



INGV

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Sezione di Catania

U.F. Gravimetria e Magnetismo

Prot. int. n° UFGM-2008/07

## RAPPORTO DI ATTIVITÀ

### Monitoraggio Gravimetrico e Magnetico all'Etna e Simulazione delle Colate di Lava

Aggiornamento del 16 luglio 2008

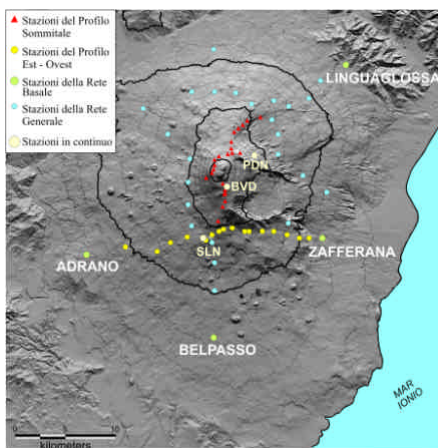
Rapporto redatto a cura di:

**C. Del Negro, G. Budetta, A. Cirauco, G. Currenti, G. Ganci, F. Greco, A. Herault, R. Napoli, D. Scandura, A. Sicali, A. Vicari**

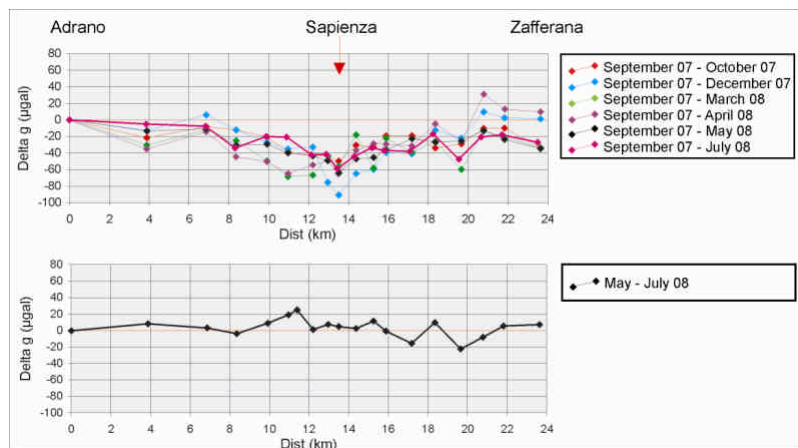
## MONITORAGGIO GRAVIMETRICO

### Misure gravimetriche discrete

Nel mese di luglio 2008 sono state condotte due differenti campagne di misure lungo la rete gravimetrica etnea (Fig. 1). Dall'1 all'11 luglio sono state eseguite misure di gravità assoluta in collaborazione con Alessandro Germak dell'INRiM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica), mentre il 16 luglio sono state ripetute le misure di gravità relativa lungo il profilo Est-Ovest da Adrano a Zafferana Etnea.



**Fig. 1** – Rete per il monitoraggio gravimetrico dell'Etna.



**Fig. 2** – Variazioni gravimetriche osservate lungo il profilo Est-Ovest tra settembre 2007 e luglio 2008 (grafico in alto) e tra maggio e luglio 2008 (grafico in basso). Gli errori sulle variazioni lungo questo profilo sono compresi entro  $\pm 10 \mu\text{Gal}$ .

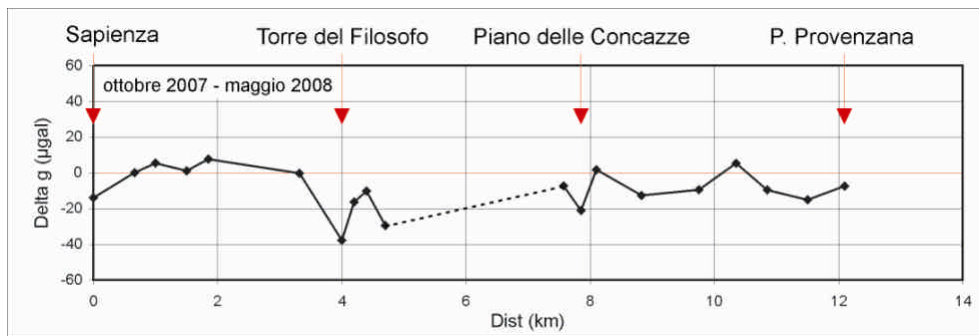
In Fig. 2 sono rappresentate le variazioni gravimetriche osservate lungo il profilo Est-Ovest nel periodo settembre 2007 – luglio 2008. Dopo la variazione positiva iniziata a dicembre 2006 e terminata a settembre 2007 che ha raggiunto un'ampiezza massima di quasi  $100 \mu\text{Gal}$  nelle stazioni centro-orientali del profilo, i risultati della campagna di luglio rispetto a settembre 2007 confermano l'anomalia negativa di circa  $60 \mu\text{Gal}$ , osservata a partire dalla campagna di ottobre

2007, che interessa le stazioni centrali del profilo (Fig. 2 in alto). Questa anomalia negli ultimi mesi non ha subito nessuna significativa evoluzione come confermato anche dalla differenza tra l'ultima campagna effettuata con quella di maggio (Fig. 2 in basso).

