

IL VOLUME DEL CAMPO LAVICO 1991-93 DELL'ETNA DA FOTOGRAMMETRIA DIGITALE

Cristina PROIETTI (*,**), Maria MARSELLA (*), Mauro COLTELLI (**)

(*) DITS – Università “La Sapienza”, Roma, Via Eudossiana, 18 – 00184 Roma

(**) INGV – Sezione di Catania, Piazza Roma 2 Catania

Riassunto

Questo lavoro presenta la ricostruzione dell'evoluzione planimetrica del campo lavico prodotto dall'Etna, nella Valle del Bove, tra il 1991 e il 1993 e una stima preliminare dell'area e del volume. I dati utilizzati sono alcune mappe qualitative, disegnate sulla base di sopralluoghi in situ, tre ortofoto digitali post-eruzione e i DEM pre- e post-eruzione.

La topografia pre-eruzione è stata prodotta, tramite fotogrammetria digitale, da un volo dell'IGM del 1989. Il DEM post-eruzione è stato, invece, ottenuto unendo due DEM fotogrammetrici (1994 e 2004) e un DEM (1998) estratto dalla Carta Tecnica Provinciale (CTP-1998) di Catania. I DEM sono stati inquadrati planimetricamente nel sistema cartografico UTM-WGS84; le quote dei DEM fotogrammetrici sono riferite all'ellissoide mentre quella del DEM cartografico è riferita al geoide.

I DEM post-eruzione sono stati confrontati, in aree esterne al campo lavico, per verificarne la congruenza planimetrica ed altimetrica e per stimare l'ondulazione del geoide da utilizzare per correggere il DEM 1998.

Il confronto dei DEM pre- e post-eruzione ha permesso, infine, di ottenere una stima preliminare dell'area e del volume del campo lavico 1991-93.

Abstract

This work reconstructs the planimetric temporal evolution of the lava flow field emplaced on Etna (Valle del Bove) between 1991 and 1993, and preliminarily estimates its area and volume. The dataset is composed by some qualitative maps, drawn during the eruption from field surveys, three post-eruption orthophotos and the pre- and post-eruption DEM.

A photogrammetric DEM, extracted from an IGM aerial survey (1989), represents the pre-eruption topography. Post-eruption topography was obtained by composing two photogrammetric DEMs (1994 and 2004) and a DEM (1998) interpolated from contour lines and spot eight (vector map of the Provincia Regionale di Catania). The DEMs were referred to different altimetric reference systems: the 2004, 1994 and 1989 elevations were referred to the ellipsoid whereas the 1998 was referred to the geoid. The post-eruption DEMs were compared, outside the lava flow limits, in order to assess the planimetric and vertical congruency and the correction to be applied to the 1998 DEM.

Finally the comparison of the pre-eruption and post-eruption surfaces, together with the lava field limits defined on the post-eruption orthophotos, allowed us to preliminary estimates the area and volume of the 1991-93 lava field.

Introduzione

L'attività vulcanica comporta una grande variabilità di processi (ricaduta di prodotti dalla colonna eruttiva, flussi piroclastici, flussi lavici, emissioni di gas, frane di detrito, collassi strutturali, lahar, etc.) che risultano essere potenzialmente pericolosi per il territorio o per la popolazione.

Il controllo del territorio potenzialmente soggetto ad eruzioni effusive richiede la disponibilità di cartografia numerica tridimensionale aggiornata, da utilizzare come base per GIS dedicabili alla gestione delle emergenze, anche attraverso l'inserimento di modelli di simulazione.

La disponibilità della morfologia del flusso lavico, della topografia pre-eruzione e dei parametri che descrivono le proprietà fisiche della lava (derivati da letteratura o misurati direttamente) rappresenta l'insieme dei dati necessari all'utilizzo e alla validazione dei codici. La disponibilità di dati che descrivono l'evoluzione temporale della morfologia del flusso permetterebbe inoltre di validare i codici di simulazione per un utilizzo in real-time e non solo per la quanto riguarda la geometria finale del campo lavico.

