

## **FENOMENI DI INSTABILITÀ DELLA FALESIA DEL MONTE CONERO: RUOLO DELL'ASSETTO STRUTTURALE**

Viviene M. E. Fruzzetti  
*Università Politecnica delle Marche*  
*v.m.e.fruzzetti@univpm.it*

David Segato, Paolo Ruggeri, Alessandro Vita,  
Evghenia Sakellariadi, Giuseppe Scarpelli  
*Università Politecnica delle Marche*

### **Sommario**

Questa nota costituisce una memoria illustrativa relativa ad alcuni fenomeni di erosione e instabilità che caratterizzano la falesia del Monte Conero. Questo tratto di costa alta, che si affaccia sul Mar Adriatico a sud di Ancona, ben si presta allo studio di varie tipologie di frana. Il tentativo è quello di esaminarle tenendo presenti le condizioni litologiche, geotecniche, tettoniche e meteomarine dell'area, secondo un approccio organico ed integrato che permetta di comprendere l'evoluzione costiera e i relativi rischi di instabilità che la interessano.

### **Introduzione**

L'obiettivo degli studi che gli autori hanno di recente intrapreso, nell'ambito delle attività di ricerca e di didattica, è quello di analizzare i movimenti di versante che hanno interessato e interessano il Monte Conero. Il promontorio si presenta secondo la tipica morfologia delle falesie attive caratterizzate da un andamento plano-altimetrico sinuoso e frastagliato. Si vogliono pertanto classificare i fenomeni gravitativi seguendo un approccio integrato e multidisciplinare a prevalente orientamento geotecnico, concentrando l'attenzione sul ruolo che il comportamento meccanico dei litotipi presenti, associato ai principali processi morfogenetici, ha ed ha avuto nei confronti dei fenomeni di instabilità.

### **Caratteri geologici, litologici e di assetto strutturale**

La serie dell'Appennino umbro-marchigiano rappresenta una situazione assai rara nella storia geologica degli ultimi 200 milioni di anni; mentre nel resto del dominio della Tetide le forze geotettoniche, causando eruzioni vulcaniche, deformazioni ed orogenesi, determinavano continue variazioni morfologiche della Terra, il piccolo bacino umbro-marchigiano rimaneva relativamente tranquillo, permettendo l'accumulo lento dei sedimenti pelagici che, a seguito di processi diagenetici, si trasformavano in rocce. L'onda orogenetica arrivò nelle aree più orientali del bacino umbro-marchigiano, l'attuale Monte Conero, solo nel Pliocene (5 milioni di anni fa) e mentre nelle aree che emergevano ad Ovest (Toscana, Umbria e Marche occidentali) le rocce venivano via via erose formando le cosiddette fosse tettoniche, riempitesi poi di sedimenti, nella zona del Conero continuava il lento accumulo di sedimenti pelagici che sovrapponendosi, strato dopo strato, registravano gli avvenimenti geologici di quel periodo. Quando nel Pliocene anche al Conero giunse l'onda orogenetica, la sedimentazione di mare profondo venne interrotta dall'arrivo di sedimenti sabbiosi, periodo a cui seguì l'emersione e la relativa deformazione.

La successione geologica affiorante nell'area in esame fa quindi parte della facies umbro-marchigiana, con termini esposti dalla parte alta del Cretaceo inferiore al Quaternario.

Il promontorio del Conero presenta una morfologia strettamente dipendente dalla struttura tettonica; si tratta di un'anticlinale asimmetrica (Fig.1) di direzione NW-SE con un fianco orientale che scende ripidamente a mare, interessato da faglie e numerose superfici di discontinuità e un fianco occidentale dalla pendenza più dolce, interessato da una idrografia

superficiale, impostata talvolta su linee di faglia (v. fosso dei Molini poco a sud di Numana). Il nucleo dell'anticlinale affiora lungo la costa nei pressi degli scogli delle «Due sorelle» (Fig. 2); la sommità della cupola si presenta pianeggiante e si trova a 572 m su l.m.m.