In Figura 3 sono mostrate i siti delle stazioni gravimetriche assolute: 1 all'interno del Laboratorio di Gravimetria dell'INGV-CT e 4 all'Etna a Serra La Nave, Montagnola, Pizzi Deneri e Caserma Donnavita. L'analisi preliminare dei dati acquisiti non mostra nessuna variazione significativa del campo di gravità rispetto alle misure assolute acquisite lo scorso anno negli stessi punti di misura. Le variazioni osservate attraverso le due campagne sono contenute entro l'incertezza della misura assoluta che nelle stazioni sommitali è  $\pm 15 \mu\text{Gal}$ . Questi risultati confermano quanto osservato lungo il profilo sommitale N-S nel corso della campagna di maggio 2008 rispetto a quella di ottobre 2007 effettuata con il gravimetro relativo Scintrex CG-3M (Fig. 4).



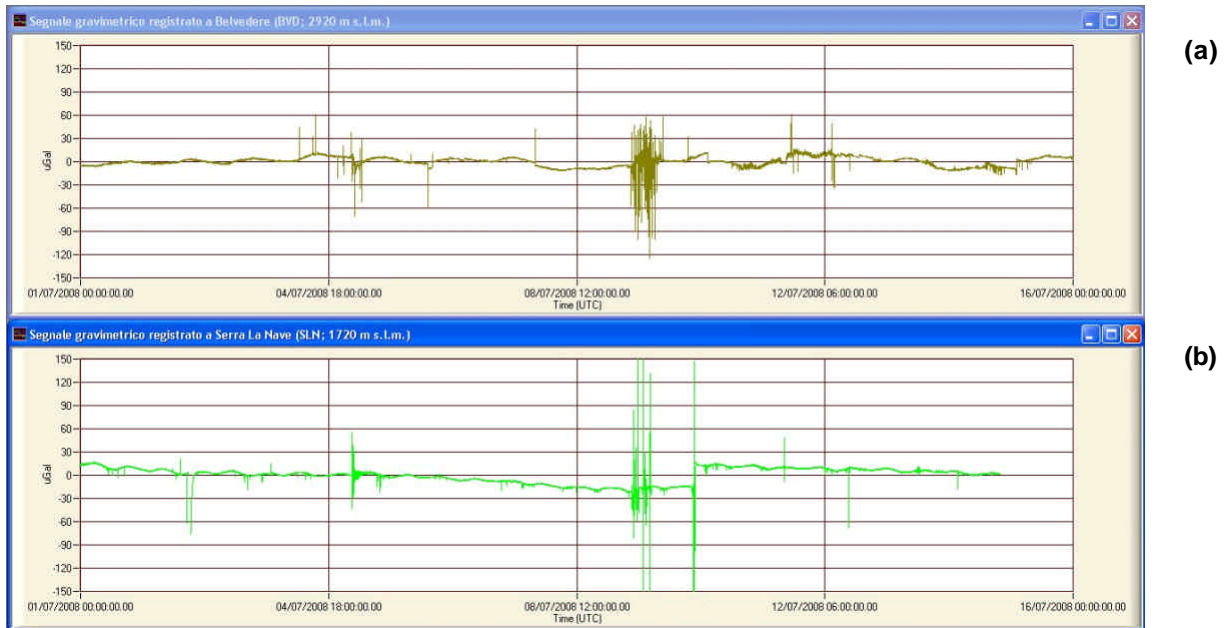
**Fig. 3** – Stazioni gravimetriche assolute misurate a luglio 2008 in collaborazione con l'INRiM di Torino. SLN Serra La Nave; MNT Montagnola; PDN Pizzi Deneri; DNV Caserma Donnavita.



**Fig. 4** – Variazioni gravimetriche osservate lungo il profilo sommitale tra ottobre 2007 e maggio 2008. La linea tratteggiata indica il tratto sommitale del profilo non raggiungibile nel mese di maggio. Tutte le misure sono riferite al valore di gravità della stazione di R. Sapienza che nell'intervallo considerato si abbassa di  $15 \mu\text{Gal}$ . Gli errori sulle variazioni lungo questo profilo sono compresi entro  $\pm 15 \mu\text{Gal}$ .

