

CALDERA DEI CAMPI FLEGREI: COSTRUZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO INTEGRATO

Eliana BELLUCCI SESSA (✉), Salvatore BUONONATO (✉),
Mauro A. DI VITO (*), Giuseppe VILARDO (*)

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

Riassunto

La caldera dei Campi Flegrei è una struttura vulcanica attiva, interessata negli ultimi 6 ka da una intensa attività vulcanica e da almeno due collassi calderici. Di questi, il più antico è connesso con l'eruzione dell'Ignimbrite Campana (9 ka) ed il più giovane con l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano (15 ka). In entrambi i casi, il vulcanismo che ha seguito la formazione delle caldere è rimasto confinato all'interno delle medesime aree collassate. L'attività vulcanica posteriore all'eruzione del Tufo Giallo Napoletano è stata oggetto di studi approfonditi che hanno consentito di ricostruire la storia eruttiva, vulcanica e deformativa, e di classificare e caratterizzare le numerose eruzioni avvenute. Una precisa conoscenza della dinamica dei fenomeni naturali pericolosi e degli effetti sul territorio connessi con tali eventi è sicuramente uno degli elementi principali per ridurre l'impatto e mitigarne il rischio. Per tale motivo è stata realizzata una banca dati contenente tutte le informazioni relative ai parametri caratteristici delle eruzioni avvenute nella caldera dei Campi Flegrei. I dati, di natura molto eterogenea, provengono da fonti ed archivi in formato molto diverso tra loro e sono stati, pertanto, omogeneizzati e registrati in un'unica banca dati in ambiente GIS.

Abstract

The Campi Flegrei caldera is an active volcano, which was affected over the last 6 ka by an intense volcanic activity and at least two caldera collapses. The oldest caldera collapse is related to the eruption of the Campanian Ignimbrite (9 ka), whereas the youngest one, is related to the eruption of the Neapolitan Yellow Tuff (15 ka). In both cases, the volcanism that followed the caldera collapses remained confined within the same collapsed areas. The volcanic activity subsequent to the Neapolitan Yellow Tuff eruption was the subject of detailed studies that allowed to reconstruct the eruptive, volcanic and deformation history, and to classify and characterize the several eruptions occurred in the area. An accurate knowledge of the natural phenomena dynamics and of the related effects on the territory, is the basic element to reduce the impact and to mitigate the risk. For this reason a database was produced containing all the information concerning the parameters of the eruptions occurred in the Campi Flegrei caldera. The data were collected from many sources and archives in very different file formats and, successively were homogenized and stored in a single database in a GIS environment.

Introduzione

La caldera dei Campi Flegrei è una struttura vulcanica complessa, caratterizzata da una dinamica vulcanica e deformativa molto intensa. L'attività vulcanica, separata da periodi di quiescenza di durata variabile, in alcuni periodi è stata frequente e caratterizzata da eventi in prevalenza esplosivi e di magnitudo molto variabile. Durante i due eventi di maggiore energia, avvenuti rispettivamente 90 ka (Ignimbrite Campana – IC) e 15.0 ka (Tufo Giallo Napoletano - TGN), si sono verificati i

due collassi calderici principali. Il vulcanismo successivo si è concentrato in epoche di attività molto intensa. In connessione con le fasi più intense di questo vulcanismo si sono verificati anche significativi sollevamenti del suolo (Orsi et al., 1990; Di Vito et al., 1991). La caldera e il suo sistema magmatico di alimentazione sono ancora attivi, come testimoniato dall'eruzione di Monte Nuovo del 1583 (Di Vito et al., 1991), dall'intensa attività fumarolica e idrotermale e dai recenti episodi bradisismici i cui eventi principali si sono verificati nel 1982 e 1983 e hanno generato un sollevamento di circa 3-5 m intorno alla città di Pozzuoli (Orsi et al., 1991 e referenze incluse, Chiodini et al., 2001). Negli ultimi anni sono stati effettuati molteplici studi e prodotti una grande quantità di dati, sulla base dei quali è stato possibile realizzare una dettagliata ricostruzione della storia vulcanica e deformativa della caldera (de Vita et al., 1991; D'Antonio et al., 1991; Di Vito et al., 1991; Orsi et al., 2001). Tali dati recentemente sono stati ulteriormente aggiornati sulla base dei risultati ottenuti da rilievi di campagna ed analisi di laboratorio. L'aggiornamento continuo di dati vulcanologici e morfostrutturali relativi alla caldera dei Campi Flegrei ha reso necessaria la realizzazione di una banca dati in ambiente GIS che ne consenta un rapido aggiornamento, nonché una loro facile ed idonea utilizzazione. La realizzazione di un sistema informativo, dedicato allo studio della dinamica vulcanica dell'area dei Campi Flegrei risulta, inoltre, essere strumento indispensabile per la produzione di statistiche, indicatori di base e di altre informazioni quantitative e qualitative occorrenti per valutare le reali condizioni di rischio vulcanico a cui è sottoposto il territorio.

