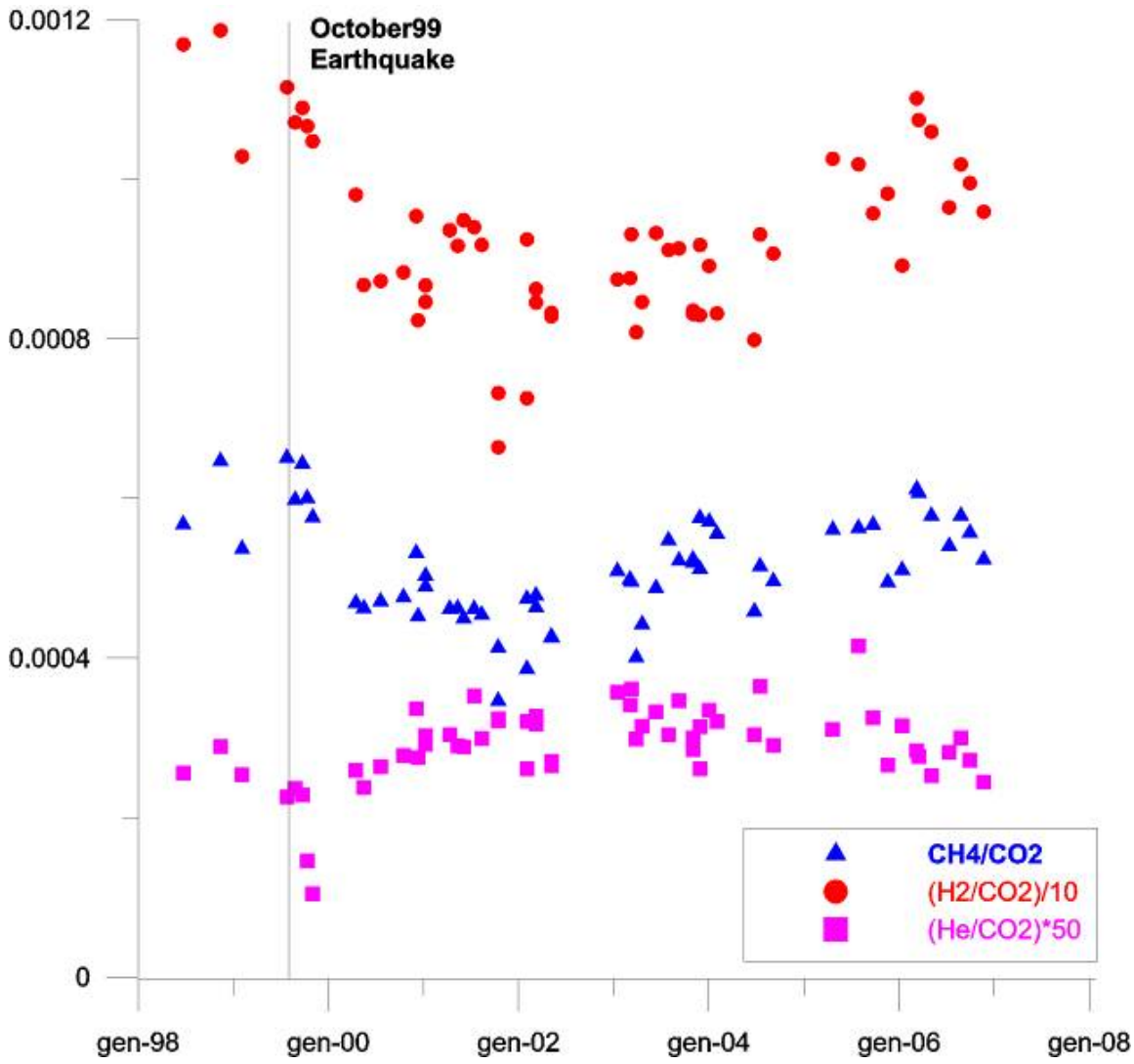

Figura 5. Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1998-2006.