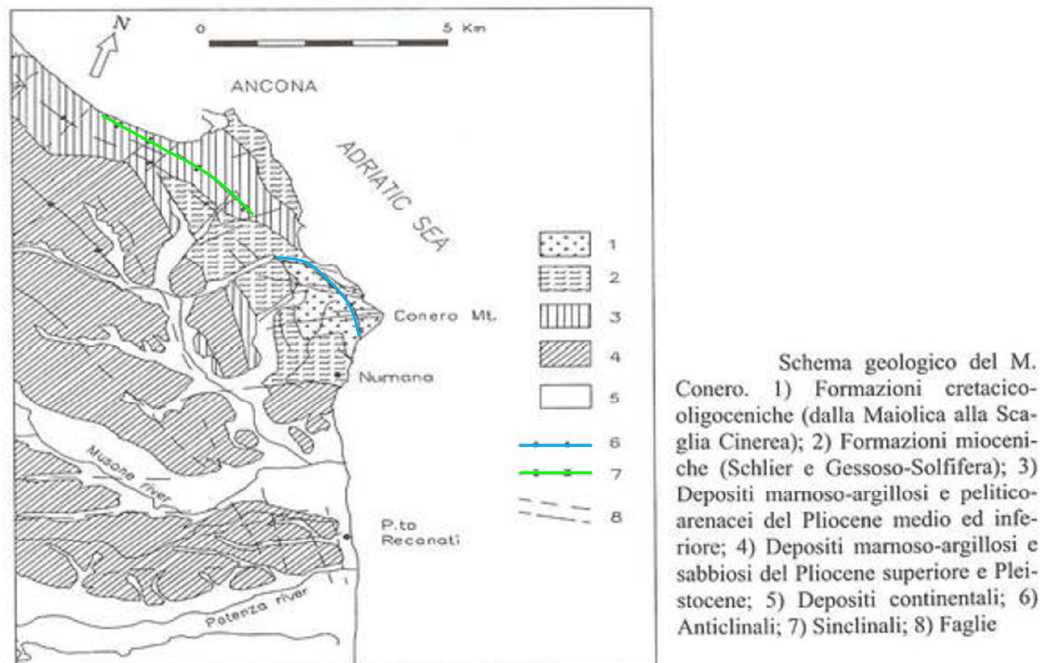


Fig. 1. Schema geologico semplificato del M. Conero (da Piano Regolatore Portuale, Comune di Numana)

Le unità litostratigrafiche, dal basso verso l'alto, sono le seguenti:

- la Maiolica (**mac**), le Marne a fucoidi (**mf**) e la Scaglia bianca (**sb**) appartenenti all'unità cronostratigrafica del Cretaceo; la Scaglia rosata (**sr**) all'Eocene; la Scaglia cinerea (**sc**) all'Oligocene;
- il Bisciario (**bs**) e lo Schlier (**Sh**) appartenenti al Miocene;
- le Marne del Monte dei Corvi (**mC**) appartenenti al Miocene e al Pliocene inferiore; le Marne di Numana (**mN**) al Pliocene superiore;
- i depositi continentali recenti al Quaternario.

In Figura 2 si propongono due sezioni che mostrano chiaramente la sequenza stratigrafica appena descritta, la sinclinale del Monte Conero, il sistema di faglie, le forti pendenze lato mare dei versanti rocciosi.

Per entrambe le situazioni (sezione L in località "Portonovo" di Ancona, sezione D in località "Due Sorelle" di Sirolo) la roccia messa a nudo lungo costa è il calcare della Maiolica (**mac**), la formazione più antica esposta al Monte Conero con immersione degli strati a franapoggio.

### Caratteri geotecnici

La **Maiolica (mac)** è costituita da calcari bianchi, duri e compatti, che si presentano in strati di 20-40cm, intercalati da livelli di selce; lo spessore affiorante è dell'ordine dei 100m. Questa formazione ha ottime caratteristiche meccaniche: circa 100 MPa di resistenza a compressione monoassiale (UCS).

La **Scaglia bianca (sb)** e la **Scaglia rosata (sr)** sono calcari stratificati, anch'essi di buone caratteristiche meccaniche: UCS =75-90 MPa per la **sb**, caratteristiche di poco inferiori per la **sr** quando aumenta la componente marnosa e i livelli di calcare diventano più sottili specialmente nella parte superiore dell'unità.

Interposta tra queste unità dal comportamento litoide, si rinviene la formazione della **Marne a fucoidi (mf)**, le cui proprietà geotecniche dipendono sia dal grado di fratturazione legato

all'assetto strutturale, sia dal grado di alterazione. La **mf**, sottilmente stratificata, degrada facilmente in scaglie di varie dimensioni manifestando un comportamento più vicino a quello di una terra che di una roccia. La presenza di queste marne bituminose è da ricondurre ad un periodo (30 milioni di anni fa) di quiescenza tettonica e di mare stagnante che favorì il deposito di fanghi calcarei ricchi di microorganismi planctonici; i fucoidi, che danno il nome all'unità, sono organismi di cui si sono rinvenute le tracce fossili (i cunicoli che scavavano i fucoidi attraversando i fanghi di fondale ricchi di materiale organico).

