## SORVEGLIANZA GEOCHIMICA AL VESUVIO[17]

La sorveglianza geochimica dell'area Vesuviana, effettuata dall'Unità Funzionale di Geochimica dei Fluidi dell'Osservatorio Vesuviano, nel corso del 2005 ha riguardato:

- il monitoraggio del processo di degassamento nell'area craterica attraverso: la misura discontinua dei flussi di $CO_2$ in punti fissi ubicati sul bordo orientale del cratere (area anemometro), l'acquisizione dei parametri geochimici in continuo (flusso di $CO_2$ ed alcuni parametri atmosferici) attraverso la stazione FLXOV4 installata all'interno del cratere;
- il monitoraggio di alcuni parametri ambientali (atmosferici e del suolo) attraverso una stazione automatica ubicata sul bordo occidentale del cratere del Vesuvio (stazione ABC 7030);
- lo studio delle emissioni fumaroliche presenti al fondo e sul bordo del cratere.

Flussi di $CO_2$

L'intera area di degassamento diffuso del Vesuvio emette una quantità di $CO_2$ dell'ordine delle 150 ton/g attraverso il degassamento diffuso dal suolo (Frondini et al., 2004) con un'energia associata di circa 20 MW (Chiodini et al., 2005). E' stato stimato che almeno una quantità di $CO_2$ analoga a quella emessa in area craterica (150 ton/g) è disciolta e trasportata dalle acque di falda (Caliro et al., 2005). Si ricorda che tali stime sono state utilizzate per una modellazione fisica del processo di raffreddamento che interessa i condotti vulcanici, ormai inattivi dal 1944 (Quareni et al., submitted). Il monitoraggio di questo processo di degassamento è stato effettuato sia attraverso l'esecuzione di campagne periodiche su punti fissi (indagini veloci n. 6 nel 2005) sia mediante una stazione automatica (stazione FLXOV4) che permette il monitoraggio in continuo del flusso di $CO_2$.

Monitoraggio discontinuo dei flussi di $CO_2$ (indagini veloci)

Le indagini veloci sono effettuate, a partire dal 1998, periodicamente sul bordo orientale del cratere. Le misure dei flussi di $CO_2$ e delle temperature del suolo (10 cm di profondità) avvengono in 15 siti selezionati. I valori medi dei flussi di $CO_2$ di ciascuna campagna sono riportati nel cronogramma di Fig. 112, dove è possibile riconoscere due periodi: a) il primo, dal 1998 all'autunno del 1999, è caratterizzato da un trend crescente del flusso di $CO_2$ e b) il secondo, dopo l'evento sismico dell'ottobre 1999, caratterizzato da valori mediamente più bassi, le cui oscillazioni abbastanza cicliche, sono imputabili a variazioni dei parametri ambientali. I valori più elevati di flusso di $CO_2$ sono relativi al periodo che ha preceduto la crisi

[17] A cura di: R. Avino, B. Bocchino, S. Caliro, G. Chiodini, D. Granieri, C. Minopoli, R. Moretti, M. Russo

sismica dell'autunno 1999. Le misure discontinue di flusso di $CO_2$ effettuate nel 2005, non hanno evidenziato variazioni significative rispetto ai periodi precedenti.

