

Evoluzione quaternaria del bordo orientale della Conca di Rieti. Implicazioni sul reticolo idrografico, sulla sua origine, e potenziale sismico

Quaternary evolution of the eastern border of the Rieti basin. Implication on the hydrographic pattern and on its origin, and seismic potential

SERVA LEONELLO(*), BERLUSCONI ANDREA(**)

RIASSUNTO - Il lavoro sintetizza quanto emerso negli ultimi anni dai nostri studi e riflessioni nell'area considerata. Sono stati identificati tre paleocorsi della valle di Cantalice nell'intervallo temporale Villafranchiano-Pleistocene Inferiore/Medio. Sono stati evidenziati alcuni aspetti della fagliazione quaternaria del settore orientale della Conca di Rieti che, vista la loro non rilevante entità, indicano come la Conca debba la sua esistenza, più che alla attività tettonica quaternaria, allo svuotamento per erosione dei depositi fluviali e fluvio-palustri villafranchiani. Le caratteristiche della fagliazione, ci inducono a ritenere che il terremoto massimo che si può produrre in questa zona sia intorno al mezzo grado di Magnitudo momento (Mw) minore rispetto a quello stimato alcuni anni fa. Si prende poi spunto da tale valore di Mw, per evidenziare come tale terremoto sia in grado di provocare una fagliazione superficiale dell'ordine dei centimetri o al massimo tra 1-2 decimetri. Tali piccoli valori dovrebbero essere considerati nella caratterizzazione delle faglie attive/capaci delle microzonazioni sismiche condotte a livello comunale, in quanto con essi si può convivere costruendo in maniera adeguata.

PAROLE CHIAVE: Geomorfologia, Rieti, slip rate, pericolosità sismica, Quaternario

ABSTRACT - This paper summarizes the results of the investigations we have done on the eastern flank of the Rieti basin (Central Italy) and their impact on the seismic hazard of the area. The first result is the identification in the Cantalice valley

area (Rieti basin, Central Italy) of two paleopaths of this valley, older than the one of the Papena paleopath dated Lower-Middle Pleistocene. The second result is a new assessment of the Quaternary faulting that implies a maximum slip rate around 0.1 mm/year. It means a potential maximum earthquake of Mw around 6, that is lower than the one previously estimated, that was equal or bigger than Mw 6.5. The foreseen surface faulting linked to this new estimation, according to our experience, is not relevant for the constructions, when well designed against this phenomenon.

KEY WORDS: Geomorphology, Rieti, slip rate, seismic hazard, Quaternary

1. - INTRODUZIONE

In questo lavoro si vogliono raccogliere, in forma sintetica, i risultati da noi raggiunti nel corso degli ultimi anni sulla evoluzione della Conca di Rieti (Fig. 1) ed in particolare del suo bordo orientale. Essi, in particolare, riguardano:

- la presenza di una serie di valli decapitate, di particolare interesse geomorfologico, che hanno interessato la Valle di Cantalice;

(*) Già Direttore del Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA.

(**) PhD e Libero professionista.

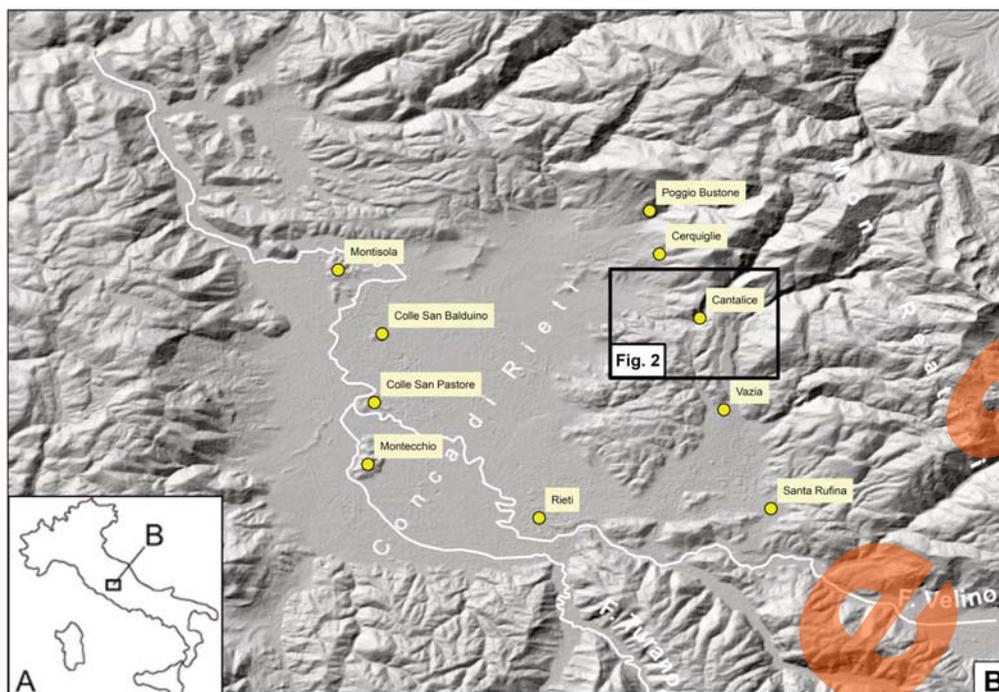


Fig. 1 - Ubciazione ed assetto morfologico della Conca di Rieti, e località citate nel testo. Rilievo tratto da ALOS World 3D30 project, risoluzione 30 metri. (<https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm> accesso 21.03.2021).
- Location and morphological setting of the Rieti Basin, and localities mentioned in the paper. Elevation model from ALOS World 3D30 project, 30 meters resolution (<https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm> visited on 21.03.2021).

- una nuova interpretazione della fagliazione del bordo orientale del bacino e della evoluzione dello stesso a partire dal Villafranchiano, dovuta per lo più alla disponibilità del rilievo LiDAR ad alta risoluzione (1 metro) di quest'area e la sua implicazione nella valutazione della pericolosità sismica di quest'area.

I risultati ottenuti potranno contribuire all'arricchimento della comprensione dell'evoluzione Quaternaria di questa area e fornire un ulteriore contributo alla stima della pericolosità sismica della stessa. L'area è già stata, ed è tuttora, infatti, oggetto di numerosi studi svolti negli anni passati ed ai quali si rimanda per un inquadramento generale della