L'Etna è il vulcano attivo più grande d'Europa e, negli ultimi decenni, le sue eruzioni effusive hanno a volte minacciato aree antropizzate. Si può riportare come esempio l'eruzione 1991-93, iniziata il 14 dicembre 1991 e terminata il 31 marzo 1993, che rappresenta l'ultima grande eruzione dell'Etna. Il campo lavico prodotto da questa eruzione si è sviluppato all'interno della Valle del Bove e della Val Calanna, dirigendosi verso il paese di Zafferana Etnea. La Protezione Civile ha messo in atto diversi interventi (realizzazione di una barriera e di un bacino artificiale, scavo di un canale artificiale e ostruzione del canale principale) per cercare, prima, di rallentare poi di deviare la colata.

Ricostruzione dell'evoluzione temporale della planimetria del flusso lavico

L'evoluzione temporale della planimetria del campo lavico prodotto dall'Etna, nella Valle del Bove, tra 1991 e il 1993 è stata ricostruita grazie ad alcune mappe tracciate durante l'eruzione (dati non pubblicati INGV-CT). Queste mappe, disegnate sulla base di una cartografia preesistente con scala 1:10000 (Calvari et al., 1994), sono state georeferenziate e rettificate riferendole alla Carta Tecnica Provinciale di Catania (CTP-1998). I limiti giornalieri del flusso lavico sono stati vettorializzati e confrontati con i limiti finali (31/03/93) tracciati sulle ortofoto post-eruzione.

L'evoluzione temporale del campo lavico, suddivisa in quattro parti, è riportata in Figura 1; il grafico di figura 2 riporta le corrispondenti aree ricoperte.

