

Il Livello Bonarelli ed altri eventi anossici cretacic nel Flysch Rosso: le argilliti e radiolariti di Campomaggiore (Basilicata, Appennino lucano)

*The Livello Bonarelli and other Cretaceous anoxic events
in the Flysch Rosso: the argilliti e radiolariti di
Campomaggiore unit (Basilicata, Lucanian Apennines)*

GALLICCHIO S. (*), SABATO L. (*),
PIERI P. (*)

RIASSUNTO - Vengono presentati e discussi i dati stratigrafici relativi ad una successione prevalentemente argillitica, e a componente silicea, affiorante al bordo esterno dell'Appennino lucano tra gli abitati di Pietragalla e Campomaggiore (Potenza). Tale successione può essere riferita all'unità informale delle "argille varicolori" (*auctt.*), che in letteratura viene indicata sia come cretacea che come oligocenica, e alla quale vengono attribuiti contesti paleogeografici differenti a seconda degli autori che l'hanno analizzata. In questo lavoro la successione in oggetto, indicata col nome di argilliti e radiolariti di Campomaggiore, viene riferita al Valanginiano superiore (?) - Turoniano in base alla presenza di abbondanti radiolari; tali organismi rappresentano infatti quasi esclusivamente l'unico contributo fossilifero trattandosi di una successione pelagica costituita prevalentemente da sedimenti silicei (argille, diaspri e radiolariti). La successione è inoltre caratterizzata da cinque orizzonti ricchi di *black shales*, che mostrano alti contenuti di TOC (*Total Organic Carbon* fino al 42% *m.t.*) e una qualità del kerogene tali da poter essere considerate in alcuni casi delle ottime *oil shales*.

Tale successione è risultata appartenente all'unità tettonica di Vaglio di Basilicata (costituita dal basso verso l'alto da Flysch Galestrino, Flysch Rosso e Flysch Numidico); ciò,

insieme ai caratteri litostratigrafici osservati, ha permesso di riferire le argilliti e radiolariti di Campomaggiore alle porzioni assiali del Bacino Lagonegrese-Molisano.

Inoltre, l'età dell'intervallo stratigrafico studiato, compreso tra il Valanginiano superiore (?) e il Turoniano, permette di ipotizzare che i cinque orizzonti ricchi di *black shales* possano essere riferiti ad alcuni eventi anossici oceanici cretacei riconosciuti a scala globale (OAE1 ed OAE2), a cui sono già stati correlati i noti Livello Selli, Livello 113, Livello Urbino, Livello Monte Nerone e Livello Bonarelli, descritti nell'Appennino centro-settentrionale, nelle Alpi meridionali, nella catena siciliana e nelle aree di avampaese della Puglia. Questi nuovi dati permettono inoltre di correlare fra loro unità pelagiche coeve (Flysch Galestrino, Flysch Rosso, Maiolica, Marne a Fucoidi e Scaglia Bianca) affioranti in aree molto distanti una dall'altra, ma riconducibili a domini oceanici della Tetide adiacenti al margine occidentale della microplacca adriatica, e conosciuti con i nomi di Bacino Trapanese, Bacino Lagonegrese-Molisano, Bacino Umbro-Marchigiano e Bacino Lombardo.

PAROLE CHIAVE: "argille varicolori", Flysch Rosso, Appennino lucano, eventi anossici cretacei, *black shales*.

(*) Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università degli Studi di Bari, Via E. Orabona 4, 70125 Bari. s.gallicchio@geo.uniba.it; l.sabato@geo.uniba.it.

ABSTRACT - Along the outer margin of the southern Apennines, in the Sannio and Lucania regions, a series of lithostratigraphic successions, informally named “argille varicolori” (*auctt.*), widely outcrop. The intense tectonization and the poorly defined stratigraphy of these successions led to different and contrasting hypotheses either on the geometry, on the age and on the paleogeographic domains or about the relationships with the contiguous units. A geological, lithostratigraphic, biostratigraphic and geochemical study allowed to reconstruct one of the successions of the “argille varicolori” developed in the Lagonegrese-Molisano Basin. This succession, named argilliti e radiolariti di Campomaggiore, has a thickness of about 200 meters, is part of a tectonic unit, named Vaglio di Basilicata tectonic unit, and has an age ranging from late Valanginian (?) to Turonian. The argilliti e radiolariti di Campomaggiore unit, made up of radiolarian-rich varicoloured siliceous clayshales/claystones and mudstones, can be subdivided into three parts that are separated by some meters thick debris, and are characterized by the presence of particular carbon-rich horizons named CAE1, CAE2, CAE3, CAE4, LB-e (Campomaggiore Anoxic Events 1-4, Livello Bonarelli-equivalent): i) the lower part, late Valanginian (?) to early Aptian in age, has a thickness of about 100 meters, is the most chaotic part of the succession, and is made up of grey and green siliceous clayshales/claystones with interbedded rare red shaly layers; on the top, a particular horizon (CAE1), about 6 meters thick, occurs, and it is made up of radiolarian-rich white mudstones interbedded with thinly laminated black shales/oil shales, having a TOC (Total Organic Carbon) content up to 37% *m.t.*; ii) the middle part, 95 meters thick, is early to middle Albian in age, and is made up of red and green siliceous clayshales/claystones with interbedded several dark thin layers of siltstones/mudstones rich in Mn and Fe oxides, characterized by intense bioturbation (Planolites and Chondrites); also this part of the succession is characterized by the presence of packages of black shales (CAE2, CAE3, CAE4) with a TOC content up to 13% *m.t.*; iii) the upper part, about 27 m-thick, is Cenomanian to early Turonian in age and consists of siliceous mudstones passing upward to clayshales/claystones; in particular, within the siliceous mudstones, a 2 meters thick organic carbon (LB-e, having a TOC values up to 41% *m.t.*) and radiolarian-rich grey-blackish horizon has been recognized. This horizon has been yet correlated with the Livello Bonarelli of the Umbria-Marche Apennines.

The lithostratigraphy, the age and the geochemical characteristics of the carbon-rich horizons are similar to those ones observed in horizons belonging to the Maiolica, Marne a Fucoidi and Scaglia Bianca Formations, in central and northern Apennines and southern Alps. In fact, we can hypothesize that the “Selli”, “113”, “Urbino” and “Monte Nerone” - equivalent horizons are present in the studied succession, whilst confirm the occurrence in the upper part of the succession of the Livello Bonarelli-equivalent. The new data we collected allow to confirm that the worldwide “Second Oceanic Anoxic Event” (OAE2) corresponding to the Livello Bonarelli is contained in the study succession; furthermore, we can suppose that the other four horizons could be related to “Oceanic Anoxic Events” (OAE) occurred in different time intervals. Finally, this allow us to hypothesize that the Trapanese Basin, the Lagonegrese-Molisano Basin, the Umbria-Marche Basin and the Lombardy Basin coexisted in similar paleogeographic domains.

KEY WORDS: “argille varicolori”, Flysch Rosso, southern Apennines, Cretaceous Anoxic Events, black shales.

1. - INTRODUZIONE

La definizione dei caratteri stratigrafici e l'attribuzione agli originari domini paleogeografici di successioni silicee e carbonatiche cretaco-paleogeniche, affioranti al bordo esterno dell'Appennino meridionale, tra le regioni del Sannio e della Lucania, ed indicate generalmente con il termine informale di “argille varicolori” (*auctt.*), sono fra i problemi maggiormente discussi e non ancora del tutto risolti nel campo della geologia regionale.

Tali successioni sono state studiate da numerosi autori, che hanno proposto schemi stratigrafici, nonché attribuzioni a domini paleogeografici, anche molto differenti (*e.g.* OGNIBEN, 1969; CENTAMORE *et alii*, 1971a, 1971b; D'ARGENIO *et alii*, 1973; PESCATORE & ORTOLANI, 1973; COCCO *et alii*, 1974; ORTOLANI *et alii*, 1975; LENTINI, 1979; MOSTARDINI & MERLINI, 1986; DAZZARO *et alii*, 1988; PESCATORE *et alii*, 1988, 1999; LENTINI *et alii*, 1990; PATACCA *et alii*, 1992; SGROSSO, 1994; *cum. bibl.*), tanto da riferire la stessa successione sia a diversi intervalli geocronologici che a differenti contesti paleogeografici. A tale proposito, le stesse successioni vengono riferite sia a domini interni, rispetto alla piattaforma carbonatica appenninica (unità sicilidi cretaco-eoceniche, *sensu* OGNIBEN, 1969; unità sannitiche oligoceniche, *sensu* PATACCA *et alii*, 1992), sia a domini più esterni (unità lagonegrese-molisane di età supracretaco-inframiocenica, *sensu* MOSTARDINI & MERLINI, 1986; PESCATORE, 1988; PESCATORE *et alii*, 1999, 2000).

