

4. MODELLO DI SEGMENTAZIONE PER L'ITALIA CENTRALE: DAL CONSENSO SULLE STRUTTURE, ALLA PROBABILITA' DI ACCADIMENTO DI UN TERREMOTO MAGGIORE

Laura Peruzza

GNDT c/o OGS, Trieste

4.1 Introduzione

Nell'ambito delle attività programmate dal PE98 del GNDT, una serie di iniziative sono state mirate alla individuazione e riconoscimento di strutture sismogenetiche responsabili dei terremoti maggiori (vedi Scandone e Stucchi, 1998; Galadini e Vittori, 1998). In particolare, il progetto MISHA (Peruzza, 1998), nel ruolo di utilizzatore diretto dei risultati, è stato promotore di alcune operazioni che hanno stimolato il confronto fra i vari operatori coinvolti, per la definizione di parametrizzazioni formalizzate e condivise delle strutture note nel settore dell'Italia Centrale.

Esse possono essere così riassunte:

- 1) apertura/gestione di un dibattito telematico per il confronto delle ipotesi dei vari gruppi di ricerca (http://macrisk1.ogs.trieste.it/MISHA_web/forum/forum.html);
- 2) organizzazione, in collaborazione con i progetti 5.1.1 e 5.1.2 del Workshop "Caratteri sismogenetici del territorio italiano" (Roma, 30-31 marzo 1999);
- 3) organizzazione in collaborazione con F. Galadini della riunione ristretta denominata "CONSENSO" (Roma, 16 aprile 1999);
- 4) realizzazione di una sintesi sulla parametrizzazione degli elementi sismogenetici assoggettabili ad un trattamento time-dependent (Peruzza, 1999);
- 5) co-redazione di un documento descrittivo le conoscenze oggi disponibili sulle strutture responsabili dei terremoti maggiori in Italia Centrale: esso verrà diffuso come monografia finale alla chiusura delle attività del PE98 (Barchi et al., 1999).

Le strutture qui di seguito utilizzate ricalcano lo schema di consenso disponibile al giugno del 1999; per necessità computazionali, infatti, sono stati considerati ed utilizzati nella segmentazione qui proposta gli elementi emersi fino a quella data.

Per la descrizione delle caratteristiche delle strutture individuate si rimanda alla sintesi di cui al punto 4, e alla monografia di cui al punto 5.

Contributo dell'UO OGS-TS1

Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Borgo Grotta Gigante 42/c,
34010, Sgonico, Trieste

Responsabile: L. Peruzza

Contratto n.98.03227.PF54 (Michelini resp.)

e-mail 1° autore: lperuzza@ogs.trieste.it

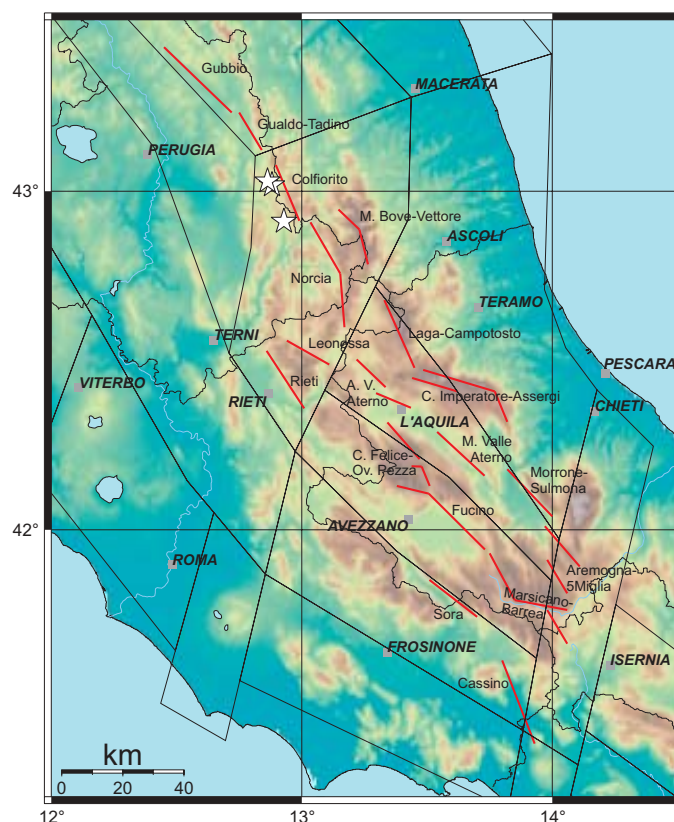


Fig. 1 - Mappa delle strutture riconosciute come potenziali sorgenti di terremoti forti in Appennino Centrale; viene rappresentata l'emersione superficiale reale o presunta delle strutture parametrizzate in Peruzza, 1999, e Barchi et al., 1999. Con tratto sottile nero sono disegnati i poligoni della zonazione sismogenetica ZS4, le stelle indicano le localizzazioni delle tre principali scosse della sequenza di terremoti umbro-marchigiana del 1997-98 (la figura a colori è riportata in Appendice a pag. 169).

