

PARTE II

Parametrizzazione degli elementi assoggettabili ad un trattamento time-dependent

3. IL CONTRIBUTO DELL'ISTITUTO DI RICERCA SULLA TETTONICA RECENTE

Paolo Messina (resp.)

3.1 Premessa

Nell'ambito del sottoprogetto 6a2, l'attività di ricerca dell'UR IRTR del C.N.R. ha riguardato principalmente la zona umbro-marchigiana colpita dalla crisi sismica del 1997-98. Contemporaneamente, nell'ambito del sottoprogetto 5.1.2, l'IRTR ha svolto ricerche finalizzate alla individuazione e caratterizzazione delle faglie attive nell'Appennino centrale. Le indagini hanno consentito di quantificare l'attività delle faglie analizzate in termini di ratei di movimento, cinematica, tempi di ricorrenza per terremoti di elevata magnitudo ecc. I risultati di questa attività, relazionata nell'ambito del rispettivo sottoprogetto, sono stati comunque messi a disposizione del sottoprogetto 6a2.

Nell'ambito delle ricerche svolte nell'area umbro-marchigiana sono state aperte tre trincee nella zona di La Pintura (Est di Colfiorito) e due trincee nella zona di Renaro-Mevale (queste ultime in collaborazione con D. Pantosti e collaboratori - Istituto Nazionale di Geofisica) al fine di espletare indagini paleosismologiche di dettaglio. I risultati ottenuti dalle trincee di La Pintura, curate da M. Meghraoui, mettono in evidenza l'assenza di rotture cosismiche in occasione della sequenza sismica del 1997 e l'esistenza di deformazioni cosismiche più antiche, cronologicamente non vincolate. Il rilievo di dettaglio delle pareti delle trincee mostra la presenza di un contatto per faglia, con presenza di clasti orientati, tra il substrato calcareo e depositi sedimentari fini con livelli più grossolani (ghiaie, breccie e conglomerati). Sono inoltre presenti depositi di pendio che si alternano con sedimenti fini (ricchi in materiale organico) con ghiaie in un sistema di canali anastomizzati. Nei depositi più recenti non sono state osservate fratture legate a terremoti. Attraverso tre datazioni con il metodo del C_{14} , l'età più antica dei campioni di materiale organico e resti di carbone appartenenti ai depositi di pendio sicuramente non dislocati, è risultata di circa 1800 anni B.P.

I dati acquisiti con le trincee eseguite nella zona di Renaro-Mevale sono attualmente in corso di elaborazione. In via preliminare, si può osservare che la rottura rilevata sul terreno a seguito della scossa del 14 ottobre 1997 si è formata in corrispondenza di un piano di faglia che interessa la formazione della Scaglia Cinerea. Sono altresì evidenti le tracce di passate dislocazioni cosismiche probabilmente di entità comparabile con quella della scossa del 14 ottobre 1997. Sono in corso datazioni assolute su campioni prelevati dalle unità dislocate.

Inoltre, in seguito al ritrovamento di opere idrauliche di epoca romana (necessarie al drenaggio delle acque della Piana di Colfiorito), è stata avviata una collaborazione con la Soprintendenza Archeologica delle Marche e l'Istituto Nazionale di Geofisica per uno studio geologico di dettaglio nella zona compresa tra la Piana di Colfiorito e la Valle del

Chienti.

Di seguito vengono esposti i principali risultati delle ricerche svolte nell'area umbro-marchigiana. Il modello evolutivo elaborato è quello che risulta dal lavoro seguente a nome di Messina et al.. Va sottolineato che ricercatori dell'IRTR stanno lavorando anche ad altri modelli evolutivi uno dei quali si basa su una diversa interpretazione delle superfici relitte, sull'ipotesi di una più marcata variabilità delle deformazioni e sulla possibilità che movimenti lungo faglie si siano verificati anche nel Pleistocene superiore-Olocene. Attualmente sono in corso studi ed indagini (prospezioni geofisiche e perforazioni a carotaggio continuo) per l'acquisizione di altri elementi di valutazione che comunque permettano di definire un modello evolutivo più dettagliato.

3a. EVOLUZIONE A LUNGO TERMINE E CARATTERISTICHE DELLA TETTONICA ATTIVA NELL'AREA UMBRO-MARCHIGIANA COLPITA DALLA SEQUENZA SISMICA DEL 1997/98 (ITALIA CENTRALE)

Paolo Messina⁽¹⁾, Fabrizio Galadini⁽¹⁾, Paolo Galli⁽²⁾, Andrea Sposato⁽¹⁾

⁽¹⁾ Istituto di Ricerca sulla Tettonica Recente, CNR, Roma

⁽²⁾ Servizio Sismico Nazionale, Roma

3a.1 Introduzione

Alle 0:33 e 9:40 GMT del 26 settembre 1997 due scosse sismiche (rispettivamente $M_w = 5.7$ e $M_w = 6$; Amato et al., 1998) hanno interessato una vasta area dell'Appennino centrale compreso tra Marche ed Umbria. Il 14 ottobre 1997 una terza scossa ($M_l = 5.5$; Amato et al., 1998) si è verificata pochi km più a sud. La sequenza sismica è continuata fino ad aprile 1998 con scosse fino a $M_l = 5.3$ (3 aprile 1998; Boschi, 1998).

In occasione delle scosse principali del 26 settembre 1997 si sono riproposte disparità di opinioni sulla natura delle fratture verificatesi in superficie. Alcuni Autori (Cello et al., 1998) ritengono che tali fratture siano il risultato di fagliazione di superficie lungo strutture già cartografate come faglie capaci (Cello et al., 1997); altri hanno escluso la presenza di fenomeni di fagliazione superficiale (Galli et al., 1997; Basili et al., 1998), considerando le fratture come il risultato di azioni gravitative indotte dallo scuotimento sismico.

