

CONCLUSIONI

a cura di Laura Peruzza

Il progetto MISHA si è proposto di essere una catena pluridisciplinare per organizzare dati di base originali ed elaborazioni congruenti, finalizzate alla valutazione time-dependent della pericolosità sismica. Il passaggio dalla generazione del *probabilismo sismotettonico*¹ a quella della *valutazione dipendente dal tempo* non è pratica standardizzata, né in Italia, né all'estero: le "previsioni" riportate dalla letteratura scientifica hanno spesso dimostrato la loro scarsa affidabilità, ed una variabilità ancora superiore a quella già elevata riscontrabile nelle stime di pericolosità tradizionali. Per questo motivo il progetto si è posto come obiettivo prioritario analizzare l'affidabilità delle stime stesse, e individuare una "lista di ingredienti" che dia la garanzia di un risultato ragionevole.

Cita la lista dei prodotti attesi dal progetto²:

- 1) ...aggiornamento dell'hazard convenzionale con metodo stazionario
- 2) ... caratterizzazione delle strutture imputate dei terremoti maggiori...
- 3) ...modellazioni ibride di pericolosità ... per simulare il ciclo di ricarica...

Questa è la suddivisione adottata nel raccogliere i contributi in tre sezioni distinte, ma il bilancio complessivo del progetto qui riportato seguirà dei criteri più specificatamente territoriali.

Area dei terremoti della sequenza 1997-98

MISHA ha finanziato degli approfondimenti legati alla conoscenza geologica e sismologica, per l'area interessata dalla sequenza di terremoti iniziati nel settembre 1997. Ciò non è stato solo il frutto dell'interesse scientifico e politico che ha seguito quegli eventi, mala scelta di un caposaldo sperimentale su cui ipotesi, deduzioni e metodi potessero essere validati, per essere poi esportati a situazioni ed aree meno studiate.

L'indagine geologica di dettaglio³ ha proposto, per la sorgente sismogenetica dei terremoti del 1997-98, un modello di deformazione ad ampio raggio. Nella parte settentrionale, interessata dai bacini di Cesi-Colle Curti e Colfiorito, non vengono riconosciuti fenomeni significativi di fagliazione superficiale legati alla sequenza recente, osservazione avvalorata dall'analisi di trincee e da studi di deformazione a più larga scala; esistono invece tracce di deformazioni cosismiche più antiche, che non sono cronologicamente vincolate; l'attività tettonica dell'elemento principale (faglia bordiera) che delimita i bacini sembra essere diminuita dal Pleistocene medio, esauendo in tal modo l'evoluzione tettonica di un bacino tipo half-graben, caratteristica per l'Italia Centrale.

¹Muir-Wood R. (1993): From global seismotectonics to global seismic hazard. *Annali di Geofisica*, 36, 153-168.

²Peruzza L. (coord.) (1998): Progetto 6a2 Metodi Innovativi per la Stima dell'HAZARD (MISHA) Applicazione all'Italia Centrale. CNR-GNDT Progetto Esecutivo 1998, e Internet: http://macrisk1.ogs.trieste.it/MISHA_web/home.html

³Contributo 3 della UO IRTR; in questo volume a partire da pag. 30.

Le datazioni radiometriche sui depositi di versante escludono dislocazioni cosismiche più recenti di circa 1.800 anni B.P. Più a meridione, invece, vi sono evidenze di dislocazione superficiale, tuttora in corso di analisi. Queste considerazioni suggeriscono di prendere gli eventi del 1997-98 come eventi rappresentativi dell'area; ad oggi, non si riesce a vincolare su base geologica la sorgente dei due eventi medioevali che vengono ricondotti alla medesima area (1279 e forse 1328), per i quali, peraltro, esistono indizi di una possibile sovrastima degli effetti⁴.