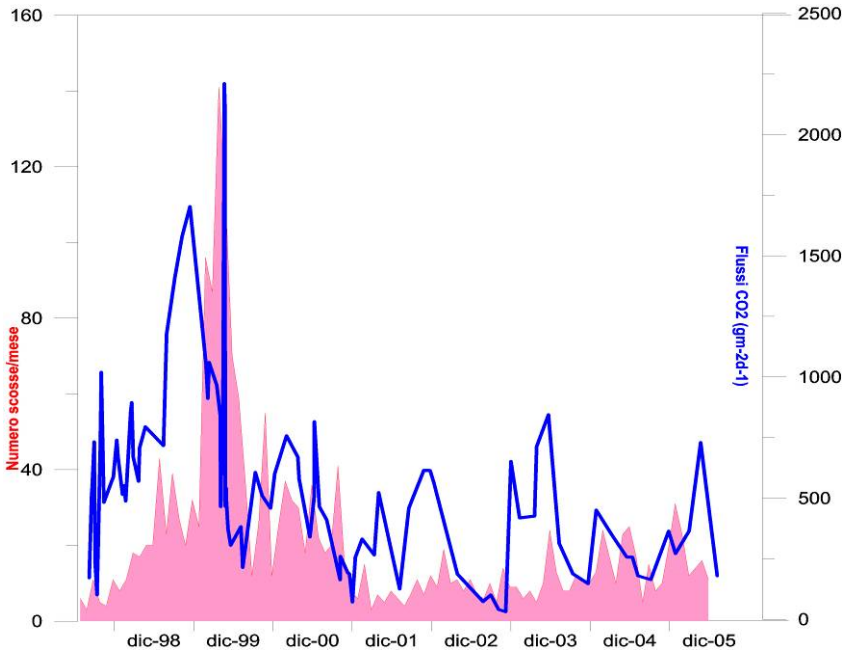


Figura 112 - Valori medi del flusso di $CO_2$ in 15 punti del bordo craterico del Vesuvio, area anemometro (per l'ubicazione esatta del sito vedi i rapporti di sorveglianza 1999). Nel grafico è pure riportato il numero di scosse mensili.

Stazioni in continuo: ubicazione, sensoristica e risultati

Il monitoraggio in continuo è stato effettuato mediante stazioni automatiche poste nell'area craterica del Vesuvio (Granieri et al., 2003). Il sistema di monitoraggio geochimico in continuo attualmente comprende una stazione per l'acquisizione dei parametri geochimici, FLXOV4, ed una stazione automatica per la misura dei parametri ambientali, ABC 7030. La FLXOV4, ubicata all'interno del cratere del Vesuvio, è operativa dall'agosto 1999. I parametri più rilevanti acquisiti dalla stazione automatica, ad intervalli di 4 ore, sono: il flusso di $CO_2$ dal suolo, la pressione barometrica e la temperatura del suolo a circa 20 cm di profondità. La stazione FLXOV4 opera in condizioni estreme sia per la presenza nel suolo di alte temperature e di gas corrosivi, sia per la continua caduta di materiale dalle pareti del cratere del Vesuvio. Inoltre nel periodo invernale (fine dicembre – inizio marzo) la stazione non è attiva per la mancanza di irraggiamento diretto all'interno del cratere del Vesuvio. Un serio danneggiamento alla stazione è occorso nel settembre 2005. Nell'anno 2005 il flusso di $CO_2$ è stato misurato per un numero limitato di giorni (circa 25). Dai valori registrati appare evidente un picco di degassamento nei mesi gennaio-febbraio 2005 (valori compresi tra 5000 e 10000 gm-2d-1). I pochi valori registrati in maggio e settembre 2005 confermano un diminuzione del flusso di $CO_2$ sino a valori prossimi a quello di "background" locale (1500-2000 gm-2d-1). La

temperatura del suolo, riportata nella Fig. 113, è stata registrata nel 2005 in un sito diverso (sito II) di quello monitorato fino a settembre 2003 (sito I). Il sensore di temperatura ha presentato anomalie di funzionamento nel marzo 2005.