Nell'area di Colfiorito misure geodetiche (Basili and Meghraoui, 1999), misure GPS (Anzidei et al., 1998) e analisi di interferometria SAR (Stramondo et al., 1999) mettono in evidenza deformazioni superficiali continue (max 20 cm) ed escludono la presenza di movimenti lungo scarpate di faglia.

L'insieme delle osservazioni geologiche eseguite durante e dopo la crisi sismica umbro-marchigiana pone dunque numerosi interrogativi riguardanti la possibilità che si verificino o meno rotture tettoniche in superficie in occasione di terremoti di magnitudo moderata; altri importanti quesiti riguardano l'evoluzione geologica e tettonica di queste aree nel corso del Quaternario. Per fornire risposte per quanto possibile complete è stata avviata una ricerca sull'evoluzione tettonica sul lungo termine tramite una serie di studi riguardanti le formazioni geologiche quaternarie e le numerose superfici relitte presenti nelle aree colpite dal terremoto.

Contributo dell'UO IRTR

CNR - Istituto di Ricerca sulla Tettonica Recente, Area di Ricerca di Roma - Tor Vergata, Via del Fosso del Cavaliere s.n.c, 00133, Roma

Responsabile: P. Messina

e-mail 1° autore: messina@irtr.rm.cnr.it

Lo studio è stato sviluppato in quattro fasi principali che possono essere così sintetizzate:

- 1) verifica dei precedenti lavori sulla stratigrafia e tettonica quaternaria;
- 2) studio delle superfici relitte attraverso l'analisi delle foto aeree e controlli diretti di terreno;
- 3) esecuzione di rilevamenti geologico-strutturali nei bacini di Colfiorito e Cesi-Colle Curti al fine acquisire dati sulle deformazioni tettoniche che hanno interessato i depositi quaternari;
- 4) ricostruzione dell'andamento del tetto del substrato pre-quaternario nel bacino di Colfiorito attraverso l'analisi di numerosi sondaggi meccanici ed elettrici eseguiti alla fine degli anni Cinquanta.

I risultati ottenuti hanno consentito di delineare un quadro di evoluzione geologica sensibilmente diversa da quella ipotizzata nei lavori esistenti ed hanno permesso di ipotizzare un'evoluzione tettonica complessa ed in accordo con quanto osservato, durante e dopo la crisi sismica del 1997, a riguardo delle rotture superficiali e delle deformazioni a più ampio raggio.

3a.2 Superfici relitte

L'analisi geomorfologica ha permesso di riconoscere la presenza di numerose superfici, disposte a varie quote, con chiare geometrie di "incassamento". La loro estensione varia notevolmente ed è compresa tra qualche centinaia di m² e alcuni km² (Fig. 1). La metodologia di studio è stata quella utilizzata già in numerosi lavori (Bosi et al., 1996; Basili et al., 1997; Basili et al., 1999a; Basili et al., 1999b); essa permette di definire un quadro di evoluzione geologica e tettonica anche in zone dove i depositi quaternari sono scarsi o addirittura assenti, come ad esempio nelle aree delle dorsali montuose.

Le forme analizzate sono costituite soprattutto da superfici di erosione, suborizzontali o con deboli pendenze, impostate per lo più sulle rocce del substrato marino e, limitatamente alle zone di bacino, su depositi continentali quaternari.

Attraverso questo tipo di analisi è stato possibile individuare due settori omogenei; ciascuno di essi presenta al suo interno una successione di superfici relitte ben caratterizzabile sia per il numero di superfici sia per i rapporti altimetrici esistenti tra i vari ordini (Figg. 1 e 2).

Il settore nordorientale (A in Fig. 1) è caratterizzato dalla presenza di 3 ordini principali di superfici relitte poste a quote alte (fino a 1500 m circa). Si tratta di superfici riconducibili ad un paesaggio relitto sommitale probabilmente simile a quelli riconosciuti sia in Italia centrale che meridionale da vari Autori e riferiti ad un generico Pliocene (Bertini e Bosi, 1976; Bosi, 1989; Bosi e Messina, 1992; Coltorti e Pieruccini, 1999). A quote più basse e per lo più lungo i versanti di valli profondamente incise, sono presenti solo piccoli lembi di superfici relitte progressivamente più recenti.

Il settore sudoccidentale (B di Fig. 1) presenta una successione di superfici relitte

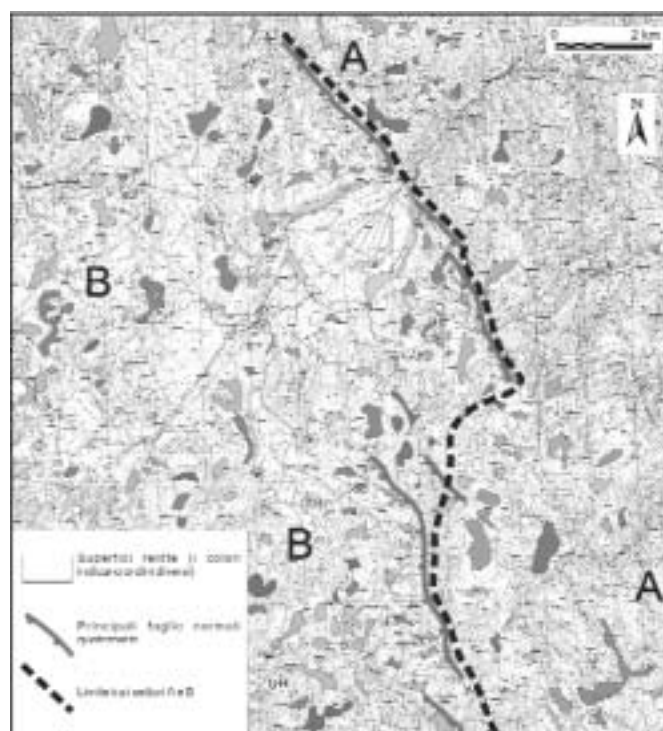


Fig. 1 - Carta delle superfici relitte (la figura a colori è riportata in Appendice a pag. 168).

incassate le une nelle altre ed è caratterizzato da 7 ordini principali, distribuiti tra le quote di 700 e 1200 m circa. Questo settore si spinge almeno sino al bordo orientale della piana di Foligno ed i vari ordini di superfici si mantengono circa alla stesse quote. Anche nel settore B l'insieme di tutte le superfici più alte molto probabilmente rappresenta ciò che è attualmente conservato di una antica superficie "sommitale" di spianamento. La mancanza di qualsiasi riferimento cronologico impedisce però la formulazione di qualsiasi ipotesi riguardo alla possibile correlazione tra le superfici più alte presenti nei settori A e B.