L'indagine sismologica ricostruisce le geometrie sismogenetiche mobilizzate nella sequenza con notevole precisione. Da un lato⁵, si verifica che le correlazioni magnitudo-momento sismico e dimensione della sorgente-momento sismico, derivanti dalle registrazioni di eventi medio-piccoli, sono congruenti con quanto osservato in altri contesti sismogenetici; inoltre viene fornita una calibrazione molto accurata (seppur spazialmente e temporalmente limitata) del rapporto frequenza-magnitudo. Dall'altro⁶, le osservazioni strumentali sulle caratteristiche della sorgente degli eventi maggiori vengono comparate con la distribuzione degli effetti sul territorio; ne emerge la criticità di alcuni parametri (ad esempio, la profondità di nucleazione) e l'impatto di determinati fattori (ad esempio, gli effetti locali), nella riproduzione della fisica del fenomeno. Sono questi vincoli che assieme alle considerazioni sulla qualità della documentazione disponibile per gli eventi del passato⁴ appaiono molto importanti per valutare la capacità di riconoscere le strutture attivate in epoca pre-strumentale.

La parametrizzazione della sorgente sismogenetica adottata per l'area di Colfiorito⁷ nelle analisi di hazard recepisce gli elementi sopra menzionati. La deformazione ad ampio raggio viene schematizzata in un segmento, grossomodo corrispondente alla posizione della faglia bordiera del bacino, una approssimazione che verrà utilizzata anche per altre strutture prive di una chiara evidenza di superficie; l'estensione complessiva è compatibile con le relazioni di scala, e le energie in gioco sono forse state leggermente sovradimensionate nella parametrizzazione preliminare⁸, rispetto a quanto poi emerso dal controllo incrociato delle informazioni geologiche disponibili⁹, e da questo volume. Pur non sembrando adeguato un modello a terremoto caratteristico per la sorgente, è ragionevole ritenere bassa la probabilità del ripetersi di un terremoto simile nei prossimi decenni, e pertanto

⁴Contributo 6 congiunto di UO DISTART / OGS-MC / IRRS; in questo volume a partire da pag. 65.

⁵Contributo 5 della UO UNIGE; in questo volume a partire da pag. 56.

⁶Contributo 7 della UO UNITS; in questo volume a partire da pag. 81.

⁷Contributo 4 della UO OGS-TS I; in questo volume a partire da pag. 45.

⁸Peruzza L. (a cura di) (1999): Parametrizzazione degli elementi sismogenetici assoggettabili ad un trattamento time-dependent. Relazione esterna OGS18199 OGA6, Trieste, 12 pp., e Internet: http://macriskl.ogs.trieste.it/MISIIA_web/tex/fasel.html

⁹Barchi M., G. Lavecchia, F. Galadini, P. Messina, A. M. Michetti, L. Peruzza, A. Pizzi, E. Tondi, E. Vittori (a cura di) (1999): *Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica*. CNR-GNDT, Volume congiunto dei Progetti 5.1.2, 6a2, 5.1.1, Esagrafica, Roma, in stampa.

limitato è l'impatto di questa sorgente sulla pericolosità a medio termine dell'area.

Umbria-Marche e Italia Centrale

Allargando la prospettiva, possiamo ora ad analizzare quanto emerso per le due regioni principalmente danneggiate, e per tutto il settore di catena.

Innanzitutto, i confronti eseguiti sulle stime di hazard tradizionali disponibili¹¹ ridimensionano le differenze ottenute dai diversi metodi, che partono da presupposti metodologici moderatamente o sensibilmente diversi, ma dalla medesima base di dati. Nel contempo la risposta utile ai fini di progettazione e/o ricostruzione appare dominata dalle condizioni di sito¹², anche se valutate in termini semplicistici di tipologia media del terreno di riferimento. La classificazione sismica in vigore non sembra del tutto adeguata alle conoscenze attuali¹³, ma eredita probabilmente una maggiore attenzione per gli eventi forti, rispetto a eventi moderati che pure si sono dimostrati drammatici, in termini di effetti; sembra opportuno, pertanto, che vengano in futuro approfonditi gli aspetti di risposta locale alla scala comunale utilizzata dalla normativa, e che le problematiche di riadeguamento antisismico vengano affrontate in un quadro di riferimento della classificazione sismica aggiornato alle conoscenze attuali.