In particolare, in questo lavoro vengono discussi i caratteri stratigrafici e tettonici di “argille varicolori” appartenenti ad una unità costituita da argilliti silicee grigie, verdi e rossastre a cui si intercalano sottili strati di siltiti quarzose e di diaspri nonché livelli di *black shales*. Tale unità affiora al bordo esterno dell'Appennino lucano, nelle immediate vicinanze di Potenza, ed è stata oggetto di differenti interpretazioni sia di tipo stratigrafico che paleogeografico. Nel Foglio 187 “Melfi” della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (REDINI *et alii*, 1970; HIEKE MERLIN *et alii*, 1971) l'unità in oggetto è indicata con il termine di Complesso degli Argilloscisti Varicolori, è considerata di età oligocenico-aquitaniense, e rappresentativa della parte bassa di una successione sedimentaria continua che dal Complesso delle Argilloscisti Varicolori evolve verso l'alto a diverse unità torbiditiche prevalentemente arenacee (sia carbonatiche che silicoclastiche), di età compresa tra l'Oligocene superiore e il Miocene (Complesso delle Calcareniti e Calciruditi, Complesso Calcareao-Marnoso-Arenaceo, Complesso Molassico-Quarzoarenitico, Formazione

della Daunia, Formazione Marnoso-Arenacea). Questi caratteri stratigrafici trovano una sostanziale conferma anche in CENTAMORE (1968) e CENTAMORE *et alii* (1971a, 1971b), dove le stesse unità vengono ulteriormente dettagliate e solo parzialmente reinterprete. Nel Foglio 200 "Tricarico" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (OGNIBEN *et alii*, 1968; BOENZI *et alii*, 1971), l'unità oggetto di studio viene denominata Argille varicolori con brecciole a foraminiferi e viene riferita ad un'età compresa tra il Cretaceo e il Miocene inferiore. Successivamente, PESCATORE & TRAMUTOLI (1980) e PESCATORE *et alii* (1988), sulla base dei caratteri litostratigrafici di tale unità, che risultano confrontabili con quelli di depositi cretaco-miocenici ampiamente descritti in altre aree dell'Appennino meridionale (RADINA, 1958; ZOIA, 1959; PESCATORE, 1962, 1963, 1965; SCANDONE, 1967, 1972; COCCO *et alii*, 1974), riferiscono l'unità stessa alla formazione del Flysch Rosso (Cretaceo superiore-Aquitaniense). PESCATORE *et alii* (1988, 1999) inoltre, attribuiscono questa formazione, affiorante al bordo esterno dell'Appennino lucano, all'Unità lagonegrese di Campomaggiore (Cretaceo - Miocene superiore *p.p.*), che essendo costituita da una successione sedimentaria continua (rappresentata dal basso verso l'alto da Flysch Galestrino, Flysch Rosso, Flysch Numidico, Formazione di Serra Palazzo e Marne argillose del Toppo Capuana), viene considerata rappresentativa delle porzioni più orientali del Bacino Lagonegrese-Molisano che nel Langhiano evolvono a bacino di avanfosso *s.s.* (Bacino irpino *sensu* PESCATORE, 1988). PATACCA *et alii* (1992) sostengono, invece, che la stessa unità argillosa sia di età oligocenica ed appartenga ad una unità tettonica denominata Unità del Sannio, rappresentativa di un dominio sedimentario posto ad occidente della Piattaforma appenninica.

I motivi delle diverse attribuzioni stratigrafiche e paleogeografiche proposte in letteratura, sono da riferire essenzialmente alla mancanza di ricostruzioni stratigrafiche di dettaglio, ma anche alla scarsità o all'assenza dei microfossili a guscio calcareo, che classicamente vengono utilizzati per le attribuzioni geocronologiche.

Negli ultimi anni, a seguito di studi stratigrafici di dettaglio (GALLICCHIO *et alii*, 1996; SABATO *et alii*, 2001; PIERI *et alii*, 2004; SABATO *et alii*, 2007) è stato possibile ricostruire la litostratigrafia dell'unità in oggetto e ridefinirne l'unità tettonica di appartenenza. In particolare, sulla base dello studio del contenuto microfaunistico, rappresentato essenzialmente da radiolari, la porzione inferiore della successione sedimentaria in oggetto, deno-

minata argilliti e radiolariti di Campomaggiore, è stata attribuita dagli autori al Valanginiano (?) - Turoniano. Secondo gli stessi autori, inoltre, l'unità tettonica a cui le argilliti e radiolariti di Campomaggiore appartengono, denominata unità tettonica di Vaglio di Basilicata, si differenzia dall'Unità lagonegrese di Campomaggiore *sensu* PESCATORE *et alii* (1988, 1999) poiché è rappresentata da una successione sedimentaria compresa tra il Cretaceo inferiore e la parte bassa del Miocene medio, costituita esclusivamente dalle unità più recenti della serie lagonegrese *sensu* SCANDONE (1972), rappresentate dal basso verso l'alto da: Flysch Galestrino, Flysch Rosso e Flysch Numidico; verso l'alto, questa successione sedimentaria risulta interrotta dalla sovrapposizione tettonica di unità argillitiche ed arenacee di età cretaco-oligoceniche riconducibili alle Argille Variegate ed alle Tufiti di Tusa *sensu* OGNIBEN (1969). Recentemente, in un lavoro schematico, PATACCA & SCANDONE (2004) rivedono la posizione stratigrafica e il dominio paleogeografico dell'Unità del Sannio, estendendone l'areale di affioramento fino ai settori considerati in questo lavoro. L'Unità del Sannio viene quindi riferita alla porzione cretaco-neogenica del Bacino Lagonegrese-Molisano, in sostanziale accordo con l'originale definizione dell'unità, proposta da ORTOLANI *et alii* (1975).

2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I depositi argillitici e silicei oggetto di questo studio affiorano al bordo esterno dell'Appennino lucano che è rappresentato da più unità tettoniche sovrapposte a vergenza orientale, derivanti dalla deformazione e dislocazione di differenti domini paleogeografici meso-cenozoici appartenenti al margine occidentale della microplacca adriatica (*e.g.* MOSTARDINI & MERLINI, 1986; CASERO *et alii*, 1988; PESCATORE *et alii*, 1999; PATACCA & SCANDONE, 2004).

In particolare, nell'area in oggetto (figg. 1 e 2) sono state individuate due unità tettoniche che dal basso verso l'alto sono: unità tettonica di San Chirico e unità tettonica di Vaglio di Basilicata; queste due unità tettoniche sono state distinte ed introdotte in letteratura durante le attività di rilevamento geologico del Foglio 407 "Irsina" (PIERI *et alii*, 2004, *in prep.*). La necessità di istituire queste due unità tettoniche è scaturita dalla constatazione che le unità stratigrafiche raggruppate in precedenza nell'Unità lagonegrese di Campomaggiore (PESCATORE *et alii*, 1988, 1999) appartengono in realtà a due unità tettoniche con carat-

teri stratigrafici e strutturali peculiari ben riconoscibili e distinguibili a scala regionale (figg. 1, 2).

L'unità tettonica di San Chirico(1), in posizione geometrica inferiore, affiora tra gli abitati di Oppido Lucano e San Chirico Nuovo, e costituisce le propaggini più esterne affioranti della catena appenninica, al confine con l'avanfossa bradanica; in affioramento la separazione tra questi due domini avviene in corrispondenza di un *thrust* del Pleistocene inferiore. Tale unità tettonica è costituita dal basso verso l'alto da una successione stratigrafica (Flysch Rosso e Flysch Numidico) di età compresa fra il Cretaceo ed il Miocene inferiore e riferibile al Bacino Lagonegrese-Molisano *sensu* MOSTARDINI & MERLINI (1986), che passa verso l'alto alla successione torbidityca dell'avanfossa miocenica sudappenninica *sensu stricto*, rappresentata dalla Formazione di Serra Palazzo e dalle argille siltose del Torrente Flaga (Marne argillose del Toppo Capuana, *auctt.*); al di sopra si rinvengono in discordanza depositi pliocenici di *wedge-top basin*.

L'unità tettonica di Vaglio di Basilicata, in posizione geometrica superiore, affiora tra gli abitati di Pietragalla e Campomaggiore e si differenzia dalla precedente in quanto è costituita esclusivamente da unità stratigrafiche cretaceo-mioceniche lagonegresi (Flysch Galestrino, Flysch Rosso e Flysch Numidico). Questa unità tettonica è delimitata superiormente da un sovrascorrimento miocenico che le sovrappone un'unità tettonica più interna costituita da termini ad affinità sicilide attribuibili alle Argille Variegate e alle Tufiti di Tusa *sensu* OGNIBEN (1969), sulle quali poggia in discordanza il Flysch di Gorgoglione (depositi miocenici di *wedge-top basin*). Attualmente il contatto tra le due unità tettoniche, che si segue a scala regionale (PIEDILATO & PROSSER, 2005), si ritrova localmente rovesciato, per la presenza di pieghe coricate a vergenza tirrenica, ed è frequentemente dislocato da faglie antiappenniniche distensive e/o trascorrenti.