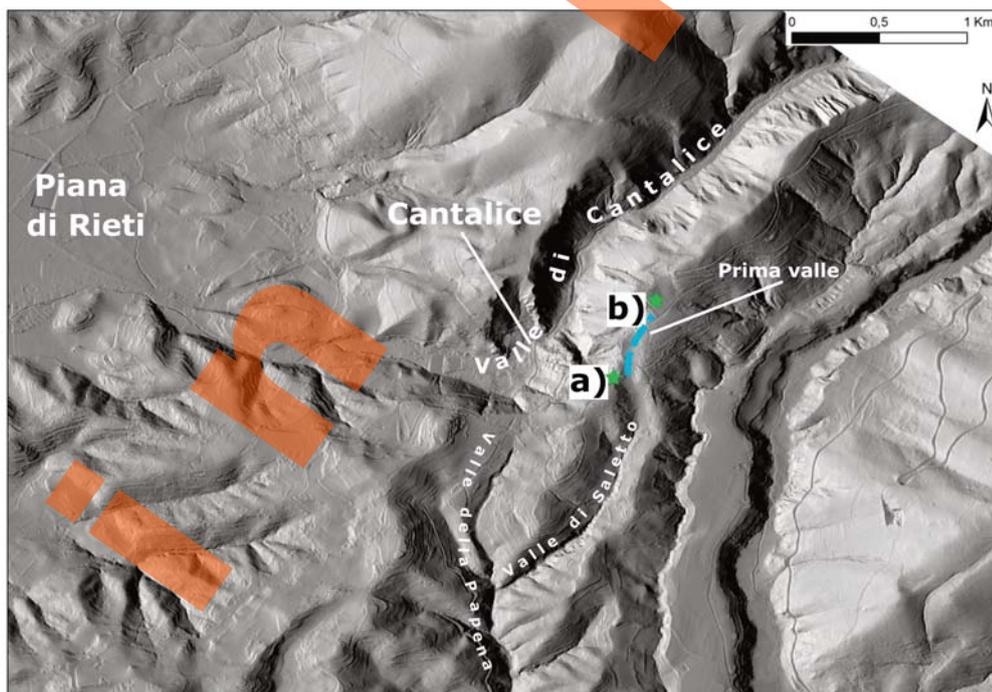


Fig. 2 - Modello digitale del terreno del versante orientale del bacino di Rieti (rilievo LiDAR ad un metro di risoluzione) centrato sulla Valle di Cantalice (la scala è indicata in alto a destra). L'ubicazione di quest'area è riportata in fig. 1. I punti a), b), in verde, sono illustrati nel testo. Il rilievo LiDAR è stato concesso gentilmente dal già Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del

Mare, oggi Ministero della Transizione Ecologica.

- Digital Terrain Model of the Eastern side of Rieti Basin (LiDAR survey, 1 meter resolution) centered on the Cantalice Valley (scale bar is at the top right). Location of the area is shown on fig. 1. Points a), b), in green, are described in the paper. LiDAR survey has been kindly made available by former Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, now Ministero della Transizione Ecologica.

stessa all'interno della evoluzione recente dell'Appennino Centrale (es. CAVINATO *et alii*, 1989; CAVINATO & PAROTTO, 1992; MICHETTI *et alii*, 1995; MICARELLI *et alii*, 2003; GUERRIERI *et alii*, 2005).

2. - EVOLUZIONE QUATERNARIA DELLA VALLE DI CANTALICE

La Valle di Cantalice è contraddistinta da un assetto morfologico articolato, caratterizzato da un tratto principale di estensione ~4 km con direzione NE-SO che incide i Monti Reatini, e da una porzione terminale che, immediatamente a valle del centro storico del paese, si dispone in direzione della Piana di Rieti (SE-NO) dopo aver ruotato di circa 90 gradi rispetto al tratto di monte (Fig. 2). Questa brusca deviazione avrebbe avuto inizio a partire dal Pleistocene Inferiore/Medio, a seguito del richiamo esercitato da parte della subsidenza quaternaria del Bacino Tiberino sui corsi d'acqua da esso sottesi, in accordo con quanto descritto da GUERRIERI *et alii*, 2005, al quale si rimanda per una trattazione più completa. In questa sede si riportano, liberamente modificati, due degli schemi proposti nel lavoro citato (Fig. 3), anche allo scopo di fornire una migliore comprensione di quanto illustrato nelle pagine seguenti.

In questo lavoro viene ricostruito l'andamento della Valle di Cantalice nel Periodo Villafranchiano - Pleistocene Inferiore/Medio corrispondente, a causa della mancanza di datazioni di qualsiasi tipo di questi sedimenti, ad un intervallo collocato indicativamente tra 2 e circa 0,3 - 0,4 milioni di anni fa.

2.1. - ANDAMENTI DELLA VALLE NEI PERIODI PRECEDENTI IL PLEISTOCENE INFERIORE/MEDIO

L'immagine LiDAR di fig. 2 mostra in maniera lampante la stessa ampiezza della Valli di Cantalice (valle attiva) e della Papena (valle decapitata, Fig. 4 e Fig. 5) segno evidente che un tempo (Pleistocene Inferiore/Medio) esse dovevano costituire una sola valle (tratto 3 di Fig. 3 B); cosa peraltro messa già in luce da Jannette Raffy nel corso del suo lavoro per la stesura della tesi di laurea (RAFFY, 1983).

Risalendo lungo la strada che da questa valle conduce alle Frazioni di Capolattera di Cantalice, nella frazione Filippantonio (punto a) in Fig. 2 e Fig. 6, si incontra la parte sommitale della Valle di Saletto che, anch'essa si chiude sulla Valle di Cantalice, come la Valle della Papena (tratto 2, in Fig. 3). Confrontando, anche in questo caso, l'ampiezza, messa ben in evidenza dal rilievo LiDAR, risulta evidente che anche questa valle non

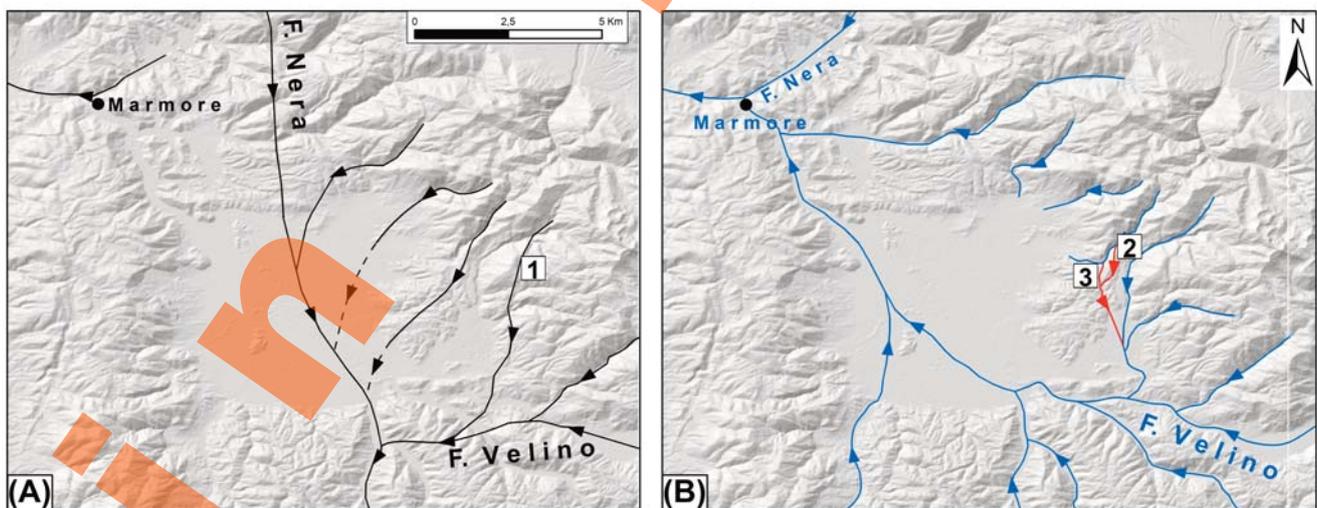


Fig. 3 - Idrografia dell'area nel Villafranchiano (A) e nel Pleistocene Medio (B); liberamente tratto da GUERRIERI *et alii*, 2003. I tratti numerati, in rosso in (B), sono trattati nel testo. È da evidenziare che i tracciati sono per lo più indicativi; ciò che si vuole mettere in risalto con le due figure è il completo cambiamento del drenaggio della Conca di Rieti tra il Villafranchiano ed il Pleistocene Inferiore/Medio.