In questo contributo, tramite alcune mappe e tabelle, verranno riassunte le informazioni essenziali delle strutture riconosciute, nell'ottica del loro utilizzo in una valutazione innovativa della pericolosità sismica che tenga conto di elementi lineari e dell'introduzione del fattore tempo nella previsione.

4.2 Caratteristiche geometriche ed energetiche

In Fig. 1 vengono sinteticamente rappresentate alcune strutture definite consensualmente responsabili di terremoti maggiori in Italia Centrale: le strutture sono state accorpate in tre raggruppamenti, di seguito denominati come sistema assiale, sistema orientale e sistema occidentale. Tutte le strutture individuate presentano caratteristiche di faglia diretta e/o transtensiva, con inclinazione variabile ma immersione a S-SW, ad eccezione della struttura denominata Leonessa. La traccia rappresenta una semplificazione dell'evidenza superficiale della struttura, qualora riconosciuta, o l'ubicazione presunta

Tab. 1 - Caratteristiche geometriche ed energetiche delle strutture di Fig. 1; W&C94 sta per Wells and Coppersmith, 1994.

	Segmento	V mm/yr	L	W	M max	RA da M (W&C94)	Area (L*W)	W da RA (W&C94)
C	Gubbio	0.80	15 (30)	11.5	6.0	112.20	172.50	7.48
E	Gualdo Tadino	0.60	15		6.2	163.68		10.91
N	Colfiorito	0.35	15	10.0	6.2	163.68	165.00	10.91
T	Norcia	0.65	35	13.0	6.7	420.73	455.00	12.02
R	AV Aterno	0.65	25	13.0	6.2	163.68	325.00	6.55
R	C. Felice - Ov. Pezza	0.95	20 (35)		6.5	288.40		14.42
L	Fucino	0.75	35		7.0	741.31		21.18
E	Marsicano-Barrea	0.30	30	13.0	6.7	420.73	390.00	14.02
	Bove - Vettore	0.55	18	14.0	6.6	348.34	252.00	19.35
E	Laga - Gorzano	0.30	20		6.6	348.34		17.42
S	C. Imperatore	0.85	35		7.0	741.31		21.18
T	MV Aterno	0.60	15 (22)		6.2	163.68		10.91
	Morrone-Sulmona	0.60	20		6.5	288.40		14.42
	Aremogna-5Miglia	0.30	20		6.2	163.68		8.18
O	Leonessa	0.30	15		6.2	163.68		10.91
V	Rieti	0.45	20		6.5	288.40		14.42
E	Sora	0.30	20		6.5	288.40		14.42
ST	Cassino	0.40	18		6.5	288.40		16.02

dell'emersione superficiale, per le strutture solamente ipotizzate. Nella caratterizzazione geometrico/energetica semplificata riportata in Tab. I di Peruzza, 1999, così come nella descrizione dettagliata della monografia finale si è fatto ampio ricorso a relazioni di scala, in particolare a quelle proposte da Wells and Coppersmith (1994); l'attendibilità dei valori proposti è pertanto al MASSIMO pari a quella derivata dalle relazioni empiriche.

La Tab. 1 che segue riporta le grandezze desumibili in base alla caratterizzazione geologica proposta, per la maggior parte dei casi desunte tramite leggi di scala.

In particolare, per ciascuna struttura viene indicato:

- slip rate (V): per la maggior parte dei segmenti si tratta del valore medio tra quelli forniti dagli esperti (intervallo in Tab. I di Peruzza, 1999);
- la lunghezza (L): si tratta in questo caso della lunghezza del segmento che si ritiene possa essere rappresentativo del terremoto massimo (lunghezza complessiva attribuita alla struttura, se eventualmente diversa, tra parentesi);
- lo spessore down-dip (W): nei casi in cui la geometria profonda è sufficientemente nota, e sono state accettate le ipotesi sullo spessore sismogenetico associato, viene data una valutazione indipendente della seconda dimensione lineare associabile alla faglia;
- la magnitudo massima attesa (Mmax): si tratta in qualche caso della magnitudo strumentale e/o storica dell'evento ritenuto il terremoto massimo per la struttura; negli altri casi del valore medio della valutazione su base di giudizio esperto, legata alle dimen-