### Misure gravimetriche in continuo

Nella Figura 5 sono mostrati i segnali gravimetrici acquisiti in continuo a BVD (Fig. 5a) e SLN (Fig. 5b) nel periodo 1 – 16 luglio 2008, corretti per la marea terrestre, la deriva strumentale e per gli effetti dei perturbatori meteorologici. Il carattere più importante mostrato dalle misure gravimetriche in continuo, è il netto aumento di ampiezza che interessa le componenti a più alta frequenza dei segnali in occasione delle fasi più intense dell'attività eruttiva. Infine, nei limiti legati all'utilizzo di gravimetri a molla, l'analisi dei dati in continuo acquisiti nelle stazioni BVD e SLN permette di affermare che nel periodo considerato non sono state registrate variazioni significative del campo di gravità a medio-lungo periodo.



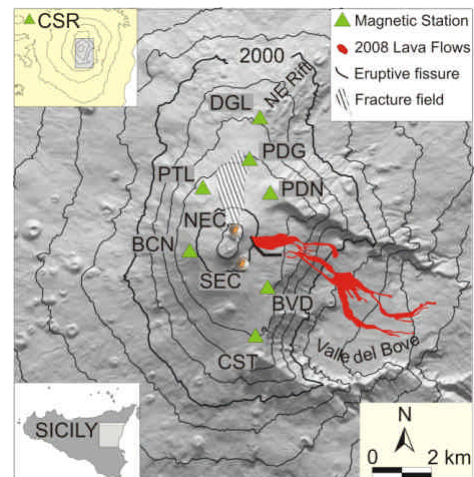
**Fig. 5** – Segnali gravimetrici acquisiti nella stazione di (a) Belvedere (BVD) e (b) Serra la Nave (SLN) dall'1 al 16 luglio 2008.

## MONITORAGGIO MAGNETICO

### Osservazioni magnetiche in continuo

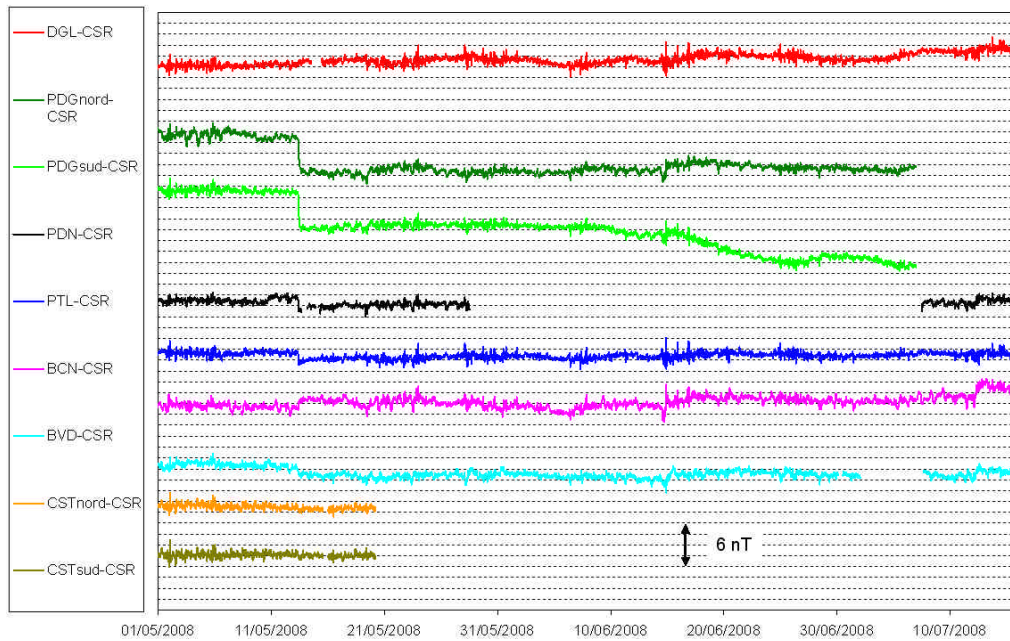
Dal 1 maggio al 15 luglio 2008 tutte le stazioni della rete magnetica dell'Etna (Fig. 6) hanno funzionato correttamente. Solo nelle stazioni PDN e CST la continuità delle misure è stata compromessa rispettivamente, da problemi di alimentazione e dal malfunzionamento del magnetometro.

In Fig. 7 sono riportate le medie a 10 minuti dell'intensità del campo magnetico totale, osservate a CST, BVD, BCN, PTL, PDN, PDG e a DGL. Le misure del campo magnetico sono differenziate rispetto alla stazione di riferimento CSR (Monti Nebrodi) per isolare le variazioni magnetiche locali e rimuovere le fluttuazioni naturali dovute alle sorgenti d'origine esterna.

