

---

# **Previsione probabilistica operativa dei terremoti**

**Stato delle conoscenze e linee guida per l'utilizzo**

---

Rapporto della

*Commissione Internazionale sulla Previsione dei  
Terremoti per la Protezione Civile*

Presentato al  
Dipartimento della Protezione Civile, Roma, Italia

**traduzione in italiano  
della prefazione e del riassunto**

---

*30 Maggio 2011*

## ***Prefazione***

Questo rapporto della Commissione Internazionale sulla Previsione dei Terremoti per la Protezione Civile risponde alla richiesta da parte del Governo italiano di accertare le conoscenze scientifiche sulla predicibilità dei terremoti e fornire linee guida per l'implementazione di previsioni probabilistiche operative. Come qui definito, le "previsioni probabilistiche operative" implicano due attività-chiave: il continuo aggiornamento delle informazioni da parte di fonti autorevoli sul futuro accadimento di terremoti potenzialmente dannosi, e la diffusione ufficiale di queste informazioni per accrescere la preparazione al terremoto nelle comunità soggette a rischio sismico.

Sebbene una considerevole attività di ricerca venga destinata alla scienza della previsione probabilistica a breve termine dei terremoti, la standardizzazione di procedure operative è in una fase di sviluppo nascente. Il problema è impegnativo, perché i terremoti forti non possono essere predetti in modo affidabile per regioni specifiche su scale temporali minori di decenni. Pertanto, i risultati delle previsioni probabilistiche a breve termine di tali eventi non consistono mai in alte probabilità, e il conseguente incremento dei benefici in chiave di protezione civile – per esempio rispetto alle analisi di pericolosità sismica a lungo termine - non sono stati dimostrati in modo convincente. Date queste circostanze, le agenzie governative che hanno responsabilità stabilite per legge in materia di previsione probabilistica dei terremoti sono state caute nello sviluppo di capacità operative del tipo descritto in questo rapporto.

Tuttavia, le aspettative pubbliche circa il fatto che qualsiasi informazione valida su un aumento del rischio sismico sia resa disponibile ed effettivamente utilizzata sono chiaramente in aumento. L'esperienza mostra che vuoti di informazione possono lasciare spazio a predizioni deterministiche informali e disinformazione, e che basarsi solo su comunicazioni informali tra scienziati e pubblico provoca confusione. In questo contesto, deve essere seriamente considerato il dispiegamento di procedure sistematiche e trasparenti per la previsione probabilistica operativa dei terremoti.

Gli esperti italiani di terremoti sono in prima linea nella ricerca necessaria per l'implementazione della previsione probabilistica operativa dei terremoti. Questo rapporto mette in risalto i loro successi e fornisce un percorso futuro di sviluppo basato sui loro sforzi attuali. Anche se la Commissione ha redatto il proprio rapporto con questo proposito, essa spera che il suo studio sia utile non solo in Italia, ma anche in altre regioni sismicamente attive, dove una previsione probabilistica operativa dei terremoti potrebbe essere garantita.

Il rapporto è stato scritto prima dell'aftershock distruttivo del 22 Febbraio 2011 a Christchurch, in Nuova Zelanda, e prima del catastrofico terremoto di Tohoku del 11 Marzo 2011, al largo della costa Pacifica del Giappone, e non è stato fatto alcun tentativo di rivedere il suo contenuto alla luce di questi eventi. Tuttavia, essi mettono in luce la necessità di un'informazione autorevole circa le diverse pericolosità sismiche in dipendenza dal tempo, specialmente a seguito di forti terremoti, e le implicazioni di questi eventi, per quanto al momento compreso, non contraddicono risultanze e raccomandazioni della Commissione.

Molti scienziati di numerosi paesi hanno contribuito a questo rapporto, e la Commissione è grata per il loro aiuto. Questo rapporto è stato migliorato da numerose revisioni critiche e noi siamo grati per le relative indicazioni. Il Prof. Paolo Capuano dell'Università di Salerno merita un ringraziamento speciale per aver assistito la Commissione in tutti gli aspetti del suo lavoro, incluse l'organizzazione degli incontri, la preparazione delle relazioni e la predisposizione di un apposito sito web, che ha aumentato la corrispondenza interna della Commissione stessa. La Commissione ha inoltre piacere nel riconoscere il generoso supporto del Dipartimento della Protezione Civile Italiana, in particolare l'incoraggiamento del Dr. Guido Bertolaso e del Prof. Mauro Dolce.

