

Cartografia geologica e tettonica attiva: un matrimonio impossibile?

*Geologic cartography and active tectonic studies:
an impossible marriage?*

VALENSISE G. (*)

ABSTRACT – Over the past four decades the investigation of active faults and seismogenic sources in Italy has proceeded through different stages. These are listed and briefly discussed in this note along with the most significant papers that punctuated this path.

PAROLE CHIAVE: Cartografia geologica, grandi terremoti, sismotettonica, tettonica attiva

KEY WORDS: Active tectonics, geologic cartography, large earthquakes, seismotectonics

1. – CAPIRE I TERREMOTI PER CAPIRE LA GEOLOGIA

In una presentazione al *Meeting AIQUA* tenutosi a Parma nel 1997 sostenni che “...per il geologo un forte terremoto è quell'occasione unica durante cui vengono illustrati in modo istantaneo l'andamento e l'entità degli effetti in superficie della dislocazione su una faglia profonda”. A distanza di alcuni anni e dopo diversi altri terremoti penso sempre di più che quell'affermazione sia uno dei capisaldi del lavoro del geologo in aree attive. Dai grandi terremoti si apprendono importanti elementi della geologia e dell'evoluzione tettonica, alcuni dei quali molto difficili da cogliere in altra maniera. Negli ultimi 30 anni lo studio dei terremoti ha in effetti consentito di comprendere aspetti dell'evoluzione

geologica recente della penisola che non erano stati colti nella loro interezza – o non erano stati colti affatto - dalla geologia tradizionale.

In questa nota tratteggio sinteticamente l'evoluzione delle ricerche geologiche sulla sismogenesi dell'Italia, distinguendo tre fasi cronologiche e i principali eventi e avanzamenti della conoscenza che le hanno caratterizzate.

2. – ANNI '60 E '70: I PIONIERI

Sorprendentemente, il dibattito geologico sulle faglie attive e sulla sismogenesi è approdato in Italia solo tra la fine degli anni '60 e la metà degli anni '70, forse anche come effetto di un rinnovato interesse sul tema da parte della comunità internazionale, motivato in ultima analisi dalle ricerche per il *siting* delle centrali nucleari. Un posto d'onore in questo dibattito genuinamente pionieristico spetta certamente a BOSI (1975), che propose di avviare un'azione di riconoscimento sistematico di faglie attive sulla base della loro espressione superficiale. Negli stessi anni, sotto l'egida del Progetto Finalizzato Geodinamica, veniva ultimata la compilazione del Modello Strutturale d'Italia, della Carta Tettonica d'Italia, della Carta Neotettonica dell'Italia meridionale

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma

(anche se i relativi prodotti sarebbero stati pubblicati solo qualche anno dopo). Complessivamente queste esperienze gettavano un primo ponte tra l'evidenza geologica di superficie, quella accessibile a ogni geologo di terreno, e il verificarsi di grandi terremoti, così come si riteneva logico che fosse e così come avveniva con successo nelle aree a più elevata sismicità del mondo occidentale. Tuttavia, sul clima di generale ottimismo riguardo alla capacità del geologo di terreno di identificare i principali elementi della tettonica attiva e di anticipare l'esistenza di faglie sismogenetiche stavano per piovere le prime delusioni. Gli studi sui terremoti di quegli anni, e segnatamente quelli del Belice del 1968 e del Friuli del 1976, sembravano infatti dimostrare che quegli eventi non avevano interessato nessuna delle faglie note; sembrava addirittura impossibile identificare una faglia - per quanto fino ad allora ignota - che potesse esserne considerata la sorgente scatenante.

Il terremoto dell'Irpinia del 1980, che fu anche decisamente più energetico e complessivamente più devastante dei due eventi che lo avevano preceduto, sembrò l'ennesima dimostrazione di una curiosa "anomalia italiana"; l'assenza - quantomeno apparente - di tracce superficiali delle faglie sismogenetiche spinse molti a ritenere che in Italia la geologia, la tettonica attiva e la sismologia fossero tre settori disciplinari ad intersezione nulla. La California, la faglia di San Andreas e tutta la letteratura sismo-geologica anglosassone di quegli anni non potevano apparire più lontane di così! Anche gli studiosi statunitensi, tuttavia, dovevano aver attraversato una fase simile, tanto da dire al sismologo C.F. RICHTER nel 1958 che "... *Because of the dispersion of seismological literature, geologists often overlook or ignore it. A recent paper on the geomorphology of a highly seismic region discusses rift valleys and faults, but ignores well-described faulting on two historical occasions, omits study of earthquake locations ... and ends with an airy generality to the effect that the frequent earthquakes show that block movements are still going on...*".