- Hydrographic pattern of the study area during Villafranchian (A) and Middle Pleistocene (B). Freely redrawn after GUERRIERI *et alii*, 2003. Numbered sections, in red in (B), are described in the paper. The hydrography is purely indicative since the main goal of the figure is to show the complete change of the drainage between the Villafranchian and the Middle Pleistocene.

avrebbe ragione di esistere con la attuale idrografia. È pertanto logico dedurre che anche essa sia un percorso della Valle di Cantalice prima che essa si spostasse nella Valle della Papena. Questa confluenza appartiene pertanto ad un periodo più vecchio rispetto a quello della Valle della Papena, ma sempre post-Villafranchiano in quanto molto al di sotto delle quote massime raggiunte dai terreni riferibili allo stesso periodo presenti nella Conca di Rieti, e che pertanto ne devono essere



Fig. 4 - Veduta della parte apicale della Valle della Papena (valle decapitata o paleovalle). Le case indicate dal cerchio tratteggiato, indicano il limite con la Valle di Cantalice, corrispondente all'inizio della sua decapitazione. Foto fornita da Francesco Patacchiola.

- View of the apical section of Papena Valley (beheaded valley, or paleovalley). Houses within the dashed circle indicate the border with the Cantalice Valley, corresponding to the beginning of its beheading. Picture provided by Francesco Patacchiola.

stati incisi, o comunque erosi.

Sulla base di quanto sopra descritto, nella Fig. 8 sono riportati ed indicati con 1, 2 e 3, i percorsi seguiti dalla Valle di Cantalice secondo la presente ricostruzione (gli stessi numeri sono indicati anche in Fig. 3). Il tracciato 1 è stato riferito al Villafranchiano sulla base della sua posizione poco più in alto dei rilievi costituiti da depositi villafranchiani che bordano il lato Sud e Sudovest della Conca di Rieti (vedi Fig. 13 e Fig. 14).

L'analisi del dato evidenzia inoltre che il percorso 1 utilizzato dalla valle sia significativamente minore in ampiezza rispetto a quelli successivi (Fig. 2). Ciò indica che la prima fase evolutiva della Valle di Cantalice ha avuto una durata molto più breve rispetto a quella dei successivi percorsi 2 e 3, caratterizzati da ampiezze maggiori rispetto alle caratteristiche del Percorso 1. Le forti incisioni delle valli di Saletto e della Papena sono infatti indicative di un lungo periodo di esistenza che inizia all'interno del Pleistocene inferiore e vista la loro quota più bassa indicano una veloce erosione dei sedimenti villafranchiani da parte dei corsi d'acqua principali dell'area reatina che da un periodo non databile all'interno del Pleistocene ormai erano divenuti affluenti del F. Nera (GUER-



Fig. 5 - Altra immagine della Valle della Papena in cui è più evidente la differenza di quota con l'attuale Valle di Cantalice. Sullo sfondo si nota l'andamento pianeggiante delle colline che bordano il lato Sud e Sudovest della Conca di Rieti di cui si tratterà più avanti, vedi fig. 13 e fig. 14. Sono cerchiare le stesse case di fig. 4. Foto di Francesco Patacchiola.

- A suppletive aerial view of the Papena Valley, where the altitude difference with the present Cantalice Valley is more evident. On the background, the flat surfaces of the hills bordering the Southern and Southwestern sides of Rieti Basin, that will be discussed further in this paper, see fig. 13 and fig. 14. The same houses of fig. 4 are circled. Picture by Francesco Patacchiola.



Fig. 6 - Veduta della parte alta della Valle (paleovalle) di Saletto. La Frazione di Filippantonio di Capolatera, punto a) in fig. 2 è posto alla testa di detta valle. La Valle di Cantalice è all'estrema destra ed è ben visibile quanto sia ribassata rispetto alla Valle di Saletto.
 - View of the apical part of the Saletto Valley (paleovalley). The Filippantonio di Capolatera hamlet, point a) in fig. 2 is located on the head of the valley. The Cantalice Valley is on the right of the picture, and it is evident how much lower in altitude it is, compared to Saletto Valley.

RIERI *et alii*, 2005) a causa della forte subsidenza identificarne alcuni di ordine gerarchico superiore rispetto a quelli che lo compongono. La parte tratteggiata

2.2. - LA FAGLIAZIONE QUATERNARIA DEL BORDO ORIENTALE DELLA CONCA DI RIETI; IMPLICAZIONI SU POTENZIALE SISMICO DELLA STESSA E COMPrensIONE DELLA EVOLUZIONE DELLA CONCA

L'interpretazione del rilievo LiDAR del bordo orientale della Conca di Rieti (Fig. 8), mostra una serie di elementi morfologici riferibili a fenomeni di fagliazione quaternaria (post villafranchiana) composta da un sistema distribuito di faglie, che nell'insieme si sviluppa lungo tutto il bordo orientale del bacino. Tra gli elementi osservati non è possibile



Fig. 7 - Pianoro ubicato sulla sinistra del fontanile prima dell'abitato de Gli Osti di Capolatera, punto b) in fig. 2. Si noti la forma concava della parte alta del pianoro riferibile ad una vallecola, messa più in evidenza dal nostro tratteggiato.
 - Plateau on the left side of the fountain located before the Gli Osti di Capolatera hamlet, point b) in fig. 2. The concave shape of the higher part of the plateau is evident, and can be referred to a small valley, highlighted by the dashed line.

(1) I sedimenti villafranchiani, costituiti da depositi di ambiente fluviale e fluvio-palustre, indicano il percorso di quel tempo del Fiume Velino (fig.3) quando esso, invece di essere un affluente del Fiume Nera (è da segnalare che in questo periodo il Nera era affluente del Velino, fig.3) dopo la Città di Rieti seguiva più o meno il percorso della attuale Via Salaria e sfociava nel mare che a quel tempo arrivava ai primi contrafforti dell'Appennino.



Fig. 8 - Veduta aerea dell'area considerata. In essa con [1], [2] e [3] sono indicati i tracciati ricostruiti della Valle di Cantalice. Il tracciato non numerato indica la valle attuale. Foto di Francesco Patacchiola.

- Aerial view of the study area. With [1], [2] and [3] the reconstructed paleo courses of the Cantalice Valley are indicated, along with the present course (not numbered).