SORVEGLIANZA GEOCHIMICA AI CAMPI FLEGREI[14]

Introduzione

La sorveglianza geochimica dell'area flegrea svolta nel 2006 dall'Unità Funzionale di Geochimica dei Fluidi istituita presso l'Osservatorio Vesuviano, ha riguardato il monitoraggio continuo e discontinuo dell'area craterica della Solfatara di Pozzuoli della zona dei Pisciarelli di Agnano e delle Terme di Agnano. Il monitoraggio in continuo dell'area craterica della Solfatara di Pozzuoli è stato effettuato mediante 5 stazioni automatiche poste all'interno del cratere stesso. Queste stazioni permettono: la misura dei flussi di CO_2 dal suolo (stazione FLXOV1); l'acquisizione di parametri ambientali (FLXOV1 e ABC 7203); la misura del flusso termico e del gradiente di temperatura nel suolo (ABC 7030); la misura del flusso di CO_2 dal suolo mediante misure di concentrazione in aria e dei parametri atmosferici (Eddy Correlation); la valutazione dello stato

[14] A cura di: R. Avino, S. Caliro, G. Chiodini, V. Di Matteo, D. Granieri, C. Minopoli, R. Moretti, M. Russo

Monitoraggio delle acque sotterranee del Vesuvio[33]

Introduzione

L'attività di sorveglianza dell'acquifero del Vesuvio è stata condotta su 9 pozzi e 3 sorgenti localizzati, in gran parte, sul fianco sud-occidentale del vulcano, in cui sono concentrate le zone di più intensa risalita di fluidi vulcanici e, in misura inferiore, sui fianchi settentrionale ed orientale in prossimità di strutture tettoniche attive. I siti selezionati rappresentano l'eterogeneità geochimica dell'acquifero vesuviano e sono stati campionati con cadenza bimestrale (fig. 1). Le acque campionate sono fredde o debolmente termali ($9 < T°C < 24.5$), con salinità compresa tra 600 e 13000 mg/l e pH tra 5.9 e 8.0 (Federico, 1999; Federico et al., 2002, 2004). Le acque presenti sul versante sud-occidentale sono caratterizzate da temperature e salinità più alte, da pH più acido e da contenuti di CO_2 disciolta compresi tra 50 e 1100 cc/l. Le acque del settore settentrionale sono più fredde, meno saline e caratterizzate da tenori significativamente inferiori in CO_2 disciolta (< 10 cc/l). In questa porzione dell'edificio vulcanico, l'unica evidenza di un contributo di gas di origine vulcanica si evince dal rapporto isotopico dell'elio disciolto che, in alcuni siti, indica una chiara derivazione profonda. Le analisi di laboratori effettuate sui campioni sono consistite nella determinazione della composizione chimica dei costituenti maggiori (Na, K, Mg, Ca, Cl, SO_4, NO_3, alcalinità) e dei gas disciolti.

[33] Aiuppa A., Federico C., Gurrieri S., Madonia P., Rizzo A.

Discussione dei dati

La fig. 2 mostra le variazioni temporali della temperatura di tutti i siti controllati, raggruppati in relazione alla loro localizzazione (settori settentrionale, meridionale e occidentale). E' possibile osservare, in particolare nei settori settentrionale e meridionale, limitate oscillazioni stagionali, che diventano più evidenti nei pozzi più superficiali (13, 14, 19, 47), con differenze fino a circa due gradi centigradi tra il periodo invernale e quello estivo. Il sito 47 (sorgente Olivella), sul settore nord, presenta una marcata stagionalità, dovuta alla sua modesta portata (circa 300 ml/min) e ad un circuito molto superficiale. I siti del settore occidentale presentano andamenti meno regolari, legati probabilmente ad oscillazioni periodiche della superficie piezometrica che intercetta piccoli corpi idrici sovrapposti, caratterizzati da temperature diverse. Nel corso del 2006, si osservano, nella maggior parte dei siti, andamenti simili a quelli dello stesso periodo dell'anno precedente, se si esclude un sito nel settore occidentale (29), che conferma un trend di diminuzione della temperatura già iniziato nel 2003. In fig. 3 sono tracciati gli andamenti temporali della concentrazione di Cl, HCO_3 e CO_2 disciolta in un sito del settore occidentale (sito 29) che, nel corso del 2006, confermano un trend in diminuzione iniziato già nel 2003. Simili variazioni sono state osservate anche in alcuni pozzi nel settore meridionale, illustrati in fig. 4. L'andamento della concentrazione del HCO_3, che rispecchia anche quello della salinità, conferma il trend di diminuzione, più o meno marcata, nei siti 6, 13 e 14. Queste osservazioni indicano una progressiva modificazione del chimismo della falda superficiale nel settore meridionale ed occidentale dell'edificio vulcanico, segnato dall'aumento della componente meno salina e superficiale rispetto a quella più profonda, salina e ricca in CO_2. Negli altri siti monitorati non si osservano di particolare ampiezza rispetto al periodo precedente.