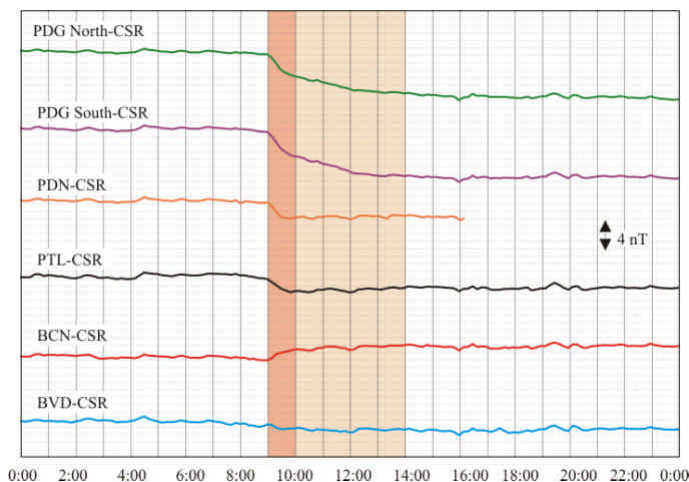


**Fig. 6** – Ubicazione delle stazioni magnetiche all'Etna, del campo di fratture e della frattura eruttiva del 13 maggio 2008.

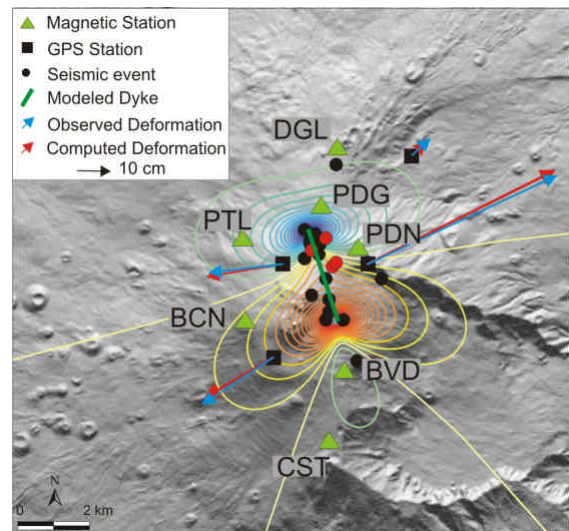
Il 13 maggio, in coincidenza con l'intenso sciame sismico localizzato tra la Valle del Leone ed il Rift di Nord Est, le stazioni magnetiche ubicate nell'area sommitale hanno evidenziato intense variazioni del campo magnetico locale. In particolare, dalle 9:00 alle 14:00 GMT l'intensità totale del campo magnetico ha mostrato una brusca variazione negativa di 1.8 nT a PTL e a BVD, di 2 nT a PDN e di 6.5 nT ad entrambi i sensori della stazione gradiometrica PDG (Fig. 8). Nello stesso intervallo temporale la stazione BCN registra un incremento di circa 1.8 nT, mentre DGL, più a nord, e CST a sud non mostrano variazioni di rilievo.



**Fig. 7** – Medie a 10 minuti dell'intensità totale del campo magnetico alle stazioni della rete magnetica dell'Etna riferite alla stazione CSR dall'1 maggio al 15 luglio 2008.



**Fig. 8** – Medie a 10 minuti dell'intensità totale del campo magnetico alle stazioni della rete magnetica dell'Etna riferite alla stazione CSR il 13 maggio 2008.



**Fig. 9** – Anomalia piezomagnetica generata da un dicco intrusivo. Deformazioni osservate [cfr. Puglisi et al., 2008] e calcolate alle stazioni GPS sommatiali sono anche riportate. Gli epicentri degli eventi sismici sono allineati lungo la direzione del dicco [cfr. Patanè, 2008]. In rosso sono riportati gli eventi sismici registrati in corrispondenza delle rapide variazioni magnetiche.

Le variazioni magnetiche sono in accordo sia in ampiezza che in estensione con un'anomalia piezomagnetica generata da un dicco intrusivo con orientazione NNW-SSE (Fig. 9). Questa ipotesi è sostenuta anche dalle rapide variazioni magnetiche co-sismiche osservate nel versante settentrionale in corrispondenza dei 4 eventi sismici più energetici accaduti il 13 maggio 2008. Variazioni a gradino con ampiezze tra 0.5 nT e 1 nT sono state individuate nelle medie a 1 minuto dei segnali magnetici differenziati (Fig. 10). In particolare, queste rapide variazioni sono visibili chiaramente alla stazione di PDG, dove la configurazione gradiometrica ha permesso di discriminare le variazioni inferiori ad 1 nT.