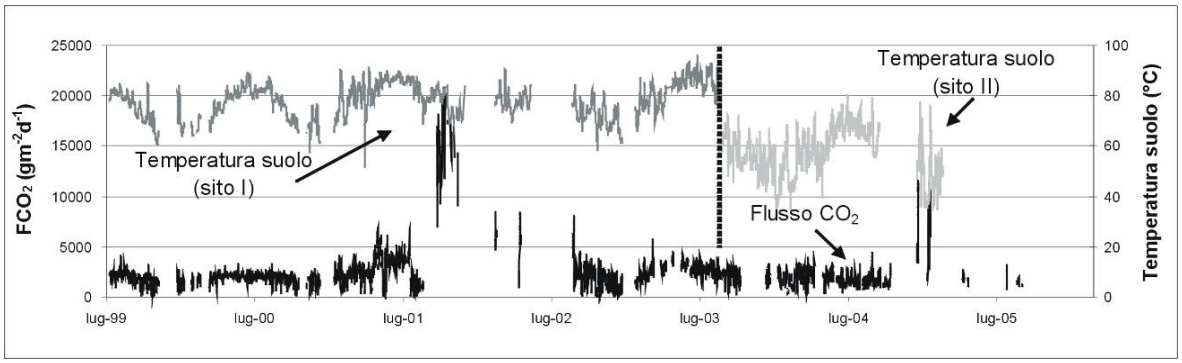


Figura 113 - Flusso di $CO_2$ e temperatura del suolo a circa 0.2 m di profondità, all'interno del cratere del Vesuvio.

La stazione meteorologica ABC 7030, ubicata sul bordo occidentale del Vesuvio (Zona: 33T, 4519335N- 451387E, coordinate UTM ED50), è stata reinstallata nel maggio 2005 dopo una completa revisione in seguito al danneggiamento del 16 settembre 2004 dovuto ad una scarica elettrica atmosferica. La stazione meteorologica ha funzionato fino a ottobre 2005, quando si è verificato un nuovo problema che ne ha compromesso l'operatività. In fig. 114 si riportano i cronogrammi della temperatura del suolo e di alcuni parametri atmosferici registrati alla stazione.