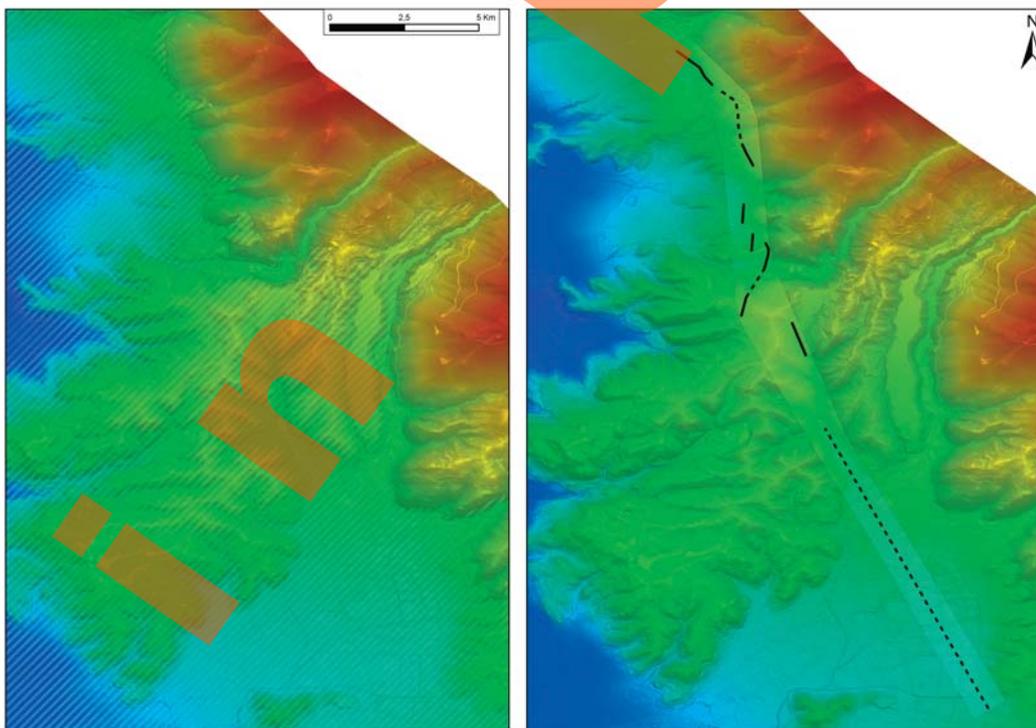


Fig. 9 - La figura mostra il rilievo LiDAR da noi utilizzato, la fonte è citata in fig. 2. La parte sinistra riporta il rilievo senza interpretazione, ed il reticolato a barre indica i terreni villafranchiani e quelli più recenti. La parte destra riporta l'interpretazione; le linee nere (tratteggiate e/o continue) indicano la presenza molto probabile di evidenze di fagliazione quaternaria mentre la banda chiara indica, più in generale, la zona dove possono essere presenti tali evidenze di fagliazione.

- The picture shows the LiDAR elevation model used for this paper; source is indicated in fig. 2. Left side shows the elevation model without interpretation, and the transparent reticulated pattern indicates the Villafranchian and younger sediments. Right side shows the given interpretation. Black lines indicate where quaternary faulting is very likely present while the transparent white strip indicates the area where quaternary faulting can be present.

giata tra Vazia e Santa Rufina indica che in quest'area la fagliazione non è rilevabile sul terreno a causa del rimaneggiamento della superficie topografica causato dall'attività antropica. Si è sicuri però della sua esistenza anche in quest'area poiché anche in questa zona ne sono interessati i terreni villafranchiani.

A supporto della interpretazione suddetta, risultano degne di nota le seguenti considerazioni.

Lungo tutto il bordo orientale, gli unici liscioni di faglia ben visibili, ma di interpretazione non sempre univoca, sono presenti, sul bedrock calcareo nell'area di San Liberato lungo la strada comunale che dalla provinciale porta al nucleo storico di detta località, ed in località Cerquiglie, continuando su detta strada sino al confine con il territorio di Poggio Bustone (MICARELLI *et alii*, 2003).

Ad oggi, i dati di terreno sinora rilevati mostrano fagliazione solo all'interno dei depositi villafranchiani con rigetti massimi dell'ordine del metro, ad es. in Fig. 10. Non sono note fagliazioni indubbie di terreni più recenti rilevate sul terreno, anche se ciò può essere dovuto anche a un numero limitato di affioramenti.

Lungo l'intero tratto orientale della Conca non sono presenti le evidenze di significativa fagliazione superficiale, quali i tipici nastrini di faglia lunghi e continui visibili, ad esempio nella Conca del Fucino sul Monte Serrone (Fig. 11). Le poco diverse litologie che bordano le due Conche non giustificano, a nostro parere, tale significativa differenza.

Restando nel confronto con la Conca del Fucino (caratterizzata da terremoti storici di magnitudo $M_w \approx 7$), degno di particolare interesse, ed elemento ancora più importante rispetto a quelli sopra elencati, è poi la significativa differenza strutturale con la Conca di Rieti, come facilmente deducibile dai profili sismici riportati in Fig. 12. Il dato di sottosuolo evidenzia infatti la differenza di spessore dei terreni Quaternari che costituiscono il riempimento delle due Conche, entrambe soggette a distensione, segno inconfutabile della differente attività tettonica Quaternaria che le ha interessate.

Il Quaternario è infatti spesso nella Conca del Fucino almeno 1500 - 2000 metri, mentre è circa un decimo nella Conca di Rieti. Quello presente nella Piana, infatti, è per lo più legato alla attività delle so-

glie travertinosi presenti lungo il corso del Fiume Velino, ben descritte in (CARRARA *et alii*, 1993). Basti pensare che con ogni probabilità la Cascata delle Marmore era del tutto assente alla fine dell'ultimo glaciale (LGM), come messo in evidenza in CALDERONI *et alii*, 1994. I numerosi affioramenti del substrato carbonatico presenti nella piana (Montecchio, Colle San Pastore, Colle San Balduino, messi in evi-



Fig. 10 - La foto è ripresa da MILANA *et alii*, 1989. Essa mostra una faglia verticale, con un rigetto inferiore al metro, nei terreni fluviali e fluvio-lacustri del Villafranchiano, visibili in una cava situata vicino al Santuario di San Felice da Cantalice. Si noti che la faglia interessa solo i terreni villafranchiani e non ha evidenze in superficie.

- Photo taken from MILANA *et alii*, 1989. It shows a vertical fault, with less than one meter displacement, within the Villafranchian fluvial and fluvio-lacustrine sediments, visible in a quarry cut near the San Felice Sanctuary in Cantalice. It is evident that the fault displaces only the Villafranchian sediments and does not have evidence on the surface.



Fig. 11- Le frecce indicano il nastrino presente lungo tutto il versante del Monte Serrone (bordo Sudest della Conca del Fucino), riattivatosi, di circa un metro anche in occasione del terremoto di Avezzano del 13.01.1915, di $M_w \approx 7$. Un nastrino simile è presente anche al bordo nord della stessa Conca lungo tutto il versante del Monte Tremonti.

- The arrows indicate the white strip along the Monte Serrone slope (Southeast of Fucino basin), reactivated for circa one meter also during the Avezzano, 13.01.1915, earthquake ($M_w \approx 7$). A similar white strip is present also on the Northern side of the same basin, along the slope of Monte Tremonti.