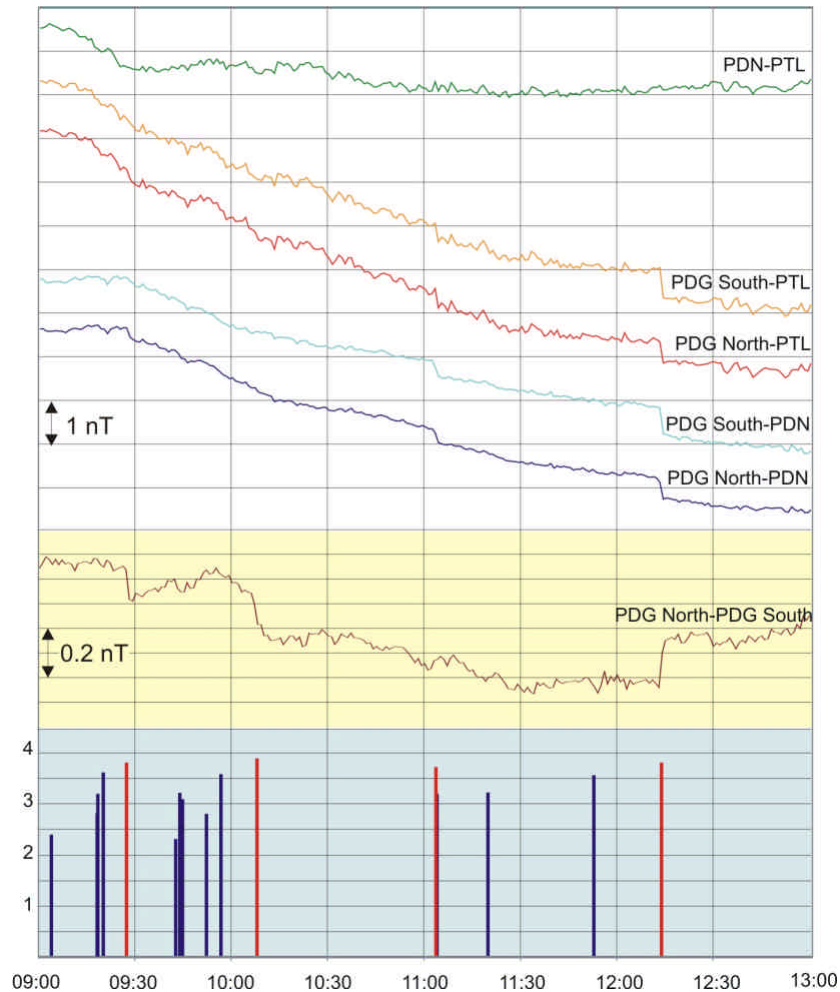


Fig. 10 – Medie a 1 minuto delle variazioni del campo magnetico differenziato alle stazioni ubicate nel versante settentrionale (in alto). Medie a 1 minuto del gradiente a PDG (al centro). In rosso sono riportati gli eventi sismici (cfr. Patanè, 2008) registrati in corrispondenza delle variazioni magnetiche a gradino (in basso).

Dopo il 13 maggio, l'analisi dei dati non evidenzia variazioni significative nelle medie a 10 minuti dell'intensità del campo magnetico totale riferite a Cesarò (Fig. 7). Le variazioni a lungo periodo osservate a PDG e a DGL sono correlate alle variazioni di temperatura. Come negli anni precedenti si osserva una variazione negativa ad un solo sensore della stazione PDG a metà giugno (Fig. 7) relativa a effetti locali.

## SIMULAZIONI DEI FLUSSI LAVASI

### Misure del Tasso Effusivo

L'eruzione in corso dell'Etna ha permesso di applicare alcune procedure per la produzione di scenari di pericolosità derivanti dalla messa in posto delle colate di lava. In particolare per ottenere delle stime più accurate dei cammini delle colate di lava, è stato integrato nel modello MAGFLOW (utilizzato per la simulazione delle colate) un algoritmo che usa immagini satellitari nell'infrarosso per stimare il tasso effusivo. Le immagini satellitari acquisite dal sensore MODIS montato a bordo dei satelliti AQUA e TERRA sono state fornite dall'UR Tramutoli dell'Università della Basilicata nell'ambito del progetto V3 – LAVA che ha sviluppato un sistema per l'acquisizione e l'elaborazione in tempo reale dei dati.

Ad ogni immagine MODIS è stato applicato un algoritmo a soglia adattativa per il riconoscimento delle anomalie termiche. Inoltre, per tutta la sequenza di immagini MODIS è stato calcolato l'indice NTI (Normalized Thermal Index), che caratterizza il livello di attività termica. A valori di NTI compresi tra  $-0.87$  e  $-0.80$ , si associa un livello di attività termica prossimo alla soglia critica. I valori che superano il livello di  $-0.80$  (soglia critica) sono classificati come chiare anomalie termiche, con un livello di attività termica crescente fino al valore massimo di zero. Tale valore indica la saturazione del pixel corrispondente ad un livello di attività termica molto alta.

