

## CARTA E BASE DI DATI DELLE FAGLIE CAPACI PER L'ITALIA CENTRO-MERIDIONALE: PRESENTAZIONE E STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO ITHACA \*

E. Vittori<sup>(1)</sup> - L. Maschio<sup>(1)</sup> - L. Ferrelli<sup>(2)</sup> - A.M. Michetti<sup>(2)</sup> - L. Serva<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), Roma

<sup>(2)</sup>CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), Unità di Ricerca c/o ANPA, Roma

**ABSTRACT** - *Map of capable faults and database for Central and Southern Italy: introduction to the ITHACA Project* - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 10(2), 1997, 305-312 - Under the auspices of the Italian Agency for the Protection of the Environment, and in cooperation with the National Group for Earthquake Protection (GNDT) of CNR (National Council of Research, Italy), a project is in progress to study surface faulting features in Italy and to develop a catalogue of capable faults. Ground displacement governed by tectonics is known to be associated with strong earthquakes causing severe damage to inhabited areas. However, also "aseismic" slow movements along faults may cause significant topographic changes which may bring about damages to buildings and engineering facilities. Thus, a careful investigation of all tectonic structures capable to displace the ground surface is of primary importance to define the seismic risk of an area and to reduce future damage. The project ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) will therefore provide a source of information over the entire national territory for seismic and geologic risks reduction and Emergency Management plans. From the analysis of the pertinent literature and field observations we derived a database, which includes fault data, paleoseismological data, seismicity data and lists of references. A Geographical Information System (ARC/INFO) allows the setting up of maps and the query of datasets. The first results described in this note refer to the Central and Southern Apennines. We argue the term *capable fault* should be more widely applied in active tectonics and seismic hazard studies in order to minimize the misunderstanding commonly generated by an equivocal use of adjectives such as "active" and "seismogenic".

Parole chiave: Fagliazione superficiale, sismogenesi, pericolosità sismica, pianificazione territoriale, sistema informativo a base territoriale, Appennino centro-meridionale, Italia

Keywords: Surface faulting, seismogenesis, seismic hazard, land use planning, G.I.S., Central and Southern Apennines, Italy

### 1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle proprie attività di studio nel campo della mitigazione dei rischi ambientali e della collaborazione in atto con il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), Settore Difesa del Suolo, ha avviato la compilazione di una banca dati e della cartografia associata relativamente alle faglie capaci (*capable faults*; Slemmons & Mckinney, 1977; IAEA, 1991), faglie aventi un significativo potenziale di dislocazione superficiale in un futuro di interesse sociale. Scopo del progetto, denominato ITHACA (*Italy Hazard from Capable faults*) è l'individuazione di questi elementi tettonici e la loro caratterizzazione in termini geologici, sismici e geomorfologici. L'insieme di tali informazioni rappresenta uno strumento applicativo per la valutazione della vulnerabilità ambientale associata a movimenti superficiali lungo segmenti di faglia e, in particolare, per la mitigazione del rischio sismico.

I fenomeni di fagliazione superficiale sono generalmente legati a forti rilasci di energia sismica, cioè a terremoti distruttivi. Tuttavia, la definizione di faglia capace include anche movimenti lenti ("asismici") in corrispon-

denza della superficie topografica. Questa fenomenologia, definita *fault creep* nella letteratura internazionale (per es., Louie, 1985), seppur rara in Italia e nota sinora solo in aree vulcaniche, si osserva in diverse regioni tettonicamente e sismicamente attive del mondo (California, Anatolia), nelle quali si presenta invariabilmente associata a segmenti di faglia capaci di significativi rilasci di energia sismica.

Scorrimenti "asismico" e "cosismico" vanno quindi considerati due estremi di un unico processo indotto dalla tettonica attiva, che possono alternarsi nello spazio e/o nel tempo lungo la stessa struttura (vedi per es. Azzaro *et al.*, 1997).

In una regione sismicamente attiva e geologicamente giovane come quella italiana, la conoscenza della distribuzione, dell'entità (in termini di *tassi di attività*) e della natura dei fenomeni di fagliazione superficiale costituisce, evidentemente, un elemento essenziale per la protezione sismica e la difesa del suolo.