Il contatto tra l'unità tettonica di Vaglio di Basilicata e l'unità tettonica di San Chirico avviene in corrispondenza di un *breaching* correlabile con la rampa di Stigliano *sensu* PATACCA & SCANDONE (2001) (fig. 1C).

La successione argillitica oggetto di questo lavoro costituisce localmente il livello di scollamento dell'unità tettonica di Vaglio di Basilicata. Affiora in un'area compresa tra Vaglio di Basilicata e Campomaggiore, in provincia di Potenza, e rappresenta la porzione inferiore del Flysch Rosso, che appare costituito da due unità litostratigrafiche indicate informalmente dal basso verso l'alto con i termini di:

- argilliti e radiolariti di Campomaggiore (SABATO *et alii*, 2007)

- calcareniti ed argilliti rosse di Fontana Valloneto (SABATO *et alii*, 2007).

Le argilliti e radiolariti di Campomaggiore hanno uno spessore massimo di circa 200 m e sono costituite essenzialmente da argille scagliettate di colore variabile dal grigio al verde al rossastro a cui si intercalano sottili livelli di siltiti e diaspri ricchi in radiolari, oltre a cinque orizzonti caratterizzati dalla presenza di *black shales*. L'età dell'unità, ricavata dallo studio dei radiolari, non è più antica del Valanginiano e si estende fino al Turoniano.

Le calcareniti ed argilliti rosse di Fontana Valloneto hanno uno spessore che localmente supera i 150 m e sono rappresentate da una fitta alternanza di argille scagliettate di colore rosso e torbiditi calciclastiche a grana variabile da media a grossolana. L'età è compresa tra il Cretaceo superiore (?) e l'Aquitano.

Lo studio stratigrafico di dettaglio delle argilliti e radiolariti di Campomaggiore, che rappresentano l'oggetto di studio di questo lavoro, è stato svolto in corrispondenza di due sezioni affioranti rispettivamente nell'area di Calanche (Campomaggiore) e nell'area di Fontana Valloneto (Vaglio di Basilicata).

La sezione Calanche (figg. 1C, 3, 4) è quella più completa, presenta uno spessore di circa 200 m ed affiora lungo una profonda ed ampia incisione naturale in corrispondenza del fianco rovesciato di una piega a vergenza tirrenica. La sezione di Fontana Valloneto è stata ricostruita, invece, in corrispondenza di una successione monoclinale diritta affiorante in corrispondenza di una cava per uno spessore di circa 47 m (figg. 1C, 4).

(1) L'unità tettonica di San Chirico è rappresentata da una successione sedimentaria che PATACCA *et alii* (1990) riferiscono all'Unità di Tuffillo-Serra Palazzo, riconosciuta al bordo esterno dell'Appennino meridionale in Molise e in Lucania. È nostra convinzione, però, che la Formazione di Tuffillo (affiorante in Molise) e la Formazione di Serra Palazzo (affiorante in Basilicata) appartengano a due unità tettoniche che, sebbene possano essere entrambe riferite all'avanfossa miocenica sudappenninica, vadano distinte poiché rappresentative di aree bacinali con caratteri evolutivi differenti. La Formazione di Tuffillo, di età Burdigaliano superiore-Serravalliano, poggia sul Flysch Numidico ed è rappresentata da una successione torbidityca che evolve da calciclastica a silicoclastica; la Formazione di Serra Palazzo, di età Burdigaliano superiore-Serravalliano, poggia sul Flysch Numidico ed è rappresentata da una successione torbidityca che evolve da silicoclastica a mista (calciclastica e silicoclastica) (GALLICCHIO, 1996). Questo stesso autore ritiene, in accordo con CIARANI *et alii* (1980), che la Formazione di Tuffillo rappresenti le porzioni più occidentali del dominio paleogeografico del Flysch di Faeto e che possa essere attribuita all'Unità della Daunia *sensu* DAZZARO *et alii*, 1988; PATACCA *et alii*, 1992; DAZZARO & RAPISARDI (1996).

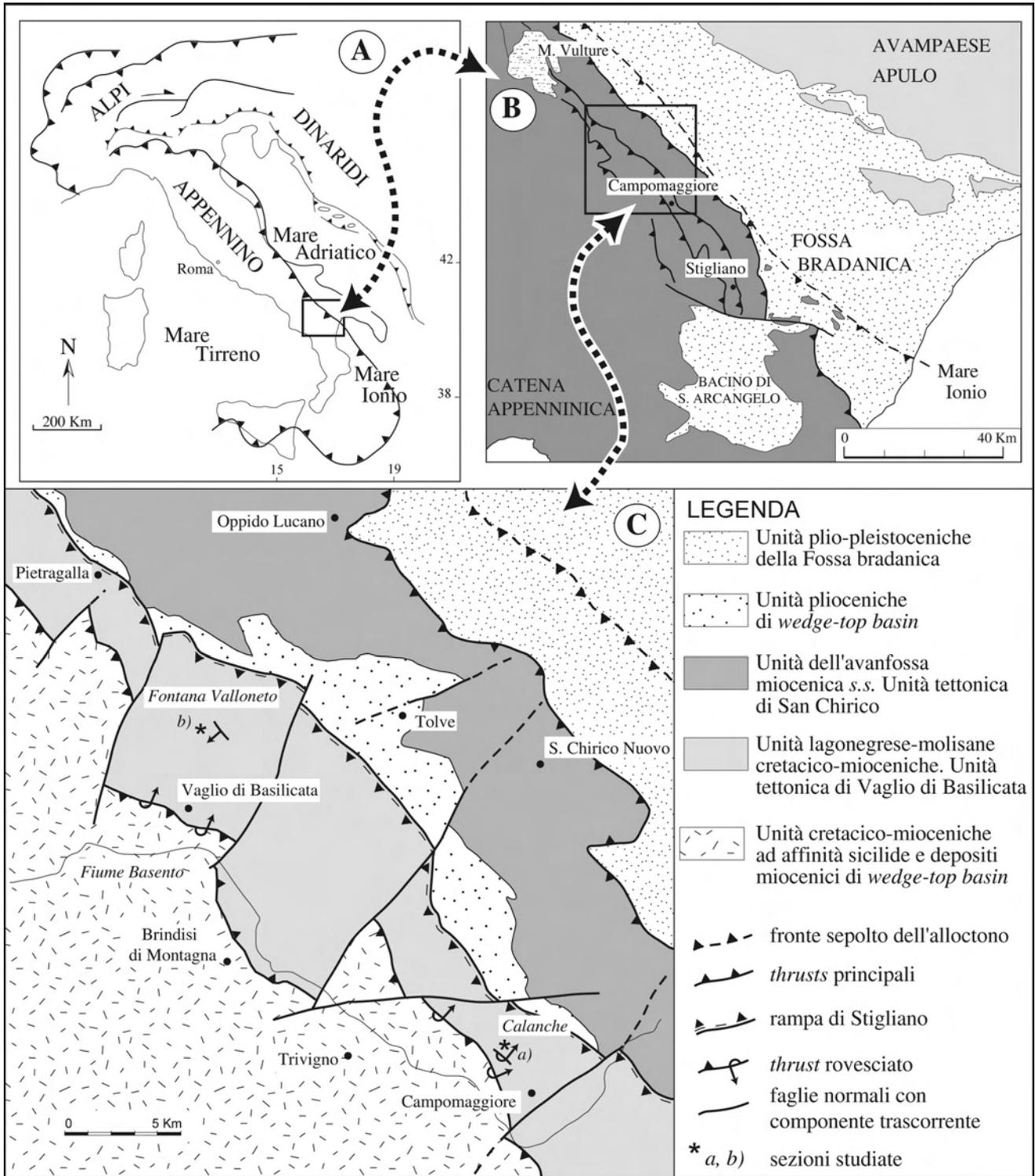


Fig. 1 - A) Principali lineamenti strutturali dell'Italia;
 B) Schema strutturale di una porzione dell'Italia meridionale;
 C) Carta geologica dell'area studiata (modificata da SABATO *et alii*, 2007).
 - A) Main structural elements of Italy;
 B) Structural sketch of a part of the southern Italy;
 C) Geological map of the study area (modified from SABATO *et alii*, 2007).

3. - ANALISI DELLE SEZIONI STRATIGRAFICHE

Lungo le sezioni stratigrafiche Calanche e Fontana Valloneto si sono effettuate osservazioni litostratigrafiche di dettaglio, e sono state osservate alcune sezioni sottili di diaspri. Le stesse sezio

ni sono state oggetto di studio per ottenere dati cronostratigrafici oltre che mineralogico-geochimici (SABATO *et alii*, 2007).