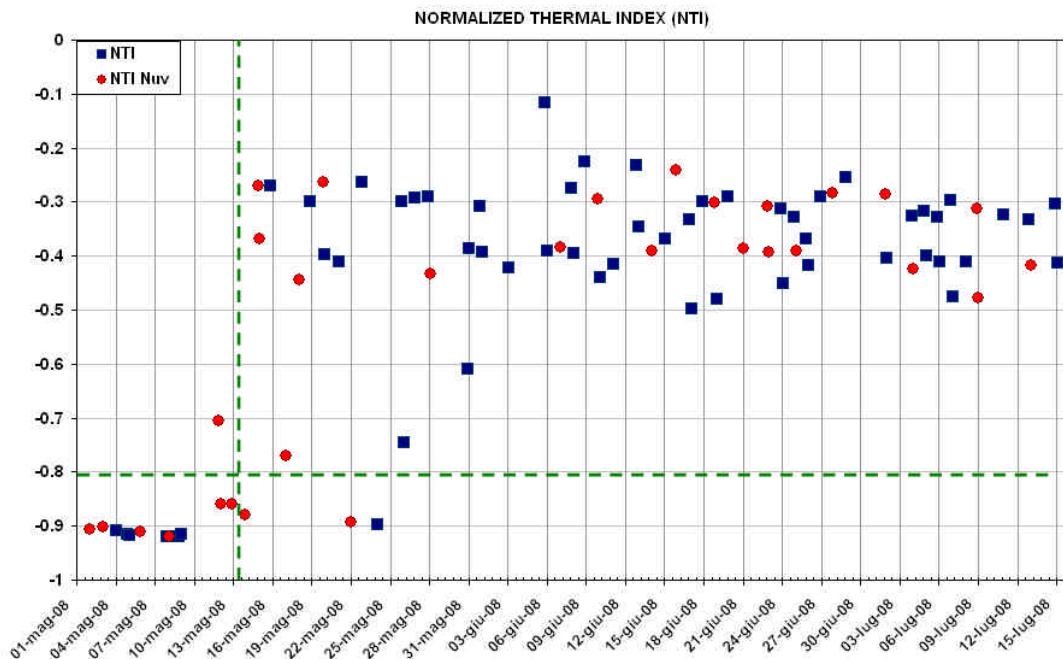


Fig. 11 – Indice NTI dell'Etna calcolato dal 1 Maggio 2008 al 16 Luglio 2008.

E' stata analizzata la sequenza delle immagini MODIS acquisite nel periodo 1 Maggio- 16 Luglio 2008. In Figura 11 è riportato il valore dell'NTI per il pixel corrispondente al cratere di Sud Est. In particolare, i punti segnati con i quadrati blu rappresentano le immagini caratterizzate da assenza di copertura nuvolosa, mentre i punti segnati con i cerchi rossi rappresentano le immagini che mostrano una parziale copertura nuvolosa e, quindi, valori di NTI meno significativi. La linea tratteggiata verde orizzontale rappresenta la soglia critica del valore di NTI. La Linea tratteggiata verde verticale segna l'inizio dell'eruzione. Per l'intera sequenza disponibile e per tutti i punti segnalati come anomalie termiche è stato calcolato il tasso effusivo (Fig. 12).

Nel corso dell'eruzione sono stati prodotti altri valori del tasso effusivo (Bollettini CNT del 13, 15, 16, 18, 20, 22, 26 Maggio 2008 e 13 Giugno, [www.ct.ingv.it](http://www.ct.ingv.it)). In Figura 12 è riportata l'intera sequenza dei valori di tasso effusivo stimati dal CNT-Labtel dell'INGV, dall'HIGP/SOEST dell'Università delle Hawaii e dall'UFGM dell'INGV-Catania.