La realizzazione di un documento informatico su base territoriale in questo campo ha come scopi prioritari (1) la costituzione di banche dati relazionabili che informino sulle conoscenze geologiche (quali geometria, cinematica, unità litologiche coinvolte nella deformazio-

---

(\*) Relazione ad invito - Invited paper

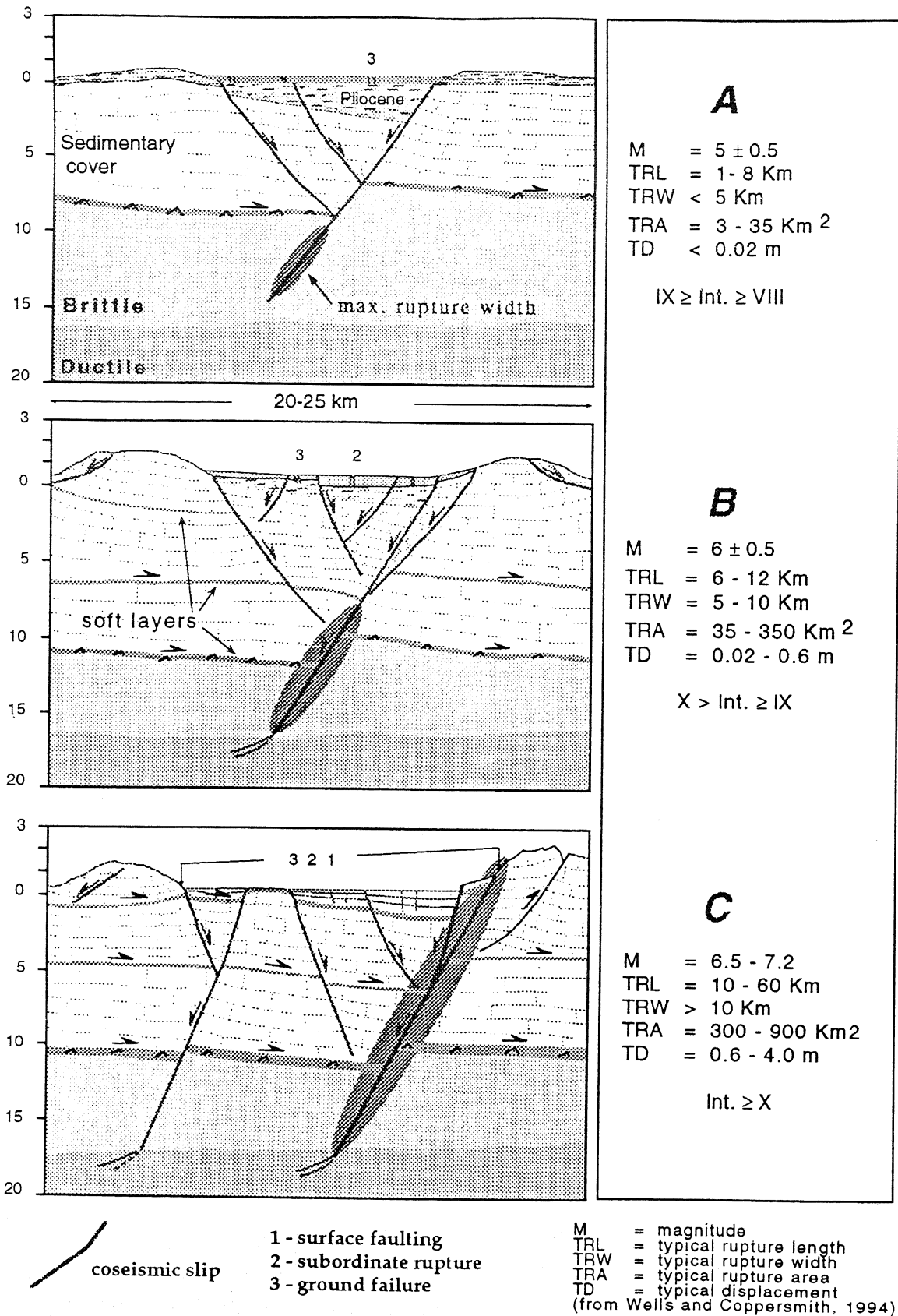


Fig. 1 - Modelli di "paesaggio sismico" nell'Appennino centrale: I parametri di sorgente provengono dall'osservazione di eventi sismici nell'Appennino centrale, integrati da dati relativi a simili assetti tettonici descritti in Wells & Coppersmith (1994).  
 "Seismic landscape" models in the Central Apennines. Source parameters are from observed events in the Central Apennines, integrated with data from similar tectonic settings as given in Wells and Coppersmith (1994).

ne) e sismologiche delle faglie riconosciute come capaci, (2) la loro definizione cartografica, e (3) il supporto necessario per la definizione della vulnerabilità ambientale come anche l'integrabilità nei sistemi sviluppati per la Protezione Civile, quale contributo alle azioni di mitigazione del rischio sismico e geologico.