3.1. - SEZIONE CALANCHE

La sezione Calanche, ubicata a nord-ovest del

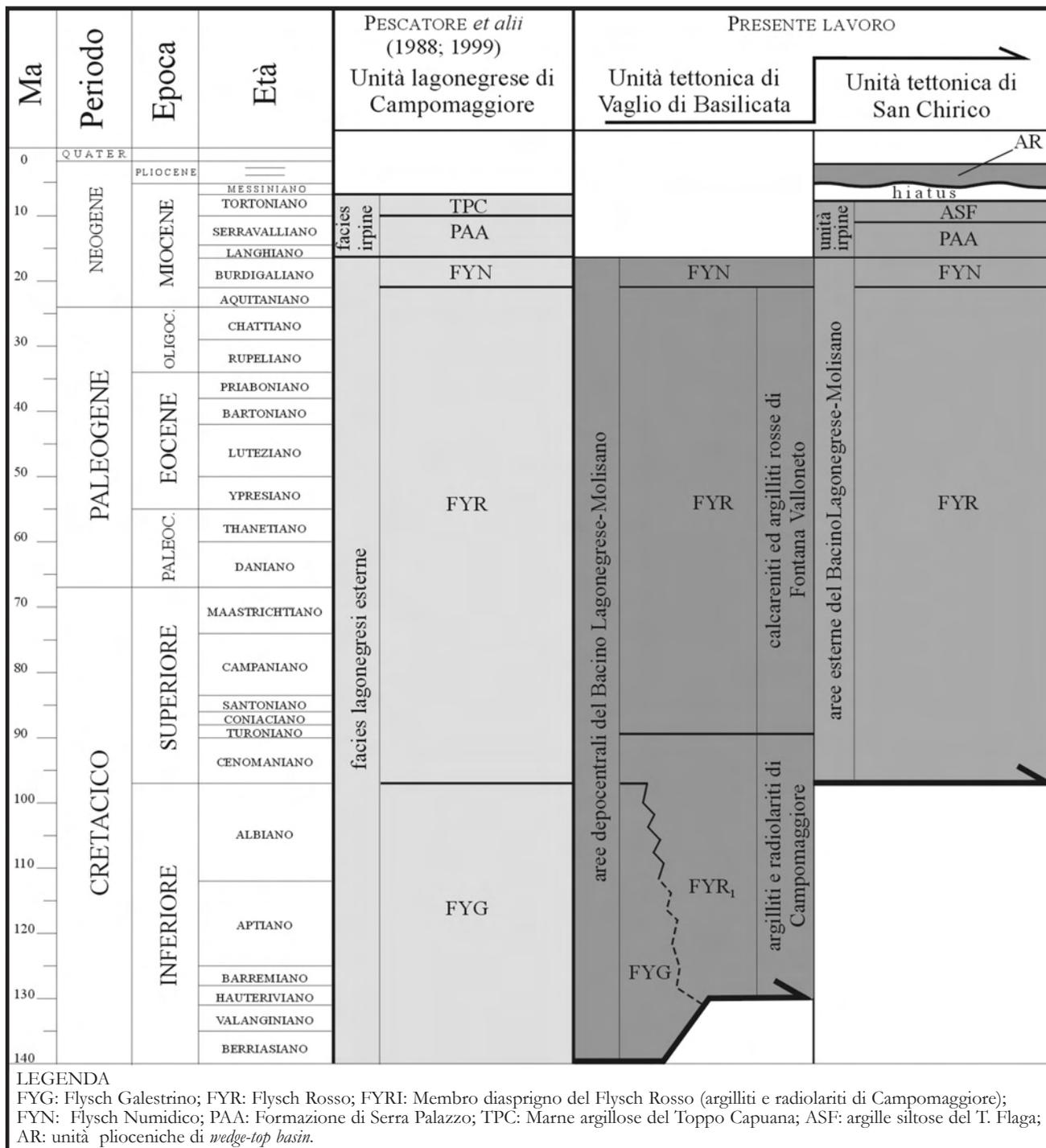


Fig. 2 - Rappresentazione schematica dei caratteri stratigrafici delle unità tettoniche riconosciute nell'area oggetto di studio e confronto con l'Unità lagonegrese di Campomaggiore (PESCATORE *et alii*, 1988).
 - Sketch showing stratigraphic features of the recognized tectonic units in the study area and a comparison between these units and the Unità lagonegrese di Campomaggiore (PESCATORE *et alii*, 1988).



Fig. 3 - Panoramica della sezione Calanche, poco a nord di Campomaggiore con indicazione di tre livelli anossici (CAE2-4).
- Panoramic view of the Calanche section, to the north of Campomaggiore, and location of three anoxic horizons (CAE2-4).

paese di Campomaggiore, ha uno spessore complessivo di oltre 200 metri, ed è suddivisibile in tre parti, separate da alcuni metri di copertura detritica (figg. 1C, 3, 4). I primi 100 metri sono rappresentati da argilliti silicee di colore grigio-verde, intensamente tettonizzate, all'interno delle quali spicca un livello spesso circa 6 m (CAE1 in figura 4), e da argilliti e siltiti silicee di colore verde chiaro e marrone, con intercalazioni di *black shales* ed *oil shales*. Le argilliti grigio-verde si presentano in strati spessi da 2 a 20 cm e mostrano una fitta laminazione piano-parallela; le siltiti e le argilliti verde chiaro (marrone per alterazione) si presentano in strati spessi da 5 a 35 cm, mentre le *black shales* si presentano in livelli spessi da 5 a 10 cm e sono fittamente laminate con lamine piano-parallele. In base al contenuto di radiolari, particolarmente abbondante e significativo nel livello CAE1, l'età di questa parte della sezione risulta compresa fra il Valanginiano superiore (?) e l'Aptiano inferiore (SABATO *et alii*, 2007). Inoltre, il livello CAE1 possiede alti valori di TOC (*Total Organic Carbon* fino al 37% *m.t.*, SABATO *et alii*, 2007) confrontabili con quelli registrati a scala globale dagli eventi anossici oceanici OAE (*e.g.* SCHLANGER & JENKYN, 1976; HANCOCK & KAUFFMAN, 1979; JENKYN, 1980). L'ampio intervallo di età in cui il livello CAE1 è compreso non permette però di correlarlo con certezza all'evento anossico OAE1, a cui è stato correlato il Livello Selli (Aptiano inferiore) già descritto nell'Appennino centro-settentrionale e nelle Alpi meridionali (alla base delle Marne a Fucoidi), ed in alcune successioni pelagiche nel Gargano ed in Sicilia (COCCIONI *et alii*, 1987; BERSEZIO, 1994; GRAZIANO, 1999; BELLANCA *et alii*, 2002; BERSEZIO *et alii*, 2002).

La sezione prosegue con 95 metri circa di argilliti silicee di colore variabile dal grigio-verde al rosso, cui si intercalano numerosi livelli di *black*

shales. Le argilliti, caratterizzate da una intensa bioturbazione (*Planolites* e *Chondrites*), mostrano un colore grigio-verde nella parte bassa (primi 25 metri), colorazioni rossastre e grigie nei successivi 20 metri ed infine negli ultimi 50 metri si presentano prevalentemente rosse e secondariamente grigie e verdi. Le argilliti in genere si presentano in strati spessi da pochi centimetri ad alcune decine di centimetri, e mostrano frequenti strutture sedimentarie fra cui laminazioni piano-parallele, *ripples* e gradazione diretta. I livelli di *black shales* sono fittamente laminati, al limite della fissilità, ed in particolare si distinguono tre orizzonti con spessori di circa 50 cm (CAE2, CAE3, CAE4, figg. 3, 4) collocati uno nella parte bassa, gli altri due nella parte alta di questa porzione della sezione; il contenuto di TOC ricavato dall'esame dei tre orizzonti anossici, mostra valori fino al 13% *m.t.* (SABATO *et alii*, 2007). L'età di questa parte della successione, ricavata in base al contenuto di radiolari, è riferibile all'intervallo Aptiano-Albiano medio (SABATO *et alii*, 2007); in particolare per l'orizzonte CAE2 (figg. 3, 4, tav. I, a) si ricava un generico Aptiano, mentre per gli altri due orizzonti (CAE3, CAE4, figg. 3, 4, tav. I, b) si ottiene un'età inframesoalbiana. Si deduce quindi che l'orizzonte CAE2 ricade nello stesso intervallo di tempo dei noti Livello Selli (OAE1a, Aptiano inferiore) e Livello 113 (Aptiano superiore), mentre gli orizzonti CAE3 e CAE4 ricadono nello stesso intervallo di tempo in cui si sono formati il Livello Urbino e il Livello Monte Nerone (OA1b, Albiano medio), che si rinvengono nelle Marne a Fucoidi nell'Appennino centrale e settentrionale, nelle Alpi meridionali e nel Gargano (ARTHUR & PREMOLI SILVA, 1982; BERSEZIO, 1994; GRAZIANO, 1999; BERSEZIO *et alii*, 2002; GALEOTTI *et alii*, 2003).