Conclusioni

I dati discussi confermano per il 2006 i trend osservati sin dal 2003. In particolare, nelle aree maggiormente interessate dalla risalita di gas vulcanici, alcuni siti monitorati sono caratterizzati dalla diminuzione della salinità e della temperatura, indice di un aumento del flusso idrico superficiale rispetto ai fluidi profondi.

Bibliografia

Federico C. (1999) Interaction between magmatic gases and the hydrological system at Vesuvius (Southern Italy) during current dormancy: evidence from water and gas geochemistry. Tesi di dottorato, Università di Palermo.

Federico C., Aiuppa A., Allard P., Bellomo S., Jean-Baptiste P., Parello F. & Valenza M. (2002) Magma-derived gas influx and water-rock interactions in the volcanic aquifer of Mt. Vesuvius, Italy, Geochim. Cosmochim. Acta, 66, 963-981.

Federico C., Aiuppa A., Favara R., Gurrieri S., Valenza M. (2004) The chemical and isotope composition of groundwaters at Vesuvius: Time variations (period May 1998 – May 2001) and insights on monitoring strategies, J. Volcanol. Geotherm. Res. 133, 81-104.

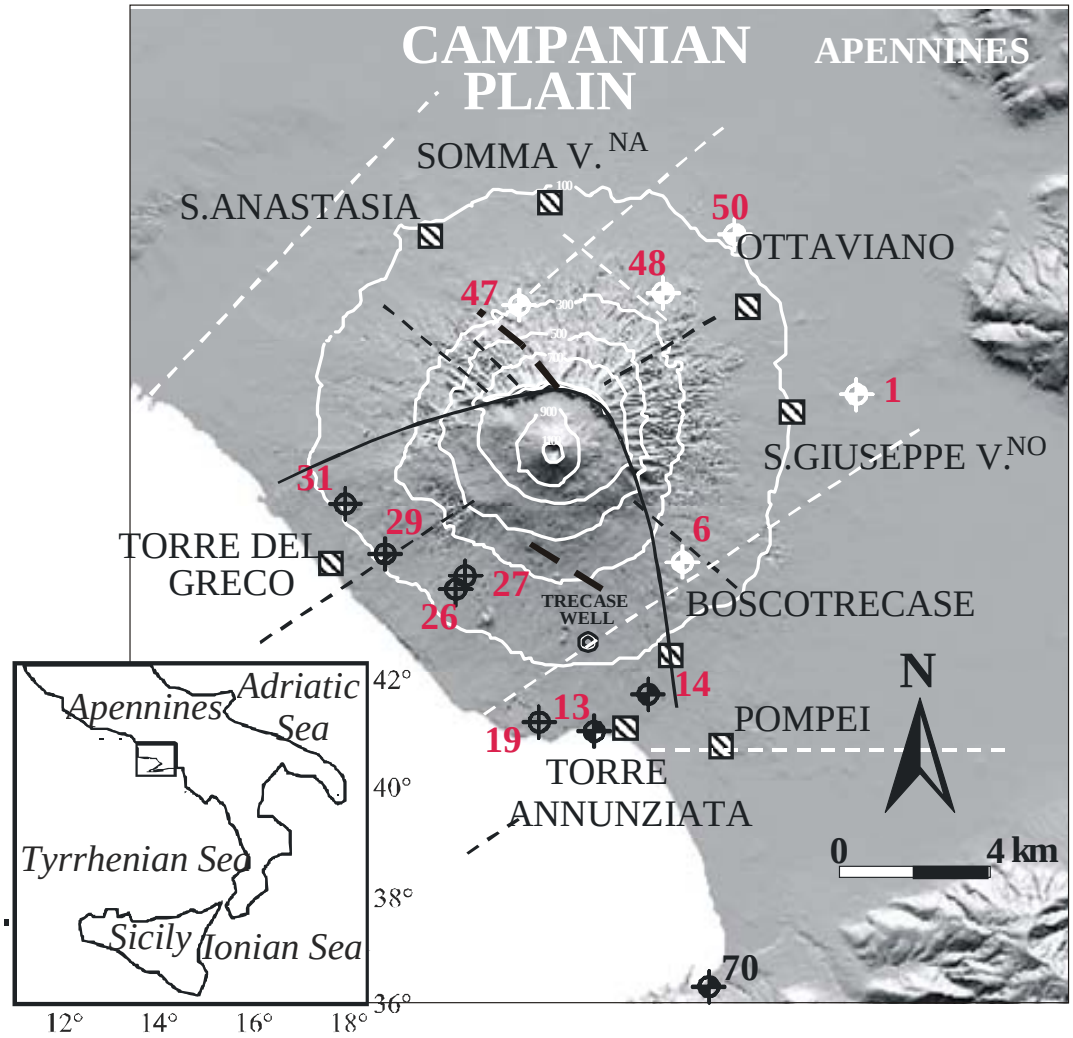

Figura 1. Localizzazione dei siti di campionamento.

