

Caldera dei Campi Flegrei: potenzialità di un SIT per valutazioni di pericolosità vulcanica

Eliana Bellucci Sessa (*), Salvatore Buononato (*), Mauro Di Vito (*), Giuseppe Vilardo (*)

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli "Osservatorio Vesuviano",
Via Diocleziano n. 328 Napoli tel 081/6108350, mail: bellucci@ov.ingv.it

Riassunto

La caldera dei Campi Flegrei è un'area vulcanica attiva, attualmente in stato di quiescenza dal 1538 d.C., soggetta ad un elevato rischio vulcanico per la presenza di numerosi centri abitati e per l'immediata vicinanza alla città di Napoli. Le due maggiori eruzioni esplosive dei Campi Flegrei risalgono a circa 39 ka e 15 ka ed hanno prodotto l'Ignimbrite Campana ed il Tufo Giallo Napoletano, i depositi più noti dell'area napoletana, distribuiti su aree vastissime. Al presente, il sistema magmatico risulta essere ancora attivo, come testimoniato dall'eruzione di Monte Nuovo nel 1538, dai recenti episodi bradisismici e dall'attività fumarolica e idrotermale. Al fine di rendere disponibile alla comunità scientifica ed agli enti preposti alla gestione delle emergenze un efficace strumento tecnologico, a supporto delle valutazioni di pericolosità vulcanica, è stato implementato un sistema informativo territoriale strutturato sulla base di un database in cui sono state raccolte e organizzate tutte le informazioni vulcanologiche e territoriali sull'area. In questo lavoro, attingendo al patrimonio informativo disponibile, sono state effettuate analisi di dettaglio finalizzate alla produzione di nuovi tematismi da utilizzare per la definizione degli scenari di evento, attraverso i quali simulare le conseguenze di un evento vulcanico, di caratteristiche prefissate, che si verifichi nell'area dei Campi Flegrei.

Abstract

At the present, the Campi Flegrei caldera is an active volcano, in quiescence since AD 1538, subject to a high risk due to both the presence of many towns and the proximity of the city of Naples. The two major explosive eruptions are dated to about 39kyr and 15kyr and produced the well known Campanian Ignimbrite and Neapolitan Yellow Tuff, respectively, which covered a wide area. At present, the magmatic system is still active as testified by the 1538 AD Monte Nuovo eruption, by recent bradyseismic episodes, as well as, by the fumarolic and hydrothermal activity. In order to make available to the scientific community and to the institutions responsible for emergency management an effective technological tool to support volcanic hazard assessments, a geographical information system was implemented. It is based on a database containing all the available volcanologic and territorial information. In this work, the GIS system was used to perform detailed analyses aimed to the production of new thematic layers useful for event scenarios definition and for simulating the consequences of a volcanic event in Campi Flegrei.

Introduzione

Nello sviluppo di attività finalizzate alla riduzione dei rischi naturali, è importante avere a disposizione strumenti di supporto decisionale che siano in grado di fornire un quadro dettagliato sia delle caratteristiche spazio-temporali dei fenomeni passati, sia dello stato attuale della realtà territoriale. In questo contesto, i sistemi informativi territoriali rappresentano strumenti gestionali estremamente validi per la facilità di consultazione ed aggiornamento dell'informazione in essi

strutturata e per le loro capacità di analisi e di rappresentazione di grandi quantità di dati derivanti da studi e ricerche di diversa impostazione e natura. In particolare, la tecnologia GIS applicata in aree soggette ad elevato rischio vulcanico, quale quella dei Campi Flegrei, rappresenta uno strumento indispensabile per acquisire conoscenze preventive, prefigurare scenari e simulare eventi che consentano di definire piani ed azioni per far fronte all'emergenza territoriale.