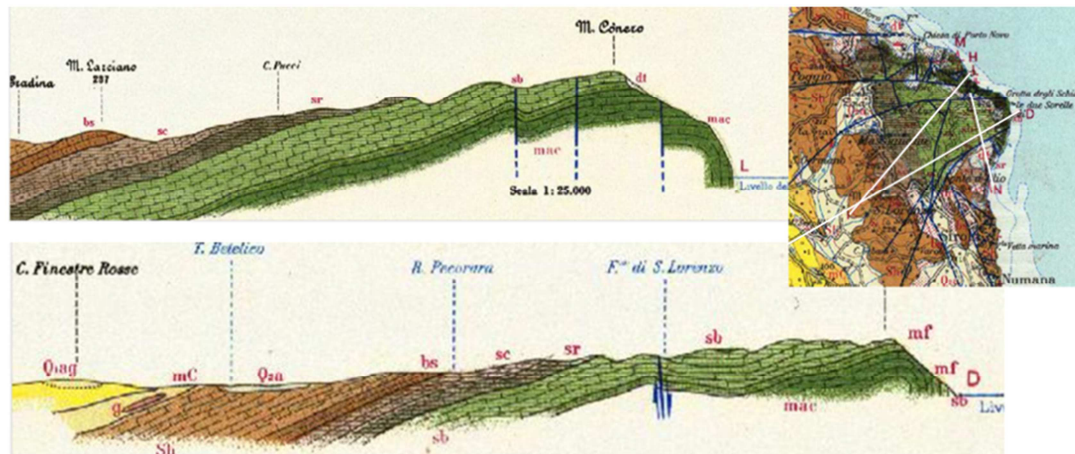


Fig. 2. Sezioni geologiche: L-L "Portonovo" di Ancona ; D-D "Due Sorelle" di Sirolo (da Carta Geologica d'Italia, Foglio 118 – Ancona- 1:25000)

La **Scaglia cinerea (sc)** è rappresentata da calcari marnosi e marne sottilmente stratificate con componente marnosa che aumenta verso l'alto dell'unità; questa formazione, in relazione alla tettonizzazione e all'alterazione, passa da un comportamento proprio di una roccia tenera ( $UCS=20-25$  MPa) a quello di un materiale granulare. L'alterazione produce materiale fine che può essere classificato, secondo la carta di plasticità di Casagrande, come un "Limo a bassa plasticità" (ML).

Lo **Schlier (sh)** comprende calcari marnosi, marne e marne argillose grigie e bianche; le quantità di carbonato di calcio diminuiscono dal basso verso l'alto dell'unità. Anche in questo caso, quando ci si trova al riparo dagli agenti esogeni, il comportamento è quello di una roccia lapidea massiva ( $UCS=15-23$  MPa), ma quando il disturbo tettonico e la degradazione sono elevati, il comportamento meccanico dell'ammasso è dominato dalla matrice fine che si genera, classificabile come "Limo o Argilla di alta plasticità" (CH-MH). Il limite liquido ( $W_L$ ) di questi materiali è circa 55-57, l'indice plastico ( $I_p$ ) 31-33; la resistenza in termini di tensioni efficaci presenta valori di picco pari a  $c_p'=30$  kPa,  $\phi_p'=31^\circ$  e valori di resistenza residua di  $\phi_r'=19^\circ$ .

Alcune prove di laboratorio di compressione monoassiale su carote di Schlier prelevate in prossimità del colle Guasco di Ancona, indicano valori di UCS variabili tra 3 e 20 MPa; i valori più alti si riferiscono a campioni di roccia integra, quelli inferiori a campioni contenenti intercalazioni argillose o fratture. Valori della velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) nello Schlier sono stati misurati con prove down-hole nei pressi della stazione accelerometrica nazionale (ANR). Dall'andamento di  $V_s$  (Fig. 3a) risultano valori compresi fra 800 e 1000 m/s.