Una superficie per la quale è possibile ipotizzare un'età relativa è quella che si estende a quota 900 circa nel bacino di Colle Curti, la quale, essendo scolpita sia sul substrato marino sia sui depositi che hanno alla base un livello con minerali vulcanici datato 424 ka (Ficcarelli et al., 1997; Coltorti et al., 1998), deve essere considerata più recente di tale data. Le superfici in essa incassate si collocano cronologicamente tra il Pleistocene medio ed il Pleistocene superiore - Olocene.

Poiché il limite tra i settori A e B corrisponde al sistema di faglie che borda le conche di Colfiorito e Colle Curti è verosimile ipotizzare che le differenze riscontrate nel numero e nella distribuzione delle superfici relitte tra i due settori siano da imputare principalmente all'attività di dette faglie durante il Quaternario. L'analisi della distribuzione delle superfici e dei rapporti di incassamento presenti tra i vari ordini permettono di escludere la presenza di disturbi tettonici significativi all'interno dei due settori; consente inoltre di individuare la lunghezza delle faglie e la larghezza, peraltro estremamente limitata,

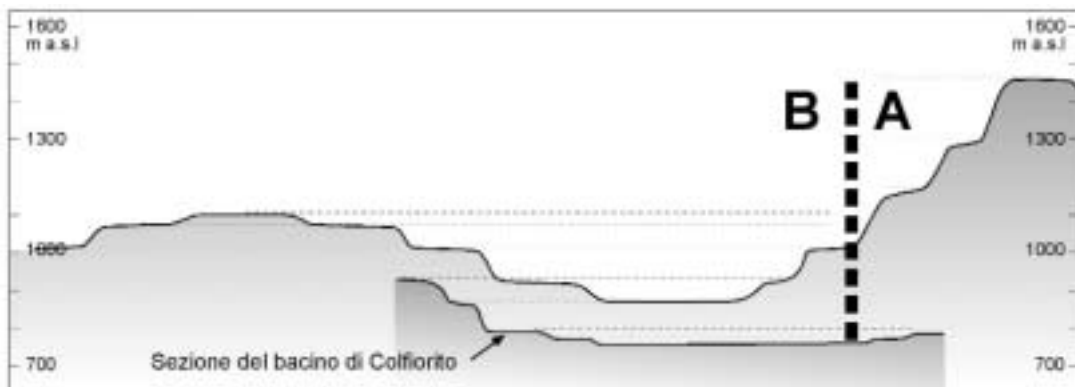


Fig. 2 - Sezione morfologica schematica tra le zone A e B.

della fascia lungo la quale avviene la separazione tra i settori A e B.

Questa ricostruzione è in buona parte in contrasto con quella elaborata da altri Autori (Coltorti and Farabollini, 1995; Ficarelli et al., 1997; Coltorti and Pieruccini, 1997, 1999) che riconducono tutti i lembi di superfici relitte ad un'unica "superficie sommitale" del Pliocene inferiore, variamente dislocata e con immersione sotto i depositi datati 3.3 milioni di anni della Piana di Spoleto, all'interno della quale è stato elaborato un paleopaesaggio precedente alla strutturazione dei bacini di Colfiorito e Colle Curti.

3a.3 Bacino di Cesi - Colle Curti

La successione continentale di Cesi - Colle Curti (Fig. 3) è costituita da due formazioni separate da una superficie di erosione. La formazione più antica, dello spessore di circa 60 m, contiene nella sua parte più alta le associazioni faunistiche riferite alla parte medio-bassa del Pleistocene medio (Borselli et al., 1988; Ficarelli and Mazza, 1990; Ficarelli et al., 1990; Ficarelli and Silvestrini, 1991; Ficarelli et al., 1997; Coltorti et al., 1998). A Cesi affiora solo la parte alta dell'unità inferiore e circa sette metri al di sotto dei livelli fossiliferi è stato localizzato il passaggio da polarità normale a inversa M/B riferibile a 780 ka (Ficarelli et al., 1997).

La formazione più recente è invece caratterizzata dalla presenza, nella sua parte inferiore, del livello vulcanico datato 424 ka. È importante notare che la formazione più antica è deformata e basculata verso ENE di 10-15° mentre la successione mesopleistocenica non presenta né dislocazioni né deformazioni apprezzabili (Fig. 3). Il passaggio tra i due corpi avviene tramite una netta superficie di erosione che si è imposta localmente anche sul substrato carbonatico. Al di sopra della formazione mesopleistocenica è scolpita un'altra superficie di erosione, molto estesa, che interessa anche il substrato calcareo e individua un caratteristico paesaggio relitto che nella zona di S. Martino - Colle Curti si segue estesamente alla quota di 900 m circa. A testimonianza di un'età non molto recente va osservato che questo paesaggio appare oggi profondamente inciso e sospeso