La caldera dei Campi Flegrei è una struttura vulcanica attiva, caratterizzata da una dinamica vulcanica e deformativa molto intensa. L'attività vulcanica di questo vulcano alterna periodi di quiescenza di durata variabile a periodi di attività frequente, caratterizzati da eventi di magnitudo molto variabile, in prevalenza a carattere esplosivo (Di Vito et al., 1999). Le due maggiori eruzioni sono rappresentate dall'Ignimbrite Campana (IC) e dal Tufo Giallo Napoletano (TGN), avvenute rispettivamente 39.0 e 15.0 ka dal presente, durante le quali sono avvenuti i due principali collassi calderici (Orsi et al., 2003 e referenze incluse). Il sistema magmatico è ancora attivo come testimoniato dall'eruzione di Monte Nuovo del 1538 (Di Vito et al., 1987), dai recenti episodi bradisismici (1969-72 e 1982-84) e dall'intensa attività fumarolica e idrotermale (Orsi et al., 1999, Chiodini et al., 2007).

Al fine di predisporre uno strumento tecnologico da utilizzare a supporto della definizione degli scenari eruttivi attesi nell'area della caldera dei Campi Flegrei, si è proceduto a registrare in un unico database in ambiente GIS (Bellucci Sessa et al., 2008) tutte le informazioni disponibili, integrate da altre acquisite ex novo, sulle eruzioni passate e sulla storia vulcanica, relative al periodo successivo all'ultimo evento deformativo (caldera del TGN) che ha modificato profondamente la struttura del vulcano (Orsi et al., 1996). La costituzione del database è stata, quindi, effettuata sulla base sia dell'informatizzazione di dati contenuti in diversi lavori recenti (de Vita et al., 1999; Di Vito et al., 1999; D'Antonio et al., 1999; Orsi et al., 2004; ecc.) in cui sono riportati dati ed elaborazioni sulle eruzioni avvenute, sulle caratteristiche e distribuzione dei depositi e sui pericoli cui sono esposte le diverse aree, sia sui risultati di specifiche campagne di misura di parametri vulcanologici e elementi morfostrutturali.

L'accurata ricostruzione della storia vulcanica e deformativa, unitamente allo sviluppo di un efficace sistema per la consultazione, l'aggiornamento e l'interrogazione dei dati, costituisce uno strumento indispensabile per la definizione dei possibili scenari eruttivi connessi ad una ripresa dell'attività vulcanica.

Il SIT vulcanologico: consultazione, interrogazione e produzione dei tematismi

Il SIT dei Campi Flegrei si basa su una banca dati in ambiente GIS (Bellucci Sessa et al., 2008), contenente tutti i dati e le informazioni disponibili relativi alle eruzioni degli ultimi 15 k anni. Il database è stato strutturato secondo una suddivisione dei dati nelle due seguenti categorie, distinte su base tipologica: dati morfostrutturali e dati vulcanologici.

Nella categoria dei dati morfostrutturali sono stati inseriti i seguenti elementi: a) linea di costa attuale; b) linea di costa relativa all'ultima ingressione marina avvenuta nel periodo 8.6-5.0 ka; c) limiti delle caldere dell'IC e del TGN; d) mappa degli elementi strutturali.

Nella categoria dei dati vulcanologici sono stati inseriti i seguenti tematismi, relativi ad ogni singolo evento eruttivo: a) posizione della bocca eruttiva e, ove presente, la sua migrazione nel corso dell'eruzione; b) limiti della distribuzione areale dei depositi vulcanici prodotti da correnti piroclastiche; c) curve di distribuzione (isopache) dei depositi da caduta.

Le tabelle degli attributi relative ai depositi sono state integrate con l'inserimento delle seguenti informazioni aggiuntive: nome dell'evento, età assoluta e relativa, epoca di accadimento, intensità dell'evento, magnitudo, densità del deposito, contenuto in CaO e Sr, classificazione petrografica (TAS). Inoltre ad ogni isopaca è stato associato il relativo valore dello spessore in centimetri.

L'insieme di dati elencati, unitamente a quelli relativi alle caratteristiche dell'area sorgente, ha permesso, non solo di poter aggiornare agevolmente e consultare nella loro globalità tutti i dati inseriti nel sistema, ma anche di produrre differenti carte tematiche, rappresentative della

distribuzione areale di parametri di rilievo vulcanologico, che si prestano a fornire utili contributi per la predisposizione di carte di pericolosità vulcanica.