Thomas H. Jordan  
Presidente della Commissione

## Riassunto

## Riassunto

Dopo il terremoto de L'Aquila del 2009, il Dipartimento della Protezione Civile Italiana (DPC) ha nominato una Commissione Internazionale sulla Previsione dei Terremoti per la Protezione Civile (ICEF) per redigere un rapporto sullo stato attuale delle conoscenze sulla previsione deterministica e sulla previsione probabilistica a breve termine dei terremoti di origine tettonica, e di indicare delle linee guida per l'utilizzo di possibili precursori di forti terremoti per indirizzare le azioni di protezione civile, incluso l'uso di analisi di pericolosità sismica probabilistica a seguito di un forte terremoto. L'ICEF ha revisionato criticamente le ricerche sulla previsione deterministica e sulla previsione probabilistica, condotte in regioni sismicamente attive di tutto il mondo. Una *previsione (deterministica)* è definita come un'affermazione deterministica per la quale un terremoto futuro accadrà o non accadrà in una particolare regione geografica, in una certa finestra temporale ed entro un dato intervallo di magnitudo, mentre una *previsione probabilistica* fornisce una probabilità (maggiore di zero ma minore di uno) che un tale evento accadrà. La predicibilità del terremoto, il grado con cui l'accadimento di futuri terremoti può essere determinato in base al comportamento osservabile dei sistemi di terremoti, è poco compreso. Questa mancanza di comprensione si riflette nell'incapacità di predire affidabilmente forti terremoti in regioni sismicamente attive su brevi scale temporali. La maggior parte dei metodi di previsione deterministica proposti si basa sul concetto di *precursore diagnostico*, cioè di un qualche tipo di segnale osservabile prima dei terremoti che indichi con alta probabilità la localizzazione, il momento nel tempo e la magnitudo di un evento imminente. I metodi sui precursori qui analizzati includono cambiamenti nei ratei di deformazione delle superficie terrestre, nelle velocità delle onde sismiche e nella conduttività elettrica; variazioni delle concentrazioni di radon nella falda acquifera, nel suolo e nell'aria; fluttuazioni nei livelli di falda; variazioni elettromagnetiche vicino e al di sopra della superficie terrestre; anomalie termiche; anomalie nel comportamento degli animali; e distribuzione della sismicità. La ricerca sui precursori diagnostici non ha ancora prodotto un valido metodo per la previsione deterministica a breve termine. Pertanto, questo rapporto si concentra sulla previsione probabilistica operativa dei terremoti come strumento principale per raccogliere e diffondere informazioni autorevoli circa la pericolosità sismica dipendente dal tempo, per una migliore preparazione delle comunità a terremoti potenzialmente distruttivi. Su scale temporali brevi, dell'ordine di giorni e settimane, le sequenze di terremoti mostrano una tendenza a raggrupparsi nello spazio e nel tempo, come indicato dalle repliche innescate da forti eventi. Le descrizioni statistiche di questa tendenza a raggrupparsi spiegano molti tratti caratteristici osservati nei cataloghi sismici, e possono essere utilizzate per costruire previsioni probabilistiche, che indicano come le probabilità di accadimento di un terremoto cambino nel breve termine. Se opportunamente applicate, le previsioni probabilistiche a breve termine hanno un'utilità operativa; per esempio, nell'anticipare le repliche che seguono forti terremoti. Mentre il valore delle previsioni probabilistiche a lungo termine per migliorare la sicurezza sismica è chiaro, l'interpretazione delle previsioni probabilistiche a breve termine è problematica, perché le probabilità di accadimento dei terremoti potrebbero variare di diversi ordini di grandezza, rimanendo però tipicamente basse in senso assoluto (< 1% per giorno). Trasporre tali previsioni di bassa probabilità in efficaci attività decisionali è una sfida difficile. L'attuale utilizzo di previsioni probabilistiche operative nella gestione del rischio sismico è stato esaminato per sei paesi ad alto rischio: Cina, Grecia, Italia, Giappone, Russia e Stati Uniti. I modelli a lungo termine sono attualmente gli strumenti più importanti per la previsione probabilistica ai fini di protezione civile contro i danni causati dai terremoti, poiché essi indirizzano i provvedimenti per la sicurezza sismica delle norme tecniche sulle nuove costruzioni, la progettazione antisismica basata sulle prestazioni ("*performance based seismic design*") e altre pratiche ingegneristiche volte alla riduzione del rischio, quali l'adeguamento antisismico degli edifici più vecchi. La previsione probabilistica a breve termine delle repliche è praticata in diversi paesi tra quelli esaminati, ma una previsione probabilistica operativa dei terremoti non è stata pienamente implementata (cioè con regolari aggiornamenti e a scala nazionale) in nessuno di essi. In base all'esperienza accumulata in regioni sismicamente attive, l'ICEF ha fornito al DPC una serie di raccomandazioni sull'utilizzo delle previsioni probabilistiche operative in Italia, che potrebbero essere utili anche in altri paesi. Sulle probabilità a breve termine di terremoti futuri, dovrebbero essere fornite al pubblico informazioni "open-source" che siano

autorevoli, scientificamente valide, consistenti e tempestive. Gli avvisi dovrebbero essere basati su sistemi di previsione probabilistica della sismicità operativamente qualificati e aggiornati regolarmente, che siano stati rigorosamente revisionati e aggiornati da esperti nella creazione, distribuzione e utilizzo delle informazioni sismiche. La qualità di tutti i modelli operativi dovrebbe essere valutata per affidabilità ed efficacia per mezzo di verifiche retrospettive, e i modelli stessi dovrebbero essere sottoposti a continue verifiche prospettive, nel confronto con consolidate previsioni probabilistiche a lungo termine e modelli alternativi dipendenti dal tempo. Le procedure di allerta dovrebbero essere standardizzate per facilitare le decisioni ai differenti livelli di governo e tra il pubblico. Dovrebbero essere stabilite delle soglie di probabilità di accadimento dei terremoti per indirizzare livelli di allerta basati su analisi oggettive di costi e benefici, come anche su aspetti meno tangibili del valore dell'informazione, quali ad esempio il miglioramento della preparazione psicologica e della resilienza. Nel rilascio di informazioni sulla pericolosità sismica dovrebbero essere applicati i principi di un'efficace comunicazione al pubblico stabiliti dalle ricerche nel campo delle scienze sociali.