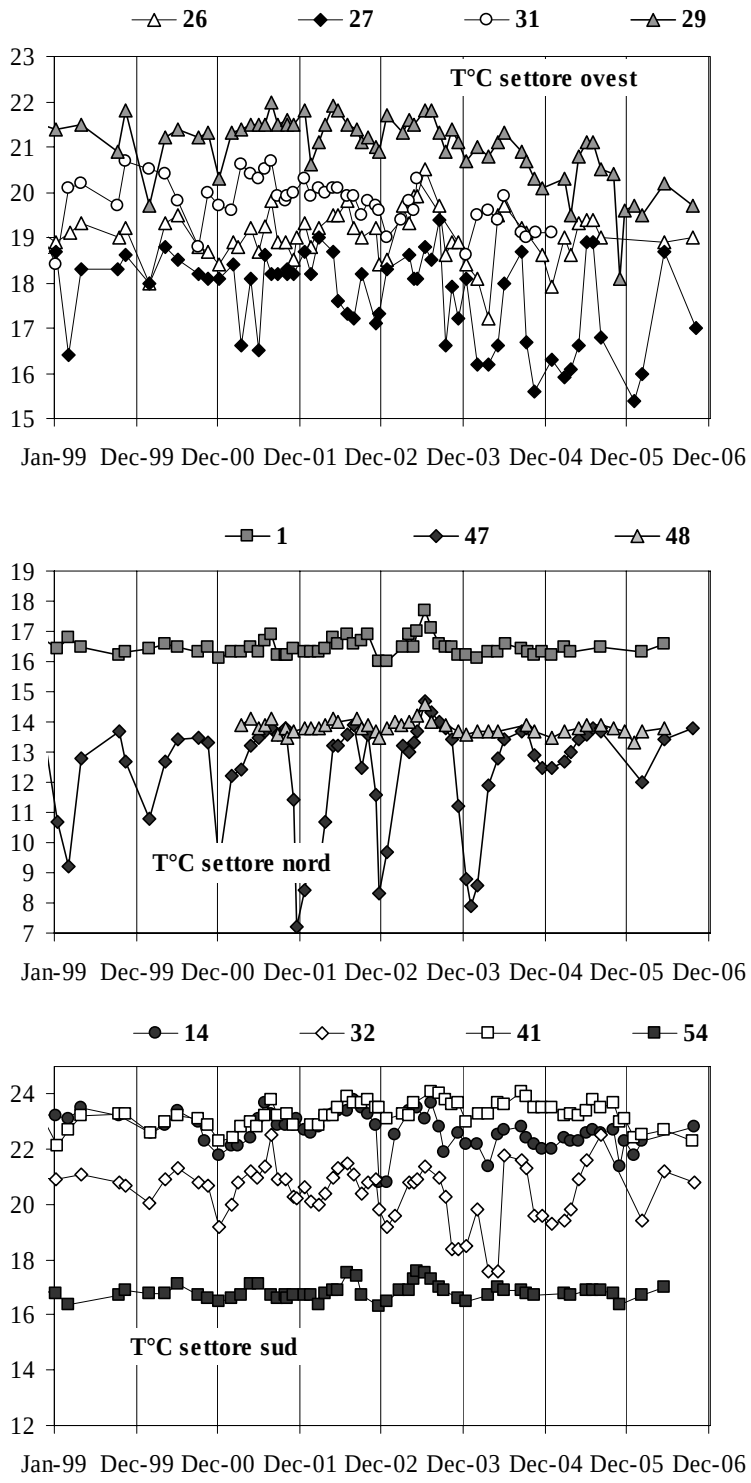

Figura 2. Variazioni temporali della temperatura nei siti analizzati.

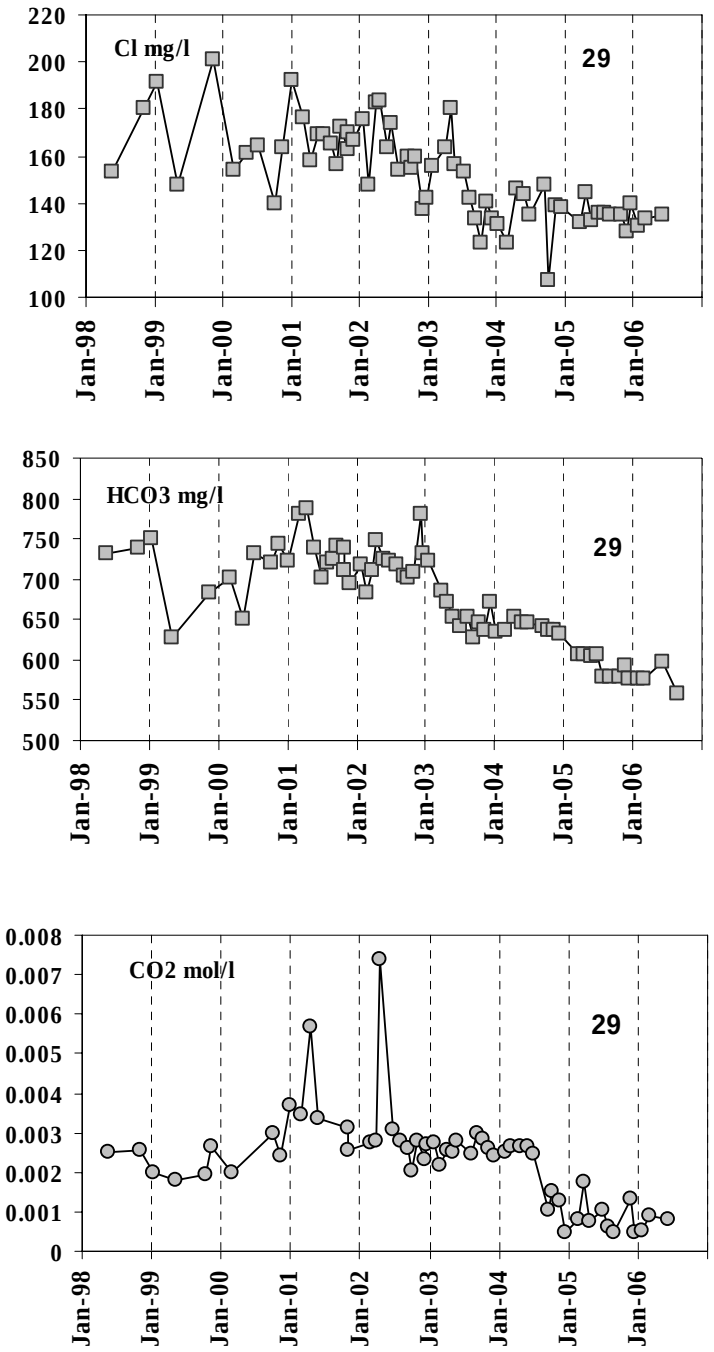

Figura 3. Andamento temporale della concentrazione di Cl, HCO_3 e CO_2 disciolta nel sito 29, sul fianco occidentale del Vesuvio.