- sioni superficiali;
- e) la stima dell'area di rottura (RA) derivata da leggi di scala per l'evento massimo;
 - f) la stima dell'area ottenuta dalle valutazioni indipendenti di lunghezza e spessore, qualora disponibili: è interessante notare alcune situazioni di sensibile discrepanza nelle due valutazioni (Gubbio, Alta Valle dell'Aterno, M. Bove-Vettore);
 - g) la stima dello spessore down-dip, ricalcolata a partire dalla RA e dalla lunghezza; rappresenta un elemento di controllo sulle profondità presunte per la sismogenesi.

Queste parametrizzazioni, pur non avendo nella maggior parte dei casi la dignità dei dati osservativi, consentono tuttavia di ragionare in modo quantitativamente più corretto sulle caratteristiche energetico-geometriche in gioco.

In Fig. 2 viene rappresentato in modo semplificato il momento sismico (N·m) associato all'evento massimo (relazione Hanks and Kanamori, 1979, ampiamente utilizzata anche dalla letteratura recente, ad esempio Ekstrom et al., 1998) nei vari segmenti. Sono rappresentate in diverso spessore le strutture classificabili in prima approssimazione nel tipo A e B, nella suddivisione proposta dal WGCEP (1990, 1995). Per le prime si ritiene noto il segmento di faglia maggiore, e la datazione dell'ultimo evento: è significativo notare che cinque strutture dispongono di eventi plurimi riconosciuti su base paleosismologica, ma solo nel caso del Fucino l'ultimo evento massimo è datato con precisione.

La Tab. 2 riporta le associazioni terremoto-struttura ricostruite in modo preliminare da letteratura (salvo errori e omissioni al giugno 1999).

Le strutture classificate come tipo B, sono faglie attive non modellabili in relazione al tempo trascorso dall'ultimo evento (da trattarsi cioè nell'ipotesi stazionaria): per la struttura denominata Media Valle dell'Aterno è inoltre stato ipotizzato un ulteriore declassamento al tipo C, ovvero a sorgente non dominata da una faglia maggiore: si tratta in realtà di una situazione che può essere invocata anche per altri casi dove si riscontra un elevato grado di frammentazione, con evidenze superficiali diverse, o solo presunte.

Questa analisi recepisce la classificazione più OTTIMISTICA SUL GRADO DI CONOSCENZA delle strutture, pur nella consapevolezza che essa è talvolta basata su ipotesi di lavoro che richiedono ulteriori approfondimenti.

4.3 Terremoto caratteristico e tempo medio di ritorno

La parametrizzazione geometrica ed energetica delle strutture responsabili dei terremoti maggiori ha come obiettivo ultimo individuare il comportamento della struttura stessa, per introdurlo nella valutazione della pericolosità sismica.

La classificazione delle strutture proposte per la California si basa sulla assunzione del comportamento a "terremoto caratteristico", situazione che appare lontana dall'essere completamente accettata negli stessi USA, ed esportabile, per lo meno in questo settore dell'Italia. I dati osservativi, a favore o contro questo modello di comportamento, sono assolutamente insufficienti: l'ipotesi di comportamento a terremoto caratteristico risulta più plausibile per le strutture riconosciute esclusivamente su base geologico-geomorfolo-