Dopo una copertura di circa 15 m si osserva la parte alta della sezione, rappresentata da 10 m

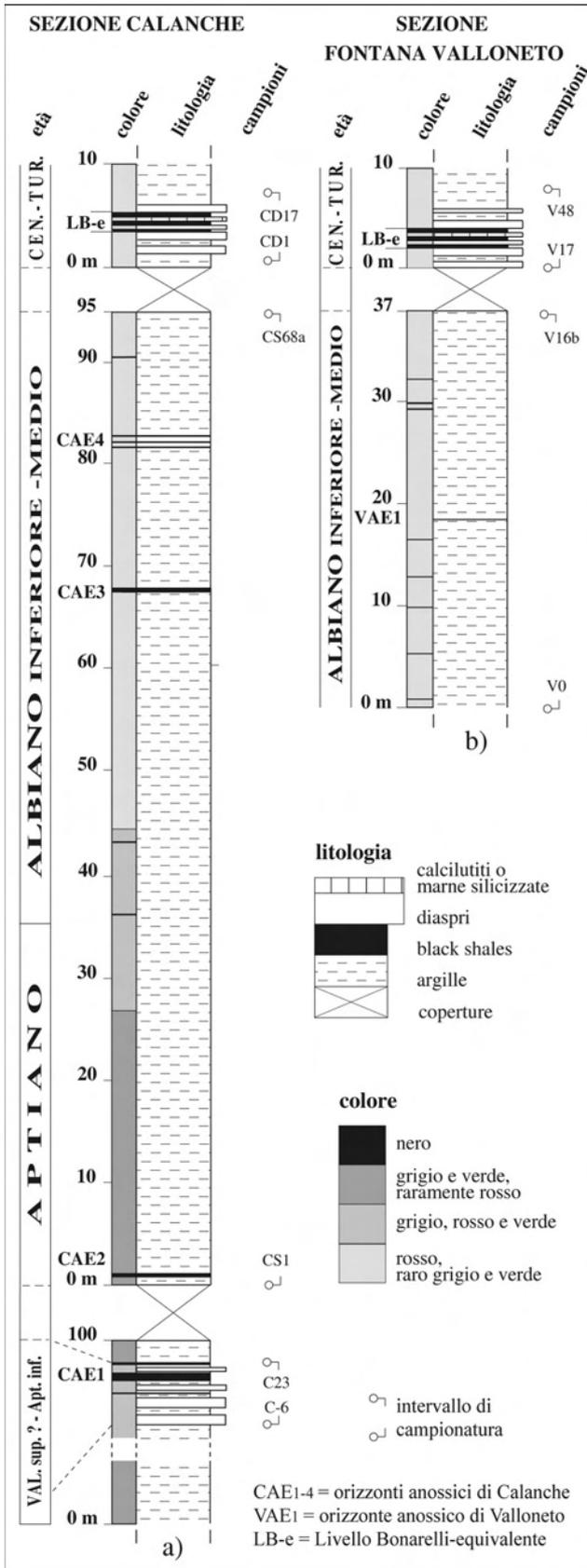


Fig. 4 - Sezioni stratigrafiche analizzate (modificata da SABATO *et alii*, 2007).
 - Stratigraphic analyzed logs (modified from SABATO *et alii*, 2007).

di depositi formati per i primi 6 m da argilliti con diaspri rossi e verdi e livelli di *black shales*, passanti ad argilliti rosse spesse 4 m (fig. 4). I primi 6 m di depositi sono a loro volta distinguibili in tre pacchi di strati: il primo è formato da diaspri rossi con argilliti rosse intercalate, il secondo (LB-e, figg. 4, 5, tav. I, c) è formato da 2 m di diaspri verdi e grigi, con interstrati di argilliti silicee verdi e sottili livelli di *black shales*, e rarissimi strati carbonatici parzialmente silicizzati. L'ultimo pacco infine è formato da argilliti e diaspri rossastri. In generale i diaspri si presentano in strati spessi pochi centimetri, e mostrano strutture sedimentarie fra cui: laminazione piano-parallela, *ripples* e gradazione diretta; le argilliti mostrano caratteristiche simili a quelle osservate nella parte intermedia della sezione. La parte alta della successione è stata datata al Cenomaniano-Turoniano, e il livello LB-e, le cui *black shales* mostrano un contenuto in TOC estremamente elevato (fino ad oltre il 41% *m.t.*; SABATO *et alii*, 2007) è stato correlato al Livello Bonarelli (GALLICCHIO *et alii*, 1996) corrispondente con il secondo evento anossico oceanico OAE2 (e.g. ARTHUR & PREMOLI SILVA, 1982; ARTHUR *et alii*, 1990).

3.2. - SEZIONE FONTANA VALLONETO

La sezione Fontana Valloneto, misurata a nord del paese di Vaglio di Basilicata (PZ) ha uno spessore complessivo di circa 47 metri, ed è suddivisibile in due parti, separate da copertura detritica (fig. 4). La parte inferiore ha uno spessore di 37 metri ed è formata da sottili strati di argilliti silicee prevalentemente rosse, e subordinatamente verdi e grigie, con intercalazioni di *black shales*. Le argilliti sono in livelli di spessore centimetrico, si presentano fittamente laminate con lamine piano-parallele, e a luoghi mostrano anche strutture da *ripple*. I caratteri sedimentari di tali depositi sono simili a quelli mostrati dai depositi della parte intermedia della sezione Calanche. Le intercalazioni di *black shales* sono rare e molto sottili, e mostrano fitte laminazioni piano-parallelele o ondulate; in particolare si distingue un livello di pochi centimetri di spessore (indicato con la sigla VAE1 in figura 4) i cui valori di TOC sono confrontabili con quelli ottenuti dal livello CAE4 della sezione Calanche. L'età di questa parte della sezione è riferibile all'Albiano inferiore-medio.

Dopo una copertura detritica si osserva la parte alta della sezione, spessa circa 10 m, formata da argilliti con diaspri di colore rosso e verde, in alternanza, cui si intercalano sottili orizzonti di *black shales*, passanti, negli ultimi 4 m ad argilliti silicee rosse. Sia le litologie che i colori mostrati dai depositi, nonchè gli spessori parziali e com-

pletivo di questa parte della sezione permettono una precisa correlazione con la parte alta della sezione Calanche. Tale correlazione viene avvalorata sia dall'età, che risulta anche per tale parte della sezione Cenomaniano-Turoniano, sia dal contenuto di TOC mostrato dal livello con *black shales*, che risulta perfettamente confrontabile con quello ricavato per il livello anossico più alto della sezione Calanche (LB-e, fig. 4).

In base ai caratteri litostratigrafici di entrambe le sezioni, ai valori di TOC dei livelli VAE1 e CAE4, alla presenza dell'equivalente del Livello Bonarelli (LB-e), ed in base ai dati cronostratigrafici, l'intera sezione Fontana Valloneto può ritenersi correlabile con la parte medio-alta della sezione Calanche.

3.3. - OSSERVAZIONI SU SEZIONI SOTTILI

Per quanto concerne l'analisi in sezione sottile, questa ha riguardato essenzialmente i livelli di diaspri campionati lungo la sezione Fontana Valloneto (tav. I d-f). Si tratta di siltiti e argilliti silicee ricche in radiolari (tav. I d), spesso caratterizzate da una fitta laminazione piano-parallela (tav. I, e), che a luoghi passa a laminazione obliqua a basso angolo (tav. I, f), con *ripples* asimmetrici. Anche negli strati sottili (pochi centimetri di spessore) si osserva spesso una gradazione normale, e molto frequente è in genere la presenza di *faecal pellets* e bioturbazione (tav. I, f). Il contenuto fossilifero è rappresentato da resti di radiolari e spicole di spugne; i radiolari rappresentano il principale componente dei depositi, e spesso si presentano allineati lungo superfici piano-parallele (tav. I, d, e). Frequentemente si osservano piccoli intraclasti, a luoghi fratturati e dislocati da microfratture. Raramente si riscontrano sottilissimi (1-2 mm) livelli costituiti da clasti carbonatici spigolosi che si intercalano a livelli silicei massivi o fittamente laminati.

4. - DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Lo studio geologico svolto nell'area compresa tra Campomaggiore e Vaglio di Basilicata (provincia di Potenza), basato su un rilevamento geologico e sull'analisi stratigrafica di dettaglio effettuata lungo due sezioni (Calanche e Fontana Valloneto), ha permesso di portare un importante contributo sia per la definizione dei caratteri stratigrafico-deposizionali che per l'individuazione del dominio paleogeografico di appartenenza dell'unità argillitica, denominata argilliti e radiolariti di Campomaggiore, e genericamente riferita alle "argille varicolori" (*unct.*).