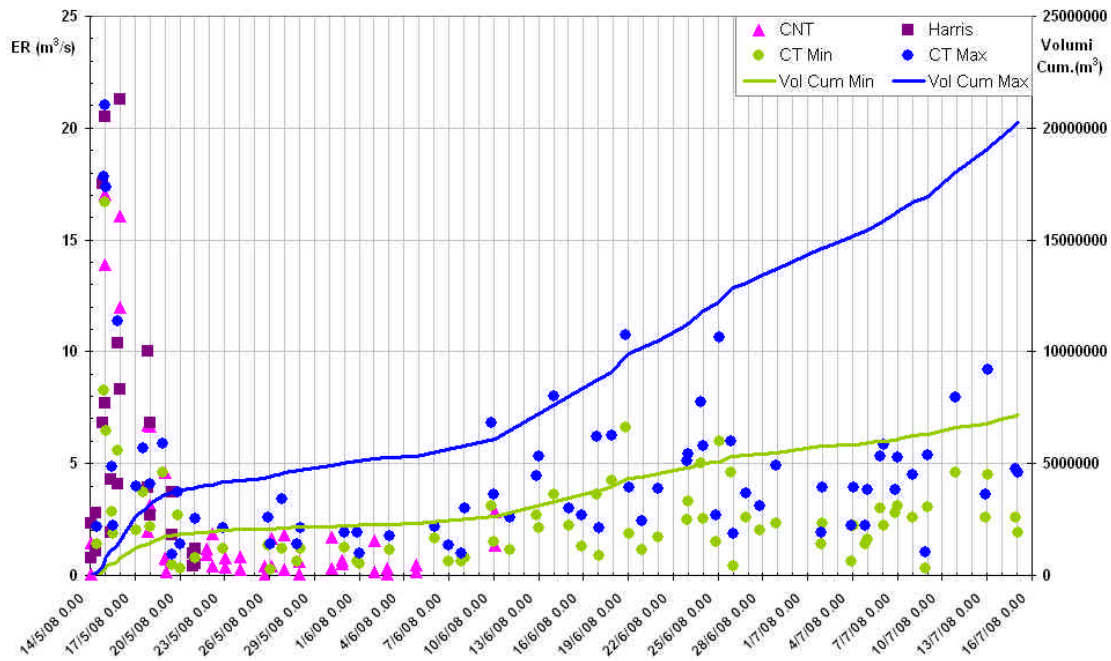


Fig. 12 – Stime del tasso effusivo e dei volumi cumulativi calcolati dal 14 Maggio al 16 Luglio 2008

Il tasso effusivo ha mostrato valori sostenuti durante i primi giorni dell'eruzione. Durante il periodo 23 maggio – 8 giugno il valore del tasso si è mantenuto su valori medio-bassi di  $1-2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Dopo questa data, il tasso ha avuto un incremento, ed i valori risultano essere più dispersi. Questo è probabilmente dovuto ad un aumento dell'attività stromboliana durante questo periodo. Integrando i valori minimo e massimo del tasso effusivo durante l'intero periodo, si sono ottenute le curve dei volumi cumulativi, che vincolano il volume eruttato tra circa 8 e 20 milioni di metri cubi.

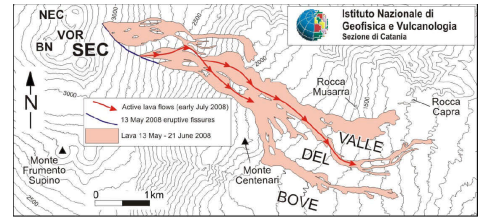
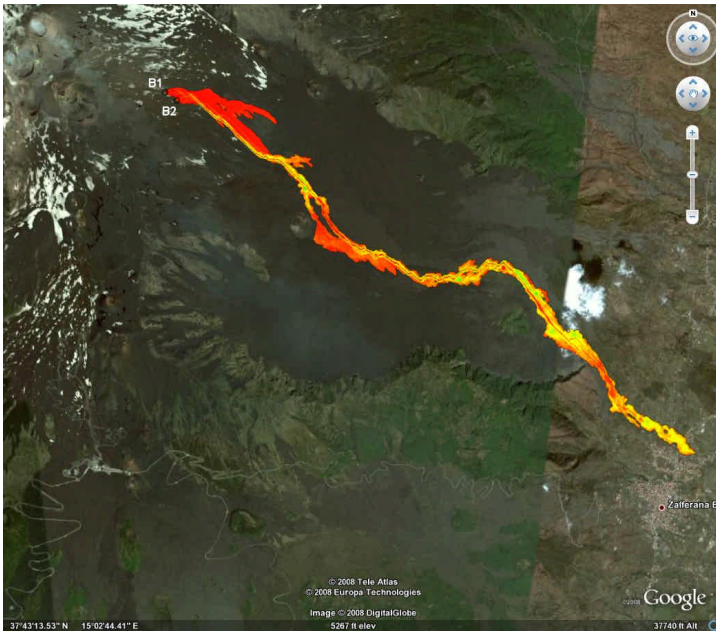
### Scenari prodotti con MAGFLOW

Le simulazioni dei flussi lavici sono state condotte con il modello MAGFLOW sviluppato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania. Gli scenari sono stati calcolati utilizzando il DEM (modello digitale della topografia) dell'Etna ridotto ad una risoluzione orizzontale di 10 m realizzato da Maria Teresa Pareschi (INGV, Sezione di Pisa) aggiornato al 2007. Purtroppo il DEM non copre l'intera area necessaria alle simulazioni, per questo con il contributo di Marina Bisson (INGV, Sezione di Pisa) è stato esteso utilizzando il DEM aggiornato al 2005 fornito sempre dal gruppo Pareschi. Sono state effettuate due differenti simulazioni considerando le 2 bocche eruttive (B1 e B2) apertesesi il 13 Maggio 2008 sul fianco orientale del cratere di Sud Est (comunicazione personale di Marco Neri; Tab. 1).