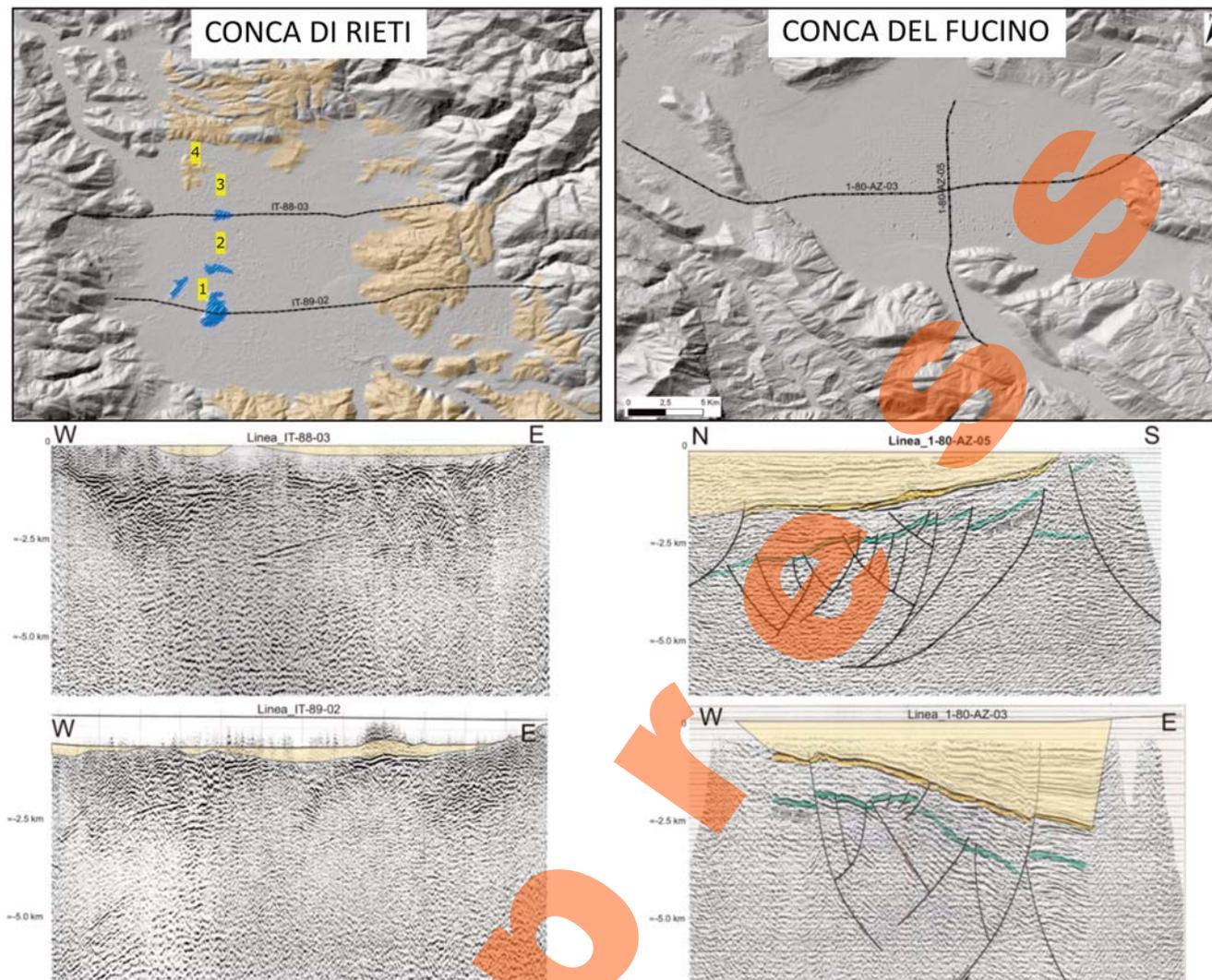


Fig. 12 - Profili sismici passanti per la Conca di Rieti e per quella del Fucino così come riportati dal sito di VIDEPI (<https://www.videpi.com/>, accesso 21.03.2021). L'interpretazione strutturale della Conca del Fucino e quella riportata dal sito e non è argomento di questo lavoro. Quello che invece si vuole mettere in evidenza con questi profili è la significativa differenza dello spessore dei terreni quaternari nella Conca del Fucino (~2000 metri), in giallo sfumato, di un ordine di grandezza superiore di quello della Conca di Rieti (~200 metri), anche considerando la possibile presenza della Faglia di Rieti come ipotizzata in CAVINATO & PAROTTO, 1992. Rilievi numerati interni alla Conca di Rieti: 1, Montecchio; 2, Colle San Pastore; 3, Colle San Balduino; 4, Montisola; in blu substrato carbonatico, in giallo sedimenti villafranchiani.

- Seismic profiles across the Rieti and Fucino Basins, as shown on the VIDEPI website (<https://www.videpi.com/>, visited on 21.03.2021). The structural interpretation of the Fucino basin is the one reported in the site and is not an issue of this paper. What we want to underline with these profiles, is the significant difference between the thicknesses of the Quaternary deposits (transparent yellow) in the two basins, which is ~2000 m in the Fucino Basin, an order of magnitude bigger than the one in the Rieti Basin (~200 m), even considering the "Faglia di Rieti" as indicated by CAVINATO & PAROTTO, 1992. Hills within the Rieti Basin: 1, Montecchio; 2, Colle San Pastore; 3, Colle San Balduino; 4, Montisola; in blue, carbonatic hills, and in yellow, Villafranchian deposits.

denza con il blu nella Fig. 12), indicano che sotto questi sedimenti quaternari legati alle soglie travertinose affiora la serie umbro sabina che costituisce i Monti Sabini e Reatini.

Sulla base delle risultanze sopra riportate si può ragionevolmente affermare che la faglia principale che corre lungo il bordo orientale della Conca e che si manifesta in superficie con un sistema di faglie distribuite, sia quindi responsabile della differenza di

150-200 metri tra la quota di affioramento del Villafranchiano dei Colli di Cantalice rispetto a quella degli stessi nel bordo Sud e Sudovest come evidente dalle Fig. 13 e Fig. 14).

L'andamento pianeggiante ricostruibile dalla sommità delle colline del villafranchiano dei Colli di Cantalice, del tutto simile a quello delle colline a Sud e Sudovest della Conca, è infatti una chiara evidenza che tale abbassamento non sia dovuto a fenomeni



Fig. 13 - Veduta da Poggio Bustone dei Colli di Cantalice e dei bordi Sud e Sudovest della Conca di Rieti.
- View of the Cantalice hills and of the southern and southwestern sides of Rieti Basin. Photo is taken from Poggio Bustone.

erosivi di diversa entità. In altre parole, la stratigrafia dei terreni villafranchiani dei Colli di Cantalice è coeva di quella delle colline che bordano a Sud e Sudovest la Conca di Rieti. Pertanto, i 150-200 metri rappresentano la differenza di altezza tra il Villafran-

chiano dei Colli di Cantalice, interessato dalla fagliazione, e quello affiorante a Sud e Sudovest non interessato dalla fagliazione. In altre parole, l'attività post-villafranchiana di questa struttura tettonica è stata di 200 metri al massimo.