Le argilliti e radiolariti di Campomaggiore costituiscono la parte bassa del livello di scollamento di una unità tettonica, denominata unità tettonica di Vaglio di Basilicata. Tale unità tettonica è rappresentata da una successione sedimentaria di età compresa tra il Cretaceo ed il Miocene inferiore in cui si distinguono dal basso verso l'alto il Flysch Rosso, parzialmente eteropico con il Flysch Galestrino, e il Flysch Numidico. Tale successione è la naturale prosecuzione verso l'alto della serie calcareo-silico-marnosa del Bacino Lagonegrese *sensu* SCANDONE (1967, 1972).

I caratteri stratigrafici ricostruiti di questa unità tettonica risultano parzialmente confrontabili con quelli descritti per l'Unità del Sannio da ORTOLANI *et alii* (1975) e corrispondono in parte a quelli dell'Unità del Frigento di DI NOCERA *et alii* (2006); entrambe le unità sono state definite in aree più settentrionali dell'Appennino meridionale e considerate rappresentative di aree interne del Bacino Lagonegrese-Molisano. Inoltre, l'unità tettonica di Vaglio di Basilicata si differenzia dall'Unità del Sannio *sensu* PATACCA & SCANDONE (2004) in quanto quest'ultima comprende successioni sedimentarie che a nostro avviso sono riferibili ad altre unità tettoniche (Unità del Fortore *sensu* DAZZARO *et alii*, 1988).

Le argilliti e radiolariti di Campomaggiore, collocate nella parte bassa dell'unità tettonica di Vaglio di Basilicata, sono costituite da una fitta alternanza di argilliti e diaspri di colore variabile dal grigio-verde al rossastro, e si distinguono per la presenza di cinque orizzonti ricchi in materia organica che rientrano in un intervallo di tempo compreso tra il Valanginiano superiore (?) e il Turoniano inferiore (SABATO *et alii*, 2007). In particolare i cinque orizzonti anossici indicati con le sigle CAE1, CAE2, CAE3, CAE4 e LB-e, sono caratterizzati dalla presenza di livelli centimetrici di *black shales* ed *oil shales* a cui si intercalano strati sottili di radiolariti. Le analisi geochemiche compiute sui livelli ricchi in materia organica mostrano alti contenuti in TOC, variabili da 13 a circa 42% *m.t.* e confrontabili con quelli analizzati in corrispondenza degli eventi anossici oceanici *sensu* SCHLANGER & JENKYNs (1976) e ARTHUR *et alii* (1990).

Per quanto riguarda i caratteri di facies delle argilliti e radiolariti di Campomaggiore, le osservazioni effettuate lungo le due sezioni Calanche e Fontana Valloneto, sia in affioramento che in sezione sottile, suggeriscono per questa unità una deposizione in un bacino sottoalimentato e profondo, al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati. Analisi mineralogiche effettuate sulle stesse sezioni (FIORE *et alii*, 2000; SABATO *et alii*, 2007) mostrano infatti che si tratta di una successione sedimentaria essenzialmen-

TAVOLA I -

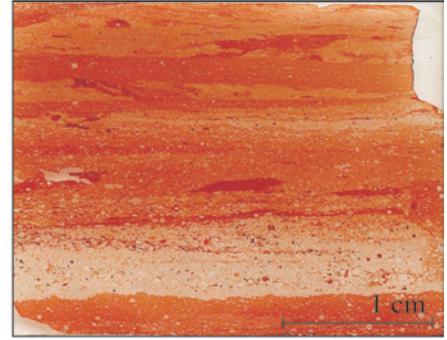
- a) Orizzonte anossico CAE2 lungo la sezione Calanche, caratterizzato da un livello di *black shales* sottilmente laminato, spesso circa 50 cm;
- b) Orizzonte anossico CAE3 lungo la sezione Calanche, rappresentato da un livello di *black shales* fittamente laminato, spesso circa 40 cm;
- c) Orizzonte anossico LB-e lungo la sezione Calanche, rappresentato da una fitta alternanza di *black shales* e diaspri di colore variabile dal grigio-verde al nero, spesso circa 2 m, con intercalazioni di argilliti e diaspri di colore rosso;
- d) Sezione sottile di diaspri rossi ricca in radiolari;
- e) Sezione sottile di diaspri rossi dove si osserva una fitta laminazione piano-parallela;
- f) Sezione sottile di diaspri rossi dove si osserva nella parte bassa una laminazione obliqua, e nella parte alta una laminazione piano-parallela e bioturbazione.

PLATE I -

- a) CAE2 anoxic horizon, characterized by 50 cm thick very thin laminated black shales, along the Calanche section;
- b) CAE3 anoxic horizon, characterized by 40 cm thick very thin laminated black shales, along the Calanche section;
- c) LB-e anoxic horizon, characterized by 2m-thick black shales and radiolarian-rich mudstones interlayered with varicoloured claystones/clayshales, along Calanche section;
- d) Thin section of radiolarian-rich red siliceous mudstones;
- e) Thin section of red siliceous mudstones showing fine horizontal parallel lamination;
- f) Thin section of red siliceous mudstones showing a lower cross lamination, and an upper horizontal parallel lamination, with bioturbation.



a)



d)



b)



e)



f)



c)

te silicea, priva di componente carbonatica. Dallo studio effettuato, risulta che l'unico contributo alla sedimentazione era rappresentato da una pioggia pelagica costituita essenzialmente da radiolari e fango siliceo, frequentemente rimossi

da deboli correnti oceaniche di fondo; infatti, la gradazione associata a laminazione piano-parallela e/o la frequenza di intervalli massivi sono essenzialmente dovute a processi di decantazione, mentre la presenza di laminazioni piano-parallele e oblique da *ripples* indicano correnti trattive, pur se di debole entità. Infine, i rari e sottili livelli di clasti carbonatici possono essere legati a torbide diluite che occasionalmente interessavano le aree più profonde del bacino, interrompendo la normale sedimentazione pelagica di fanghi silicei. La presenza a varie altezze della successione di livelli ricchi di *black shales* (CAE1, CAE2, CAE3, CAE4 e LB-e) testimonia il ripetersi di periodi di anossia durante il Cretaceo.

Fra i livelli ricchi di *black shales*, di particolare importanza risulta il riconoscimento della presenza del Livello Bonarelli, che si rinviene al tetto delle argilliti e radiolariti di Campomaggiore. Tale livello infatti, rappresenta un importante *marker* stratigrafico a scala regionale, essendo stato riconosciuto nel Bacino Umbro-Marchigiano (SELLI, 1952; MARCUCCI *et alii*, 1991) (fig. 6), nelle Alpi meridionali all'interno della Scaglia Bianca (VENZO, 1954; CHANNEL *et alii*, 1979; POLETTI *et alii*, 2000), in Sicilia nell'ambito delle argille varicolori (BELLANCA *et alii*, 1998), nel Gargano (LUCIANI *et alii*, 2002) e, al momento dubitativamente, anche in Appennino Dauno (GALLICCHIO *et alii*, 2002). Inoltre, sebbene per gli altri quattro orizzonti anossici (CAE1, CAE2, CAE3, CAE4) non sia al momento possibile individuare intervalli geocronologici con la stessa definizione del Livello Bonarelli, ne sono stati evidenziati i caratteri stratigrafici e geochemici che forniscono importanti spunti di riflessione per studi futuri.

Il più antico dei suddetti orizzonti (CAE1) si rinviene nella parte bassa della successione, che ricade in un intervallo di tempo compreso fra il Valanginiano superiore (?) e l'Aptiano inferiore. Questo orizzonte potrebbe essere quindi correlato con uno dei livelli anossici riconosciuti nello stesso intervallo di tempo in altre successioni bacinali delle Alpi meridionali, dell'Appennino centro-settentrionale (Scaglia Variegata), della catena siciliana (Formazione dell'Hybla del Dominio Trapanese) e del promontorio garganico (Marne a Fucoidi) (e.g. COCCIONI *et alii*, 1990; COBIANCHI *et alii*, 1999; GRAZIANO, 1999; BELLANCA *et alii*, 2002; BERSEZIO *et alii*, 2002; LUCIANI *et alii*, 2006).