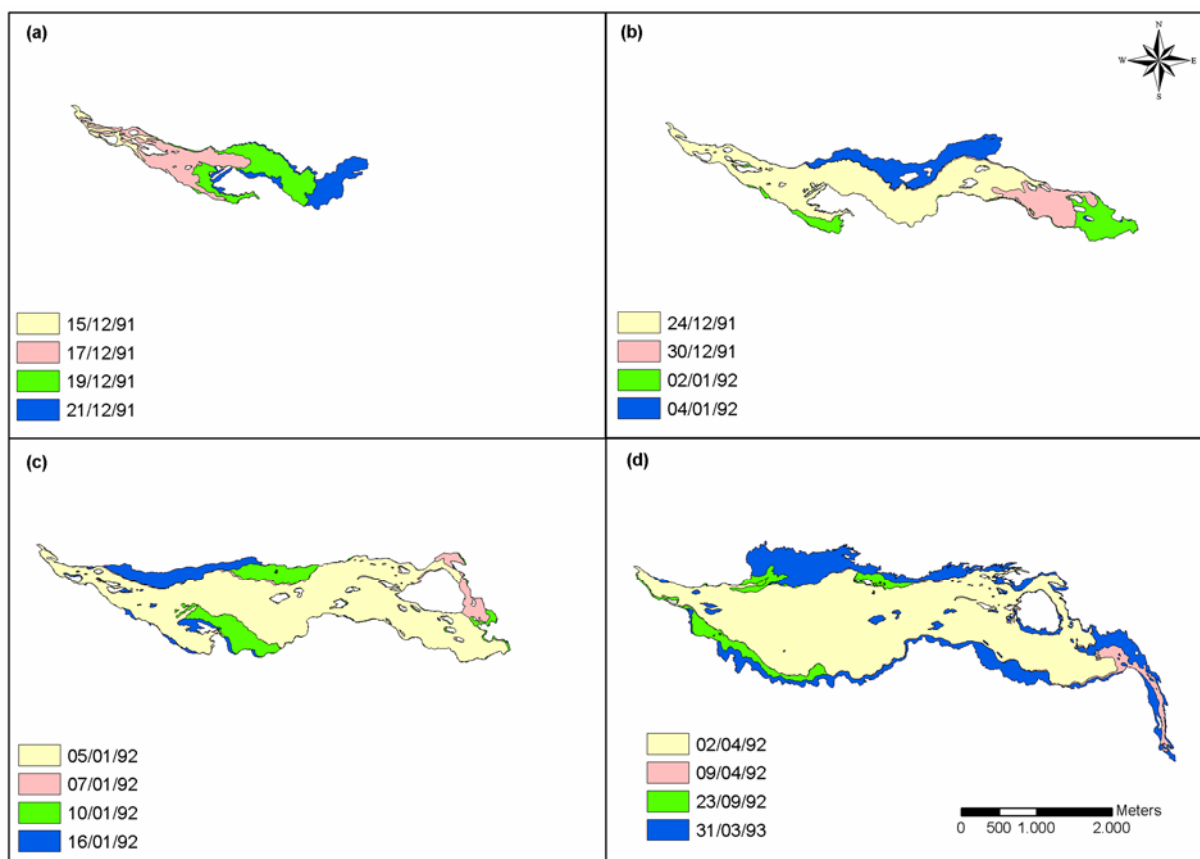


Figura 1 - Evoluzione temporale della planimetria del campo lavico 1991-93 dell'Etna (a) tra il 15 e il 21 dicembre 1991;(b) tra il 24 dicembre 1991 e il 4 gennaio 1992;(c) tra il 5 e il 16 gennaio 1992;(d) tra il 2 aprile 1992 e il 31 marzo 1993.

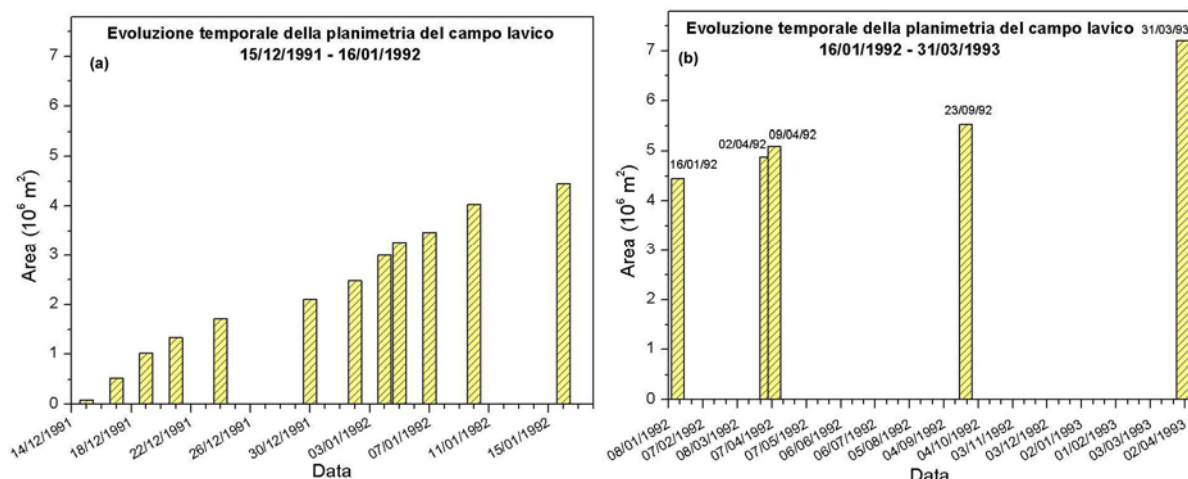


Figura 2 - Evoluzione temporale dell'area del campo lavico (a) tra il 15 dicembre 1991 e il 16 gennaio 1992; (b) tra il 16 gennaio 1992 e il 31 marzo 1993

Procedure per l'estrazione dei DEM e per la loro coregistrazione altimetrica

La topografia pre-eruzione è stata estratta, tramite fotogrammetria digitale, da un volo dell'IGM del 1989 (Figura 3a). Il DEM post-eruzione (Figura 3b) è stato, invece ottenuto unendo due DEM fotogrammetrici (1994 e 2004) e un DEM cartografico (1998), estratto dalla Carta Tecnica Provinciale (CTP) di Catania secondo il metodo di Delauney delle Triangular Irregular Network (TIN). I due DEM fotogrammetrici non permettevano, infatti, di rappresentare interamente l'area interessata dal campo lavico 1991-93. Il DEM cartografico, estratto da una cartografia con scala 1:10000, ha inoltre un'accuratezza inferiore rispetto a quella dei DEM fotogrammetrici.

I DEM fotogrammetrici sono stati prodotti nel sistema cartografico UTM-WGS84 e le loro quote sono riferite all'ellissoide. Il DEM cartografico è stato estratto nel sistema UTM-WGS84, applicando le opportune trasformazioni alla cartografia originariamente realizzata nel sistema GAUSS BOAGA-ROMA40, e le sue quote sono riferite al geoide.