Le analisi di stampo più marcatamente geologico, promosse in collaborazione con altri due progetti varati dal GNDT nel PE98 (Progetto 5.1.1 e 5.1.2), hanno permesso un balzo in avanti, soprattutto per quanto riguarda la formalizzazione delle conoscenze sulle strutture responsabili dei terremoti maggiori⁹; le 18 strutture parametrizzate sono state riconosciute come una parte delle sorgenti sismogenetiche presenti in Italia Centrale, censimento incompleto in quanto diversi terremoti forti riportati in catalogo non hanno ancora avuto un "accasamento". Altre due strutture sono state formalizzate tramite lo studio della distribuzione degli effetti macrosismici¹⁴. In quest'ultimo caso è difficile valutare l'incertezza associata alla definizione della sorgente: se appare chiara la necessità di modellazioni avanzate che tengano conto degli effetti geometrici e di direttività della sorgente, per ottenere una certa riproduzione del danneggiamento, ma non altrettanto è facile valutare il significato delle grandezze ricavate tramite l'utilizzo dei datasets di intensità. I parametri geometrici ed energetici si discostano da quanto previsto dalle relazioni di scala, adottate invece pesantemente per la parametrizzazione delle strutture riconosciute su base geologica, e si pone perciò un problema di omogeneità nel loro utilizzo congiunto. C'è altresì da considerare che gli eventi studiati possono anche essere l'espressione di sorgenti complesse, e comunque non è facile la gestione dell'incertezza sui valori di intensità macrosismica assegnati⁴.

¹⁰Contributo 12 della UO OGS-TS I; in questo volume a partire da pag. 137.

¹¹Contributo 1 curato dai coordinatori del Progetto 5.1.4; in questo volume a partire da pag. 10.

¹²Peruzza L. (1998): Progetto Microzonazione Sismica Umbria-Marche. Valutazione del moto sismico di riferimento -Approccio probabilistico. Relazione esterna OGS28/98 OGA7, Trieste, 12 pp.; e Internet: <http://seism.irs.mi.cnr.it/Ital/Rapp14/rap14.html>

¹³Contributo 2 della UO OGS-TS I; in questo volume a partire da pag. 19.

¹⁴Contributi 8 della UO OGS-TS2 (in questo volume a partire da pag. 88) e contributo 9 della UO POLIMII (a partire da pag. 107).

Detto tutto ciò, l'innovazione costituita dall'utilizzo di sorgenti individuali di terremoti, la cui attività viene quantificata anche per via geologica, ha due immediati risvolti, sulla pericolosità. Da un lato si ottiene una modifica sensibile sullo scuotimento atteso, la cui stima, fino ad oggi, era in pratica pilotata esclusivamente dall'informazione sismologica; dall'altro si devono affrontare nuove problematiche, legate al meccanismo globale di generazione dei terremoti, e di bilanciamento energetico complessivo, entrambi aspetti per i quali, oggi, non vi sono soluzioni univoche.

Le analisi statistiche, dal canto loro, forniscono elementi decisionali che possono essere molto importanti. Lo studio sulla variabilità del tempo di intercorrenza¹⁵ condotto esclusivamente sui terremoti in catalogo, individua tre fasi distinte nella sismicità di una parte dell'area investigata; i punti di cambio riconosciuti (1895-97; 1938-49) ripropongono il problema di stabilire la completezza di un set di dati su basi diverse (quali quelle ad esempio socio-storografiche), e più genericamente quello delle fluttuazioni dell'attività sismica nel tempo. Il confronto e taratura di diversi modelli di distribuzione¹⁶, utilizzati per valutare la probabilità di accadimento di un terremoto maggiore in funzione del tempo, è un importante tentativo di superamento dei problemi da sempre connessi all'utilizzo di tecniche statistiche su un campione statisticamente poco (o per nulla) significativo; rappresenta un elemento nuovo, frutto delle peculiarità delle informazioni disponibili per il nostro paese, e dello sforzo di trovare per loro un adeguato trattamento. Infine l'analisi di sensibilità¹⁰ consente di introdurre tentativamente le nuove informazioni nella stima della pericolosità sismica, ma anche di riconoscere gli elementi più critici sul risultato: il modello di sismicità adottato per la sorgente, il tempo medio di ritorno associato all'evento massimo, il tempo trascorso dall'ultimo evento massimo imputabile alla struttura, sono tutte informazioni di primaria importanza nella valutazione realistica della pericolosità a medio termine.

