

# Come cambia la probabilità di terremoti dopo le eruzioni laterali dell'Etna?

di Andrea Bevilacqua, Raffaele Azzaro, Stefano Branca, Salvatore D'Amico, Franco Flandoli, Augusto Neri.

Storicamente le **eruzioni laterali** dell'Etna, quelle che producono **colate di lava da fessure situate lungo i fianchi del vulcano**, sono spesso accompagnate da eventi sismici distruttivi nell'area Etna. L'impatto concomitante dei due fenomeni sul territorio può essere quindi particolarmente gravoso per le comunità locali e complesso per la gestione delle emergenze.

L'occorrenza, in un breve lasso di tempo, di eruzioni e terremoti all'Etna rappresenta un argomento di ricerca dibattuto da decenni. Esiste un legame statistico tra i due fenomeni? La ricerca si pone quesiti del tipo: **"Dopo un'eruzione laterale dell'Etna, quanto è probabile che avvenga anche un forte terremoto?"** O ancora: **"Quali sistemi di faglie sono più sensibili al verificarsi di queste eruzioni?"**

Il tema è complesso e tuttora largamente da studiare; tuttavia la **stima della probabilità di eventi sismici correlati ad un'eruzione** costituisce un'informazione preziosa che può essere utilizzata per valutare la pericolosità e il rischio vulcanici e per le relative attività di protezione civile. Uno [studio](#) mirato a rispondere a queste domande è stato appena realizzato dall'INGV, in collaborazione con la Scuola Normale Superiore di Pisa, nell'ambito di un progetto di ricerca cofinanziato dal Dipartimento della Protezione Civile.

Con questo obiettivo si è investigato il comportamento dell'Etna negli ultimi quattro secoli andando a identificare, dai **cataloghi storici delle eruzioni e dei terremoti**, le relazioni statistiche esistenti fra le due fenomenologie. In termini quantitativi, è stato, quindi, possibile descrivere la variazione nel tempo della **media annuale delle eruzioni laterali e degli eventi sismici di maggiore energia**. Inoltre, si è stimata la probabilità media di terremoti nei giorni e nelle settimane seguenti l'inizio - o, in alternativa, la fine - di un'eruzione laterale, probabilità che poi è stata confrontata con quella media basata sull'intero periodo storico analizzato.

In particolare si sono studiati sia i terremoti capaci di produrre danni lievi sia quelli, meno frequenti, che producono danni gravi. Gli eventi del primo tipo sono quelli con intensità massima maggiore o uguale a V-VI grado della [Scala Macrosismica Europea \(EMS\)](#), mentre gli

eventi che producono danni gravi sono quelli con intensità massima maggiore o uguale a VII-VIII grado della scala EMS.

L'analisi della sequenza delle eruzioni laterali all'Etna, fin dal 1600 (vedi Figura 1), ha evidenziato che il **verificarsi di un'eruzione laterale non cambia significativamente la probabilità che se ne verifichi un'altra** nei mesi o anni successivi, a differenza di quanto osservato in [altri vulcani](#).