Nella presente nota vengono brevemente sintetizzati il lavoro sinora svolto e la metodologia adottata, che tengono conto dei criteri già oggetto di discussione in Vittori (1994) e relativi al progetto di carta delle faglie attive del mondo in corso di realizzazione sotto gli auspici dell'ILP (*International Lithosphere Program*; Trifonov & Machette, 1993).

## 2. TERMINOLOGIA

Negli Stati Uniti, già a partire dalla seconda metà del secolo scorso, il succedersi di forti terremoti con associata fagliazione superficiale estesa anche per centinaia di chilometri (per es., Fort Tejon 1857; Owens Valley 1872; San Francisco 1906; Pleasant Valley 1915) concentrò l'attenzione degli studiosi sulle problematiche legate alle faglie aventi un potenziale di dislocazione del suolo. In particolare, a seguito del terremoto di San Francisco del 1906, Lawson (1908) dimostrò, attraverso indagini di terreno e l'analisi delle registrazioni delle onde sismiche, l'esistenza di una relazione "causativa" tra rottura in profondità e deformazione in superficie.

Anche in Italia, all'inizio di questo secolo, la comunità sismologica aveva mostrato notevole interesse in questo campo. Per esempio, nel 1915 furono dettagliatamente descritti i fenomeni di fagliazione superficiale associati al grande terremoto della Marsica (Oddone, 1915). Ciò nonostante il dibattito sul rapporto faglie e terremoti si esaurì e non venne seguito dagli sviluppi e approfondimenti che ebbero luogo, viceversa, negli Stati Uniti e in Giappone.

Molti Autori hanno contribuito alla caratterizzazione del concetto di attività di una faglia (per es. Louderback, 1937; 1950; Cluff, 1964; Allen *et al.*, 1965; Albee & Smith, 1966; Bonilla, 1967; 1970; International Atomic Energy Agency, 1968; 1972; Wentworth *et al.*, 1970; U.S. Atomic Energy Commission, 1971; Krinitzky, 1974; Bosi, 1975). Le varie definizioni di attività mal si adattavano però alle problematiche di localizzazione (*siting*) di opere critiche come gli impianti nucleari, risultando troppo generali e usate con criteri fra loro non completamente sovrapponibili in diversi ambiti professionali e disciplinari quali, geologia, ingegneria e sismologia (Slemmons & McKinney, 1977). L'esigenza di quantizzare la pericolosità di una struttura in grado di dislocare la superficie topografica in prossimità o sotto le fondazioni di un futuro impianto non trovava, per esempio, sufficiente supporto terminologico e metodologico.

Per una corretta analisi della sicurezza sismica dei siti nucleari, è stato perciò necessario introdurre un sottoinsieme delle faglie attive, le faglie capaci, definite come le faglie che presentano un potenziale significativo di dislocazione in corrispondenza o in prossimità della superficie topografica (*"a fault which has a significant potential for relative displacement at or near the ground*

*surface"*) (U.S. Atomic Energy Commission, 1973; Ziony *et al.*, 1973; U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1975; International Atomic Energy Agency, 1991). Il "potenziale di fagliazione superficiale" (*potential for surface faulting*, definito anche *capability*) costituisce l'elemento discriminante delle faglie capaci. Per un'analisi comparata della normativa nel campo del rischio di fagliazione superficiale emanata dalle varie agenzie di controllo nucleare si rimanda a Serva (1993).

Seguendo il documento elaborato dalla International Atomic Energy Agency (1991), una faglia è capace se presenta almeno una delle seguenti caratteristiche:

- (1) evidenza di movimenti di natura ricorrente, all'interno di un intervallo temporale tale da far sospettare che possa manifestarsi un ulteriore movimento in o presso la superficie in un prossimo futuro; in aree fortemente attive, dove i dati geologici e sismici rivelano brevi intervalli di ricorrenza dei terremoti, periodi di decine di migliaia di anni possono considerarsi appropriati per la valutazione della capacità di una faglia, mentre in aree di bassa attività vanno indagati periodi proporzionalmente più lunghi;
- (2) legame strutturale (geometrico) con una faglia già riconosciuta capace in accordo con il punto (1) tale che il movimento di una possa ragionevolmente indurre movimento sull'altra.