Bocca	Coordinata x	Coordinata y
B1	501227.072692 E	4177967.34774 N
B2	501340.314342 E	4177905.9725 N

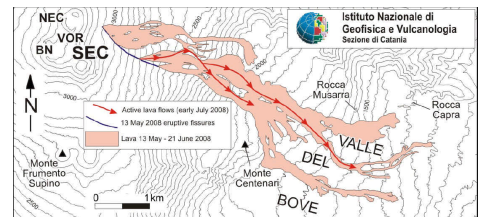
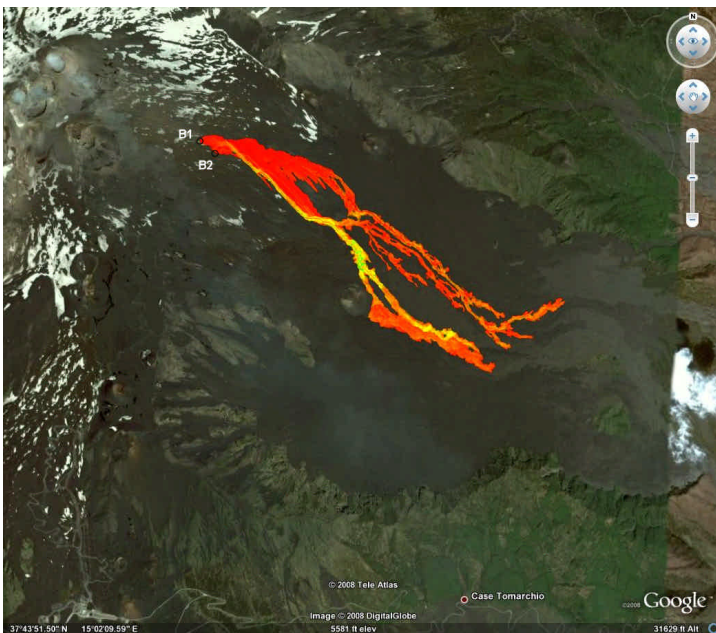
Tab.1 – Coordinate delle bocche alla base del cratere di SE.

La prima simulazione rappresenta una previsione a 70 giorni (Fig. 13), in cui il tasso effusivo è stato ripartito equamente tra le due bocche. Nei primi 60 giorni è stato considerato quello riportato in Fig. 12, mentre per i rimanenti 10 giorni è stato impostato un valore medio del tasso di  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dal confronto con la colata reale (vedi report del 6 luglio 2008 di Boris Behncke) si osserva che la colata simulata ha un andamento molto allungato e non riproduce tutti i rami del campo lavico osservato.



**Fig. 13** – Scenario di previsione a 70 giorni calcolato assumendo due bocche con lo stesso tasso effusivo (a sinistra). Carta delle colate laviche emesse dall'Etna dal 13 maggio al 21 giugno 2008 (in alto, vedi report del 6 luglio 2008 di Boris Behncke).

Per questa ragione sono state condotte ulteriori simulazioni, variando la distribuzione del tasso effusivo tra le due bocche eruttive (B1 e B2). Il miglior risultato per uno scenario a 40 giorni (Fig. 14) è stato ottenuto ripartendo il totale del tasso effusivo (Fig. 12) in 2/3 alla bocca B1 ed 1/3 alla bocca B2. In questa maniera è stato riprodotto quasi fedelmente il campo di lava rilevato il 21 giugno 2008.



**Fig. 14** – Scenario a 40 giorni calcolato assumendo due bocche con tasso effusivi differenti: la bocca B1 con 2/3 del totale e la bocca B2 con 1/3. (a sinistra). Carta delle colate laviche emesse dall'Etna dal 13 maggio al 21 giugno 2008 (in alto, vedi report del 6 luglio 2008 di Boris Behncke).

**Copyright**

Le informazioni e i dati contenuti in questo documento sono stati forniti da personale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Tutti i diritti di proprietà intellettuale relativi a questi dati e informazioni sono dell'Istituto e sono tutelati dalle leggi in vigore. La finalità è quella di fornire informazioni scientifiche affidabili ai membri della comunità scientifica nazionale ed internazionale e a chiunque sia interessato.

Si sottolinea, inoltre, che il materiale proposto non è necessariamente esauriente, completo, preciso o aggiornato.

La riproduzione del presente documento o di parte di esso è autorizzata solo dopo avere consultato l'autore/gli autori e se la fonte è citata in modo esauriente e completa.