Metodologia

Per la realizzazione del database si è proceduto alla raccolta ed all'integrazione dei seguenti dati derivanti da varie fonti e prodotti con differenti metodologie: a) dati altimetrici e di inquadramento geografico (Carta Tecnica Regionale e Modello Digitale del Terreno in scala 1:50,000); b) dati bibliografici e carte geologiche e strutturali; c) dati prodotti sulla base dell'analisi di foto aeree; d) dati acquisiti durante specifiche campagne di rilevamento geologico e strutturale; e) dati ottenuti da analisi di laboratorio. La fase di acquisizione ha anche riguardato l'opportuna omogeneizzazione dei formati dei dati e del sistema cartografico di riferimento (UTM WGS84).

I dati raccolti sono stati suddivisi, sulla base della tipologia, nelle due seguenti categorie: dati morfostrutturali e dati vulcanologici.

Alla categoria dei dati morfostrutturali appartengono 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. Alcuni di questi dati sono stati acquisiti da fonti bibliografiche, altri sono stati identificati e cartografati sulla base di analisi interpretativa congiunta del Modello Digitale del Terreno (DTM) e delle foto aeree. All'attività di fotointerpretazione è seguita la validazione dei risultati mediante opportune verifiche sul terreno. A tutti gli elementi strutturali cartografati è stata successivamente associata una tabella di attributi contenente i seguenti campi: lunghezza della struttura, desunta o misurata in campagna, strike, angolo di immersione e lato ribassato del piano di faglia (Tabella 1). Il valore zero è stato assegnato nei casi di mancanza di informazione.

ID	STRIKE	DIP ANGLE	AGE[ka]	MEASURED	INFERRED	DOWNTHROW	LENGHT [m]
68	70	0	<15	1	0	0	800,73
62	47	0	<15	1	0	0	2240,56
208	49	0	<15	1	0	0	954,27
269	0	0	<15	0	0	3	45,87
268	0	0	<15	0	0	3	53,83
...

Tabella 1 – Esempio tratto dalla tabella relativa agli elementi strutturali della caldera dei Campi Flegrei.

Il criterio usato per l'assegnazione dell'ID è stato quello di utilizzare un numero progressivo decrescente in funzione dell'età dell'evento, tranne per le eruzioni caratterizzate esclusivamente da attività effusiva, a cui è stato assegnato il valore zero. Il valore dell'ID inizialmente assegnato, espresso in formato di numero intero a 2 cifre, è stato successivamente moltiplicato per 10 per la necessità di inserire, nella lista degli eventi eruttivi, altri eventi non noti precedentemente ed identificati sulla base delle analisi ed interpretazioni dei nuovi dati raccolti. In tal modo, ad esempio, all'eruzione denominata "Paleoastroni 3" che non era stata precedentemente identificata e che si colloca temporalmente tra l'eruzione di Agnano-Monte Spina (ID = 410) e quella della Solfataria (ID = 400), è stato assegnato un ID intermedio corrispondente a 415.

Il database, così strutturato, ha permesso di associare ad ogni evento eruttivo una serie di tematismi secondo lo schema illustrato in figura 2.