La struttura del database consente una rapida ed agevole consultazione, elaborazione e rappresentazione dei dati in esso contenuti. Seguono alcuni esempi di applicazioni utili a chiarire le potenzialità del SIT.

E' possibile analizzare e rappresentare tutti i dati relativi ad un singolo evento eruttivo, quali la distribuzione areale dei depositi sul territorio, la magnitudo dell'evento, la posizione della bocca eruttiva, le caratteristiche fisico-chimiche dei prodotti, ecc. (Figura 1).

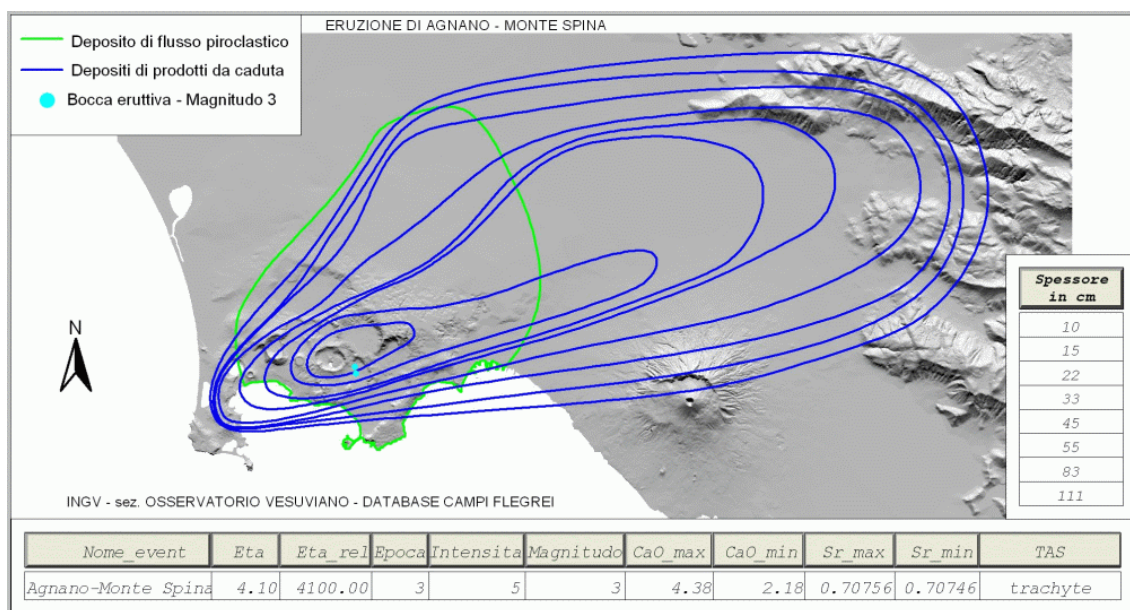


Figura 1 – Esempio di rappresentazione di tutte le informazioni collegate ad un evento eruttivo. Il caso di Agnano-Monte Spina (dati da de Vita et al., 1999).

In alternativa, è possibile interrogare la banca dati per individuare categorie di eventi con caratteristiche simili, quali ad esempio, la magnitudo, la posizione della bocca eruttiva o l'area coperta dai depositi.

E' possibile, ad esempio, selezionare e visualizzare tutti gli eventi aventi distribuzione areale dei depositi compresa tra i 10 e i 100 km², oppure quelli le cui bocche ricadono in una determinata area. In figura 2 è rappresentato il quadro riassuntivo di una di queste interrogazioni riguardante la posizione della bocca eruttiva degli eventi avvenuti tra 4.8 e 3.8 k anni e ricadenti nel comune di Pozzuoli.

Interrogazioni più complesse consentono di selezionare determinate caratteristiche dell'evento e di rappresentarle secondo le modalità più adatte, al fine di individuare ed interpretare le eventuali relazioni esistenti tra i diversi parametri selezionati (p. es. le età o le posizioni delle bocche eruttive). Il sistema informativo, così come strutturato, oltre a consentire di elaborare e rappresentare singoli gruppi di dati, consente di produrre carte tematiche a valore aggiunto da utilizzare a supporto delle valutazioni di pericolosità vulcanica. Numerosi esempi di possibili applicazioni sono riportati in Orsi et al. (2004).