3. – ANNI '80 E '90: LA RISCOPERTA

Nel 1984 WESTAWAY & JACKSON, due sismologi inglesi, pubblicarono sulla prestigiosa rivista *Nature* un accurato resoconto degli effetti in superficie del terremoto del 1980. Seppure con ritardo si apriva una fase di studio che avrebbe non solo rivoluzionato gli studi di tettonica attiva in Italia, ma avrebbe dato vita a un nuovo settore disciplinare a cui si dedicarono con passione ricer-

catori dell'ENEA, del CNR, dell'INGV (allora ING) e di varie università. Quasi a cercare di recuperare il tempo perduto uscirono ampie sintesi degli effetti in superficie dei grandi terremoti del passato, come nel caso dello studio condotto da SERVA *et alii* (1986) sul terremoto di Avezzano del 1915, e fiorirono ricerche sui terremoti dello Stretto di Messina del 1908, di Gubbio del 1984 e della Valcomino dello stesso anno. Ma il vero elemento di rottura restava il terremoto dell'Irpinia, che in pochi secondi aveva messo sotto gli occhi dei geologi una serie di testimonianze della tettonica attiva assolutamente incontrovertibili ma al tempo stesso impossibili da ricavare da un'analisi geologica convenzionale. Uno studio dettagliato condotto da PANTOSTI & VALENSISE, (1990) concludeva che il terremoto era stato generato da una grande faglia che per gran parte della sua lunghezza non coincideva con faglie mappate in precedenza e che mostrava una sorprendente ma chiara tendenza a "rovesciare" la topografia, sollevando le valli e ribassando le dorsali (fig. 1). Con la sola - e in qualche misura sospetta - eccezione del versante NE del Monte Cervialto, il terremoto



Fig. 1 – Daniela Pantosti osserva la scarpata di faglia creata dal terremoto campano-lucano del 23 novembre 1980 (Ms 6.8) sul M. Carpineta. La faglia, che non seguiva alcun elemento già noto e che fu descritta in letteratura solo a partire dal 1984, ribassava la cima del monte rispetto alla Valle del Sele, opponendosi alla topografia.

- Daniela Pantosti looks at the fault scarp generated by the 23 November 1980, Campania-Lucania earthquake (Ms 6.8) near the top of Mt. Carpineta. The scarp did not follow any previously mapped fault and was reported in literature only in 1984. Overall, the fault dropped the top of the mountain relative to the adjacent Sele Valley, therefore opposing the local topography.

non aveva riattivato neppure passivamente la faglia note, mostrando di essere stato generato da una faglia “giovane”, figlia di una tettonica “nuova”.

C'è forse da chiedersi perché questa sintesi, che fu poi largamente accettata e condivisa, sia arrivata a maturazione quasi un decennio dopo il terremoto. La spiegazione è forse nel fatto che in quegli anni i modelli geodinamici a grande scala tendevano a prevalere sulle oggettivamente modeste e talora “bislacche” tracce di fagliazione superficiale lasciate dal terremoto. Ad esempio, la pendenza verso NE del piano di faglia principale, messa subito in evidenza dai sismologi, venne contestata a lungo sulla base della diffusa convinzione che l'Appennino meridionale fosse separato dal Tirreno da una gradinata di faglie necessariamente pendenti verso SO.

In sintesi, il terremoto del 1980 ha messo in moto un nuovo modo di pensare la tettonica attiva, portando alla scoperta di molte altre faglie attive e creando le premesse per una straordinaria crescita di questo settore disciplinare. Dai forti terremoti del XX secolo abbiamo appreso che il rapporto tra le faglie sismogenetiche e la loro espressione nella geologia e nel paesaggio è molto più complessa di quanto non si ritenesse in passato, perché:

- la tettonica in atto lungo la catena appenninica è geologicamente giovane;
- in un sistema tettonico giovane le faglie attive hanno bisogno di tempo per dare al paesaggio una impronta caratteristica e manifestarsi chiaramente in modo fragile, sempre che non restino comunque cieche;
- frattempo, la geologia di terreno e il paesaggio saranno dominati da faglie legate a sistemi tettonici preesistenti (estinti);
- seconda dei casi queste faglie antiche potranno essere sepolte, ringiovanite grazie al sollevamento regionale, o riattivate selettivamente da una sottostante faglia attiva di ordine gerarchico superiore.

Queste condizioni rendono il rilevamento geologico delle aree attive certamente più difficile e ambiguo, per il duplice e concreto rischio di “perdere” le faglie principali e mappare invece come attive strutture che non lo sono affatto.