Recentemente, per la maggior chiarezza di definizione e la riconoscibilità con metodi geologici diretti che riduce lo spazio alle ambiguità interpretative normalmente associate a termini quali faglia attiva e faglia sismogenetica (spesso usati in assenza di chiare e univoche definizioni terminologiche), si è ritenuto opportuno estendere il campo di applicazione del concetto di faglia capace al più ampio contesto delle ricerche sulla tettonica attiva e sulla mitigazione del rischio sismico e geologico (Vittori *et al.*, 1995; Azzaro *et al.*, 1997).

## 3. FAGLIAZIONE SUPERFICIALE E CRITERI DI STUDIO

Nella sua prima fase d'attuazione, il progetto ITHACA è stato indirizzato all'Appennino centro-meridionale che costituisce l'area italiana per la quale esistono la migliore documentazione dei fenomeni di fagliazione superficiale e la più alta concentrazione di eventi sismici con forte intensità.

Ad oggi, lungo la Catena Appenninica non sono stati documentati casi di movimenti tettonici superficiali legati a scorrimento "asismico". Lo studio dei terremoti avvenuti lungo l'Appennino suggerisce inoltre che il fenomeno della fagliazione superficiale si presenti in maniera significativa a partire da valori di magnitudo intorno a 6.0-6.5 (Fig. 1), generalmente nell'ambito di contesti tettonici tipici di bacini intermontani (per es. Norcia, Fucino, L'Aquila, Irpinia). I casi di dislocazione superficiale cosismica studiati in dettaglio sono solamente quelli relativi ai terremoti del 13/01/1915 della Marsica ( $M = 7$ ) e del 23/11/1980 in Irpinia ( $M = 6.9$ ). La ricchezza di dati sismologici, geodetici, microtopografici, paleosismologici e geomorfologici raccolti a seguito di questi eventi ha permesso, tuttavia, di enucleare metodi e tecniche di indagine sufficientemente validi da poter essere applicati all'Appennino centro-meridionale nel suo com-

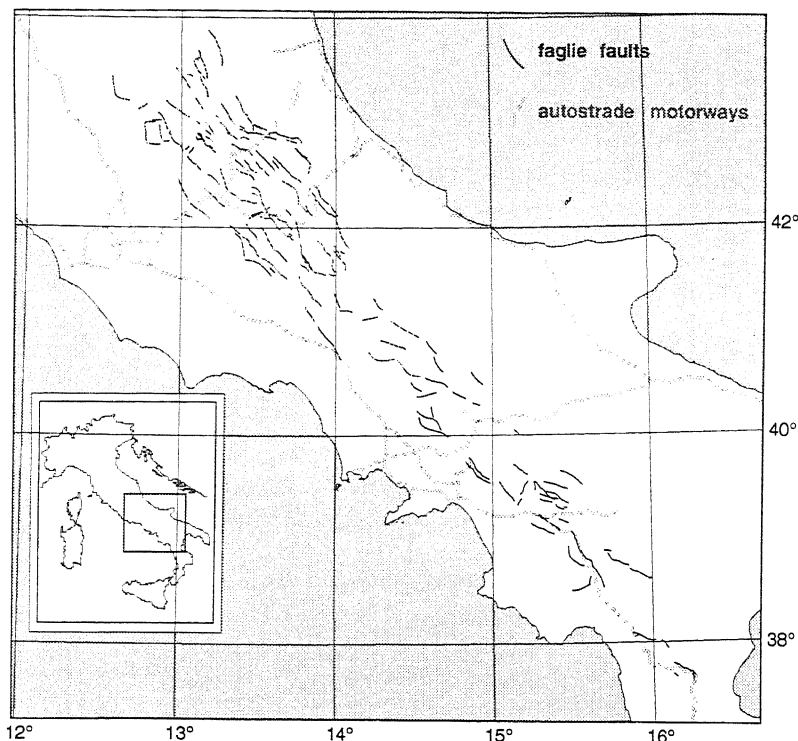


Fig. 2 - Distribuzione delle "faglie capaci" per l'Appennino centro-meridionale e sviluppo della rete autostradale: esempio applicativo. Si noti che per l'Appennino meridionale lo sviluppo della banca dati è ancora in uno stadio preliminare.