Le quote dei DEM 1994 e 2004 sono state confrontate, in aree esterne al campo lavico, per verificare la loro congruenza (planimetrica ed altimetrica) ed evitare la presenza di errori di bordo nella zona di attacco. I residui altimetrici così ottenuti presentano una distribuzione simmetrica, la cui media è $1,0 \pm 3,7 \text{ m}$. Le quote dei DEM 1994 e 1998 sono state confrontate, in aree esterne al campo lavico, per valutare la correzione media da applicare al DEM 1998 che è risultata pari a $47,1 \pm 5,4 \text{ m}$.

Calcolo dei volumi

Il confronto dei DEM pre- e post-eruzione e la disponibilità dei limiti del campo lavico, tracciati sulle ortofoto post-eruzione hanno permesso di valutare lo spessore del campo lavico 1991-93 (Figura 4) e di ottenere una stima preliminare della sua area e volume, rispettivamente pari a $7,8 \times 10^6 \text{ m}^2$ e $218,7 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Le differenze di quota, valutate esternamente al campo lavico (residui terreno in Figura 4), possono essere utilizzate per valutare il corretto allineamento dei due DEM pre- e post- eruzione.

I residui terreno risultano compresi tra -50 e 50 m; quelli più elevati (10-30 m) sono localizzati in aree di forte pendenza e soprattutto in corrispondenza del DEM 1998. Inoltre i residui terreno sono abbastanza omogenei in corrispondenza dei DEM 2004 e 1998 e presentano una variabilità più netta in corrispondenza del 1998.

L'utilizzo di DEM estratti con due tecniche differenti (fotogrammetria digitale e interpolazione da curve di livello) che presentano un diverso grado di accuratezza impone uno studio separato dei residui terreno. La figura 5a mostra la distribuzione dei residui terreno, la cui media è $-0,4 \pm 2,9 \text{ m}$, valutata in un'area test (Figura 4) interna ai DEM 2004 e 1994. I DEM pre- e post-eruzione

presentano, in questa area, una buona corrispondenza e una distribuzione abbastanza omogenea dei residui. La figura 5b mostra la distribuzione dei residui terreno, la cui media è $-2,1 \pm 5,8$ m, valutata in corrispondenza del DEM 1998.