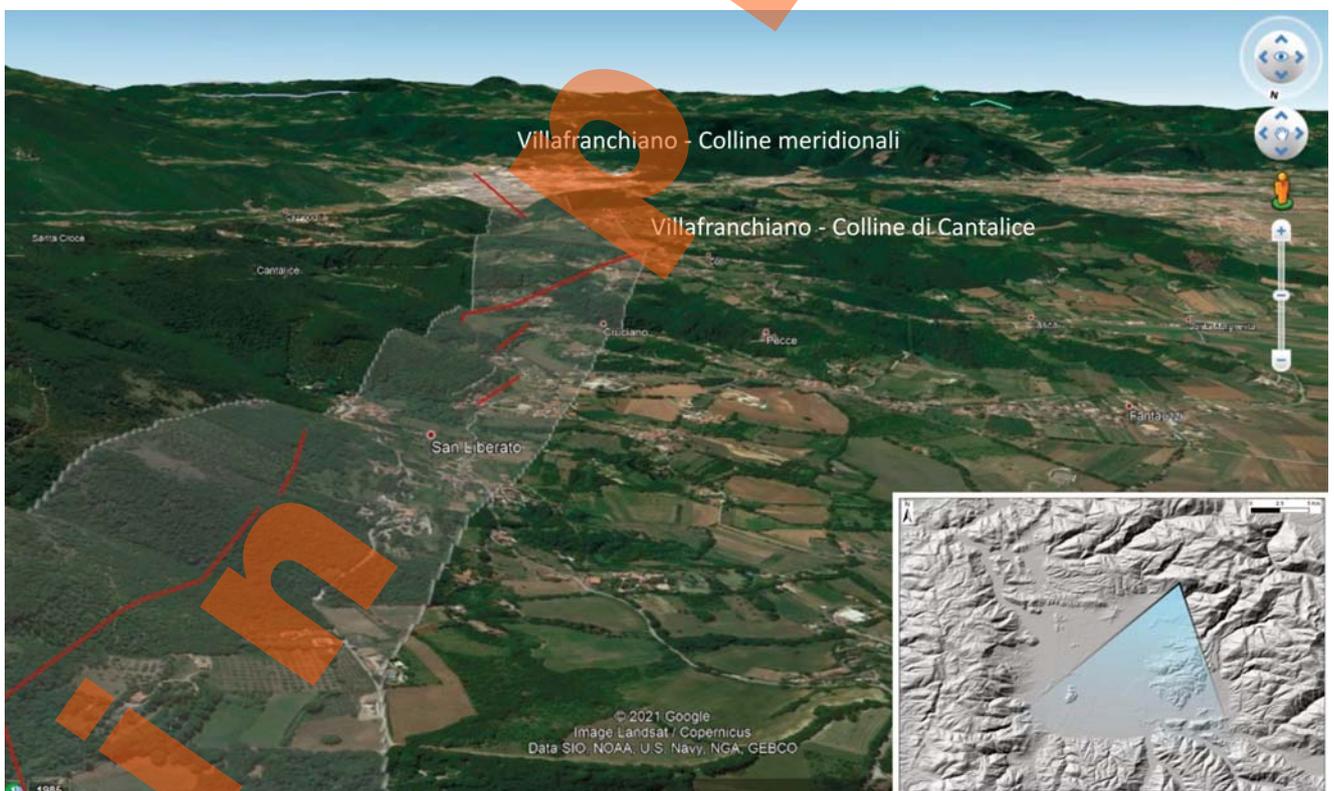


Fig. 14 - Vista simile alla (fig. 13) presa da Google Maps. Il punto di visione è indicato in basso a destra. La zona bianca trasparente è quella indicata in fig. 9, ed indica dove è possibile trovare evidenze di fagliazione quaternaria.

- Similar view to (fig. 13), taken from Google Maps. The viewpoint is indicated on the down right. The transparent white strip is the same shown in fig. 9 and indicates where it is possible to find evidence of Quaternary faulting.

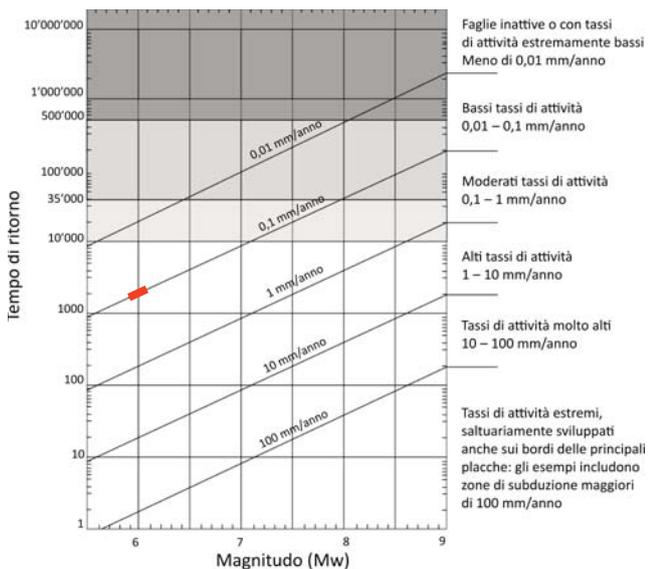


Fig. 15 - Diagramma preso e tradotto in italiano da SLEMMONS & DE POLO, 1986. In esso è mostrata la correlazione tra il tasso di scorrimento di una faglia ed i potenziali periodi di ritorno dei terremoti di varia Magnitudo. Il tratto in rosso indica il valore della magnitudo del terremoto suggerito in questo lavoro (Mw intorno a 6 con un periodo di ritorno di ~1000 anni).
- Diagram taken, modified, and translated from SLEMMONS & DE POLO, 1986. The correlation between slip rate of a fault and potential return time of earthquakes with different magnitudes is indicated. The red segment at 0.1 mm/year shows the value of magnitude suggested in this paper (Mw around 6, with return period of ~1000 years).

Sulla base delle analisi condotte si deduce che la forma attuale della Conca di Rieti è in parte dovuta alla tettonica Quaternaria, che, come detto, ha creato rigetti totali di circa 150-200 metri, ma per lo più è riferibile alla erosione del F. Velino (con i suoi tributari) richiamato dall'abbassamento del corso del F. Tevere nella Valle Tiberina.

Sulla base della ricostruzione sopra descritta vengono ora fornite, in forma molto schematica, le implicazioni sul potenziale sismico dell'attività quaternaria del sistema di faglie che bordano il settore orientale della Conca di Rieti (Fig. 9).

Considerato un rigetto massimo di circa 200 metri, ed assegnando al Villafranchiano della Conca di Rieti un'età media di circa 2 milioni di anni, il tasso di scorrimento (*slip-rate* della letteratura internazionale) del sistema di faglie risulta essere al massimo di 0,1 mm/anno.

Utilizzando il ben noto diagramma di Fig. 15, che seppur pubblicato nel 1984 può essere considerato ancora valido anche per l'Appennino, è possibile stimare il terremoto potenziale che si può produrre sulla base dello slip rate caratteristico dell'area.

