



DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE DELLA TERRA



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

## TERREMOTI | Cosa ci insegnano i piccoli terremoti riguardo quelli grandi?

*Esistono segnali precursori dei terremoti in grado di fornire informazioni circa l'avvicinarsi di un forte terremoto? Tanti terremoti di bassa energia possono essere considerati dei premonitori di forti sismi o meno?*

[Roma, 20 febbraio 2024]

Queste sono le domande che, da sempre, si pongono gli scienziati e che, in uno studio appena pubblicato sulla rivista *Journal of Geophysical Research*, un team di ricercatori dell'Università Sapienza di Roma, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e dell'Università di Atene hanno provato a rispondere.

I terremoti sono instabilità meccaniche della crosta terrestre prodotte dal progressivo accumulo di stress nel sottosuolo nel corso dei secoli. La maggior parte dei terremoti sono piccoli, di bassa energia (magnitudo) e la stragrande parte di loro non evolve in un grande terremoto disastroso. Da sempre i sismologi dibattono se esistano dei segnali precursori in grado di fornire informazioni circa l'avvicinarsi di un forte terremoto, e quindi se tanti terremoti di bassa energia possano essere considerati dei premonitori di forti sismi o meno.

Per rispondere a queste domande, i ricercatori hanno studiato la sismicità della California degli ultimi trent'anni combinando dei modelli teorici con analisi statistiche: la ricerca ha evidenziato che i cosiddetti *foreshocks*, cioè i terremoti di lieve e moderata entità che possono precedere i terremoti più violenti, tendono a diffondersi su aree più grandi, hanno magnitudo con maggiore variabilità e sono più numerosi ed energetici degli sciami, ovvero di quei gruppi di terremoti caratterizzati da magnitudo contenute che non evolvono in un forte terremoto.

Al contrario, sciami e foreshocks sono indistinguibili dal punto di vista della durata, dell'intensità, della frequenza degli eventi.

**I risultati, supportati da test statistici, suggeriscono dunque che in presenza di gruppi di terremoti numerosi ed estesi su superfici significative, le probabilità che una attività sismica minore possa culminare in un evento maggiore sia più elevata che in altre condizioni.**

La ricerca si spinge anche oltre, tentando di spiegare le osservazioni.

L'ipotesi è che i volumi di roccia sotto stress inizino progressivamente a destabilizzarsi a vicenda su periodi e aree più o meno estese, producendo clusters di piccoli eventi. Maggiore è l'area su cui avvengono, più alte sono le probabilità che si generi un terremoto in grado di coinvolgere il sistema di faglie instabili nella sua intera estensione: si tratterebbe dunque di un meccanismo di feedback a cascata, in cui la storia del rilascio di energia negli eventi precedenti è in grado di determinare i terremoti futuri, al di là delle condizioni di stabilità locale delle faglie.

Se i risultati di questa ricerca fossero confermati, allora sarebbero limitate le speranze di poter stimare la probabilità di un grande evento sismico a partire dalle caratteristiche della sismicità precedente; al contrario, si renderebbe necessaria una caratterizzazione dello stato di stabilità dei sistemi di faglie al fine di comprendere quali siano le chances di un piccolo sciame di evolvere in una vera e propria sequenza sismica.

A supporto di questa ipotesi vi sono le numerose evidenze di grandi terremoti avvenuti senza essere preceduti da foreshock o in presenza, persino, di una diminuzione dell'attività sismica, come nel caso del terremoto di Amatrice nel 2016, e il fallimento di numerosi test statistici circa l'ipotesi che i foreshocks si comportino come precursori in modo affidabile e non sporadicamente.

E' possibile aggiungere una frase finale che 'conclude' il CS? I risultati della ricerca ci spingono a superare il concetto di "foreshocks" per spostare l'attenzione sulle condizioni di stabilità dei volumi rocciosi in cui la sismicità si verifica.

#### Citazione dello studio:

Zaccagnino, D., Vallianatos, F., Michas, G., Telesca, L., & Doglioni, C. (2024). Are foreshocks fore-shocks? *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129, e2023JB027337. <https://doi.org/10.1029/2023JB027337>





DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE DELLA TERRA



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Earthquakes are mechanical instabilities in the brittle lithosphere produced by the progressive accumulation of stress in the crust over centuries.

The more extended the fractures, called faults, the larger the earthquakes.

The magnitude of a seismic event is estimated with the moment magnitude, which is a measure of the energy released by the event on a logarithmic scale.

Most earthquakes are small, but larger events are also possible, approximately with a 1:10 ratio compared with the frequency of events with a magnitude of one lower degree.

For decades, seismologists have been debating whether precursors exist and, if so, what are the signals providing reliable information about the approach of catastrophic events.

In this work recently published in the authoritative journal edited by the American Geophysical Union, the *Journal of Geophysical Research - Solid Earth*, a team of researchers from Sapienza University of Rome, the National Institute of Geophysics and Volcanology, the National Research Center and the National and Kapodistrian University of Athens suggest an answer this question.

To do so, they combined theoretical modeling and statistical analysis.

Specifically, they investigated the properties of earthquake clusters occurred in California during the last thirty years before the main events as a function of their magnitudes.

Research shows that the so-called foreshocks, small-to-moderate earthquakes which sometimes are thought to forewarn more violent earthquakes, tend to spread over larger areas, are featured by highly variable magnitudes, are more numerous and energetic than swarms (clusters characterized by small maximum magnitudes).

Conversely, swarms and foreshocks share the same distribution of duration, intensity, and frequency of events.

Results, appropriately supported by statistical tests, suggest that earthquake clusters with several events extended over large regions with high energy entropy, the probability that a minor seismic activity can culminate in a major event is higher than in other conditions.

The work goes beyond statistical analysis, attempting to explain the observations. The proposal is that stressed rock volumes progressively become more and more globally unstable and trigger each other seismic activity over more and more extended time intervals and areas, producing clusters of small events. The larger the correlated area, the higher the chances that a run-away earthquake can involve the whole unstable fault system.

Therefore, a cascade feedback mechanism acts on stress history release in previous events producing future seismic activity.

If this idea were correct, i.e., seismicity is mainly a memory phenomenon, the causal relationship between the series of foreshocks and the main earthquake would disappear.



DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE DELLA TERRA



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Therefore, according to this point of view, it would not make sense to distinguish between foreshocks and swarms.

In support of this hypothesis there is evidence of large earthquakes occurred without being preceded by any seismic anomaly or even in the presence of a decrease in seismic activity, as in the case of the Amatrice earthquake in 2016, as well as the failure of several statistical tests.