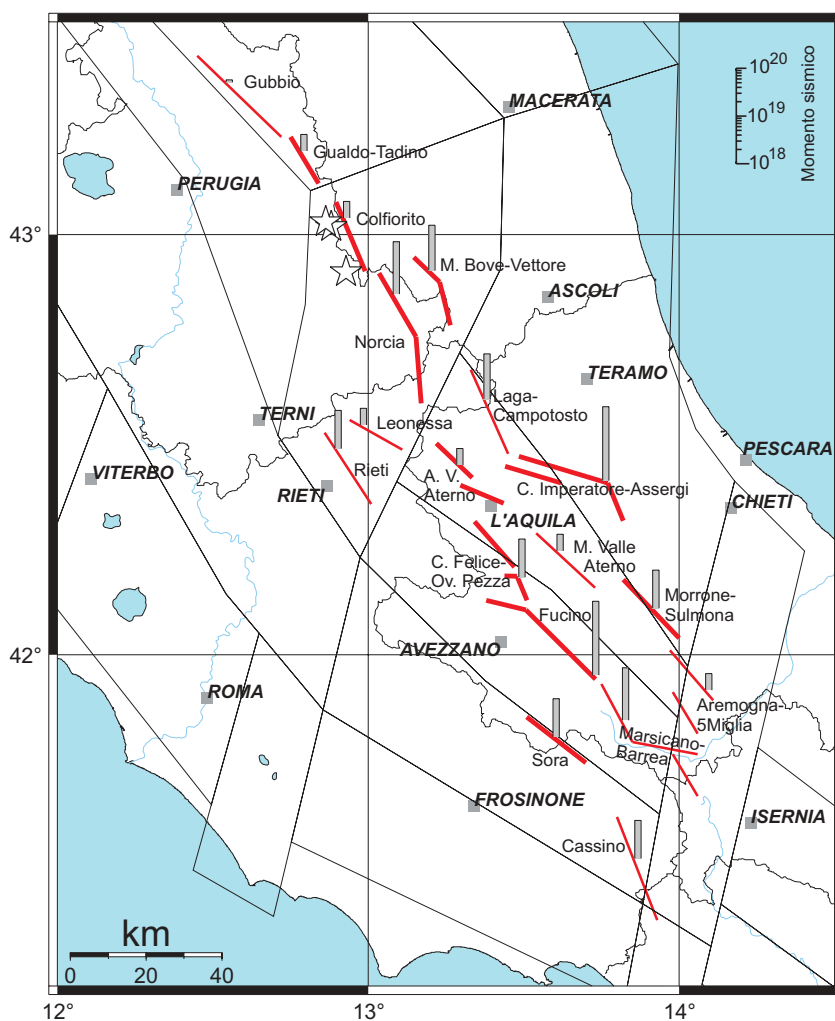


Fig. 2 - Rappresentazione schematica del M_0 (N-m) associato all'evento massimo per i segmenti individuati nei tre sistemi; l'altezza della colonnina è in scala logaritmica. A tratto ingrossato strutture classificate di tipo A, tratto sottile di tipo B.

gica, mentre quelle che hanno storicamente dimostrato il loro grado di attività hanno quasi sempre coinvolto diversi livelli energetici, in un comportamento assimilabile alla G-R.

La soluzione di questo problema è fuori dalla portata di questo contributo, così come dalle aspettative del progetto annuale MISHA: ciò nonostante è utile tentare, comunque, la parametrizzazione del tempo medio di ritorno atteso per l'evento massimo, sia esso inteso come evento caratteristico, o come magnitudo massima di una G-R troncata.

Il tempo medio di ritorno può essere ricavato solo dalla parametrizzazione geometrico-cinematica sopra descritta: non sono infatti disponibili osservazioni plurime di intertempi sulla stessa struttura tali da poterne ricavare un qualsivoglia valore medio (vedi Tab. 2). In Fig. 3 vengono riportate le stime ottenute per le strutture dei tre diversi sistemi: la barra orizzontale indica l'intervallo ottenuto nel rapporto slip per evento/slip rate (i dati

Tab. 2 - Datazione eventi associati alle strutture di Fig. 1.

Struttura	Tipo	Tlast (a.D.)	Datazioni eventi M~>6.5	Riferimenti
Gubbio	B?	?		
Gualdo Tadino	A	1751		
Colfiorito	A?	1997?		
Norcia	A	1703	1328 1703	Lavecchia, 1999 Galadini et al., 1999
Alta Valle dell' Aterno	A	1703		
C. Felice - Ovindoli - Pezza	A	1300	866-1300 =>801 A.D. 1900+/-70 B.C. ~ 5000 B.C.	Pantosti et al., 1996
Fucino	A	1915	500-885 =>801 A.D. 1000-1400? 1915	Michetti et al., 1996
Marsicano - V. di Sangro - Barrea	B	?		
M. Bove - M. Vettore	A	<350	2325-1920 B.C. 65-350 A.D.	Blumetti, 1995
Laga - Campotosto - Gorzano	B	?		
C. Imperatore - Assergi	A?	<1000	< 18000 B.P. 14000-12000 B.P. 7000-5450+/-170 B.P. post 3490+/-160 B.P.	Giraudi and Frezzotti, 1995
Media Valle Aterno	B?	?		
M. Morrone - Sulmona	A?	<100		
Aremogna - Cinquemiglia -Pizzalto	B?	?		
Leonessa	B	?	?	
Rieti	B?	?	2 paleoterremoti	Cavinato et al., 1989
Sora	A	1654?		
Cassino	B?	?		

sono tabulati in Tab. I di Peruzza, 1999); i circoli invece sono il valore ottenuto con la tecnica definita “conservazione del tasso di momento sismico del segmento”, come proposto da Field et al. (1999), riportata in eqn. (1):

$$1/T = \text{Char_Rate} = \mu \cdot V \cdot L \cdot W / 10^{1.5 \cdot M + 9.05} \quad (1)$$

T indica il periodo di ritorno, Char_Rate il tasso annuo medio di occorrenza, μ è il modulo di rigidità, posto pari a $3.0 \cdot 10^{10}$ N·m, e le altre grandezze sono quelle definite in Tab. 1.