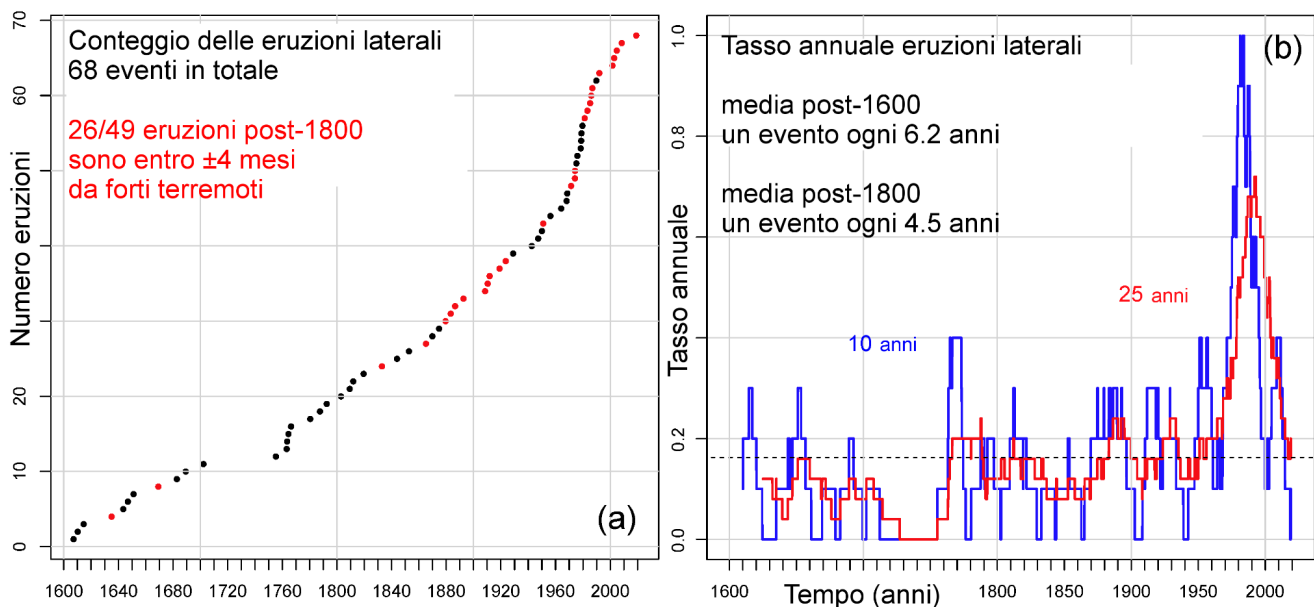


Figura 1 – Descrizione del catalogo storico delle eruzioni laterali dell'Etna dal 1600 al 2018. (a) mostra il conteggio cumulativo delle eruzioni, evidenziando in rosso quelle avvenute entro  $\pm 4$  mesi dai terremoti capaci di produrre danni ( $I \geq V-VI$  EMS). (b) mostra la media annuale delle eruzioni laterali, basata su intervalli di 10 anni (blu) o 25 anni (rosso). La media dal 1600 è evidenziata da una linea tratteggiata. I due grafici evidenziano anche il forte picco nella frequenza delle eruzioni laterali che si è registrato negli ultimi decenni del secolo scorso.

E' inoltre emerso in modo evidente che i terremoti maggiori non sono **statisticamente** indipendenti dalle eruzioni laterali: negli ultimi due secoli, circa **il 30% delle eruzioni laterali è stato seguito in meno di 30 giorni da un terremoto** con intensità  $I \geq V-VI$  EMS, cioè poco meno di una eruzione su tre. D'altro canto, circa il 18% dei terremoti con intensità  $I \geq V-VI$  EMS ha seguito un'eruzione laterale in meno di 30 giorni. In Figura 2 un esempio dei danni del

terremoto del 26 dicembre 2018, avvenuto due giorni dopo l'inizio di una eruzione laterale dell'Etna.



Figura 2 - *Crollo di un fabbricato rurale nelle campagne di Acireale dovuto al terremoto del 26 dicembre 2018, che ha seguito di un paio di giorni l'eruzione sull'alto versante meridionale dell'Etna.*

E allora sorge la domanda: **“Quanto è più elevata la probabilità di terremoti dopo un'eruzione laterale, rispetto alla media?”.**

Si è stimato che la probabilità di avere forti terremoti aumenta di **5-10 volte dopo l'inizio di ogni eruzione laterale** e questo incremento si mantiene **per i 30-45 giorni successivi**, dopodiché i tassi rientrano nella media. Anche dopo la fine delle eruzioni si verifica un simile aumento. La Figura 3 mostra come evolve, settimana dopo settimana, la probabilità di occorrenza dei terremoti maggiori in funzione del numero di giorni trascorsi dall'ultima eruzione laterale. Il grafico poi evidenzia che in alcune occasioni i forti terremoti precedono di pochi giorni l'inizio delle eruzioni laterali.