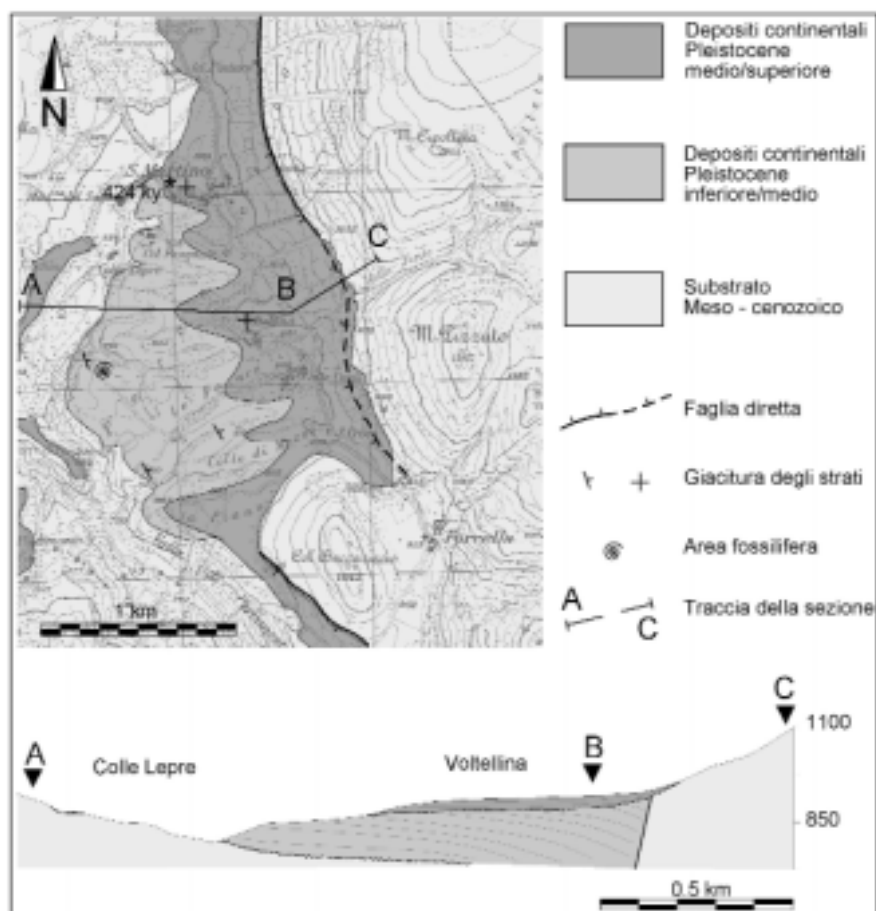


Fig. 3 - Carta geologica schematica del bacino di Colle Curti.

rispetto ai fondovalle attuali e su di esso si ritrovano depositi di versante di età suprapleistocenica. Osservazioni di dettaglio su questi depositi hanno permesso di escludere la presenza di deformazioni tettoniche; solo in rarissimi casi sono stati osservati fenomeni di scivolamento di probabile origine gravitativa.

Una situazione di questo tipo permette di ipotizzare la seguente evoluzione tettonica:

- formazione dei bacini Cesi - Colle Curti e sedimentazione dei depositi lacustri del ciclo più antico;
- tettonizzazione e basculamento dei depositi a causa dei movimenti della faglia bordiera del bacino;
- riduzione dell'attività tettonica;
- formazione della superficie di erosione sui depositi della formazione più antica;
- sedimentazione della formazione mesopleistocenica contenente il livello datato 424 ka;
- formazione della superficie di erosione scolpita su questi ultimi depositi e sul substrato calcareo;

g) dissezione del bacino e dei depositi in esso ospitati e deposizione dei depositi di versante suprapleistocenici.

3a.4 Bacino di Colfiorito

Il bacino di Colfiorito è un bacino chiuso in cui la circolazione delle acque superficiali appare estremamente complessa e fortemente condizionata dall'intenso carsismo che interessa tutta l'area. Attualmente esso è drenato da un canale artificiale (Galleria La Botte) che permette il deflusso delle acque nel fiume Chienti. Il drenaggio naturale è invece costituito da una serie di inghiottitoi carsici quali quello posto poco a sud della Cappella Foresi, attualmente ostruito, l'Inghiottitoio Molinaccio nella Palude di Colfiorito o quello nella Piana di Annifo.

L'apertura di scavi in corrispondenza della sella (località La Botte) ha messo in evidenza la presenza di un deposito di frana di vaste dimensioni. La zona di distacco della frana è ancora visibile sul versante orientale della valle (Fig. 4). L'età di questo fenomeno, che ha causato il blocco del drenaggio dalla Piana di Colfiorito verso il Chienti, non è al momento ben precisabile ma è sicuramente più antico dei livelli argilloso-limosi lacustri soprastanti al deposito di frana, datati 24.150 ± 120 anni B.P.¹. Successivamente è da registrare la formazione di due terrazzi posti rispettivamente a quota 780 e 760. Ambedue questi terrazzi si seguono chiaramente e con discreta continuità tutt'intorno alla piana di Colfiorito e alla Palude di Colfiorito a testimoniare la presenza di due livelli di stazionamento più alti del fondovalle attuale. Il terrazzo di quota 780 è inoltre presente anche nella Piana di Annifo e in quella di Arvello a testimonianza di una fase di alto stazionamento che ha coinvolto tutta l'area. E' da sottolineare che la data di circa 24.000 anni B.P. coincide con le fasi di massima espansione lacustre segnalata in molti altri bacini dell'Italia centrale e settentrionale e che probabilmente corrisponde ad una fase climatica fredda (Giraudi, 1998).

Il fatto che i due terrazzi sopra citati si estendono alle stesse quote su un'area piuttosto ampia, ed anche ad Est e ad Ovest della struttura tettonica che borda sul lato orientale il bacino di Colfiorito, permette di escludere che successivamente a 24.000 anni ci siano stati fenomeni significativi di fagliazione superficiale che abbiano interessato una qualsiasi parte del bacino stesso.