L'eventuale incongruenza tra i due valori può essere considerata un elemento di

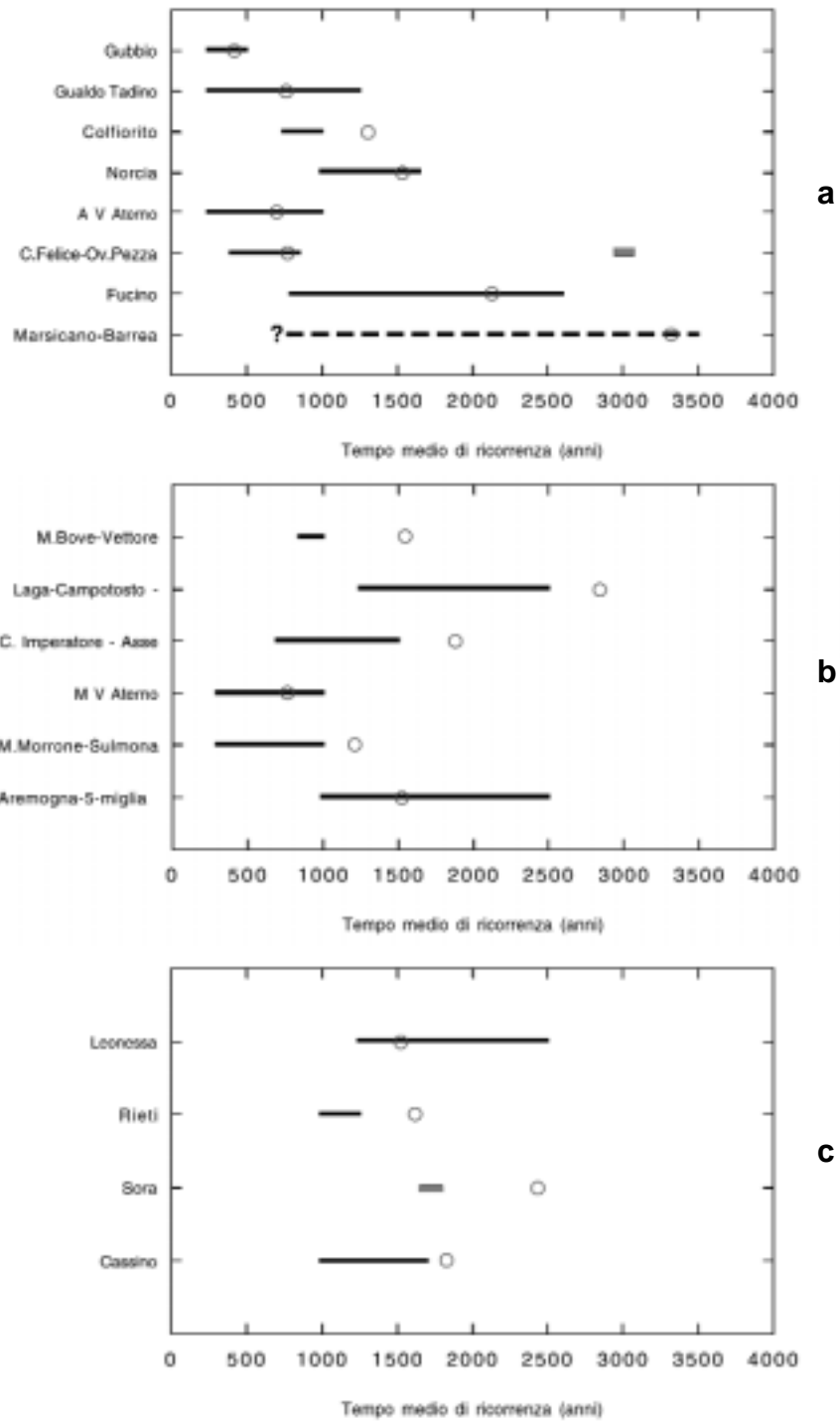


Fig. 3 - Stima del tempo medio di ricorrenza dell'evento massimo, per le strutture rappresentate in Fig. 1; a) sistema centrale; b) sistema orientale; c) sistema occidentale. La barra orizzontale rappresenta la variazione del tempo di ricorrenza calcolato come rapporto slip per evento/ slip rate; il circolo vuoto è il valore calcolato tramite l'eqn. (1). Per la struttura Ovindoli-Pezza esiste una valutazione su base paleosismologica (Pantosti et al., 1996).