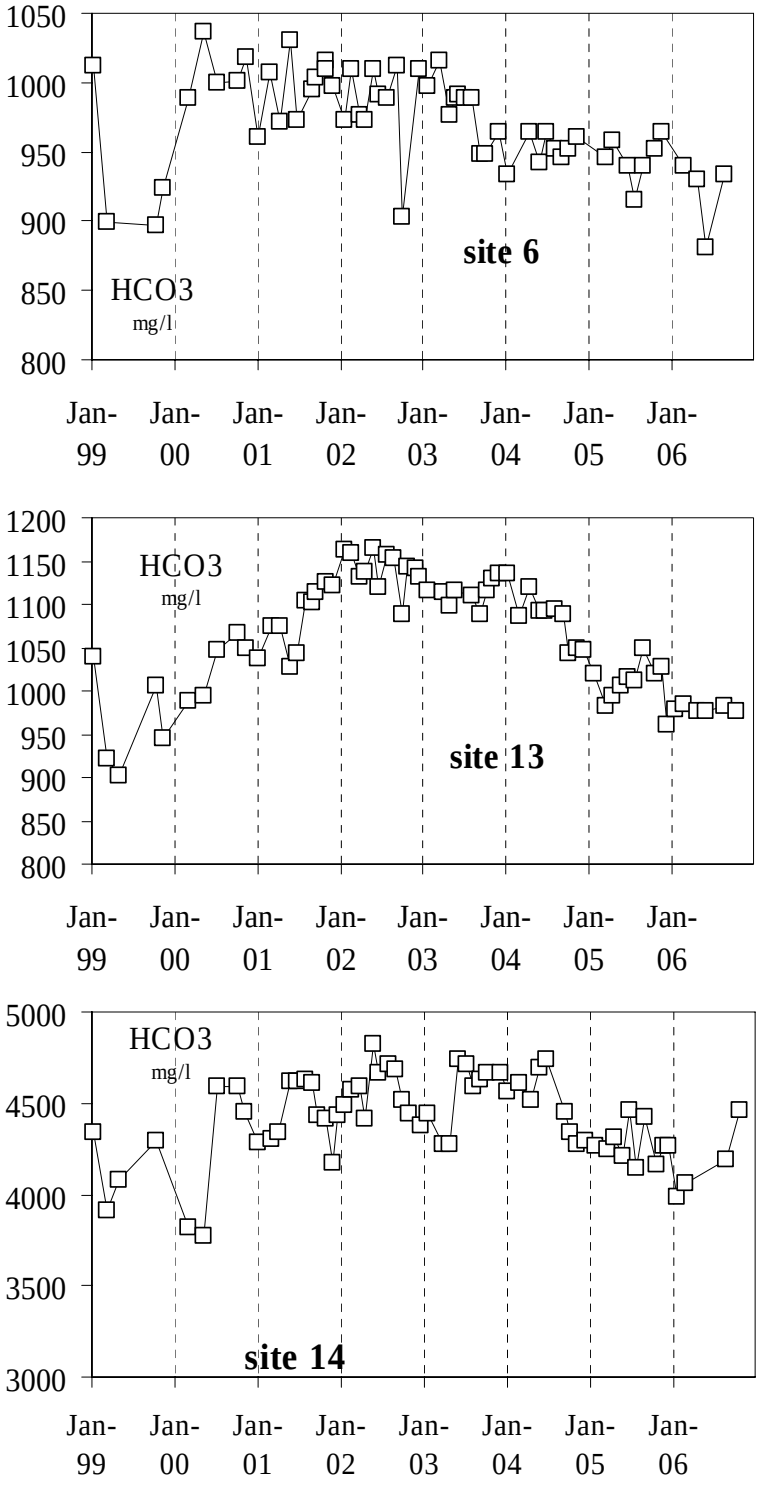

Figura 4. Variazioni della salinità totale in tre siti dei settori occidentale e meridionale.