Le **Marne del Monte dei Corvi (mC)** sono marne e argille marnose per la cui caratterizzazione geotecnica si può fare riferimento ai risultati di numerose prove su campioni prelevati in mare nella zona del porto di Ancona e nell'area antistante la grande frana di Posatora. Si tratta di materiali per i quali si possono assumere i seguenti parametri geotecnici:  $\gamma = 21,0$  kN/m<sup>3</sup>;  $c' = 100$  kPa;  $\phi' = 26^\circ$ ,  $C_u > 300$  kPa,  $E' = 150$  MPa. I risultati di prove (Fig.

3b) down-hole e cross-hole eseguite sia in area portuale (Eucentre, 2006), sia in altri ambiti ma sulla medesima formazione, indicano per la velocità delle onde di taglio, valori di 400 m/s.

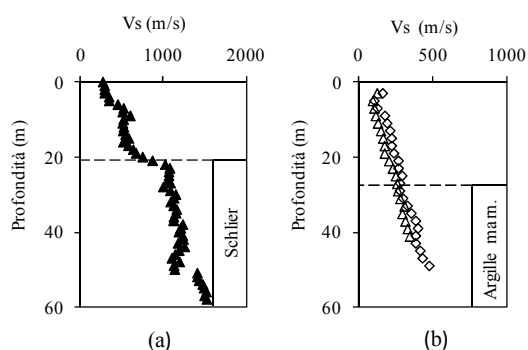


Fig. 3. Andamenti di Vs in *sh* (a) e in *mC* (b).

Le **Marne di Numana (mN)** fanno anch'esse parte delle argille plioceniche sovraconsolidate diffuse nella fascia pedemontana del Medio Adriatico. Quelle di Numana si presentano fortemente tettonizzate, affiorano solo nella parte meridionale dell'area esaminata, sono classificabili come argille limose con livelletti di sabbia fine di bassa plasticità (CL-ML) avendo  $W_L = 40$  e  $I_p = 16$ .

### Tipologia dei fenomeni franosi e caratteri morfo-evolutivi del tratto di costa

Parlando del Promontorio del Conero non si può non fare cenno alla frana nella maiolica (**mc**), di svariati milioni di metri cubi, che determinò l'attuale configurazione della piana di Portonovo e che alcuni autori ritengono addirittura preistorica (Fig. 4). Le alte scarpate di frana sono interessate da numerose fratture verticali che isolano volumi di roccia di varia dimensione generando fenomeni di crollo, rotolio e detrito.

Un'altra frana antica è quella del versante in prossimità delle "Due Sorelle" di Sirolo. Si tratta di uno scorrimento planare dei calcari della scaglia bianca (**sb**) sulle marne a fucoidi (**mf**); lo scorrimento ha messo a nudo la maiolica (**mc**), oggi a noi ben visibile (v. Fig. 5 e Fig. 2). Le **mf** in particolari situazioni morfologiche, strutturali ed idrauliche, a seguito della loro alterazione, costituiscono facili superfici di scivolamento tra le masse compatte dei calcari della **sb** e della **mc**. I corpi di frana, presenti a tergo della spiaggia delle "Due Sorelle" e costituiti dai calcari della **sb** e della **sr**, sono attualmente soggetti a frane di crollo e detrito causate dall'azione erosiva del mare.



Fig. 4. Frana di Portonovo (*mc*)



Fig. 5. Frana "Due Sorelle" di Sirolo (*sb-mf*)

È proprio l'azione del mare, e questo vale per tutta la falesia del Conero, una delle principali cause di scalzamento al piede dei versanti ed innesco di fenomeni franosi di vario tipo in relazione alle proprietà meccaniche delle unità litologiche affioranti.

Procedendo lungo costa, a sud affiora la scaglia cinerea (**sc**), nella sua parte medio-alta; qui i versanti sono interessati da vistosi e complessi fenomeni di scorrimento e colamento. Quello più evidente è in località "Saletto" di Sirolo; la frana di primo distacco (avvenuta nel 1962) ha coinvolto circa 500.000 m<sup>3</sup> di terreno determinando l'avanzamento della linea di costa di 50 m. Sulla parete della nicchia di frana semicircolare, di circa 10 m di altezza, si rilevano la scaglia cinerea (**sc**) e il tetto dei calcari marnosi dello Schlier (**sh**), interessati da fenomeni di crollo a seguito del movimento rototraslativo avvenuto nella **sc**. I movimenti che interessano



ora questi versanti sono scivolamenti, colamenti e fenomeni di erosione nei corpi di frana di **sc** (Fig. 6). Tali fenomeni sono causati essenzialmente dall'azione erosiva del mare sul fronte di accumulo e dalle piogge intense. Si rilevano evidenti elementi che favoriscono la progressiva instabilità, quali ristagni d'acqua a monte delle contropendenze di detrito, favoriti anche dalla mancanza di regimazione idraulica. L'esame delle foto aree in diversi periodi mette in evidenza il profondo cambiamento dell' uso del suolo della zona, una volta presidiata da agricoltori che, con una corretta regimazione delle acque superficiali, favorivano le condizioni di rapido deflusso delle acque, riducendo le infiltrazioni e l'alterazione della **sc**.