L'attività svolta per Umbria e Marche, e più genericamente per l'Italia Centrale, non si chiude con una visione unica della pericolosità per l'area; per il suo carattere sperimentale, il progetto MISHA ha impostato la catena di informazioni da raccogliere, e ha proposto un loro utilizzo nell'hazard, accettando determinate semplificazioni e ipotesi di lavoro. Ciò ad esempio, riguarda il comportamento attribuito alle diverse strutture, talvolta ipotizzate tramite un modello di sismicità continua nei valori di magnitudo rilasciata, oppure espressione di un comportamento tipo "terremoto caratteristico"; in alcuni casi la parametrizzazione stessa fa emergere delle possibili incongruenze, come avviene ad esempio in relazione ai tempi medi di ritorno attesi, o nel bilanciamento energetico complessivo. Per risolvere queste incertezze di fondo sarà necessario un ulteriore sforzo di comprensione, da affrontarsi nell'attività futura. Per ora, le mappe di pericolosità proposte sono solo diverse possibili visioni dell'hazard, soggette a integrazioni e rettifiche in relazione ad ogni nuovo elemento si renda disponibile. Anche se le conoscenze geologiche utilizzate nell'hazard sono state "congelate" prima della fine del progetto, è mia impressione che la comunità scientifica abbia recepito l'importanza dell'interazione ed integrazione delle diverse competenze, poichè il lavoro congiunto risulta l'unica arma possibile contro delle "previsioni-mostro".

¹⁵Contributo 10 della UO IAMI; in questo volume a partire da pag. 118.

¹⁶Contributo 11 della UO POLIM12; in questo volume a partire da pag. 126.

Esportabilità al resto del territorio nazionale

La palestra metodologica di MISHA aveva come ultimo obiettivo valutare anche l'applicabilità delle tecniche sperimentate al resto del territorio nazionale.

Sotto questo aspetto le conclusioni non indulgono all'ottimismo. Il dettaglio degli studi geologici disponibili per l'Italia centrale, in termini di comprensione dell'attività recente, è elevato, ed altrettanto si può affermare per la documentazione storica dei terremoti del passato. Molte crisi sismiche hanno interessato l'area nell'ultimo secolo, permettendo in tal modo analisi sismologiche vincolate anche da dati strumentali. Ciò nonostante restano sconosciute le sorgenti di diversi terremoti forti, ed è talvolta critico discriminare tra il potenziale sismogenetico di strutture morfologiche apparentemente attive, o individuare le caratteristiche di sorgenti sepolte.

La riformulazione della stima della pericolosità dell'intero territorio nazionale, nell'ottica di utilizzo di sorgenti individuali e modellazioni dipendenti dal tempo utilizzate da MISHA, comporterà sicuramente affrontare delle situazioni diverse, sia per quanto concerne il livello di conoscenze disponibili, sia in relazione alla fenomenologia.

Appare pertanto motivata una notevole cautela, per affrontare, in Italia, la previsione a medio termine nella giusta prospettiva: quella di un obiettivo strategico, che deve però essere perseguito con tempi e mezzi adeguati, per diventare uno strumento di vera crescita culturale, ma soprattutto di reale protezione dai terremoti del futuro.