4. – POST-2000: LA SISTEMATIZZAZIONE

A partire dalla seconda metà degli anni '80 i ricercatori italiani hanno iniziato a identificare con sistematicità le principali faglie poten-

zialmente sismogenetiche del territorio nazionale, spingendosi a considerare anche faglie nascoste o cieche, ovvero prive di espressione superficiale fragile, come ad esempio quelle che si trovano al di sotto della Pianura Padana. Circa un decennio dopo è nata la necessità di sistematizzare queste conoscenze, per:

- ad altri ricercatori di valutare attraverso una banca-dati la congruità dei modelli di sorgente sismogenetica proposti, possibilmente all'interno di un sistema GIS e quindi con possibilità di confronto con altri dati georiferiti;
- favorire la possibilità che gli altri ricercatori contribuiscano allo sviluppo di un modello unitario della sismogenesi;
- ai potenziali utilizzatori l'insieme delle sorgenti sismogenetiche note in una forma organizzata e facilmente accessibile;
- valutazioni di congruità geologica e geodinamica, valutazioni di completezza e nuove ipotesi su sorgenti ancora non identificate, attraverso la visione complessiva dell'intero contenuto della banca-dati.

Tra il 2000 e il 2001 sono stati così pubblicate tre banche-dati con le caratteristiche descritte:

- ITHACA, una banca-dati gestita da un GIS, accessibile via Internet e specificamente dedicata alle cosiddette “faglie capaci” (MICHETTI *et alii*, 2000);
- “*Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie*”, una banca-dati curata dal GNDT-CNR (GALADINI *et alii*, 2000);
- DISS, un sistema GIS accessibile anche via Internet dedicato specificamente a sorgenti sismogenetiche capaci di terremoti di $M > 5.5$. (VALENSISE & PANTOSTI, 2002; DISS Working Group, 2007), (fig. 2).

La banca-dati del GNDT-CNR non è stata aggiornata successivamente; parte dei dati e dell'*expertise* in essa contenuti sono confluiti nel DISS, oggi disponibile in versione 3.0.4. A sua volta ITHACA ha recentemente ripreso ad essere aggiornata dopo una stasi di qualche anno. DISS, che è gemellato con analoghe banche dati del Giappone, della Nuova Zelanda e degli Stati Uniti, è diventato uno dei riferimenti per la nuova *Carta di Pericolosità Sismica di riferimento per il territorio nazionale* (zonesismiche.mi.ingv.it), nonché per le attività di prevenzione del rischio sismico finanziate dal Dipartimento della Protezione Civile.

Dopo un percorso durato almeno tre decenni e punteggiato da delusioni, parziali successi e cambiamenti di rotta, la Geologia è oggi finalmente un elemento-chiave per la mitigazione del rischio sismico in Italia.