Di vario tipo sono le frane osservate nello Schlier (**sh**): crolli, e ribaltamenti per gli ammassi rocciosi, di cui si mostrano in Figura 7 alcuni rilievi strutturali in corso a Punta Giacchetta di Sirolo; frane di scivolamento nello Schlier alterato di cui si mostra la frana Gigli di Numana (fig. 8). Nel secondo caso, si tratta di uno scorrimento rototraslazionale dello Schlier alterato su quello intatto, con evoluzione in colamento in superficie.

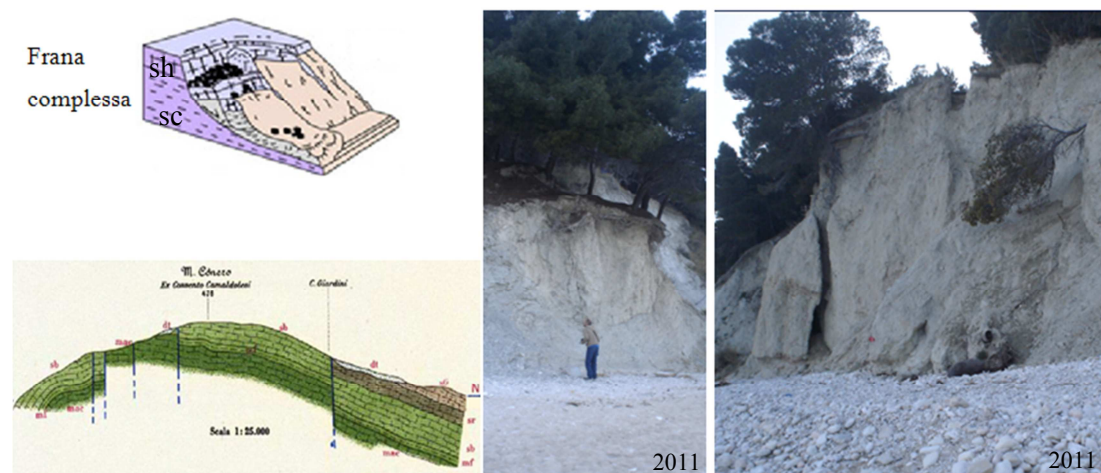


Fig. 6. Frana del Saletto; erosione spiaggia Sassi Neri di Sirolo (**sc-sh**)

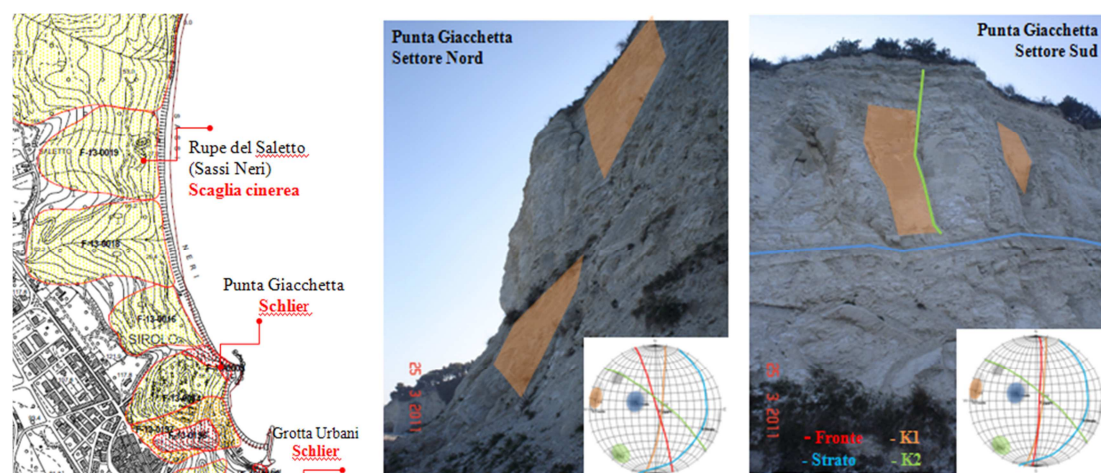


Fig. 7. Rilievi a Punta Giacchetta di Sirolo (**sh**)