In particolare, sulla base delle informazioni inserite nel database è stato possibile, mediante semplici operazioni aritmetiche, produrre i seguenti due nuovi tematismi: 1) distribuzione areale della frequenza di accadimento di un determinato fenomeno eruttivo (es. la caduta di particelle o lo scorrimento di correnti piroclastiche ecc.); 2) distribuzione areale degli spessori e dei carichi al suolo connessi alla caduta di prodotti piroclastici generati da differenti eventi eruttivi.

La produzione di tali mappe, rappresentative della distribuzione areale della frequenza di accadimento di un determinato fenomeno geologico, consente di individuare e delimitare le aree che

in passato ne hanno sostenuto il maggiore impatto. Ciò consente, nell'ipotesi che le condizioni al contorno siano rimaste invariate, di ipotizzare quali siano le aree a diversa probabilità di subire, in futuro, gli stessi effetti connessi al verificarsi del fenomeno in questione. A tale scopo state prodotte carte della distribuzione della frequenza di accadimento di scorrimento di flussi piroclastici e di caduta di particelle (Figure 3 e 4).

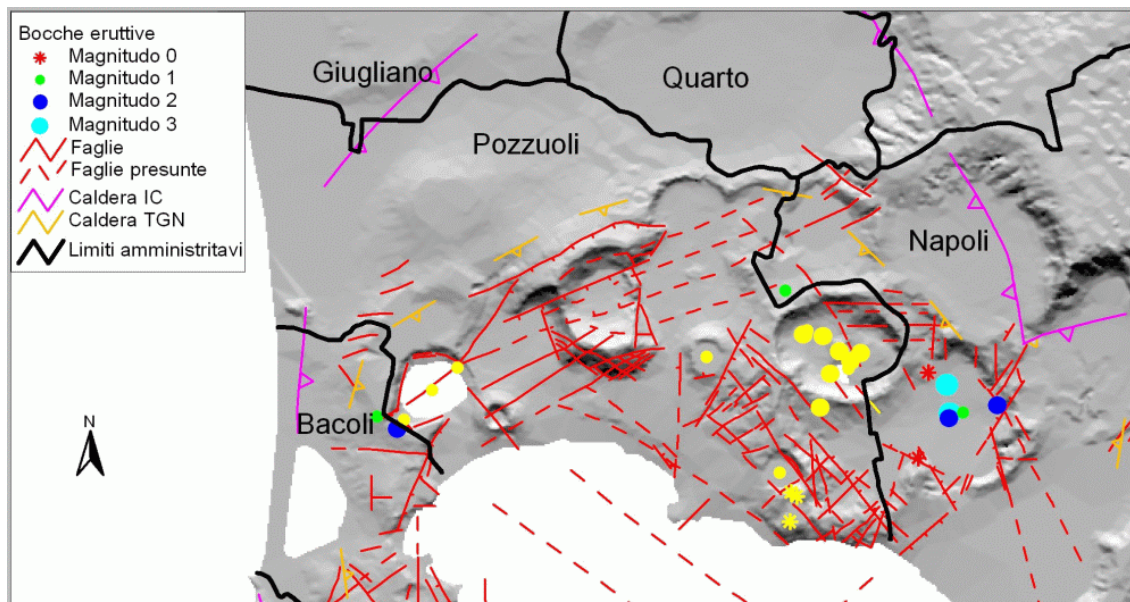


Figura 2 – Bocche eruttive di eruzioni avvenute tra 4.8 e 3.8 ka; in giallo la selezione di quelle che ricadono nel comune di Pozzuoli.