ricontrollo sulle quantificazioni dell'attività prima riportate. Si fa notare il maggior grado di incongruenza fra i due metodi nei settori orientale e occidentale (Fig. 3b, c) rispetto a quanto previsto nel sistema assiale (Fig. 3a). I tempi medi di ritorno attesi sono diversi tra loro, ma rispondono complessivamente alla logica delle diverse magnitudo massime ipotizzate per le varie strutture (vedi Fig. 2)

L'incertezza nella stima del tempo medio di ritorno rappresentata in Fig. 3 è tutto sommato contenuta, se si confronta la dispersione degli intertempi nei casi in cui essi vengono riconosciuti con osservazioni sperimentali; bisogna però ricordare che nei grafici di Fig. 3 la barra orizzontale rappresenta solo la variazione esplicitamente dichiarata nei parametri slip per evento e slip rate, il cui rapporto fornisce la stima del tempo medio di ricorrenza. Nella maggior parte dei casi questi parametri sono derivati da relazioni di scala, e i dati sperimentali reali sono limitatissimi: è pertanto privo di significato cercare di valutare l'attendibilità sul tempo medio di ritorno, poichè questa risulterebbe una funzione della attendibilità delle relazioni di scala (Wells and Coppersmith, 1994) utilizzate per la parametrizzazione.

4.4 Probabilità di accadimento di un evento massimo

Le incertezze nella parametrizzazione degli elementi responsabili delle strutture maggiori sono molte: ciò nonostante questo è più o meno quanto disponibile ad oggi.

Altrettanto critica si sta dimostrando la letteratura specifica riguardo all'utilizzo di modelli di occorrenza dei terremoti che non siano adeguatamente supportati da evidenze sperimentali; in particolare diversi autori hanno descritto la significatività di alcune stime quali ad esempio quelle relative alla probabilità di accadimento di un terremoto (ad es. Savage, 1991) mettendo sotto una luce diversa i risultati conseguiti.

Questo premesso, la valutazione della probabilità di un evento massimo per le diverse strutture deve essere interpretata come la stima OGGI disponibile, ESEMPIO di UTILIZZO dei dati prima raccolti e commentati, soggetto a revisioni e modifiche con l'aumento delle conoscenze: non si vuole enfatizzare perciò l'effettivo carattere predittivo, ma piuttosto l'aspetto metodologico.

In Fig. 4 viene riportato in un grafico a doppia ordinata il tempo trascorso dall'ultimo evento maggiore (scala a sinistra) e la probabilità di accadimento di un evento simile nel periodo 1999-2030; la metodologia utilizzata è quella adottata per il test nell'arco calabro (Peruzza et al., 1997), e similmente ad allora, per stimare la probabilità condizionata di accadimento di un evento, inteso come l'evento massimo, viene considerata una distribuzione lognormale. Il tempo medio per ciascuna struttura è stato preso pari al valore ottenuto dalla conservazione del tasso di momento sismico nel segmento (circoli vuoti in Fig. 3); la deviazione standard associata è pari a 0.4, valore imposto come approssimazione sull'attendibilità delle relazioni empiriche utilizzate nella parametrizzazione. Anche se le strutture classificate nel tipo B non hanno la datazione dell'ultimo evento, e pertanto gli eventi su di esse possono essere trattati correttamente solo come fenomeni