*Distribution of "capable faults" and motorways in the Central and Southern Apennines: an exemplifying application. Note that completeness of dataset for Southern Apennines is still preliminary.*

Per l'Appennino centrale, la validità applicativa di tali criteri si fonda sul confronto tra le faglie cartografate in Bosi (1975) e i risultati delle analisi paleosismiche svolte su alcune di tali strutture nel corso dell'ultimo decennio (in trincee esplorative o altri scavi). In particolare, le faglie di Pizzoli (Blumetti, 1995), Campo Imperatore (Giraudi & Frezzotti, 1995), Ovindoli (Pantosti *et al.*, 1996), Aremogna (Giraudi, 1989), Piano delle Cinque Miglia (Giraudi, 1989) e Rivisondoli (Calderoni *et al.*, 1990) hanno rivelato

evidenze di riattivazione cosismica olocenica, confermando il potenziale di fagliazione superficiale che era stato dedotto da Bosi (1975) su basi puramente geomorfologiche. Anche in altre aree del mondo sismicamente attive, quali la California e il Giappone, criteri analoghi sono utilizzati per carte con simili finalità (Jennings, 1985; Kaizuka *et al.*, 1992).

In particolare, lo studio delle scarpate di faglia cosismiche per mezzo di trincee esplorative (per es., Pantosti *et al.*, 1993; Michetti *et al.*, 1996; Galadini *et al.*, 1997) e l'osservazione che numerosi terremoti storici con valori di intensità macrosismica comparabili o superiori a quelli della Marsica e dell'Irpinia hanno prodotto importanti effetti sul terreno (per es., Blumetti, 1995; Serva, 1995) consentono di associare un significativo potenziale di fagliazione superficiale a una serie di elementi tettonici che presentano strette analogie con quelli riattivati nel 1915 e nel 1980. Inoltre, a partire dalle osservazioni sia di carattere geologico (geomorfologico e tettonico) che paleosismico effettuate lungo i versanti di faglia interessati dalle rotture del 1915 e 1980, è stato possibile ricostruire la componente evolutiva nell'Olocene, nel Pleistocene superiore, e nel Pleistocene medio-inferiore di altri lineamenti tettonici potenzialmente in grado di generare fagliazione superficiale.

La diretta conferma della validità dell'approccio seguito è giunta nel corso della revisione finale di questo lavoro. Il 26 settembre 1997 si sono verificati due eventi sismici nel settore di catena umbro-marchigiano, in corrispondenza del bacino di Colfiorito, con valori di Mw compresi tra 5.5 e 6.0 (fonti ING e NEIS). Un immediato controllo effettuato nella zona epicentrale lungo le faglie già cartografate in Cello *et al.* (1997a) come capaci ha evidenziato movimenti cosismici di entità centimetrica lungo diversi segmenti per una lunghezza complessiva dell'ordine di alcuni chilometri (Cello *et al.*, 1997b).

Nella struttura della base di dati, le faglie sono quindi classificate in base ai seguenti criteri di "capacità": (a) evidenza diretta: riattivazione in superficie per terremoti avvenuti nel XX secolo, (b) evidenza paleosismologica: rotture del suolo di età recente osservate mediante trincee esplorative, (c) indizi geomorfologici e/o stratigrafici di movimenti nell'intervallo Pleistocene superiore finale-Olocene, in particolare scarpate di faglia in roccia in contatto tettonico con depositi di versante riferibili all'ultimo pleniglaciale (già descritte come "nastri" di faglia in Segre, 1950); (d) indizi geomorfologici e/o stratigrafici di movimenti all'interno di bacini estensionali quaternari, (e) evidenza geomorfologica di movimenti lungo versanti tettonici che bordano bacini estensionali quaternari. L'analisi dei dati sopraelencati permette l'interpretazione delle strutture come primarie o subordinate (*sensu* Slemmons & dePolo, 1986 e Michetti *et al.*, 1995).

#### 4. METODOLOGIA

L'insieme delle informazioni raccolte è sintetizzato in banche dati, e quindi gestito in ambiente software di tipo territoriale (ARC/INFO), che permette una notevole flessibilità di interrogazione, rappresentazione ed interpretazione. Oltre a livelli di supporto quali confini amministrativi, modello digitale del terreno, reticolo idrografico, banche dati ISTAT, vie di comunicazione stradale e ferroviaria, il corpo del lavoro è costituito dalle seguenti basi di dati: *fault, paleoseismology, seismology, references*.

Nel *fault-database* viene riassunto lo stato dell'arte delle conoscenze relative a ciascuna faglia ritenuta capace. Ogni faglia è catalogata in segmenti a comportamento relativamente omogeneo rispetto a parametri