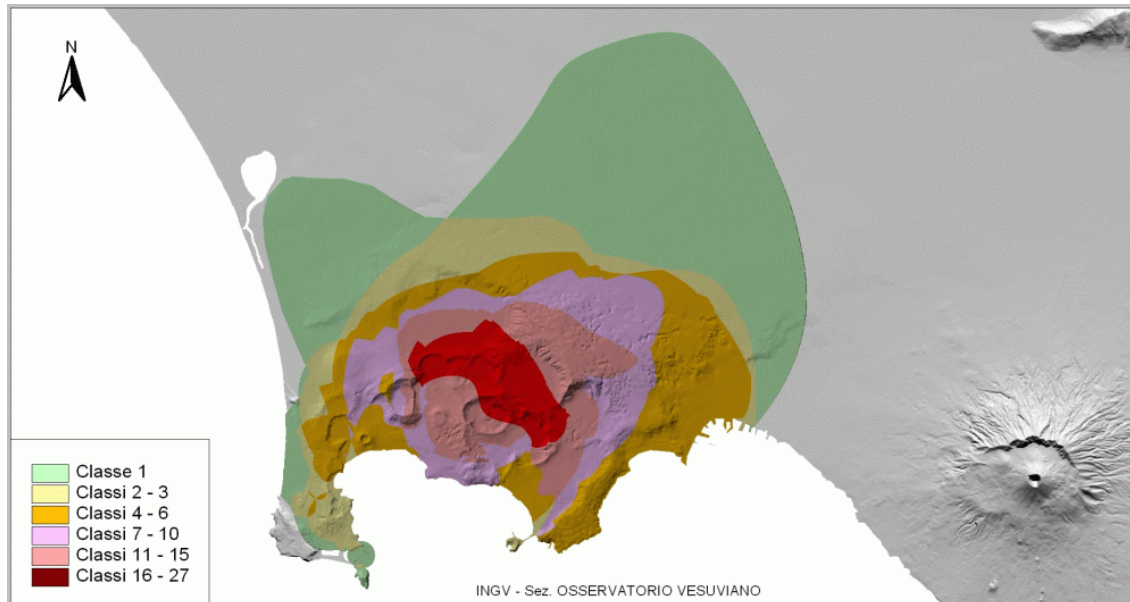


Figura 3 – Carta della distribuzione areale della frequenza di depositi da scorrimento di flussi piroclastici.

Questi tematismi sono stati realizzati utilizzando il modello “dati raster” che consente di ottenere informazioni a valore aggiunto, mediante la semplice applicazione di calcoli aritmetici a matrici numeriche, ottenute rasterizzando dati di input in formato vettoriale. In tal modo, e per epoche differenti, è stata calcolata la frequenza di scorrimento di correnti piroclastiche (Figura 3) e la frequenza di copertura maggiore di 10 cm da parte di depositi da caduta (Figura 4). I rispettivi valori ottenuti sono stati successivamente raggruppati in classi per rendere il risultato dell'elaborazione più leggibile ed interpretabile.