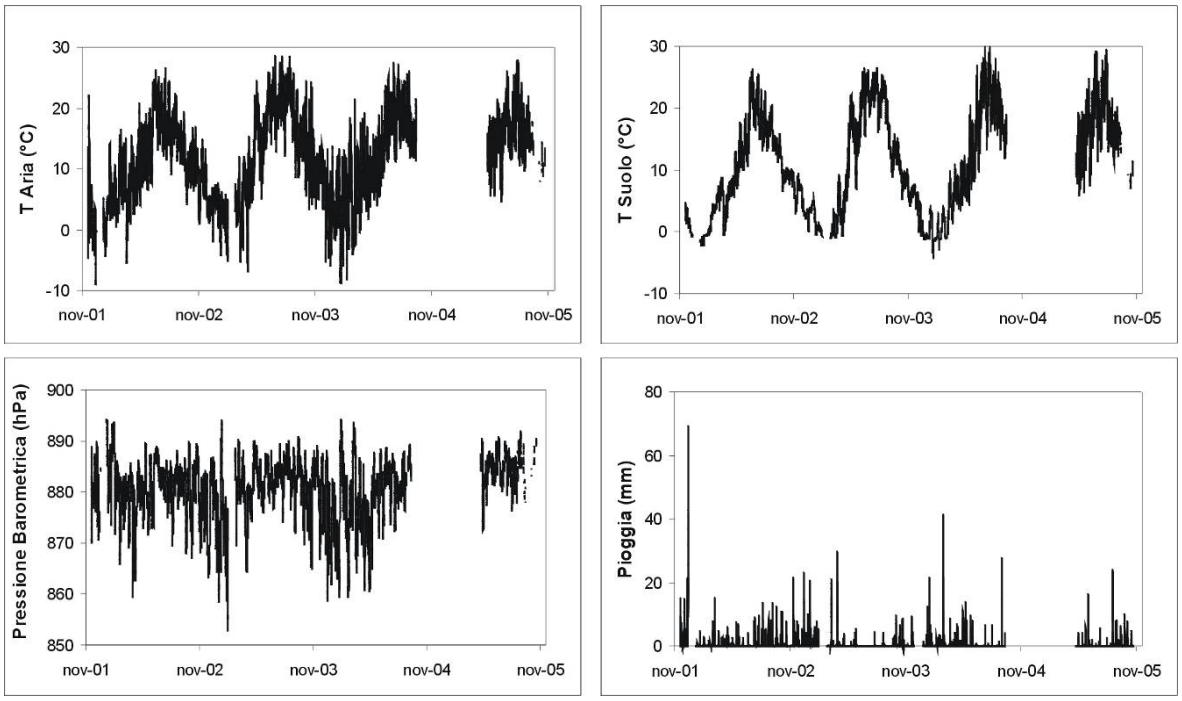


Figura 114 – Parametri ambientali registrati alla stazione ABC 7030, con frequenza oraria. La stazione è stata danneggiata nel settembre 2004 e nell'ottobre 2005 da scariche elettriche atmosferiche.

Composizione chimica delle fumarole del Vesuvio

Nel corso del 2005 sono state eseguite n. 4 campagne di campionamento delle fumarole interne al cratere vesuviano (tabella 28) e 4 campagne di campionamento della fumarola B1 del bordo cratere.

Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo delle fumarole del Vesuvio è riportata in Chiodini et al. (2001) e riassunta nei precedenti rapporti.

Nei precedenti rapporti di sorveglianza sono state segnalate variazioni composizionali delle fumarole interne al cratere: aumento del rapporto $He/CO_2$ e della $pCO_2$ stimata (sulla base di geoindicatori gassosi per una brine NaCl 3M) e contemporanea diminuzione dei rapporti $H_2/CO_2$ e $CH_4/CO_2$ nell'autunno 2001 (vedi rapporto finale 2001).

Le variazioni riscontrate nel 2001 ed il contemporaneo aumento del flusso di $CO_2$ registrato alla stazione FLXOV4 (fig. 115), hanno suggerito che le variazioni osservate sono state causate da un aumento dell'input di gas profondo, forse favorito dall'evento sismico dell'Ottobre 1999.

Durante il 2005 i valori stimati di $pCO_2$, rispetto ai periodi precedenti, non hanno mostrato variazioni significative (fig. 115). Nello stesso periodo i rapporti $CH_4/CO_2$, $He/CO_2$ e $H_2/CO_2$ (fig. 116) hanno ancora mostrato un'evoluzione verso valori simili a quelli registrati precedentemente all'evento sismico del 1999.

Tabella 28 - Analisi chimica dei campioni della fumarola FC2 del fondo del cratere del Vesuvio nel 1° semestre 2005 (le analisi sono espresse in μmol/mol).

| Fumarole | 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 | 15/01/2005 | 94.2 | 909349 | 89272 | 335.6 | 0.370 | 0.012 | 137.9 | 50.6 | 854.7 | 0.580 | 38.441 |
| FC2 | 27/04/2005 | 94.5 | 931934 | 66979 | 251.7 | 0.534 | 0.061 | 110.1 | 37.6 | 687.1 | 0.416 | 25.757 |
| FC2 | 04/08/2005 | nd | 928586 | 70298 | 272.7 | 0.677 | 0.022 | 117.6 | 34.8 | 690.5 | 0.374 | 25.044 |
| FC2 | 29/09/2005 | 94.5 | 926570 | 72383 | 258.8 | 0.419 | 0.083 | 105.2 | 36.9 | 645.6 | 0.456 | nd |

Conclusioni

Nel corso del 2005 è continuato il monitoraggio del flusso di $CO_2$ e della temperatura del suolo all'interno del cratere vesuviano. Il flusso di $CO_2$ alla stazione automatica FLXOV4 è stato misurato solo per brevi periodi a causa di problemi occorsi alla stazione. La stazione meteorologica, ubicata sul bordo occidentale del cratere, colpita da scarica elettrica atmosferica nel settembre 2004 è stata reinstallata nel maggio 2005, ma nuovamente danneggiata ad ottobre 2005. Le misure discontinue di flusso di $CO_2$ effettuate nel 2005, hanno evidenziato un picco di degassamento nel periodo gennaio-febbraio 2005.