Quello intorno a una Magnitudo momento $M_w = 6$, con un periodo di ritorno di ~1000 anni è quello che più si avvicina alle caratteristiche descritte della fagliazione del bordo orientale della Conca sopra descritte. Le stesse caratteristiche avvalorano tale assunzione anche utilizzando il concetto di paesaggio sismico (o *seismic landscape*) descritto in MICHETTI *et alii*, 1995; SERVA, 1995; SERVA *et alii*, 2002; IAEA, 2015). Tale valore ben si inquadra anche nella storia sismica dell'area che riporta due eventi intorno a questa Magnitudo. Il primo avvenuto il 30 novembre del 1298, di Magnitudo stimata intorno a 6, che interessò principalmente i territori di Rieti e Spoleto e pertanto si può ragionevolmente concludere che si generò nell'intorno di Poggio Bustone ed il secondo il 27 giugno del 1898, di Mw stimata intorno a 5,5 - 6, ben descritto da Moderni (MODERNI, 1899) che lo localizza nei pressi di Santa Rufina di Cittaducale. Una loro localizzazione è riportata nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI/> accesso

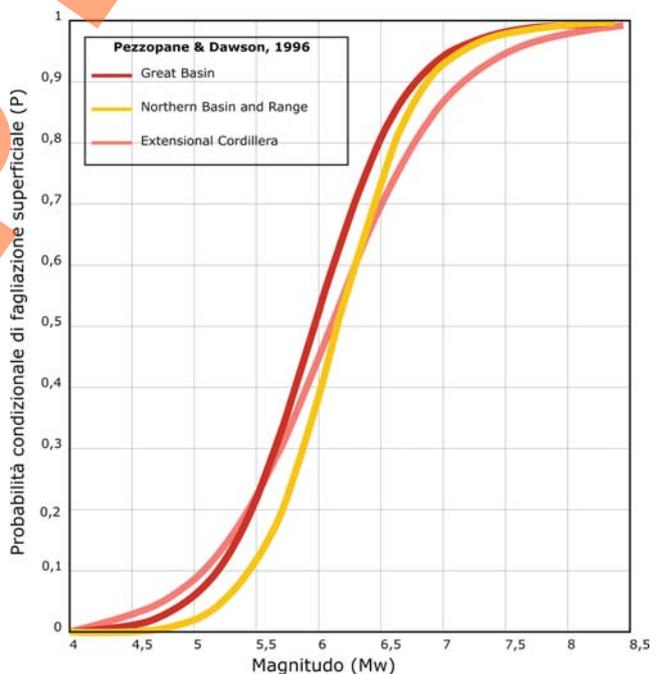


Fig. 16 - Il diagramma, modificato, da SERVA *et alii*, 2019, riporta la probabilità di fagliazione superficiale in funzione della magnitudo (Mw) del terremoto che la produce per regimi tettonici estensionali. Le tre correlazioni, da PEZZOPANE & DAWSON, 1996, sono tutte legate a situazioni tettonicamente simili alla Conca di Rieti.

- The diagram, modified, after SERVA *et alii*, 2019, shows the probability of surface faulting in relation with earthquake magnitude (Mw) for extensional tectonic regimes. The three correlations, after PEZZOPANE & DAWSON, 1996, are all related to tectonic settings similar to the Rieti Basin.

21.03.2021), rispettivamente con “Rieti” e “Reatino”.

Rispetto al terremoto del 1898, degno di nota è quanto descritto dal Moderni:

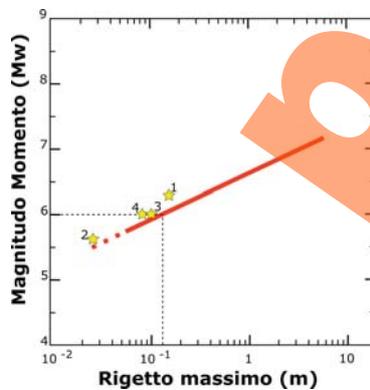
.....Sulla via provinciale, presso Santa Rufina, si osservano nel terreno sette lunghe e grosse spaccature, parallele e vicine una all'altra; identica osservazione si poteva fare presso Castelfranco, dove il terreno era pure rotto da cinque lunghe spaccature parallele.....

Questa descrizione ben si inquadra con quanto osservato sulla fagliazione lungo il bordo orientale della Conca. Il Moderni indica queste spaccature ma non le descrive nel dettaglio, cosa peraltro tipica di quei tempi in quanto al di fuori delle conoscenze scientifiche dell'epoca. Questo non consente di chiarire se esse fossero associate a rigetti e quindi classificare come fenomeni di fagliazione superficiale. Ad ogni modo ne possiamo dedurre che se anche le spaccature descritte fossero state il risultato di deformazione lungo la superficie topografica indotte dalla tettonica, esse avrebbero potuto essere associate al massimo a rigetti di lieve entità, come con-

ferma lo scarso interesse dimostrato da Moderni nella sua descrizione. D'altro canto, queste fratturazioni rappresentano una evidenza storica della presenza della fagliazione anche in quest'area, come tratteggiato in Fig. 8.

Dai dati di letteratura, terremoti intorno $M_w = 6$, in regimi di tettonica estensionale, quale quella che interessa la Conca di Rieti, hanno una probabilità tra il 40% ed il 70% di produrre fagliazione superficiale (Fig. 16) anche se in realtà abbiamo visto, per esperienza diretta, che gli ultimi terremoti appenninici estensionali di questa magnitudo hanno sempre prodotto fagliazione superficiale⁽²⁾. In ogni caso un terremoto di $M_w = \sim 6$ produce uno spostamento tra le parti di alcuni centimetri o poco più di un decimetro (Fig. 17). È importante sottolineare che tali spostamenti, sulla base della nostra esperienza pluriennale, non sono capaci di arrecare significativi danni a costruzioni che ne abbiano tenuto conto e ben costruite e di questo a nostro parere se ne dovrebbe tener conto in termini normativi.

Fig. 17 - Il diagramma mostra la correlazione empirica tra la M_w del terremoto e l'entità della fagliazione superficiale prodotta. Da WELLS & COPPERSMITH, 1993, modificato. Come si può vedere, eventi con M_w nell'ordine di $M_w = 6$ producono rigetti massimi tra uno e due decimetri. Per avvalorare la bontà della correlazione, nel diagramma sono riportati i dati italiani inerenti: 1, Terremoto de L'Aquila del 6 maggio 2009 di $M_w=6.3$ (15 cm di rigetto massimo); 2, Terremoto di L'auria del 9 novembre 1998 di $M_w=5.6$ (1-2 centimetri di rigetto); 3, Terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016 $M_w=6.0$ (~10 cm di rigetto massimo); 4, Terremoto di Colfiorito del 26 settembre 1997 $M_w=6.0$ (8 centimetri di rigetto massimo).



- The diagram shows the empirical correlation between the M_w of the earthquake and the surface faulting size. After WELLS & COPPERSMITH, 1993, modified. Seismic events with $M_w \sim 6$ produce a maximum displacement between one and two decimeters. To show the reliability of this correlation the Italian data, linked to earthquakes of extensional type, are reported: 1, L'Aquila earthquake, 6 May 2009, $M_w=6.3$ (15 cm maximum displacement); 2, L'auria earthquake, 9 November 1998, $M_w=5.6$ (1-2 cm displacement); 3, Amatrice earthquake, 24 August 2016, $M_w=6.0$ (~10 cm maximum displacement); 4, Colfiorito earthquake, 26 September 1997, $M_w=6.0$ (8 cm maximum displacement).

3. - CONCLUSIONI

Scopo di questo lavoro è quello di sintetizzare quanto emerso negli ultimi anni dai nostri studi e dalle conseguenti riflessioni sull'area considerata.