Nell'ambito di un'indagine geologico-tecnica (Olivero e Penta, 1960)², condotta alla fine degli anni Cinquanta, finalizzata alla costruzione di un invaso artificiale nella zona di Colfiorito, sono stati realizzati 54 sondaggi meccanici, di cui 29 concentrati nella zona della botte di Varano, e una serie di sondaggi elettrici distribuiti in tutta la piana.

¹) Attualmente sono in corso, in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Geofisica (S. Salvi e collaboratori) e la Soprintendenza Archeologica delle Marche, studi di dettaglio per caratterizzare i fenomeni franosi e l'evoluzione geologica di questo tratto del Chienti.

²) Si ringrazia l'Ing. Sergio Olivero per avere messo a disposizione la relazione inedita.

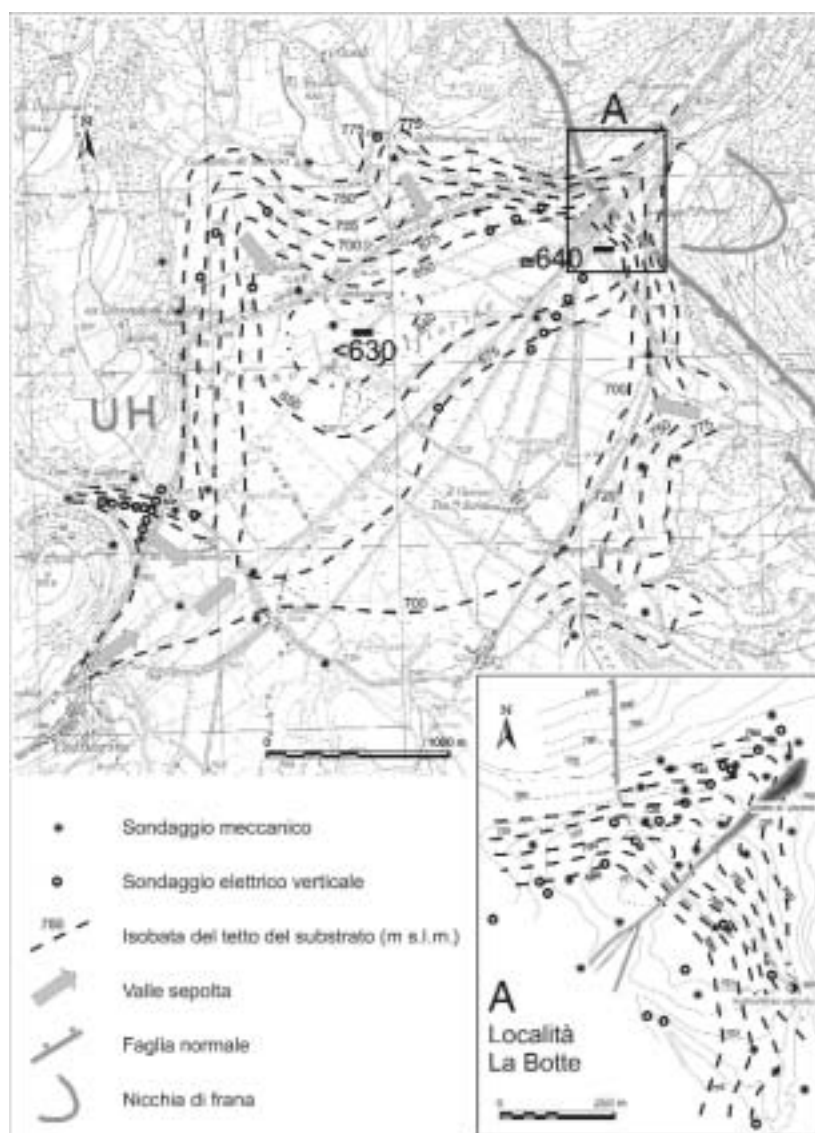


Fig. 4 - Andamento del tetto del substrato marino nel bacino di Colfiorito.

L'esame delle stratigrafie permette di ricostruire con buona precisione sia la tipologia dei sedimenti del bacino sia l'andamento del substrato marino al di sotto dei depositi continentali. I depositi della parte centrale del bacino risultano essere costituiti principalmente da argille e limi lacustri; nelle zone periferiche sono presenti intercalazioni di ghiaie che in corrispondenza delle valli affluenti diventano predominanti. Nei log dei sondaggi, anche in prossimità degli sbocchi vallivi, sono comunque visibili alcune intercalazioni argillose che testimoniano escursioni anche notevoli del livello del lago.

Ai fini della definizione dell'evoluzione tettonica è risultata di fondamentale importanza la ricostruzione dell'andamento del tetto del substrato al di sotto dei depositi (Fig. 4). Dalla figura si individua chiaramente la presenza di paleovalli sepolte con andamento

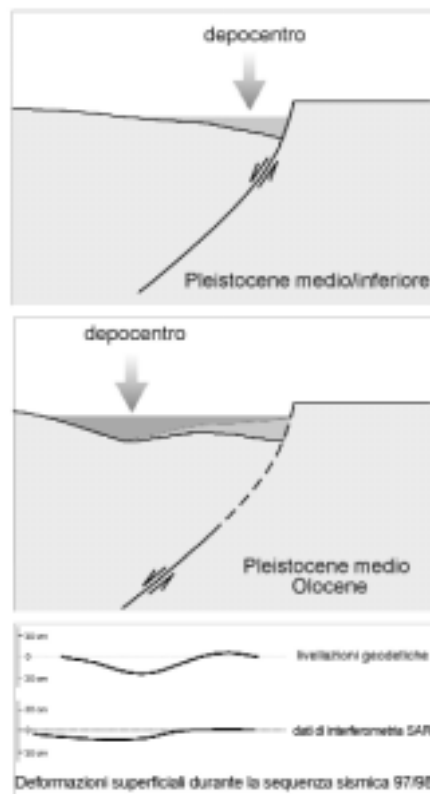


Fig. 5 - Evoluzione tettonica quaternaria del bacino di Colfiorito.

centripeto rispetto alla conca; la posizione di queste valli ribatte quella delle attuali valli affluenti nella piana. L'andamento del substrato nella zona centrale del bacino mette in evidenza la presenza di due depressioni principali una posta in prossimità della botte di Varano ed un'altra, più profonda, posta in corrispondenza della casa cantoniera. L'andamento del tetto del substrato indica che il bacino di Colfiorito non presenta la tipica geometria dei bacini di tipo half-graben ma che essa, invece, è probabilmente da riferire ad un'evoluzione tettonica più complessa. Va inoltre sottolineato come la zona con il maggiore spessore di depositi è posta in corrispondenza della Casa Cantoniera, dove, in occasione dell'ultimo terremoto, si sono misurate le deformazioni maggiori (Basili and Meghraoui, 1999; Stramondo et al., 1999).