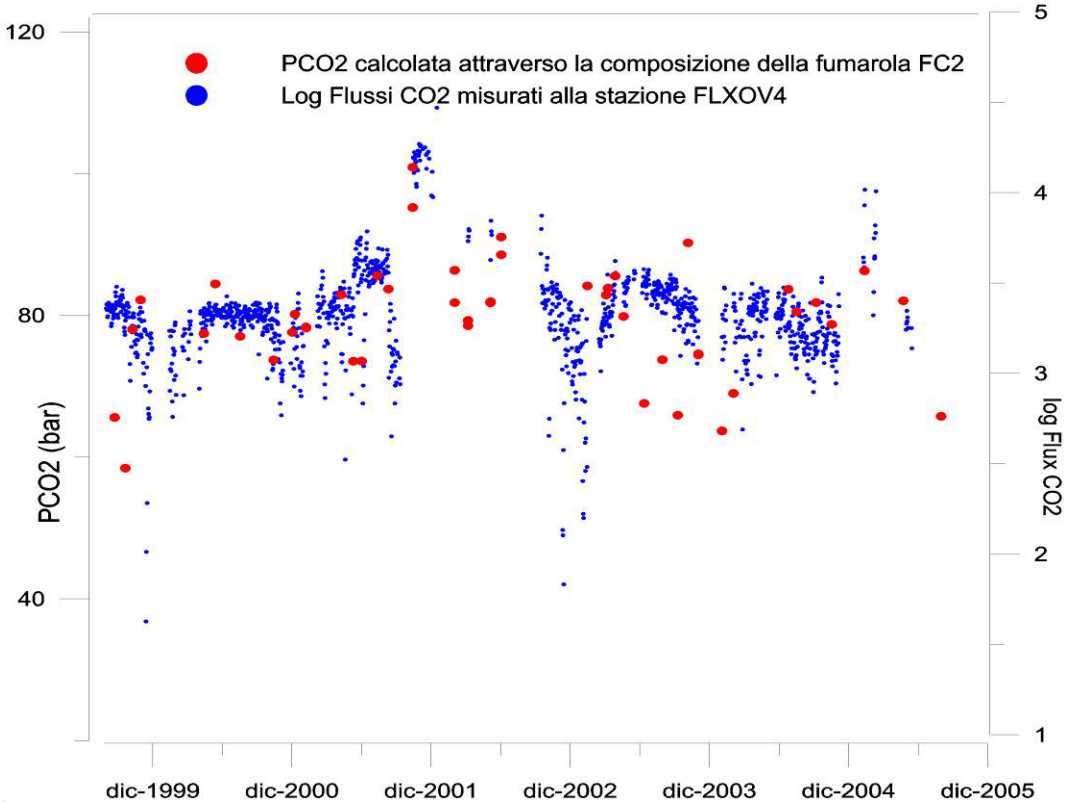


Figura 115 – $pCO_2$ stimata sulla base dei gas emessi dalla fumarola FC2 (brine NaCl 3M) e flusso di $CO_2$ alla stazione FLXOV4 (1998-2005).