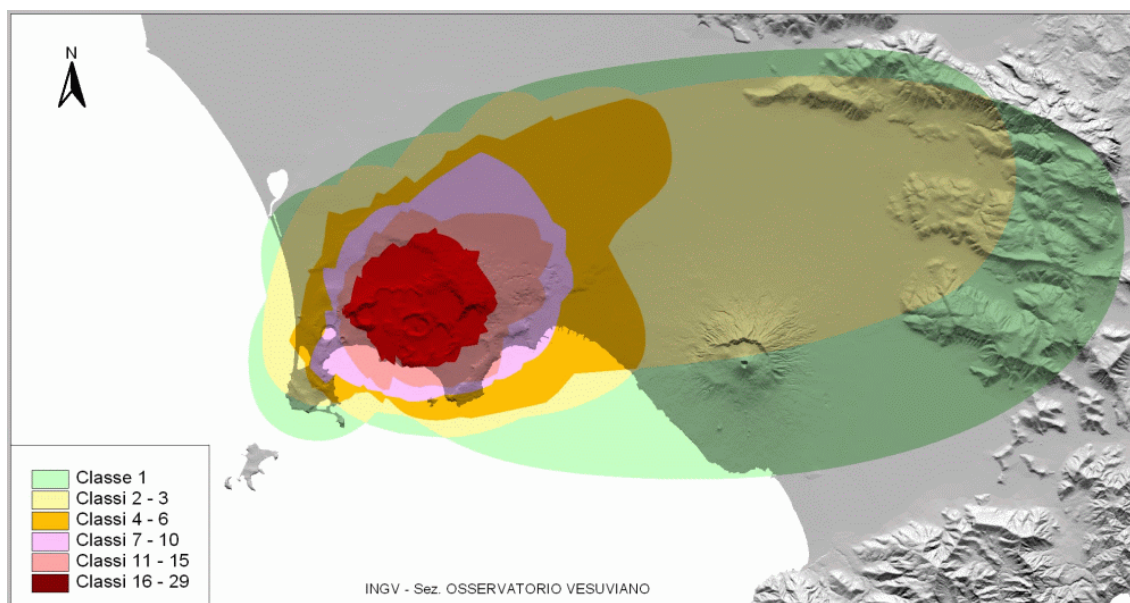


Figura 4 – Carta della distribuzione areale della frequenza di copertura maggiore di 10 cm da parte di depositi da caduta.

Il tematismo relativo alla mappa della distribuzione areale del carico cumulato dei depositi da caduta è stato prodotto assegnando ad ogni singolo deposito il relativo valore di spessore e densità. Il carico totale cumulato è stato quindi ottenuto mediante la semplice somma algebrica dei carichi totali calcolati per tutti gli eventi considerati (Figura 5).

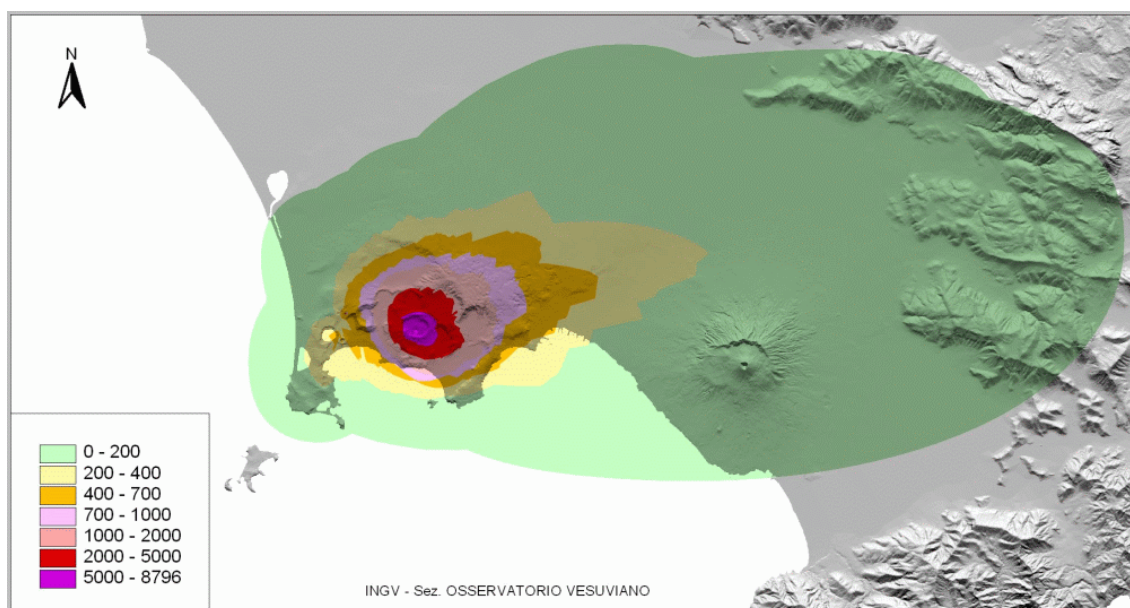


Figura 5 – Carta della distribuzione areale del carico cumulato, in kg/m^2 , dei prodotti da caduta. I valori sono accorpati in classi.