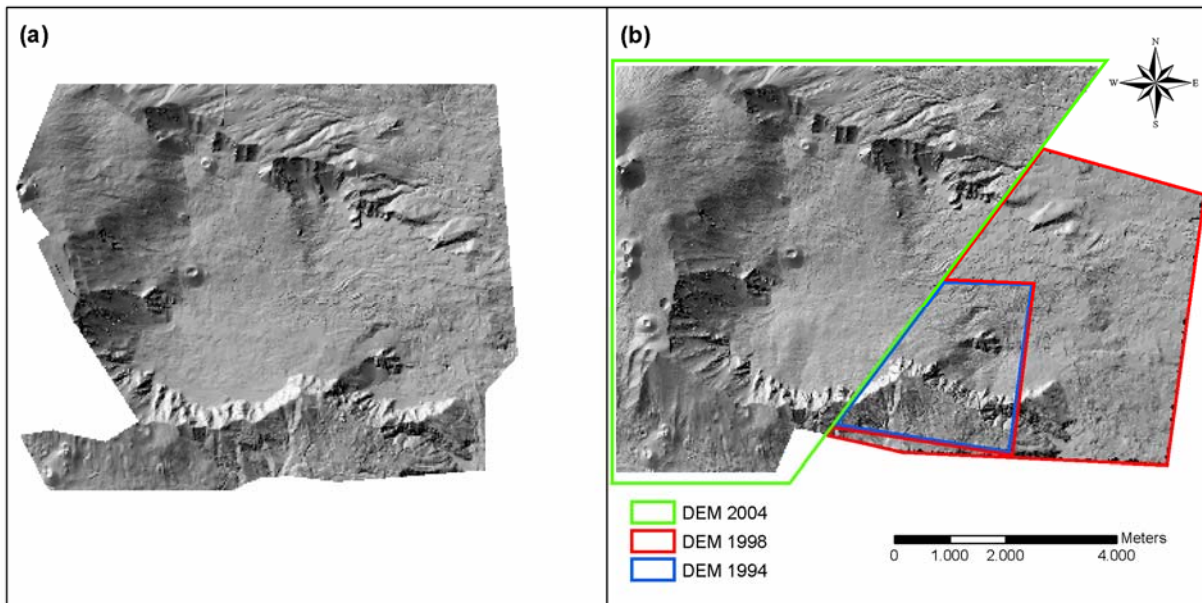


Figura 3 - DEM della Valle del Bove (a) Pre-eruzione (b) Post-eruzione

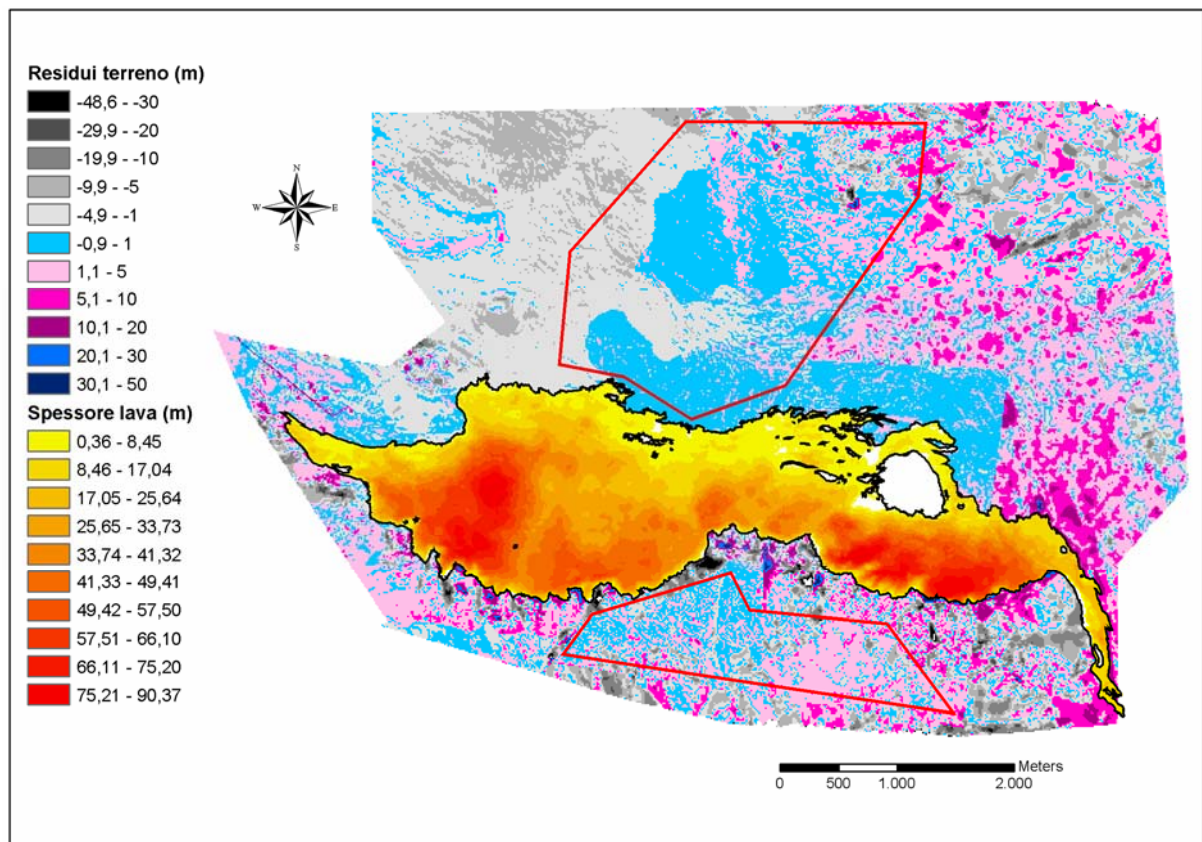


Figura 4 - Variazioni di quota tra DEM pre- e post-eruzione all'interno (spessore lava) e all'esterno (residui terreno) del campo lavico 1991-93. In nero i limiti del campo lavico tracciati sulle ortofoto post-eruzione; in rosso i limiti dell'area in cui è stata studiata la distribuzione dei residui di figura 5a