quali geometria, cinematica, tasso di scorrimento, litologie coinvolte. Queste informazioni permettono di inserire la faglia in una delle classi precedentemente codificate (a-e) e di definirne il carattere primario o subordinato; infine, viene stabilito un parametro di "affidabilità" della classificazione basato sullo stato attuale delle conoscenze. I codici e i termini usati riflettono sostanzialmente le linee guida riportate in Trifonov & Machette (1993). Il *paleoseismology-database* sintetizza le indagini paleosismologiche effettuate in trincee o scavi. Nella fase attuale del progetto la digitalizzazione dei segmenti di faglia e dei siti paleosismici è stata effettuata su una base cartografica comune alla scala 1:250.000 (IGMI, 1996). Il *seismologic-database* contiene il catalogo sismico NT4.1 (Camassi & Stucchi, 1997); sono inoltre evidenziati i terremoti di moderata-forte magnitudo associabili alla riattivazione di una faglia capace. Il *references-database* è strutturato in due parti: la prima (*references*), contiene i riferimenti bibliografici sullo stato delle conoscenze scientifiche relative al singolo lineamento tettonico; la seconda (*methodology*), include una rassegna bibliografica delle metodologie di studio e lavoro adottate nel campo della tettonica attiva, della pericolosità sismica e della mitigazione del rischio sismico e geologico.

## 5. DISCUSSIONE

I diversi criteri di studio adottati nella valutazione dell'attività di una faglia (Wood, 1916; Willis, 1923; Bonilla, 1967; 1970; Slemmons & McKinney, 1977; Schwartz & Coppersmith, 1984; Slemmons & dePolo, 1986) hanno condotto in ambito applicativo a introdurre un chiarimento logico e terminologico rappresentato dal concetto di "potenziale di fagliazione superficiale" o "capacità" di una faglia (U.S. Atomic Energy Commission, 1971; International Atomic Energy Agency, 1991).

Questa definizione, nata per descrivere la pericolosità di una faglia attiva nel campo dell'analisi sitologica per impianti ad alto rischio, trova un'utile applicazione nel campo più vasto della tettonica attiva. La fagliazione superficiale rappresenta, infatti, l'evidenza più diretta della tettonica in atto e, in special modo, delle strutture sismogenetiche più rilevanti per la valutazione della pericolosità legata ai terremoti in Italia.

Nel progetto ITHACA, sviluppato nella sua prima fase per l'Appennino centro-meridionale, sono stati tarati i parametri di riconoscimento del "potenziale di fagliazione superficiale" e, inoltre, stilati i criteri di studio per discriminare il carattere primario o subordinato; definire tale carattere significa (a) valutare in maniera più attendibile il potenziale sismico associato alla rottura del suolo individuata, (b) finalizzare tali studi alla pianificazione territoriale (Fig. 2), alla valutazione della vulnerabilità dell'ambiente fisico e alla mitigazione del rischio sismico. Il futuro del progetto ITHACA consiste nella realizzazione di una carta che copra l'intero territorio nazionale. A tal fine sarà necessario calibrare nuovi criteri per il riconoscimento della "capacità" di una faglia sulla base dei diversi contesti geodinamici e sismici.

Lo stato di avanzamento della banca dati ITHACA

per l'Appennino centro-meridionale sarà a breve consultabile sul sito INTERNET dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, in corso di attivazione presso l'indirizzo [www.anpa.it](http://www.anpa.it).

## BIBLIOGRAFIA

- Albee A.L. & Smith J.L., 1966 - *Earthquake characteristics and fault activity in southern California*. In: Lung R. & Proctor R. (eds.), *Engineering Geology in Southern California*. Glendale, Calif., Assoc. Eng. Geologists, 9-33.
- Allen C.R., St. Amand P., Richter C.F. & Nordquist J.M., 1965 - *Relationship between seismicity and geologic structures in the southern California region*. Seism. Soc. Am. Bull., **55**, 753-797.
- Azzaro R., Ferrelli L., Michetti A.M., Serva L. & Vittori E., 1997 - *Environmental hazard from capable faulting: the case of the Pernicana fault (Mt. Etna, Sicily)*. Natural Hazards (in corso di stampa).
- Blumetti A.M., 1995 - *Neotectonic investigations and evidence of paleoseismicity in the epicentral area of the January-February 1703, Central Italy, earthquakes*. Ass'n Engineer. Geol., Spec. Publ. 6, "Perspectives in Paleoseismology", 83-98.
- Bonilla M.G., 1967 - *Historic surface faulting in continental United States and adjacent parts of Mexico*. U.S. Geol. Survey Open-file Rep., also Atomic Energy Commission Report TID-24124, 36 pp.
- Bonilla M.G., 1970 - *Surface faulting and related effects*. In: Wiegel R.L., editor, *Earthquake Engineering*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 47-74.
- Bosi C., 1975 - *Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino centrale*. Boll. Soc. Geol. It., **94**, 827-859.
- Calderoni G., Lorenzoni P., Ortolani F., Pagliuca S. & Serva L., 1990 - *Paleoseismological evidence at Rivisondoli, Central Apennines, Italy*. Rend. Soc. Geol. It., **13**, 27-32.
- Camassi R., Stucchi M. (a cura di), 1997 - *NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno*. CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Tipolitografia Garattoni, Rimini, 66 + XXVIII.
- Cello G., Mazzoli S., Tondi E. & Turco E., 1997a - *Tettonica attiva in Appennino centrale e implicazioni per l'analisi della pericolosità sismica del settore assiale della catena umbro-marchigiana-abruzzese*. Studi Geologici Camerti, **XIII**, 115-138.
- Cello G., Deiana G., Mazzoli S., Tondi E. (a cura di), 1997b - *Terremoto del 26 Settembre e sue repliche: fratture al suolo e possibili effetti di fagliazione di superficie*. Guida all'Escursione del Workshop CNR-GNDT "Strutture sismogenetiche dell'Appennino umbro-marchigiano ed effetti di superficie del terremoto del 26 Settembre 1997", Camerino 28-29 Ottobre 1997, 25 pp.
- Cluff L.S., 1964 - *Active fault problems*. In: *Earthquakes and the practice of soil and geological engineering*, Symp. by Woodward-Clyde-Sherard & Associates, 227 pp.