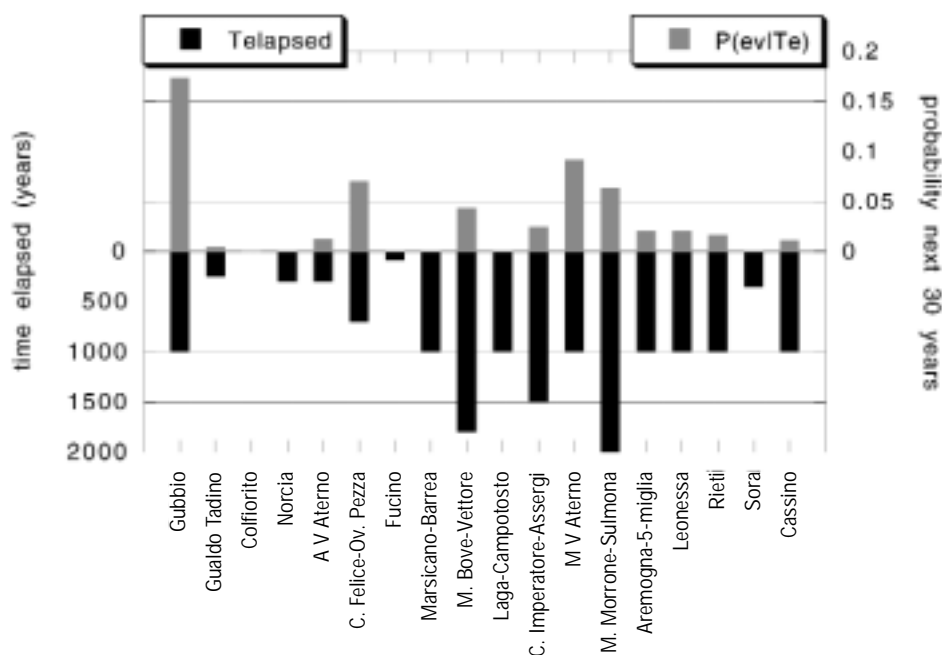


Fig. 4 - Probabilità di occorrenza di un evento massimo nei prossimi 30 anni, sulle strutture parametrizzate (scala delle ordinate sulla destra) e tempo consumato dall'ultimo evento (scala delle ordinate sulla sinistra). Per le strutture prive della datazione dell'ultimo evento (tipo B) il tempo trascorso è stato imposto pari a 1000 anni.

stazionari, a titolo di semplice confronto si è imposto un ipotetico tempo trascorso dall'ultimo evento di 1000 anni alle strutture classificate nel tipo B.

Il grafico serve come prima ipotesi di lavoro, nella piena consapevolezza che la significatività di queste stime può essere anche molto limitata, date le incertezze ereditate nella parametrizzazione.

4.5 Conclusioni

Il merito principale della formalizzazione di strutture sismogenetiche in termini semplici, geometrici ed energetici, è quello di consentire il controllo delle grandezze in gioco, e l'utilizzo della parametrizzazione ottenuta nelle analisi di pericolosità. Leggi di correlazione tra magnitudo massima, lunghezza, spessore e velocità di deformazione, in assenza di un vincolo forte dato da osservazioni sperimentali ripetute, possono essere dei surrogati per ottenere una delle informazioni necessarie nell'applicazione di un approccio non poissoniano alla pericolosità sismica: il tempo di ritorno atteso per un determinato evento. Esse consentono di fare emergere delle eventuali incongruenze, ma non potranno mai validare le ipotesi di lavoro.

Confrontando due tecniche diverse che in modo indiretto consentono di calcolare

il tempo medio di ricorrenza (vedi Fig. 3) risulta che:

- 1) sono congruenti nei due metodi le stime di 9 strutture sulle 18 parametrizzate;
- 2) negli altri casi il tempo medio ottenuto dal rapporto di eqn.(1) è sempre superiore a quello dato dal rapporto slip per evento / slip rate.

Ciò suggerisce almeno un attento ricontrollo delle caratteristiche geometrico-energetiche dei sistemi orientale ed occidentale.

Data l'inattività presunta nel periodo storico, le strutture maggiormente "esposte" all'accadimento di un evento maggiore nei prossimi anni appaiono quelle del sistema orientale. La struttura di Gubbio presenta il valore in assoluto più elevato di probabilità di occorrenza dell'evento massimo; non bisogna però dimenticare che il tempo trascorso dall'ultimo evento non è noto (ma è stata arbitrariamente imposto a 1000 anni) e soprattutto che la magnitudo massima attesa è la più bassa ($M \sim 6.0$), con un tempo di ricorrenza quindi sensibilmente inferiore a quello delle altre strutture. L'affidabilità delle stime di probabilità ottenute è di difficile valutazione, data l'impossibilità di conoscere le incertezze che stanno a monte nei parametri utilizzati per l'applicazione di un modello probabilistico di occorrenza.

Restano aperte numerose questioni: fra queste, come ulteriore stimolo agli approfondimenti, si fa notare che nel modello di segmentazione proposto:

- 1) i segmenti non sono strettamente adiacenti;
- 2) non sono previsti eventi in cascata che coinvolgano contemporaneamente più segmenti.