Nella zona de La botte di Varano si individua molto chiaramente una valle sepolta, scolpita nel substrato, con drenaggio verso Colfiorito (Fig. 4). Questa valle è improvvisamente interrotta verso ovest probabilmente ad opera della faglia bordiera di M. Le Scalette - M. Prefoglio. Nell'ipotesi che l'attività della faglia bordiera di Colfiorito abbia interrotto il drenaggio verso il Chienti sarebbe lecito attendersi una paleovalle sepolta avente direzione opposta, cioè da Ovest verso Est. Inoltre la posizione della sella attuale (località La Botte) risulta "arretrata" di circa 500 metri verso est rispetto alla posizione della faglia; nel caso di un significativo sollevamento della zona ad Est della faglia stessa questa distanza risulta senz'altro eccessiva tenendo presente che la zona della sella rap-

presenta una zona ove lo scorrimento superficiale delle acque è poco significativo e quindi l'azione erosiva relativamente bassa (in assenza del drenaggio artificiale le acque defluirebbero addirittura verso Ovest nell'inghiottitoio della Palude di Colfiorito). La posizione attuale della sella è quindi da attribuire esclusivamente alla messa in posto del deposito franoso di cui si è parlato in precedenza.

Da quanto esposto è possibile ipotizzare (Fig. 5) che fino al Pleistocene inferiore – Pleistocene medio parte bassa, come per il bacino di Cesi – Colle Curti, l'attività della faglia bordiera abbia dato fenomeni di rottura superficiale, condizionando pesantemente l'evoluzione del bacino e delle aree circostanti (vedi capitolo sulle superfici relitte). A partire dal Pleistocene medio in corrispondenza della faglia bordiera non si sono più avute significative rotture superficiali. Il bacino ha continuato ad evolversi per somma di deformazioni “continue” ad ampio raggio, con massimi di subsidenza concentrati nel settore centro occidentale, come testimoniato dalla presenza del depocentro più importante in prossimità della casa Cantoniera. Tutto ciò è in accordo con il campo di deformazione registrato attraverso misure geodetiche (Basili and Meghraoui, 1999) e di interferometria SAR (Stramondo et al., 1999) che mostrano come, durante la crisi sismica del 1997, nell'area della Casa Cantoniera si siano avuti i maggiori valori di abbassamento del bacino.

3a.5 Conclusioni

Gli studi geologici condotti su parte dell'area colpita alla crisi sismica umbro-marchigiana del 97/98 hanno permesso la ricostruzione dell'evoluzione geologica e tettonica durante il Quaternario. I dati raccolti hanno notevoli implicazioni ai fini dell'interpretazione sismotettonica.

Sono state individuate due differenti successioni di superfici relitte separate tra loro dalle strutture tettoniche poste al margine orientale dei bacini intermontani; la differente evoluzione geologica dei due settori è da imputare all'attività delle faglie bordiere dei bacini fino al Pleistocene inferiore – Pleistocene medio parte bassa.

L'analisi delle deformazioni che interessano i depositi quaternari dei bacini di Cesi – Colle Curti e di Colfiorito indica che lungo le strutture principali si è verificata una diminuzione dell'attività tettonica a partire dal Pleistocene medio. Nel bacino di Colfiorito i dati di sottosuolo dimostrano la presenza di due depressioni, la maggiore delle quali è spostata verso ovest di alcuni chilometri rispetto alla faglia principale del bacino; la geometria è quindi sensibilmente diversa da quella che caratterizza i tipici bacini di tipo half-graben dell'Italia centrale la cui evoluzione tettonica è da imputare esclusivamente alla presenza di una faglia bordiera.

Durante il Pleistocene superiore, poi, la deformazione tettonica si è manifestata solo attraverso deformazioni ad ampio raggio all'interno dei bacini. Ciò risulta in accordo con le deformazioni misurate sia con le livellazioni geodetiche che con le analisi interferometriche SAR durante e dopo la sequenza sismica del 97/98, le quali confermano la mancanza di rotture superficiali lungo le strutture di Colfiorito e di Cesi S. Martino. Un

altro importante risultato della ricerca è stato quello di individuare nella presenza di un imponente corpo di frana la causa principale della soglia venutasi a formare allo sbocco del bacino di Colfiorito verso il Chienti e ritenuta sino ad ora di origine esclusivamente tettonica.

In conclusione l'evoluzione tettonica recente dell'area è probabilmente il risultato dell'effetto cumulato di eventi sismici simili al 97/98. Per quanto concerne aspetti di pericolosità sismica, gli studi geologici consentono di attribuire alle strutture indagate una magnitudo massima attesa non superiore a 6.