L'orizzonte successivo (CAE2) ha un'età che può essere riferita ad un generico Aptiano, mentre gli altri due (CAE3, CAE4) sono di età infra-medioalbiana. Anche in questo caso i dati risultano insufficienti per poter stabilire con certezza la

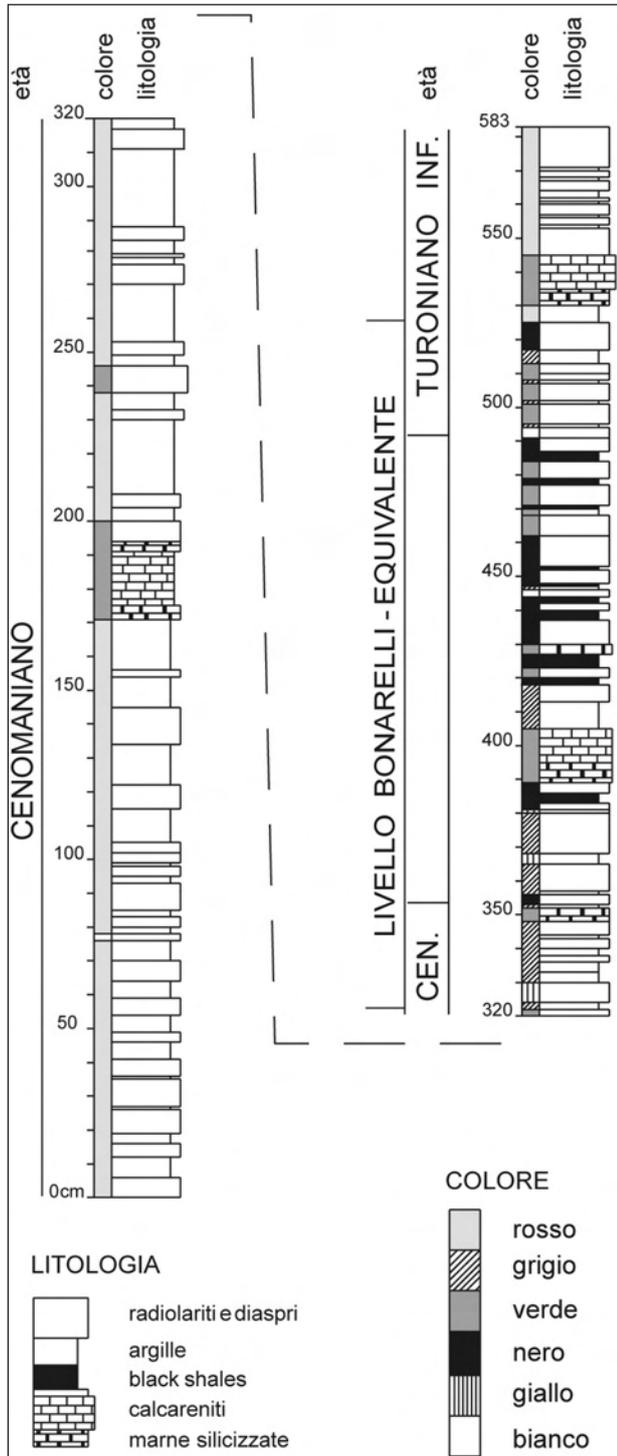


Fig. 5 - Stratigrafia di dettaglio del Livello Bonarelli-equivalente (LB-e) lungo la sezione Calanche.
- Detailed stratigraphic log of the anoxic Livello Bonarelli-equivalent (LB-e) along the Calanche section.

correlazione con i principali eventi anossici ricadenti in tali intervalli di tempo. A tale proposito si osserva che l'orizzonte CAE2 potrebbe corrispondere al Livello Selli (OAE1a, Aptiano inferiore, WEZEL, 1985) o al Livello 113 (Aptiano superiore), mentre gli orizzonti CAE3 e CAE4 potrebbero essere correlati rispettivamente al Livello Urbino e al Livello Monte Nerone di età Albiano inferiore-medio, a loro volta correlati con l'OAE1b (e.g. CRESTA *et alii*, 1989; COCCIONI & GALEOTTI, 2003) (fig. 6).

5. - CONCLUSIONI

Lo studio dell'unità delle argilliti e radiolariti di Campomaggiore consente di effettuare alcune considerazioni sia di carattere regionale che a scala globale.

La prima considerazione è di carattere strutturale, e si riferisce alla costituzione della porzione frontale della catena appenninica nel settore considerato. La successione studiata infatti viene qui attribuita ad una unità tettonica (unità tettonica di Vaglio di Basilicata) che affiora in una stretta fascia a direzione appenninica, limitata esternamente da una struttura relativamente giovane (rampa di Stigliano), ed internamente da una struttura tettonica riconducibile alle prime fasi di strutturazione dell'avanfossa appenninica; nell'area studiata quest'ultima struttura si ritrova localmente deformata da *thrusts* a vergenza tirrenica riconducibili a "geometrie a triangolo", tipiche delle aree frontali delle catene e correlabili alla messa in posto dell'unità tettonica su menzionata.

Per quanto riguarda il dominio paleogeografico di appartenenza, i caratteri litostratigrafici e le indicazioni di elevata profondità di sedimentazio-

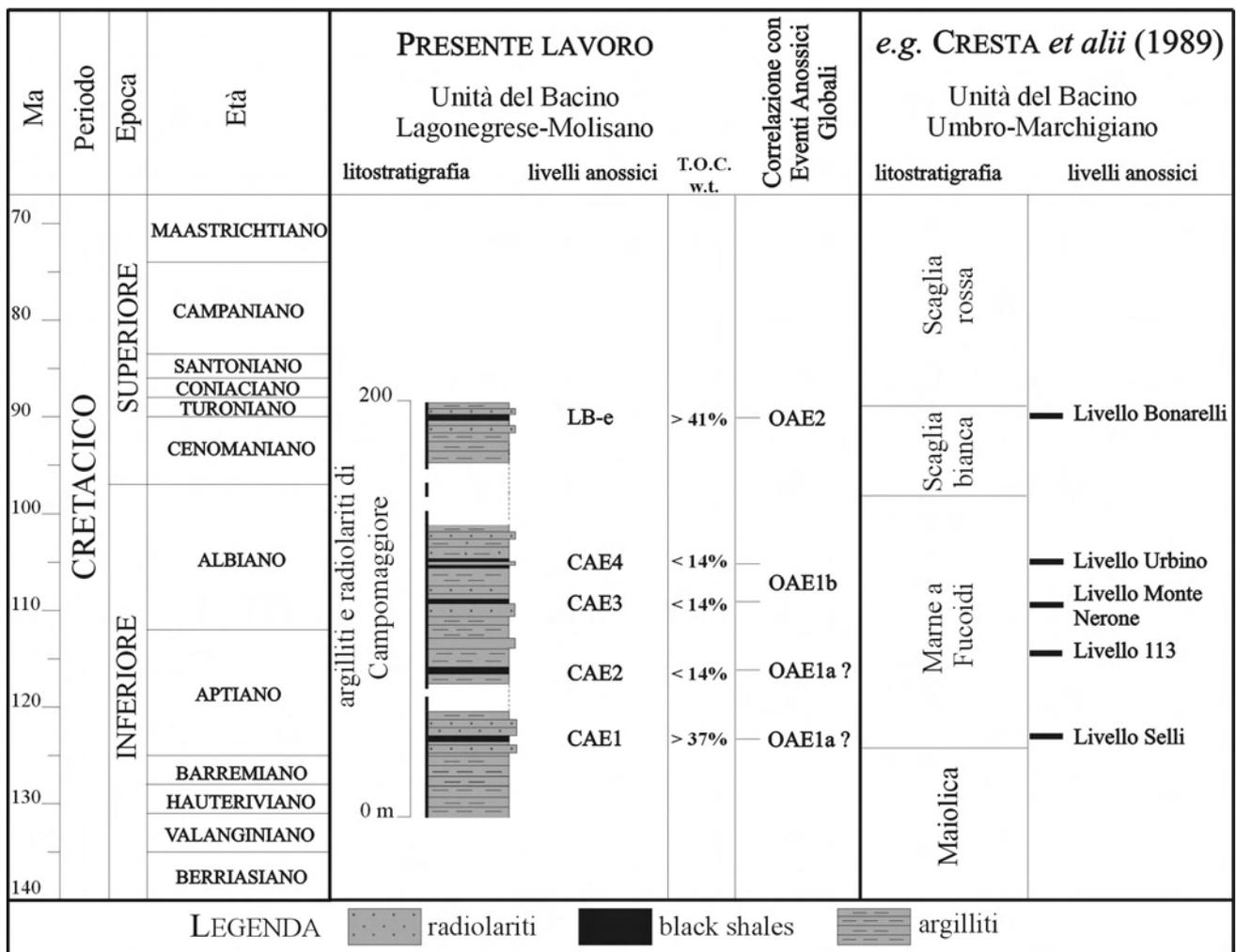


Fig. 6 - Tabella di correlazione fra l'unità oggetto di studio, le unità coeve dell'Appennino centro-settentrionale e delle Alpi meridionali, e gli eventi anossici globali.