Sono queste assunzioni molto importanti per la stima delle pericolosità, che richiedono pertanto ulteriori indagini mirate.

Ringraziamenti. Questo contributo non avrebbe potuto essere realizzato senza il lavoro del gruppo di ricercatori che hanno lavorato alla sintesi delle conoscenze geologiche disponibili per l'area (Barchi et al., 1999): un grazie particolare a Giusy Lavecchia, che tenacemente ha formalizzato le conoscenze su alcune strutture, proponendo una schematizzazione delle informazioni presa poi come riferimento per tutte le altre.

Bibliografia

- Barchi 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.
- Blumetti A. M. (1995): Neotectonic investigations and evidence of paleoseismicity in the epicentral area of the January-February 1703, Central Italy, earthquake. Association of Engineering Geologists, *Perspectives in Paleoseismology*, Special Publication No. 6, 83-99.
- Cavinato G. P., Chiaretti F., Cosentino D. and Serva L. (1989): Caratteri geologico-strutturali del margine orientale della Conca di Rieti. *Boll. Soc. Geol. It.*, **108**, 207-218.
- Ekstrom G., A. Morelli, E. Boschi and A. M. Dziewonsky (1998): Moment tensor analysis of the Central Italy earthquake sequence of September-October 1997. *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1971-1974.

- Field E. H., Jackson D. D., and J. F. Dolan (1999): A Mutually Consistent Seismic-Hazard Source Model for Southern California. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **89**, 559-578.
- Galadini F. e E. Vittori (coord.) (1998): Progetto 5.1.2 Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili. CNR-GNDT Progetto Esecutivo 1998, Internet: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/P512/home.html>
- Galadini F., Galli P., Leschiutta I., Monachesi G. and Stucchi M. (1999): Active tectonics and seismicity in the area of the 1997 earthquake sequence in central Italy: a short review. *Journ. Seism.*, **2**, 167-175.
- Giraudi C. and Frezzotti M. (1995): Paleoseismicity in the Gran Sasso Massif (Abruzzo, Central Italy). *Quat. Int.*, **25**, 81-93.
- Hanks T. C. and H. Kanamori (1979): A moment magnitude scale. *J. Geophys. Res.*, **84**, 2348-2350.
- Lavecchia G. (resp.) (1999): Analisi delle relazioni tra sismicità e strutture tettoniche in Umbria - Marche - Abruzzo finalizzata alla realizzazione della mappa delle zone sismogenetiche. CNR-GNDT, contributo al Progetto 5.1.1, Internet: http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/P511/UNI_CH1/re1990703.html
- Michetti A. M., Brunamonte F., Serva L. and Vittori E. (1996): Trench investigations of the 1915 Fucino earthquake fault scarps (Abruzzo, Central Italy): geological evidence of large historical events. *J. Geophys. Res.*, **101**, 5921-5936.
- Pantosti D., D'Addezio G. and Cinti F. R. (1996): Paleoseismicity of the Ovindoli-Pezza fault, Central apennines, Italy: a history including a large previously unrecorded earthquake in Middle Ages (890-1300). *J. Geophys. Res.*, **101**, 5937-5959.
- Peruzza L., Pantosti D., Slejko D. and Valensise L. (1997): Testing a New Hybrid Approach to Seismic Hazard Assessment: an Application to the Calabrian Arc (Southern Italy). *Natural Hazard*, **14**, 113-126.
- Peruzza 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
- Peruzza L. (a cura di) (1999): *Parametrizzazione degli elementi sismogenetici assoggettabili ad un trattamento time-dependent*. Relazione esterna OGS18/99 OGA6, Trieste, 12 pp., e Internet: http://macrisk1.ogs.trieste.it/MISHA_web/text/fase1.html
- Savage J. C. (1991): Criticism of some forecasts of the national earthquake prediction evaluation council. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **81**, 862-881.
- Scandone P. e M. Stucchi (coord.) (1998): Progetto 5.1.1 Mappa delle zone sismogenetiche e probabilità degli eventi associati. CNR-GNDT Progetto Esecutivo 1998, Internet: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/P511/home.html>
- Wells D. L. and Coppersmith K. J. (1994): New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **84**, 974-1002.
- Working Group on California Earthquake Probabilities (1990): *Probabilities of Large Earthquakes in the San Francisco Bay Region, California*, U.S. Geological Survey, Circular 1053, 51 pp.
- Working Group on California Earthquake Probabilities (1995): Seismic Hazards in Southern California: Probable Earthquakes, 1994-2024. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **85**, 379-439.