- Galadini F., Galli P. & Giraudi C., 1997 - *Geological investigations of Italian earthquakes: new paleoseismological data from the Fucino Plain (Central Italy)*. J. Geodynamics, **24**(1-4), 87-103.
- Giraudi C., 1989 - *Datazione di un evento sismico preistorico con metodi geologici e radiometrici: piani di Aremogna e delle Cinque Miglia*. In: *I terremoti prima del 1000 in Italia e nell'area mediterranea* (a cura di E. Guidoboni), Istit. Naz. Geofisica, Ed. SGA (Storia Geofisica Ambiente), Bologna, 53-63.
- Giraudi C. & Frezzotti M., 1995 - *Palaeoseismicity in the Gran Sasso Massif (Abruzzo, Central Italy)*. Quater. International, **25**, 81-93.
- Jennings C.W., 1985 - *An explanatory text to accompany the 1:750,000 scale fault and geologic maps of California*. California Div. Mines & Geology, Bulletin 201, 197 pp.
- Kaizuka S., Matzuda T., Ota Y. & Yonekura N., 1992 - *Maps of Active Faults in Japan with an Explanatory Text*. The Research Group for Active Faults of Japan, University of Tokio Press, 1992, 73 pp.
- Krinitzky E.L., 1974 - *State-of-the-art for assessing earthquake hazards in the United States: Fault assessment in earthquake engineering*. U.S. Army Engineers Waterways Exp. Stn., Vicksburg, Miss., Misc. Paper S-73-1, Report 2.
- IGMI, Istituto Geografico Militare Italiano, 1996 - *Carta "Il Mondo (JOG 1501)" serie 250/G, scala 1:250.000*. IGMI.
- International Atomic Energy Agency, 1968 - *Aseismic design and testing of nuclear facilities*. Techn. Rep. Series No. 88, Vienna, Austria, 49 pp.
- International Atomic Energy Agency, 1972 - *Earthquake guidelines for reactor siting*. Techn. Rep. Series No. 139, Vienna, Austria, 9-10.
- International Atomic Energy Agency, 1991 - *Earthquakes and associated topics in relation to nuclear power plant siting. A safety guide*. Safety Series No. 50-SG-S1 (Rev.1), Vienna, Austria, 60 pp.
- Lawson A.C. (Editor), 1908 - *The California Earthquake of April 18, 1906*. Report of the State Earthquake Investigation Commission, Canergie Inst. Wash. Publ. 87, 451 pp.
- Louderback G.O., 1937 - *Characteristics of active faults in the Central Coast Range of California, with application to the safety of dams*. Seism. Soc. Am. Bull., **27**(1), 1-27.
- Louderback G.O., 1950 - *Faults and engineering geology*. Application of Geology to Engineering Practice, Geol. Soc. Am., Berkely, 125-150.
- Louie J., Allen C.R., Johnson D.C., Haase P.C. & Cohn S.N., 1985 - *Fault slip in Southern California*. Bull. Seism. Soc. Am., **75**, 811-833.
- Michetti A.M., Brunamonte F., Serva L. & Whitney R.A., 1995 - *Seismic hazard assessment from paleoseismological evidence in the Rieti region, Central Italy*. Ass'n Engineer. Geologists, Sp. Publ. 6, "Perspectives in Paleoseismology", 63-82.
- Michetti A.M., Brunamonte F., Serva L. & 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**(B3), 5921-5936.
- Oddone E., 1915 - *Gli elementi fisici del grande terremoto marsicano fucense del 13 Gennaio 1915*. Boll. Soc. Sism. It., **XIX** (3-4), 71-215.
- Pantosti D., D'Addezio G. & Cinti F.R., 1996 - *Paleoseismicity of the Ovindoli-Pezza fault, Central Apennines, Italy: a history including a large, previously unrecorded earthquake in the Middle Ages (860 - 1300 A.D.)*. J. Geophys. Res., **101**(B3), 5937-5959.