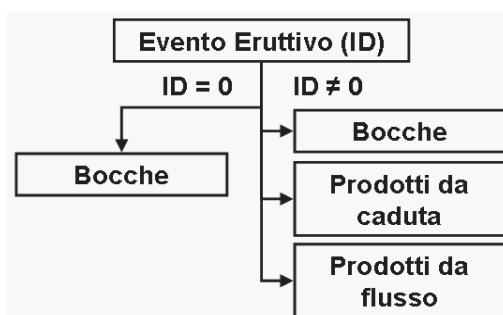


Figura 2 – Struttura del database; ID = 0 è assegnato indistintamente a tutte le eruzioni caratterizzate esclusivamente da attività effusiva; ID ≠ 0 identifica le differenti eruzioni caratterizzate da attività esplosiva.

I dati relativi alle bocche eruttive sono stati acquisiti come elementi puntuali e nella rispettiva tabella degli attributi sono state inserite informazioni aggiuntive, quali: il nome dell'eruzione, l'età, la magnitudo, l'epoca di accadimento e l'eventuale sequenza di apertura delle bocche eruttive (Tabella 3).

ID	NOME EVENTO	ETÀ [anni B.P.]	EPOCA	SEQUENZA	MD
520	Monte Nuovo	460,00	3	1	1
510	Fossa Lupara	3780,00	3	1	1
500	Averno 2	3800,00	3	1	1
430	Astroni 1	3890,00	3	1	2

Tabella 3 – Esempio tratto dalla tabella relativa alle bocche eruttive.

Il tematismo relativo ai prodotti da corrente piroclastica è stato realizzato vettorializzando i limiti geologici della distribuzione areale del deposito, identificati sulla base di campagne vulcanologiche dedicate e da dati di bibliografia (Orsi et al., 2000 e referenze citate). Successivamente questi limiti sono stati tagliati sulla linea di costa attuale o, per le eruzioni più vecchie di 5.0 ka, sulla linea di massima ingressione marina del periodo 8 6-5.0 ka. Tale correzione è stata effettuata per evitare che l'assenza di deposito nelle aree di forte erosione per ingressione marina potesse essere interpretata come assenza di accadimento del fenomeno. I limiti sono stati modificati sulla base della morfologia del terreno (da DTM e foto aeree) e corretti per eventuali nuovi dati di terreno. La tabella degli attributi relativa alla distribuzione dei depositi da corrente piroclastica è stata compilata con numerosi campi aggiuntivi, quali: 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) (Figura 4).

Il tematismo relativo ai depositi da caduta è stato realizzato vettorializzando le isopache disponibili dei depositi delle singole eruzioni. A ogni isopaca è stato associato il relativo valore dello spessore in centimetri. La relativa tabella degli attributi è stata completata con le 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) (Figura 4).