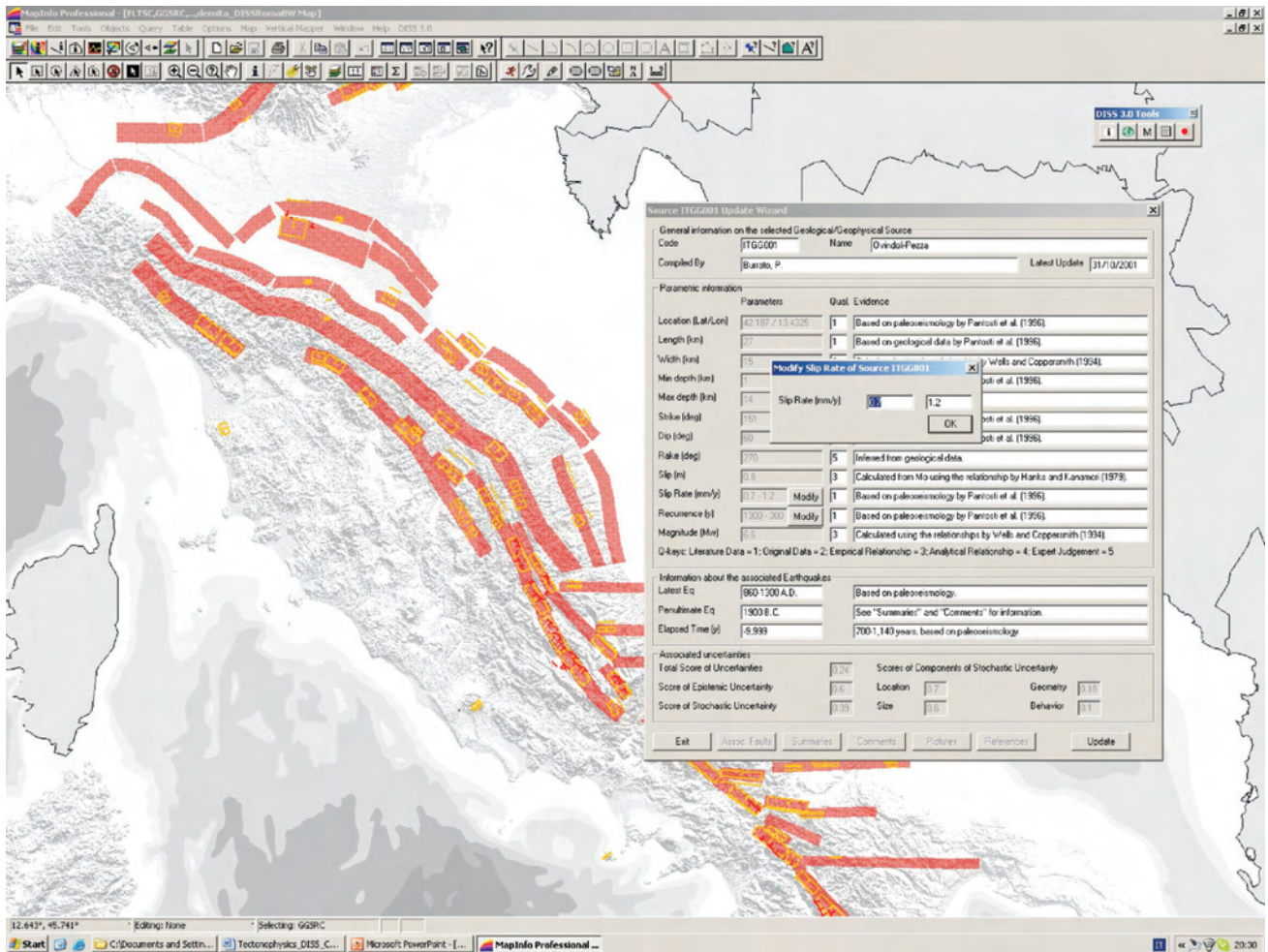


Fig. 2 – Sessione di lavoro con il sistema GIS che gestisce il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS version 3.0.4; DISS Working Group, 2007). Sono mostrate le sorgenti sismogenetiche individuali (GG, in giallo) e quelle areali (SA in rosso). Ulteriori dettagli in BASILI *et alii* (2007). - Working session with the GIS that runs the Database of Individual Seismogenic Sources (DISS version 3.0.4; DISS Working Group, 2007). Individual seismogenic sources (GG) and areal seismicogenic areas (SA) are shown in yellow and red, respectively. For further information the reader may refer to BASILI *et alii* (2007).

BIBLIOGRAFIA

- BASILI R., VALENSISE G., VANNOLI P., BURRATO P., FRACASSI U., MARIANO S., TIBERTI M. & BOSCHI E. (2008) – *The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology*, Tectonophysics, 453: 20-43.
- BOSI C. (1975) – *Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino Centrale*. Boll. Soc. Geol. It., **94**: 827-859.
- DISS WORKING GROUP (2007) - *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. © INGV 2007 - All rights reserved (www.ingv.it/DISS).
- GALADINI F., MELETTI C. & VITTORI, E. (2000) - *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie*. In: "Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)" CNR-Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti - Roma, 107-136.
- MICHETTI A. M., SERVA L. & VITTORI E. (2000) - *ITHACA*

Italy Hazard from Capable Faults: a database of active faults of the Italian onshore territory. CD-Rom e note, ANPA, Roma (www.apat.gov.it/ithaca).

- PANTOSTI D. & VALENSISE G. (1990) - *Faulting mechanism and complexity of the 23 November 1980, Campania-Lucania earthquake, inferred from surface observations*. J. of Geophys. Res., **95**: 15,319-15,341.
- RICHTER C. F. (1958) – *Elementary seismology*. Freeman & Co. (Ed.), San Francisco, 768 pp.
- SERVA L., BLUMETTI A. M. & MICHETTI A. M. (1986) – *Gli effetti sul terreno del terremoto del Fucino (13 gennaio 1915); tentativo di interpretazione della evoluzione tettonica recente di alcune strutture*. Mem. Soc. Geol. It., **35**: 893-907.
- VALENSISE, G. & PANTOSTI, D. (A CURA DI) (2001) – *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. Ann. Geofis. **44**, Suppl. 1, con CD-ROM.
- WESTAWAY R. & JACKSON J. A. (1984) – *Surface faulting in the southern Italian Campania-Basilicata earthquake of 23 November 1980*. Nature **312**: 436-438.