- Pantosti D., Schwartz D.P. & Valensise G., 1993 - *Paleoseismology along the 1980 surface rupture of the Irpinia Fault: implications for earthquake recurrence in the Southern Apennines, Italy*. J. Geophys. Res., **98**(B4), 6561-6577.
- Schwartz D.P. & Coppersmith K.J., 1984 - *Fault behavior and characteristic earthquake: examples from the Wasatch and San Andreas Fault Zones*. J. Geophys. Res., **89**, 5681-5698.
- Segre A.G., 1950 - *Sulla struttura dell'arco abruzzese interno*. La Ric. Scient. Suppl. Contr. Sc. Geol., **20**, 98-111.
- Serva L., 1993 - *An Analysis of the World Major Regulatory Guides for Nuclear Power Plant Seismic Design*. Energia Nucleare, **10**(2), Maggio-Settembre 1993.
- Serva L., 1995 - *Criteri geologici per la valutazione della sismicità: considerazioni e proposte*. In: "Terremoti in Italia", Roma, 1-2 dicembre 1994, Atti dei Convegni Lincei, **122**, 103-116.
- Slemmons D.B. & McKinney R., 1977 - *Definition of "active fault"*. Miscel-laneous Paper S-77-8, Final Report, U.S. Army Engineer Waterways Experiments Station, U.S.A., 22 pp.
- Slemmons D.B. & dePolo C.M., 1986 - *Evaluation of active faulting and associated hazards*. In: *Active Tectonics*, R.E. Wallace (editor), Geophys. Study Comm., Nat. Acad. Press, Washington, D.C., 45-62.
- Trifonov V.G. & Machette M.N., 1993 - *The World Map of Major Active Faults Project*. Annali di Geofisica, **XXXVI**(3-4), 225-236.
- U.S. Atomic Energy Commission, 1971 - *Nuclear power plants; seismic and geologic siting criteria*. Federal Register, **36**, (228), 25 Nov. 1971, 22 pp.
- U.S. Atomic Energy Commission, 1973 - *Nuclear power plants; seismic and geologic siting criteria*. Federal Register, **38**, (218), 13 Nov. 1973, 31 pp.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1975 - *Reactor site criteria*. Title 10, Chapter 1, Code of Federal Regulations - Energy, 1001-1006.
- Vittori E., 1994 - *Project of a map and database of active faults in Italy: methodological approach*. Proc. Sci. Meet. on the Seismic Protection (Spagna V., ed.), Giunta Regionale del Veneto, Palazzo Balbi, Venice, July 12-13 1993, 119-130.
- Vittori E., Ferrel L., Michetti A.M. & Serva L., 1995 - *Carta delle faglie capaci dell'Appennino centrale e considerazioni sulle sorgenti sismiche*. Convegno "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino", Camerino, 9-10 Febbraio 1995, Volume dei Riassunti, 320-322.
- Wells D.L. & Coppersmith K.J., 1994 - *Updated empirical relationships among magnitude, rupture area, and surface displacement*. Seism. Soc. Am. Bull., **84**,

974-1002.

Wentworth C.M., Ziony J.C. & Buchanan J.M., 1970 - *Preliminary geologic environmental map of the Greater Los Angeles area, California*. U.S. Geol. Survey Rep. T10-25363, 43 pp.

Willis B., 1923 - *A fault map of California*. Seism. Soc. Am. Bull., **13**, 1-12.

Wood H.O., 1916 - *The earthquake problem in the western United States*. Seism. Soc. Am. Bull., **6**, 181-217.

Ziony J.I., Wentworth C.M. & Buchanan J.M., 1973 - *Recency of faulting; a widely applicable criterion for assessing the activity of faults*. Proc. 5th "World Conference on Earthquake Engineering", Rome, Italy, 1680-1683.

*Testo definitivo ricevuto il: 10.11.1997*

*Final text received: Nov. 10, 1997*