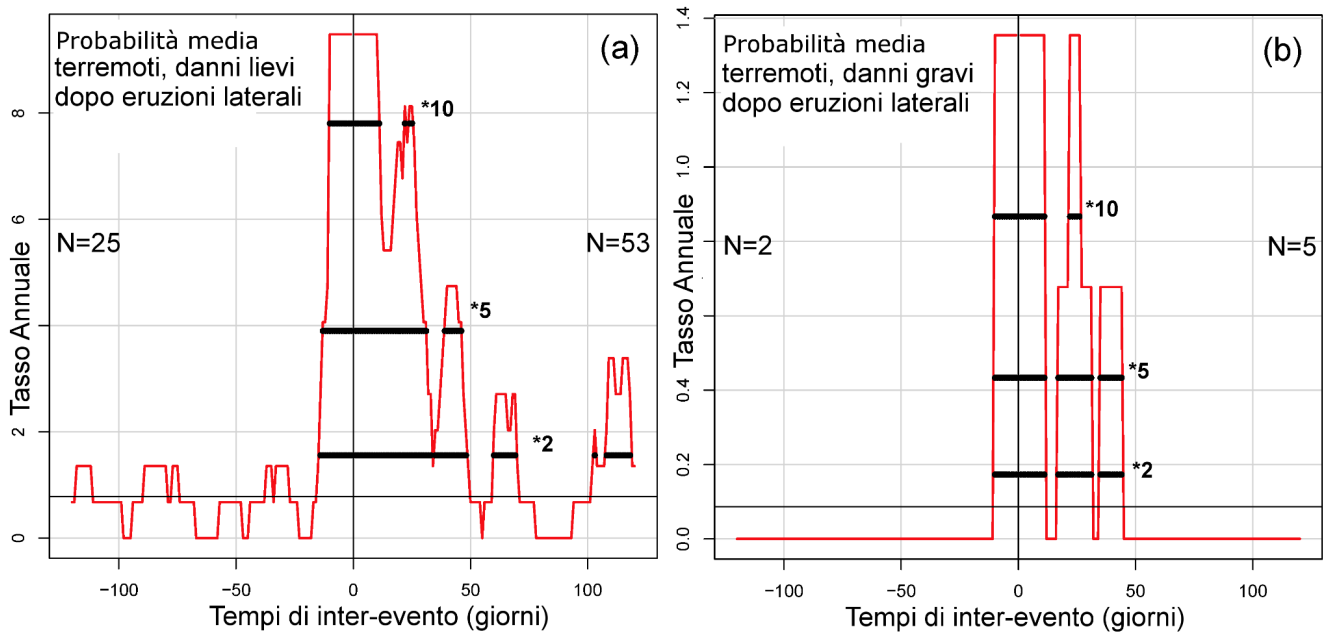


Figura 3 - Probabilità medie annuali (o tasso annuale) dei terremoti in funzione del tempo passato dall'inizio delle eruzioni laterali. (a) mostra i terremoti con  $I \geq V-VI$  EMS (danno lieve); (b) quelli con  $I \geq VII-VIII$  EMS (danno grave). La linea nera verticale evidenzia il tempo zero, ossia il giorno in cui avviene l'inizio o la fine dell'eruzione. La linea nera sottile orizzontale evidenzia la probabilità media annuale dei terremoti; le linee in grassetto evidenziano soglie 2, 5 e 10 volte più grandi del valore medio. E' riportato anche il numero dei terremoti di diversa intensità considerati nei due grafici.

Inoltre, la **localizzazione delle fessure eruttive nei diversi settori dell'Etna** influenza il legame statistico tra i fenomeni eruttivi e sismici qui considerati. Per esempio, si è osservato che circa il **50% delle eruzioni sul versante nord-orientale del vulcano ha preceduto un forte terremoto**, cioè una su due. Questo comporta che, dopo un'eruzione laterale in tale versante, per 65-70 giorni terremoti maggiori siano fino a 10-20 volte più probabili della media.

Il raggruppamento spaziale delle faglie responsabili dei terremoti maggiori, inoltre, può influenzare il legame statistico con le eruzioni laterali. Un esempio è quanto avviene per i terremoti della faglia Pernicana di cui **circa il 30% ha addirittura preceduto - anziché seguito - una eruzione laterale**. Ma le peculiarità di questa importante faglia non finiscono qui, infatti il 40% dei terremoti della faglia Pernicana ha preceduto un forte terremoto negli altri sistemi di faglie. In altre parole si ha un incremento fino a 10-20 volte della probabilità giornaliera di entrambi i fenomeni, per i successivi 45-70 giorni.

In conclusione, grazie all'analisi statistica dei cataloghi storici, le stime di probabilità evidenziano **un forte legame tra eruzioni laterali e terremoti nei differenti settori del vulcano**, confermando che questi due fenomeni sono significativamente associati su brevi intervalli temporali. I risultati ottenuti in questo studio contribuiscono non solo a meglio vincolare le scale temporali e spaziali dei meccanismi fisici che controllano il comportamento del vulcano, ma anche a quantificare, in termini statistici, la correlazione osservata tra i due fenomeni negli ultimi secoli, informazione utile a predisporre efficaci piani di gestione delle emergenze sismo-vulcaniche all'Etna.