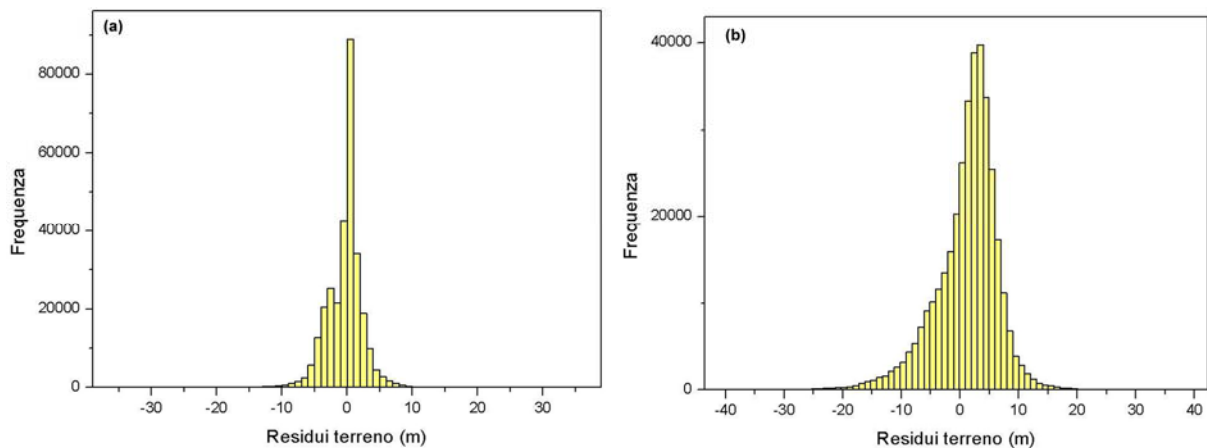


Figura 5 - Distribuzione dei residui terreno (a) in un'area test interna ai DEM 2004 e 1994 (b) su tutta l'area del DEM 1998

Conclusioni

Il lavoro presenta la ricostruzione dell'evoluzione temporale della planimetria del campo lavico prodotto dall'Etna nel 1991-93. Questa ricostruzione è stata resa possibile grazie alla disponibilità di ortofoto digitali post-eruzione utilizzate per rettificare alcune mappe qualitative realizzate durante l'eruzione.

Il lavoro presenta inoltre una stima preliminare dell'area e del volume del flusso lavico e l'analisi delle differenze di quota valutate esternamente al campo lavico (residui terreno).

La distribuzione dei residui terreno è stata studiata separatamente per la porzione fotogrammetrica del DEM post-eruzione (2004 più 1994) e per quella cartografica (1998), fornendo una deviazione standard inferiore nel primo caso (entrambi i DEM estratti da fotogrammetria). La distribuzione dei residui terreno ottenuta dal confronto dei due DEM fotogrammetrici (2004/1994 - 1989) in un'area test dimostra la maggiore accuratezza dei DEM fotogrammetrici rispetto a quelli interpolati da cartografia.

I residui terreno cartografici (valutati in corrispondenza del DEM 1998) risultano più elevati di quelli fotogrammetrici (valutati nell'area test) e, a differenza di questi ultimi, presentano una certa disomogeneità dimostrando che i DEM interpolati da cartografia, non permettono di riprodurre fedelmente variazioni morfologiche a piccola scala.

I DEM pre- e post-eruzione verranno ulteriormente confrontati al fine di valutare più accuratamente e, eventualmente, migliorare la loro congruenza, il valore riportato per il volume è perciò considerato come una stima preliminare.

Bibliografia

- Calvari S., Coltelli M., Neri M., Pompilio M., Scrivano V. (1994), "The 1991-1993 Etna eruption: chronology and lava flow-field evolution", *Acta Vulcanologica*, 4, 1-14.
- Calvari S., Pinherton H. (1998), "Formation of lava tubes and extensive flow field during the 1991-1993 eruption of Mount Etna", *J. Geoph. Res.*, 103, B11, 27291-27301.
- Coltelli M., Proietti C., Branca S., Marsella M., Andronico D., Lodato L. (2006), "Analysis of the 2001 lava flow eruption of Mt. Etna from 3D mapping", submitted to *J. Geoph. Res.*.