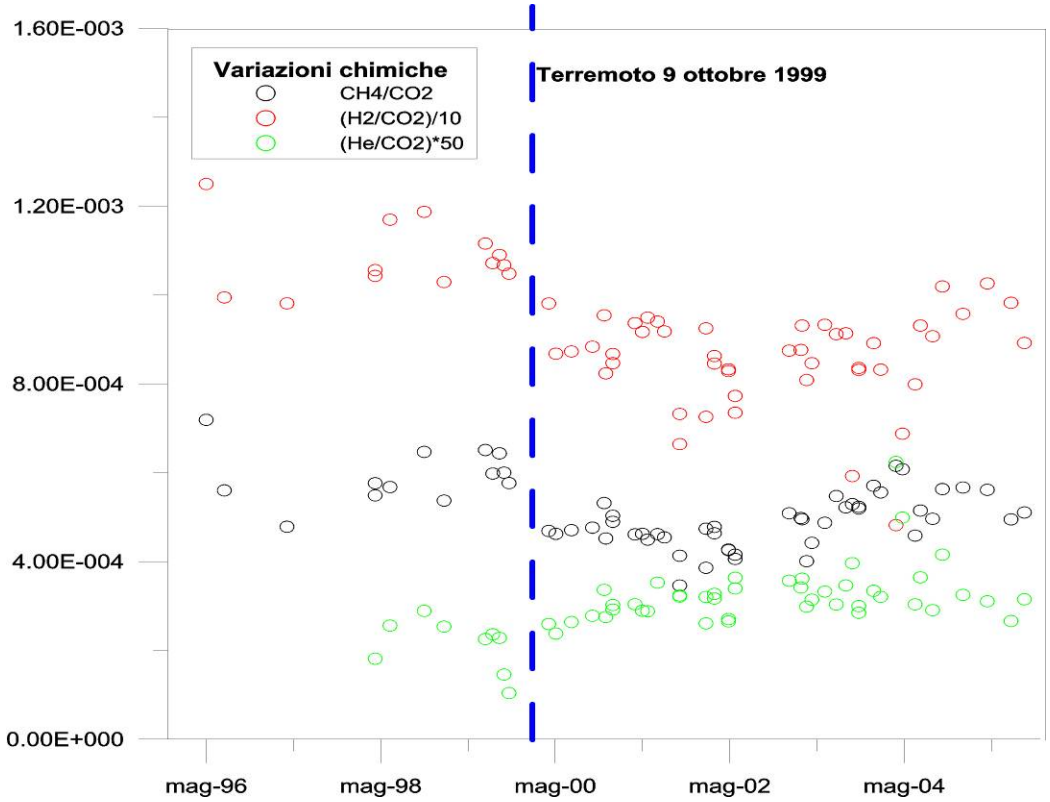


Figura 116 - Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1996-2005.

Nel periodo di interesse i parametri chimici delle fumarole e la $pCO_2$ stimata non hanno mostrato variazioni significative rispetto al periodo precedente. I valori dei rapporti $H_2/CO_2$, $CH_4/CO_2$ e $He/CO_2$, che avevano mostrato a partire dall'ottobre 1999 variazioni imputabili ad un aumento dell'input di gas profondo, si stanno lentamente riportando verso valori caratteristici del periodo precedente l'ottobre 1999.

Bibliografia

Caliro S., Chiodini G., Avino R., Cardellini C. and Frondini F. (2005) Volcanic degassing at Somma-Vesuvio (Italy) inferred by chemical and isotopic signatures of groundwater. Applied Geochemistry 20/6, 1060-1076. doi:10.1016/j.apgeochem.2005.02.002

Frondini F., Chiodini G., Caliro S., Cardellini C., Granieri D. and Ventura G. (2004) Diffuse CO2 soil degassing at Vesuvio, Italy. Bulletin of Volcanology 66: 642-651 doi:10.1007/s00445-004-0346-x

Chiodini G., Marini L., and Russo M. (2001) Geochemical evidence for the existence of high-temperature hydrothermal brines at Vesuvio Volcano, Italy. Geochim. Cosmochim. Acta 65(13), 2129-2147.

Chiodini G., D. Granieri, R. Avino, S. Caliro, A. Costa, C. Werner (2005), Carbon dioxide diffuse degassing and estimation of heat release from volcanic and hydrothermal systems, J. Geophys. Res., 110, B08204, doi:10.1029/2004JB003542.

Granieri D., Chiodini G., Marzocchi W., Avino R. (2003) Continuous monitoring of CO2 soil diffuse degassing at Phlegraean Fields (Italy): influence of environmental and volcanic parameters. Earth Planet. Sci. Lett., 212: 167-179.

Quareni F., Moretti R., Piochi M., Chiodini G. (2005) Modeling of the thermal state of Mt. Vesuvius from 1631 AD to present and the role of CO2 degassing on the volcanic conduit closure after the 1944 AD eruption. Revised version submitted to Journal of Geophysical Research B.