Circa quanto già conosciuto in merito alla presenza di valli decapitate nell'area di Cantalice, ne sono state riconosciute altre due di età Villafranchiana, la più vecchia, e del Pleistocene inferiore, la seconda.

In merito alla evoluzione del settore orientale della Conca di Rieti, si è stimato che il rigetto massimo della fagliazione quaternaria che lo interessa sia dell'ordine dei 150-200 metri. Ciò implica che la stessa Conca debba la sua esistenza, più che alla attività tettonica quaternaria, allo svuotamento per erosione dei depositi villafranchiani, depositi dai corsi d'acqua che a quel tempo incombevano nell'area, da

(2) 1 - Terremoto de L'Aquila del 6 maggio 2009 di $M_w=6.3$ (15 centimetri di rigetto massimo); 2 - Terremoto di L'auria del 9 novembre 1998 di $M_w=5.6$ (1-2 centimetri di rigetto); 3 - Terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016 $M_w=6.0$ (~10 cm di rigetto massimo); 4 - Terremoto di Colfiorito del 26 settembre 1997 $M_w=6.0$ (8 centimetri di rigetto massimo).

parte del F. Velino, richiamato verso Nord, dal forte abbassamento del Bacino Tiberino.

Le stesse caratteristiche della fagliazione, come descritte nel testo, ci inducono a ritenere che il terremoto massimo che si può produrre in questa zona è di entità minore rispetto a quello stimato alcuni anni fa e riportato in MICHETTI *et alii*, 1995 ($M_w \geq 6.5$). In particolare, i dati riportati in questo lavoro ci inducono a stimarlo con una $M_w = \sim 6$. Si prende poi spunto da tali valori per mettere in evidenza anche che essi provocano, con buona probabilità, dislocazioni superficiali (fagliazione superficiale, in termini tecnici) dell'ordine dei centimetri o al massimo tra 1 e 2 decimetri. Tali piccoli valori dovrebbero essere considerati nella caratterizzazione delle faglie attive/capaci delle microzonazioni sismiche condotte a livello comunale, in quanto con essi si può convivere costruendo in maniera adeguata.

Ringraziamenti

Si ringraziano vivamente il Dott. Livio Bonadeo per l'accurata revisione critica del manoscritto, ed il Dott. Francesco Patacchiola e il Frate Renzo Cocchi (tenentario del Santuario Franciscano di Poggio Bustone) per le foto forniteci.

BIBLIOGRAFIA

- CALDERONI G., CARRARA C., FERRELI L., FOLLIERI M., GLIOZZI E., MAGRI D., NARCISI B., PAROTTO M., SADORI L. & SERVA L. (1994) - *Palaeoenvironmental, palaeoclimatic and chronological interpretations of a late Quaternary sediment core from Piana di Rieti (central Apennines, Italy)* - In: *Giornale di Geologia*. ISSN 0017-0291.
- CARRARA C., BRUNAMONTE F., FERRELI L., LORENZONI P., MARGHERITI L., MICHETTI A.M., RAGLIONE M., ROSATI M. & SERVA L. (1993) - *I terrazzi della medio-bassa valle del F. Velino* - *Studi Geol. Camerti*, Spec. Vol. (1992/1), 97-102.
- CAVINATO G.P., CHIARETTI F., COSENTINO D. & SERVA L. (1989) - *Caratteri geologico-strutturali del margine orientale della conca di Rieti* - *Boll. Soc. Geol. It.*, **108** (2), 207-218.
- CAVINATO G.P. & PAROTTO M. (1992) - *Evoluzione tettonica e paleogeografica della Conca di Rieti (Appennino Centrale)* - *Me. Soc. Geol. It.*, **46**.
- GUERRIERI L., COMERCI V., FERRELI L., POMPILI R., BRUNAMONTE F., MICHETTI A.M. & SERVA L. (2005) - *Geological evolution of the intermountain Rieti basin (Central Apennines)* - 5 pp + 1 map. In: *Mapping Geology in Italy*. Eds G. PASQUARÈ, C. VENTURINI, G. GROPELLI. APAT- DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO/SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 2004 ROMA.
- IAEA TECDOC N. 1767 (2015) - *The Contribution of Paleoseismology to seismic hazard assessment in site evaluation for nuclear Installations* - Vienna.
- MICARELLI L., TONDI E. & CELLO G. (1993) - *Evoluzione tettonica Plio-Quaternaria dell'area reatina: implicazioni per possibili scenari di pericolosità da terremoto* - *Studi Geologici Camerti*, pp. 81-102.
- MICHETTI A.M., BRUNAMONTE F., SERVA L. & WHITNEY R.A. (1995) - *Seismic hazard assessment from paleoseismological evidence in the Rieti region (Central Italy)* - In: SERVA L. & SLEMMONS D.B. (Editors) "Perspectives in Paleoseismology", *Bull. Assoc. Eng. Geol., Special Publication n°6* (1994), Seattle, WA, USA, pp. 63-82.
- MILANA G., PENTASSUGLIA C., SERVA L., VENTURA G. & VITTORI E. (1989) - *Caratterizzazione sismotettonica dell'area campione della Conca di Rieti* - *Notiziario ENEA DISP: Sicurezza e Protezione*. Anno 7, n. 19, 21-26, Roma.
- MODERNI P. (1899) - *Osservazioni geologiche fatte nell'Umbria e nel Piceno durante gli anni 1897 e 1898 con Appendice sul terremoto di Rieti (del 28 giugno 1898)* - *Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia*. Anno XXX.
- PEZZOPANE S.K. & DAWSON T.E. (1996) - *Fault displacement hazard: a summary of issues and information*. In: *Seismotectonic Framework and Characterization of Faulting at Yucca Mountain, Nevada* - US Geological Survey Administrative Report prepared for the US Department of Energy, 160 p., Chapter 9.
- RAFFY J. (1983) - *Le versant tyrrhénien de l'Appennin Central: étude géomorphologique* - CNRS, Paris (1979). 705 pp.
- SERVA L. (1996) - *Criteri geologici per la valutazione della sismicità: considerazioni e proposte* - *Atti dei Convegni Lincei*, 122, "Terremoti in Italia". Accademia Nazionale dei Lincei, 1-2 dicembre 1994. Roma. pp. 103-116.
- SERVA L., BLUMETTI A.M., GUERRIERI L. & MICHETTI A.M. (2002) - *The Apennine intermountain basins: the result of repeated strong earthquakes over a geological time interval* - *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **121**(1), 939-946.
- SERVA L., LIVIO F.A. & GÜRPINAR A. (2019) - *Surface Faulting and Ground Deformation: Considerations on Their Lower Detectable Limit and on FDHA for Nuclear Installations* - *Earthquake Spectra*, **35**(4), 1821-1843.
- SLEMMONS D. B. & DE POLO C.M. (1986) - *Evaluation of active faulting and associated hazards* - In *Active Tectonics*, R. E. Wallace (Editor), *Nat. Acad. Press*, Washington, D.C., 45-62.
- WELLS D.L. & COPPERSMITH K.J. (1993) - *Likelihood of surface rupture as a function of magnitude* - *Seismological Research Letters* **64** (1), 54.