Si accenna, infine, allo scorrimento evoluto in colamento della Rupe Sermosi che interessa la formazione delle Marne di Numana (**mN**). L'instabilità della rupe è legata all'influenza sia dell'erosione al piede e dell'alterazione, sia al rilassamento del materiale. Il fenomeno erosivo è questa volta di origine antropica e legato alla costruzione di infrastrutture al piede del versante. Gli interventi messi in atto negli anni, gradonature e reti, sono stati spesso inadeguati ed inefficaci. In Figura 9 si riportano la ricostruzione del profilo topografico della

rupe fatta da Coleselli e Colosimo (1977) ed il modello evolutivo che gli autori hanno proposto riprendendolo da quello di Hutchinson per le argille di Londra.



Fig. 8. Frana Rupe Gigli di Numana (*sh* alterato)

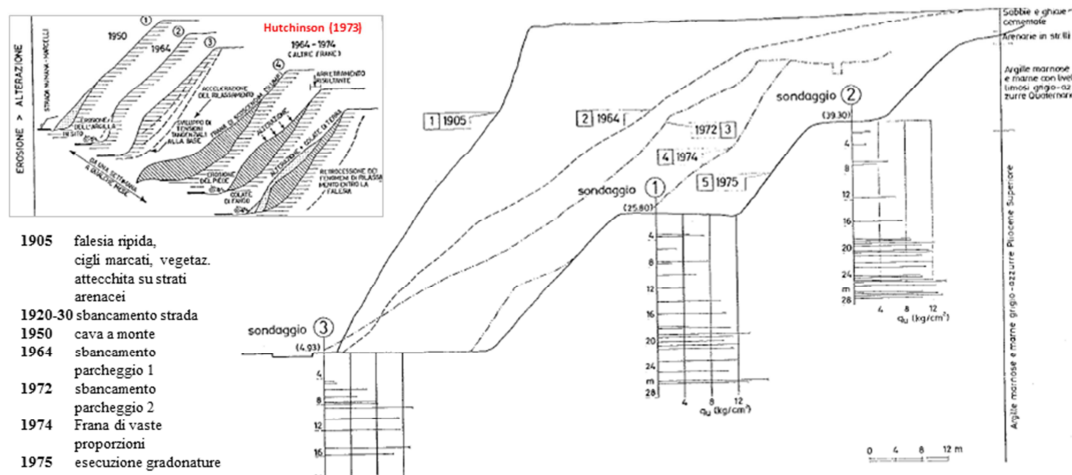


Fig. 9. Evoluzione della Rupe Sermosi di Numana (*mN*) (da Coleselli et al., 1977)

## Conclusioni

Tutta la costa del Promontorio del Monte Conero è in continuo arretramento, con una erosione differenziale che dipende dalle caratteristiche geotecniche delle unità. L'arretramento differenziato è responsabile della stessa forma del promontorio e di numerosi movimenti franosi, tutti di notevole interesse scientifico.

## Bibliografia

- Regione Marche (2011), Servizio Governo del Territorio, Mobilità ed Infrastrutture Comune di Numana *Piano Regolatore Portuale*
- Amorosi A., Burghignoli A., Rampello S., 1993. *Geotechnical characterization of a clayey silt deposit at Fornetto (Ancona)*. Dip. di Ing. Strutturale e Geotecnica. Univ. di Roma La Sapienza. EPOCH.
- Coleselli F., Colosimo P. 1977. Comportamento di « argille azzurre » plio-plestoceniche in una alta falesia del litorale adriatico presso Numana (Ancona). *Rivista Italiana Geotecnica*, 1, 5-21.
- Colosimo P., Crescenti U., 1972. *Carta geolitologica ad orientamento geotecnico e della franosità della zona del Monte Conero*. Mem. Soc. Geol. Italiana, XII, 317-334.
- Eucentre, 2006. *Definizione dell'input sismico per il porto di Ancona*. Contratto di ricerca con Università Politecnica delle Marche, Dipartimento FIMET, Pavia 1 dicembre 2006
- Montanari A., Sandroni P., 1995 *Le Rocce del Conero raccontano. Parco del Conero*, Anibaldi Grafiche, Ancona.