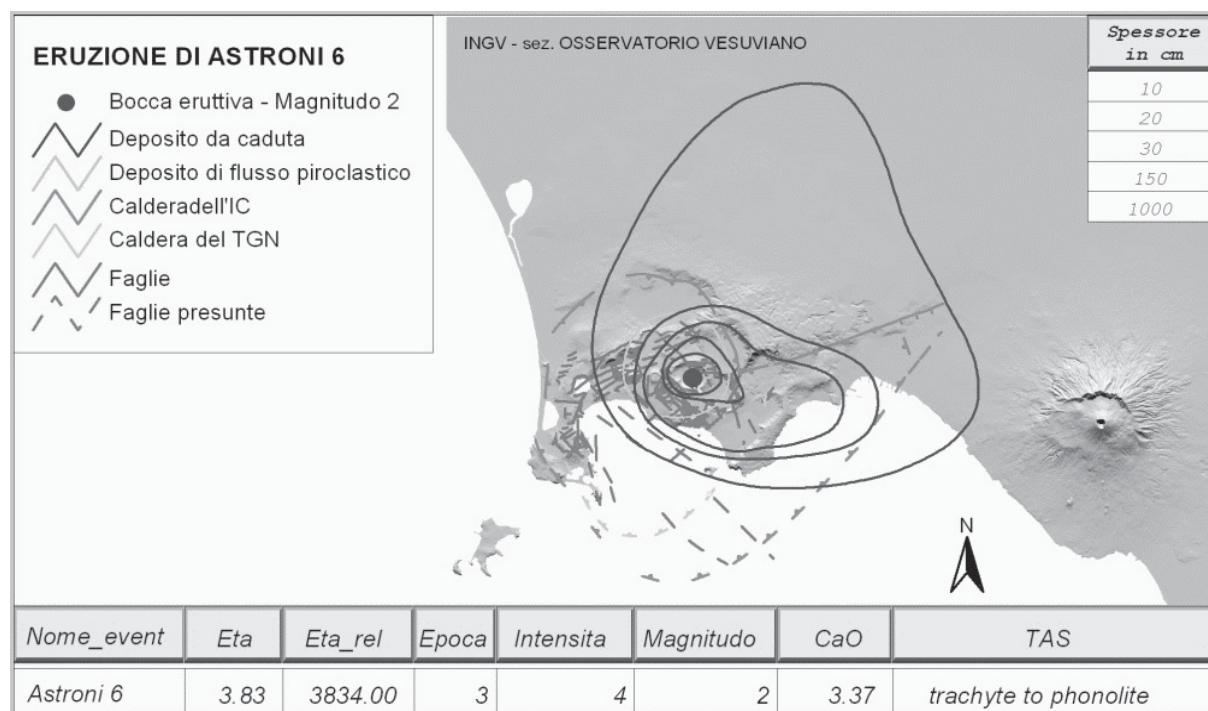


Figura 4 – Rappresentazione dei dati morfostrutturali e dei dati relativi all'eruzione di Astroni 6 (dati da Isaia et al., 2004; Costa et al., 2008)

I dati così immagazzinati sono stati organizzati in modo da poter essere gestiti con una facile interfaccia di interrogazione e visualizzazione.

Per rendere più semplici le operazioni di visualizzazione è stato attivato un *Hot Link*, che permette di aprire e visualizzare automaticamente i documenti associati ad ogni singolo elemento. Il documento associato è stato realizzato come un *layout* di riferimento per ogni singolo evento eruttivo, nel quale sono riportate le seguenti informazioni: a) la posizione della bocca eruttiva dell'evento selezionato, con 4 simboli diversi in funzione delle classi di magnitudo degli eventi accaduti; b) l'area coperta dai depositi dei prodotti da corrente piroclastica; c) l'area coperta dai depositi da caduta, con associato un riquadro riportante lo spessore delle singole isopache; d) una tabella contenente alcuni parametri geochimici e petrografici relativi all'evento; e) la mappa strutturale della caldera flegrea con le faglie recenti e le caldere dell'IC e del TGN (Figura 4). Il sistema informativo così strutturato consente l'interrogazione del database mediante selezione rispettivamente o delle categorie di interesse o di un qualsiasi elemento presente nel quadro d'unione. Quest'ultima modalità di interrogazione consente l'accesso immediato a tutte le informazioni disponibili, correlate all'evento selezionato.

Nella figura 5 è riportato un esempio di visualizzazione di tutte le strutture e le bocche eruttive attive negli ultimi 15 ka. Tali tematismi sono sovrapposti alle informazioni sull'urbanizzazione dell'area.

In questo modo ogni singolo elemento rappresentato può essere interrogato e consente un rapido accesso a tutte le informazioni disponibili, relative all'elemento in oggetto.