## SORVEGLIANZA GEOCHIMICA AI CAMPI FLEGREI[18]

La sorveglianza geochimica dell'area flegrea svolta nel 2005 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 e dei Pisciarelli di Agnano:

- Il monitoraggio in continuo è stato effettuato mediante stazioni automatiche poste all'interno del cratere della Solfatara (Granieri et al., 2003). 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

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

**VESUVIO**

L'acquifero superficiale del Vesuvio è monitorato dal 1999 mediante il campionamento mensile di 9 pozzi e 3 sorgenti localizzati, in gran parte, sul fianco sud-occidentale del vulcano (area caratterizzata dalla maggiore emissione di fluidi vulcanici) e, in misura inferiore, sui fianchi settentrionale ed orientale dell'edificio vulcanico, in prossimità di strutture tettoniche attive.

Su ciascun campione viene determinata la composizione chimica dell'acqua in termini di costituenti maggiori (Na, K, Mg, Ca, Cl, $SO_4$, $NO_3$, alcalinità), la composizione chimica dei gas disciolti e la composizione isotopica dell'elio disciolto su quattro siti.
Inoltre, in due punti di campionamento sono state installate stazioni di misura in continuo della temperatura, con frequenza di campionamento oraria: si tratta della sorgente Olivella, ubicata sul fianco settentrionale dell'edificio vulcanico e del pozzo 14, nel comune di Torre Anunziata. Lo scaricamento dei dati ad oggi avviene in sede locale tramite PC portatile.
Nel corso del 2005, si è osservata una condizione generalmente stazionaria nella composizione chimica dell'acquifero vesuviano. In alcuni siti si osserva una diminuzione della salinità frutto di un maggiore apporto di una componente idrica più superficiale che tende a prevalere su quella profonda più salina. L'aumento del flusso idrico superficiale rispetto ai fluidi profondi determina inoltre un aumento del frazionamento fra le diverse specie gassose, legato alla loro differente solubilità in acqua. In particolare si osserva un aumento del rapporto $CH_4/CO_2$ legato all'arricchimento preferenziale del $CH_4$ nella fase gassosa rispetto alla $CO_2$, imputabile sia ad un ridotto apporto di $CO_2$ e/o di gas profondi sia ad un aumento della componente idrica superficiale.
Le temperature medie delle acque sotterranee, corrette rispetto al trend stagionale, mostrano inoltre una tendenza alla diminuzione, confermando quindi l'ipotesi di una maggiore influenza di fluidi di origine superficiale nella ricarica degli acquiferi vesuviani.

**ISCHIA**

L'attività esalativa dell'isola di Ischia, la cui eruzione più recente risale al 1301, è caratterizzata dalla presenza di numerose sorgenti termali e fumarole. La composizione chimica e isotopica dei fluidi emessi è legata alle caratteristiche idrologiche e litologiche delle formazioni rocciose presenti nel reservoir.
Durante il 2005, in aprile ed ottobre, sono stati prelevati campioni di acque termali (sorgenti e pozzi) e di gas liberi al fine di determinare le possibili variazioni legate all'attività vulcanica.
Nei campioni di acque termali sono stati determinati gli elementi maggiori e minori (Na, K, Mg, Ca, Cl, $SO_4$, $NO_3$, $HCO_3$ e $CO_3$), la composizione isotopica del $\delta D$ e $\delta^{18}O$ dell'acqua, la composizione chimica dei gas disciolti e la composizione isotopica del TDC. Le acque campionate sono il risultato di fenomeni di mixing in varie proporzioni tra acque di origine meteorica, marina e geotermica; la maggior parte di esse risultano termali o debolmente termali con temperature comprese tra 24 e 98°C.
Le acque termali presentano caratteristiche chimico-fisiche differenti in relazione al grado di interazione che subiscono durante il loro tragitto verso la superficie. Ciò determina una