Bibliografia

- Amato A., Azzara R., Chiarabba C., Cimini G. B., Cocco M., Di Bona M., Margheriti L., Mazza S., Mele F., Selvaggi G., Basili A., Boschi E., Courboux F., Deschamps A., Gaffet S., Bittarelli G., Chiaraluce L., Piccinini D. and Ripepe M. (1998): The 1997 Umbria-Marche, Italy, earthquake sequence: a first look at the main shocks and aftershocks. *Geophys. Res. Lett.*, **25(15)**, 2861-2864.
- Anzidei M., Baldi P., Coticchia A., Del Mese S., Galvani A., Hunstad I., Pesci A., Pierozzi M., Surace L., Zanutta A. (1998): Utilizzo della rete GPS IGM95 per lo studio delle deformazioni cosismiche dei terremoti umbro-marchigiani del 26 settembre 1997. *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, **3**, 325-335.
- Basili R., Bosi C. and Messina P. (1997): La tettonica quaternaria dell'alta valle del F. Aterno (Appennino centrale) desunta dall'analisi di successioni di superfici relitte. *Il Quaternario*, **10(2)**, 621-624.
- Basili R., Bosi C. and Messina P. (1999a): Paleo-landsurfaces and Tectonics in the Upper Aterno Valley (Central Apennines). *Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd. 118*, 17-25.
- Basili R., Galadini F. and Messina P. (1999b): The Application of Palaeo-landsurface Analysis to the Study of Recent Tectonics in Central Italy. In: Smith B. J., Whalley W. B. and Warke P. A. (Eds), *Uplift, erosion and stability: Perspectives on long-term landscape development*. Geological Society London, Special Publications, 162, 109-117.
- Basili R., Bosi C., Bosi V., Galadini F., Galli P., Meghraoui M., Messina P., Moro M. and Sposato A. (1998): The Colfiorito earthquake sequence of September-October 1997. Surface breaks and seismotectonic implications for the central Apennines (Italy). *Journ. Earthquake Engineering*, **2**, 291-302.
- Basili R. and Meghraoui M. (1999): Coseismic and postseismic displacements related with the 1997 Umbria-Marche (Italy) earthquake sequence. Abstract of the European Geophysical Society XXIII General Assembly, The Hague, The Netherlands, 19-23 April 1999.
- Bertini T. e Bosi C. (1976): Sedimenti continentali probabilmente pliocenici nella valle del Salto e nella conca del Fucino (Rieti-L'Aquila). *Boll. Soc. Geol. It.*, **95(4)**, 767-801.
- Borselli V., Ficarelli G., Landucci F., Magnatti M., Napoleone G. e Pambianchi G. (1988): Segnalazione di mammiferi pleistocenici nell'area di Colfiorito (Appennino umbro-marchigiano) e valutazione della potenzialità del giacimento con metodi geofisici. *Boll. Soc. Paleont. It.*, **27(2)**, 253-257.
- Boschi E. (1998): Il terremoto infinito. *Newton*, **6**, 66-74
- Bosi C. (1989): Tentativo di correlazione fra le successioni plio-pleistoceniche. In *Elementi di tettonica pliocenico-quaternaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese*

- zese. Guida all'escursione della S.G.I., Roma, 97-104.
- Bosi C., Caiazzo C., Cinque A. e Messina P. (1996): Superfici relitte ed evoluzione plio-quadernaria dell'area fucense (Appennino centrale). *Il Quaternario*, **9(1)**, 381-386.
- Bosi C. e Messina P. (1992): Ipotesi di correlazione fra successioni morfo-litostratigrafiche plio-pleistoceniche nell'Appennino laziale-abruzzese. *Studi Geologici Camerti*, Vol. speciale CROP(1991/2), **11**, 257-263.
- Cello G., Mazzoli S., Tondi E. and Turco E. (1997): Active tectonics in the Central Apennines and possible implications for seismic hazard analysis in peninsular Italy. *Tectonophysics*, **272**, 43-68.
- Cello G., Deiana G., Mangano P., Mazzoli S., Tondi E., Ferrel L., Maschio L., Michetti A. M., Serva L. e Vittori E. (1998): Evidence for surface faulting during the September 26, 1997, Colfiorito (central Italy) earthquakes. *Journ. Earthquake Engineering*, **2**, 303-324.
- Coltorti M., Albanelli A., Bertini A., Ficarelli G., Laurenzi M., Napoleone G. and Torre D. (1998): The Colle Curti mammal site in the Colfiorito area (Umbro-Marchean Apennine, Italy): geomorphology, stratigraphy, paleomagnetism and palynology. *Quaternary International*, **47/48**, 107-116.
- Coltorti M. and Farabollini C. (1995): Quaternary evolution of the Castelluccio di Norcia basin (Umbria-Marche Apennines, Italy). *Il Quaternario*, **8(1)**, 149-166.
- Coltorti M. and Pieruccini P. (1997): The southern east Tiber Basin (Spoleto, Central Italy): geology and stratigraphy of the Plio-Pleistocene sediments. *Il Quaternario*, **10(2)**, 159-180.
- Coltorti M. and Pieruccini P. (1999): A late Lower Pliocene planation surface across the Italian Peninsula: a key tool in neotectonic studies. *Journ. of Geodyn.*, in stampa.
- Ficarelli G., Abbazzi L., Albanelli A., Bertini A., Coltorti M., Magnatti M., Mazza P., Mezzabotta C., Napoleone G., Rook L., Rustioni M., Torre D. (1997): Cesi, an early Middle Pleistocene site in the Colfiorito basin (Umbro-Marchean Apennine, Central Italy). *Journ. of Quat. Science*, **12(6)**, 507-518.
- Ficarelli G. and Mazza P. (1990): New fossil findings from the Colfiorito basin (Umbria-Marchean Apennine). *Boll. Soc. Paleont. It.*, **29(2)**, 245-247.
- Ficarelli G. and Silvestrini M. (1991): Biochronologic remarks on the Local Fauna of Colle Curti (Colfiorito basin, Umbrian-Marchean Apennine, Central Italy). *Boll. Soc. Paleont. It.*, **30(2)**, 197-200.
- Ficarelli G., Magnatti M. and Mazza P. (1990): Occurrence of *Microtus (Allophaiomys) gr. Pliocaenicus* in the Pleistocene lacustrine basin of Colfiorito (Umbro-Marchean Apennine, Central Italy). *Boll. Soc. Paleont. It.*, **29(1)**, 89-90.
- Galli P., Bosi V., Galadini F., Meghraoui M., Messina P., Basili R., Moro M. and Sposato A. (1997): Fratturazione superficiale connessa ai terremoti umbro-marchigiani del settembre-ottobre 1997. *Il Quaternario*, **10(2)**, 255-262.
- Giraudi C. (1998): Late pleistocene and Holocene lake level variations in Fucino Lake (Abruzzo-Central Italy) inferred from geological, archaeological and historical data. ESF Workshop *Palaeohydrology as reflected in lake-level changes as climatic evidence for Holocene times*. Gustav Fisher Verlag Ed., Palaoklimaforschung, 25, 1-17.
- Olivero S. e Penta F. (1960): *Progettato bacino di Colfiorito*. Relazione geologico-tecnica. Relazione inedita.
- Stramondo S., Tesauro M., Briole P., Sansosti E., Salvi S., Lanari R., Anzidei M., Baldi P., Fornaro G., Avallone A., Buongiorno M. F., Franceschetti G., Boschi E. (1999): The September 26, 1997 Colfiorito, Italy, earthquakes: modeled coseismic surface displacement from SAR interferometry and GPS. *Geophys. Res. Lett.*, **26(7)**, 883-886.