Conclusioni

L'attività vulcanica della caldera dei Campi Flegrei necessita di essere ulteriormente analizzata per poter meglio definire gli scenari eruttivi attesi e poter quindi valutare con maggior precisione le aree maggiormente esposte a rischio. Infatti, per la definizione degli scenari eruttivi, risulta essenziale sia poter modellizzare adeguatamente la distribuzione spazio-temporale e la tipologia dei prodotti

che potrebbero essere emessi durante una futura eruzione, sia individuare le aree a maggiore probabilità di apertura di un centro eruttivo.

Allo scopo di realizzare un Sistema Informativo Territoriale, che oltre a costituire il supporto per future ricerche di settore, potesse fornire il necessario fondamento scientifico alle decisioni riguardanti la protezione e quindi lo sviluppo del territorio, sono state in primo luogo raccolte e classificate in un'unica banca dati tutte le informazioni di diversa natura e provenienza riguardanti la storia eruttiva dei Campi Flegrei.

Alla fase di implementazione del sistema informativo territoriale è seguita la produzione di una serie di carte tematiche originali quali, le carte di frequenza sul territorio dei fenomeni passati, la distribuzione della frequenza di apertura di bocche eruttive, del carico al suolo dei depositi da caduta, da utilizzare come informazioni di base per una corretta identificazione delle aree esposte a rischio.

Questa ricerca è stata realizzata nell'ambito del progetto INGV-DPC V3-2 Campi Flegrei.

Bibliografia

Bellucci Sessa E., Buononato S., Di Vito M.A., Vilardo G. (2008), "Caldera dei Campi Flegrei: costruzione di un sistema informativo geografico integrato", *Atti 12^a Conferenza Nazionale ASITA*.

Chiodini G., Vilardo G., Augusti V., Granieri D., Caliro S., Minopoli C., Terranova C. (2007), "Thermal monitoring of hydrothermal activity by permanent infrared automatic stations. results obtained at Solfatara di Pozzuoli, Campi Flegrei (Italy)", *J. Geophys. Res.*, 112, B12206, doi:10.1029/2007JB005140.

de Vita S., Orsi G., Civetta L., Carandente A., D'Antonio M., Di Cesare T., Di Vito M.A., Fisher R.V., Isaia R., Marotta E., Ort M., Pappalardo L., Piochi M., Southon J. (1999), "The Agnano-Monte Spina eruption (4.1 ka) in the resurgent, nested Campi Flegrei caldera (Italy)", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 91:269–301.

D'Antonio M., Civetta L., Orsi G., Pappalardo L., Piochi M., Carandente A., de Vita S., Di Vito M.A., Isaia R. (1999), "The present state of the magmatic system of the Campi Flegrei caldera based on a reconstruction of its behavior in the past 12 Ka", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91: 247-268.

Di Vito M.A. , Lirer L. , Mastrolorenzo G. , Rolandi G. (1987), "The Monte Nuovo eruption (Campi Flegrei, Italy)", *Bull. Volcanol.*, 49:608–615.

Di Vito M.A., Isaia R., Orsi G., Southon J., de Vita S., D'Antonio M., Pappalardo L., Piochi M. (1999), "Volcanism and deformation since 12.000 years at the Campi Flegrei caldera (Italy)", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91: 221-246

Orsi G., De Vita S., Di Vito M. (1996), "The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 74: 179-214.

Orsi G., Civetta L., Del Gaudio C., de Vita S., Di Vito M.A., Isaia R., Petrazzuoli S.M., Ricciardi G.P., Riccio C. (1999), "Short-term round deformations and seismicity in the resurgent Campi Flegrei caldera (Italy): an example of active block-resurgence in a densely populated area", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91: 415-451.

Orsi G., de Vita S., Di Vito M.A., Nave R., Heiken G. (2003), "Facing volcanic and related hazards in the Neapolitan area". In: Heiken G, Fakundiny R, Sutter J (eds), *Earth Sciences in the Cities*, AGU, Sp. Publ. Series, Vol. 56, Washington, DC, pp 121–170.

Orsi G., Di Vito M.A., Isaia R. (2004), "Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera", *Bull. Volcanol.*, 66: 514-530.