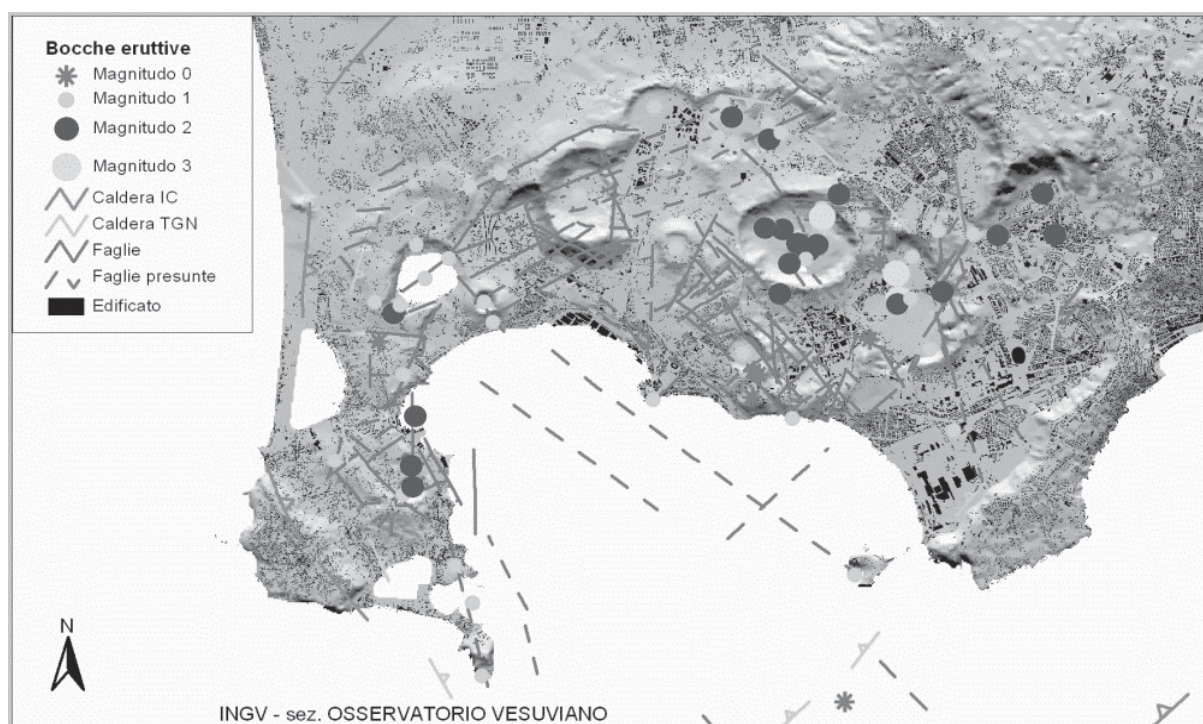


Figura 5 – Carta degli elementi strutturali della caldera dei Campi Flegrei, con indicazione delle bocche eruttive attive negli ultimi 15 ka, suddivise per classe di magnitudo. Come base è stato utilizzato un DTM (pixel 5 m) con sovrapposta l'urbanizzazione.

Conclusioni

Questo lavoro ha permesso di realizzare una banca dati in ambiente GIS contenente tutti i dati relativi agli eventi vulcanici e deformativi ed agli effetti ad essi associati che hanno interessato la caldera dei Campi Flegrei negli ultimi 15 ka. Il database è stato progettato in modo da poter essere aggiornato e/o implementato rapidamente. Il sistema così come strutturato si configura come un'indispensabile strumento informativo a supporto della ricerca consentendo, in tempi molto rapidi, la selezione, l'interrogazione e la rappresentazione di tutte le informazioni relative agli eventi di interesse. Il database realizzato in ambiente GIS consente inoltre di produrre mappe tematiche derivate dai principali dati e parametri raccolti e ciò al fine sia di approfondire l'analisi delle relazioni esistenti tra i diversi elementi e fenomeni rappresentati sia di formulare nuove ipotesi che possano aprire ulteriori prospettive di indagine.

Questo risulta di fondamentale importanza in un'area ad elevato rischio vulcanico ed abitata da circa 350.000 persone, nella sua parte attiva, ed da circa 2 milioni nelle aree circostanti.

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

Bibliografia

Costa A., Dell'Erba F., Di Vito M., Isaia R., Macedonio G., Orsi G., Pfeiffer T. (2008) "Tephra fallout hazard assessment at the Campi Flegrei caldera (Italy)", *Bull. Volcanol.*, DOI 10.1007/s00445-008-0220-3.

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", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 91: 247-268.

de Vita, S., Orsi. G., Civetta, L., Carandente, A., D'Antonio, M., Di Cesare, T., Di Vito, M., 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 (2-4), 269-301.
- 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)", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 91: 221-246
- Isaia R., D'Antonio M., Dell'Erba F., Di Vito M., Orsi G. (2003), "The Astroni volcano: the only example of close eruptions within the same vent area during the recent history of of the Campi Flegrei caldera (Italy)", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 3025: 1-22.
- Orsi G., De Vita S., Di Vito M. (1996), "The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 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", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 91: 415-451.
- Orsi G., S. de Vita, M. Di Vito, R. Nave e G. Heiken (2003), "Facing volcanic and related hazards in the Neapolitan area", In (Heiken G., Fakundiny R, Sutter J., Eds) *Earth Sciences in Cities*, American Geophysical Union book, Washington, 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.