3b. ANALISI DI LIVELLAZIONI TOPOGRAFICHE PER LA STIMA DELLA DEFORMAZIONE COSISMICA E POSTSISMICA DEL TERREMOTO UMBRO-MARCHIGIANO DEL 26 SETTEMBRE 1997

Roberto Basili⁽¹⁾, Mustapha Meghraoui⁽²⁾

⁽¹⁾ Istituto di Ricerca sulla Tettonica Recente, CNR, Roma

⁽²⁾ GNDR c/o IRTR, ora Institut de Physique du Globe, Strasburgo

Vengono analizzate tre livellazioni topografiche di precisione ripetute lungo l'impianto dell'acquedotto della Fonte delle Mattinate al fine di determinare l'entità della deformazione cosismica e dell'eventuale rebound postsismico della faglia di Colfiorito in seguito ai terremoti del 26 Settembre 1997. La linea di livellazione inizia nel footwall a circa 200 m dalla traccia di faglia e si sviluppa per circa 4 km in direzione NE-SW (ortogonalmente alla faglia) nell'hanginwall.

Le misurazioni della quota relativa del terreno sono state effettuate utilizzando come basi di riferimento i pozzetti d'ispezione in muratura. I rilievi sono stati eseguiti nei giorni 10/10/97; 19/02/98 e 16/10/98 e vengono confrontati con una livellazione risalente al 1960.

Il confronto tra la livellazione del 1960 e la livellazione immediatamente successiva al terremoto (10/10/97) indica una deformazione cosismica consistente in un sollevamento relativo dei primi 2 km e un abbassamento della parte rimanente. La deformazione verticale nella zona centrale del profilo (zona Casa Cantoniera) risulta essere di poche decine di centimetri. L'analisi sulle livellazioni ripetute successivamente fornisce indicazioni sull'esistenza di deformazione postsismica pari a circa il 15-20% della deformazione cosismica.

Questi primi risultati sembrano essere in accordo con altre stime della deformazione cosismica effettuate con metodi diversi (interferometria SAR, Stramondo et al., 1999; GPS, Hunstad et al., 1998). Tali risultati sembrano inoltre confermare l'assenza di fenomeni di fagliazione cosismica in superficie, come emerge anche da osservazioni geologiche (Basili et al., 1998) e da osservazioni sismologiche (Amato et al., 1998).

Ringraziamenti. L'Azienda Servizi Municipalizzati e lo Studio Tecnico Raponi and Pacico Snc di Foligno (PG) hanno fornito i dati di livellazione e i dettagli tecnici sull'acquedotto.

Contributo dell'UO IRTR

CNR - Istituto di Ricerca sulla Tettonica Recente, Area di Ricerca di Roma - Tor Vergata, Via del Fosso del Cavaliere s.n.c, 00133, Roma

Responsabile: P. Messina

e-mail 1° autore: basili@irtr.rm.cnr.it

Bibliografia

- Amato A., Azzara R., Chiarabba C., Cimini G. B., Cocco M., Di Bona M., Margheriti L., Mazza S., Mele F., Selvaggi G., Basili A., Boschi E., Corboux F., Deschamps A., Gaffet S., Bittarelli G., Chiaraluce L., Piccinini D. and Ripepe M. (1998): The 1997 Umbria-Marche, Italy, earthquake sequence: a first look at main shocks and aftershocks. *Geophys. Res. Lett.*, **25(15)**, 2861-2864.
- Basili R., Bosi C., Bosi V., Galadini F., Galli P., Meghraoui M., Messina P., Moro M., and Sposato A. (1998): The Colfiorito earthquake sequence of September-October 1997: Surface breaks and seismotectonic implications for the central Apennines (Italy). *Journ. Earthquake Engineering*, **2**, 291-302.
- Hunstad I., Anzidei M., Baldi P., Galvani A., Pesci A. (1998): GPS observations of co-seismic displacement of the Umbria-Marche seismic sequence. *Annales Geophysicae* Suppl., 23rd General Assembly, Poster session SE24.01, Nice, France, 20-24 April 1998.
- Stramondo S., Tesauro M., Briole P., Sansosti E., Salvi S., Lanari R., Anzidei M., Baldi P., Fornaro G., Avallone A., Buongiorno M. F., Franceschetti G., Boschi E. (1999): The September 26, 1997 Colfiorito, Italy, earthquakes: modeled coseismic surface displacement from SAR interferometry and GPS. *Geophys. Res. Lett.*, **26(7)**, 883-886.