- Correlation table between the argilliti e radiolariti di Campomaggiore, the coeval units of the central-northern Apennines and of the southern Alps, and the global anoxic events.

ne, nonché la mancanza di torbiditi calciclastiche, suggeriscono che le argilliti e radiolariti di Campomaggiore possano essere associate alle porzioni assiali del Bacino Lagonegrese-Molisano, coinvolte già dal Miocene inferiore nella strutturazione del prisma di accrezione della costituenda catena appenninica; nell'unità tettonica di Vaglio di Basilicata infatti, la sedimentazione del Flysch Numidico viene interrotta dalla messa in posto di unità alloctone ad affinità sicilide che andranno a costituire il substrato dei bacini di *wedge-top* dell'avanfossa miocenica.

Inoltre, i caratteri stratigrafici, nonché la posizione stratigrafica delle argilliti e radiolariti di Campomaggiore nell'ambito della successione sedimentaria che costituisce l'unità tettonica di Vaglio di Basilicata, permettono di riferire l'unità argillitica in oggetto alla parte bassa del Flysch Rosso. L'intervallo geocronologico a cui le argilliti e radiolariti di Campomaggiore possono essere riferite permette, inoltre, di ipotizzare un rapporto di parziale eteropia tra il Flysch Rosso e il Flysch Galestrino. I dati ricavati in corrispondenza delle due sezioni hanno dimostrato che le argilliti e radiolariti di Campomaggiore costituiscono un'unità ben identificabile e cartografabile nell'ambito della formazione del Flysch Rosso; questi caratteri hanno trovato riscontro anche in altre aree dell'Appennino meridionale tanto che il Comitato d'area per l'Appennino meridionale dell'APAT, nell'ambito del Progetto CARG per la realizzazione della Nuova Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, ha deciso di istituire alla base del Flysch Rosso il Membro diasprigno (FYR₁, fig. 2), corrispondente alle argilliti e radiolariti di Campomaggiore.

Infine, il rinvenimento nell'unità oggetto di studio di cinque orizzonti caratterizzati da radiolariti e *black shales* ad elevato contenuto in TOC, e risultati coevi ad alcuni eventi anossici oceanici del Cretaceo inferiore e superiore (OAE horizons, sensu SCHLANGER & JENKYN, 1976) già descritti in unità pelagiche cretache affioranti in altre aree della penisola italiana, permette di poter considerare le argilliti e radiolariti di Campomaggiore un'unità stratigrafica di riferimento a scala regionale e globale e di portare un notevole contributo per la ricostruzione delle condizioni paleoceanografiche ed ambientali della Tetide nell'area mediterranea.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano E. CENTAMORE, M. MARCUCCI, T. PESCATORE, I. PREMOLI SILVA, G. SALVINI, P. SCOTTI e M. TROPEANO per gli utili consigli e le proficue discussioni che hanno contribuito a migliorare il lavoro. Un doveroso ringraziamento va ad A. SCALISE per la

pazienza editoriale dimostrata.

Si fa presente che recentemente, nell'ambito dei lavori di coordinamento del Progetto CARG, il Comitato d'area per l'Appennino meridionale ha stabilito che la sigla delle argille siliose del T. Flaga è TFA, e non ASF come riportato in figura 2.

Lavoro eseguito con fondi di Ateneo (ex 60% 2004 e 2005, Università di Bari, resp. L. SABATO).

BIBLIOGRAFIA

- ARTHUR M.A., BRUMSAK H.J., JENKYN H.C. & SCHLANGER S.O. (1990) - *Stratigraphy, geochemistry and paleoceanography of organic carbon-rich Cretaceous sequences*. In: GINSBURG R.N. & BEAUDOIN B. (Eds.): "Cretaceous Resources, Events and Rhythms": 75-119.
- ARTHUR M.A. & PREMOLI SILVA I. (1982) - *Development of widespread organic carbon-rich strata in the Mediterranean Tethys*. In: SCHLANGER S.O. & CITA M.B. (Eds.): "Nature and origin of Cretaceous carbon-rich facies": 7-54.
- BELLANCA A., ERBA E., LUCIANI V., MASETTI D., NERI R., PREMOLI SILVA I., SALVINI G., SCOPELLITI G., SCOTTI P. & SPROVIERI M. (1998) - *Geochimica e sedimentologia di black shales (Livello Bonarelli) nelle Argille Varicolori: implicazioni paleoambientali*. Atti 79° Cong. Soc. Geol. It., Palermo 1998: 145-147.
- BELLANCA A., ERBA E., NERI R., PREMOLI SILVA I., SPROVIERI M., TREMOLADA F. & VERGA, D. (2002) - *Palaeoceanographic significance of the Tethyan "Livello Selli" (Early Aptian) from the Hybla Formation, northwestern Sicily: biostratigraphy and high-resolution chemostratigraphic records*. *Palaeog., Palaeocl., Palaeoec.*, **185**: 175-196.
- BERSEZIO R. (1994) - *Stratigraphic framework and sedimentary features of the Lower Aptian "Livello Selli" in the Lombardy Basin (Southern Alps, Northern Italy)*. *Riv. It. Paleont. Strat.*, **99** (1993): 569-589.
- BERSEZIO R., ERBA E., GORZA M. & RIVA A. (2002) - *Berriasi-Aptian black shales of the Maiolica formation (Lombardian Basin, Southern Alps, Northern Italy): local and global events*. *Palaeog., Palaeocl., Palaeoec.*, **180**: 253-275.
- BOENZI F., PALMENTOLA G. & VALDUGA A. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 200 Tricarico*. *Serv. Geol. It.*: pp. 46
- CASERO P., ROURE F., ENDIGNOUX L., MORETTI I., MULLER C., SAGE L. & VIALLY R. (1988) - *Neogene geodynamic evolution of the Southern Apennines*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **41**: 109-120.
- CENTAMORE E. (1968) - *Contributo alla geologia della Basilicata: la stratigrafia dei complessi in facies di flysch affioranti nel II quadrante del Foglio 187 "Melfi". Nota preliminare*. *Boll. Serv. Geol. It.*, **89**: 23-35.
- CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., JACOBACCI A., LANARI G. & SANTAGATI G. (1971a) - *Geologia della zona nord-occidentale del F° 187 "Melfi" (Lucania)*. *Boll. Serv. Geol. It.*, **91**: 113-148.
- CENTAMORE E., CHIOCCHINI U. & MORETTI A. (1971b) - *Geologia della zona tra Acerenza e Avigliano (prov. di Potenza)*. *Studi Geol. Camerti*, **1**: 97-12.
- CHANNEL J. E. T., D'ARGENIO B. & HORVÁRTH (1979) - *Adria, the African promontory, in Mesozoic Mediterranean paleogeography*. *Earth Sci. Rev.*, **15**: 213-292.
- CIARANFI N., DAZZARO L., PIERI P. & RAPISARDI L. (1980) - *I depositi del Miocene superiore al confine molisano-abruzzese*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **99**: 103 - 118.
- COBIANCHI M., LUCIANI V. & MENEGATTI A. (1999) - *The Selli Level of the Gargano Promontory, Apulia, southern Italy: foraminiferal and calcareous nannofossil data*. *Cretaceous Research*, **20**: 255-269.

- COCCIONI R., FRANCHI R., NESCI O., PERILLI N., WEZEL, F.C. & BATTISTINI, F. (1990) - *Stratigrafia, micropaleontologia e mineralogia delle Marne a Fucoidi (Aptiano inferiore-Albiano superiore) delle sezioni di Poggio le Guaine e del Fiume Bosso (Appennino umbro-marchigiano)*. In: PALLINI G., CECCA F., CRESTA S. & SANTANTONIO M. (Eds.): *Atti II Convegno Internazionale "Fossili, Evoluzione, Ambiente"*. Pergola, 25-30 October 1987: 163-201.
- COCCIONI R., FRANCHI R., NESCI O., WEZEL F.C., BATTISTINI F. & PALLECCHI P. (1987) - *Stratigraphy and mineralogy of the Selli Level (Early Aptian) at the base of the Marne a Fucoidi in the Umbro-Marchean Apennines (Italy)*. In: WIEDMANN J. (Ed.): *"Cretaceous of the Western Tethys"*, 3rd Int. Cretaceous Symposium, Tubingen: 563-584.
- COCCIONI R. & GALEOTTI, S. (2003) - *The mid-Cenomanian Event: prelude to OAE2*. *Palaeog., Palaeocl., Palaeoc.*, **190**: 427-440
- COCCO E., CRAVERO E., ORTOLANI F., PESCATORE T., RUSSO M., TORRE M. & COPPOLA L. (1974) - *Le unità irpine nell'area a Nord di Monte Marzano, Appennino meridionale*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **13**: 607-654.
- CRESTA S., MONECHI S. & PARISI G. (1989) - *Stratigrafia del Mesozoico e Cenozoico nell'area Umbro-marchigiana*. *Mem. Desc. Carta Geologica d'Italia*, **39**: 5-185.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T. & SCANDONE P. (1973) - *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. *Acc. Naz. Lincei, Pubbl. n° 280*: 49-72.
- DAZZARO L., DI NOCERA S., PESCATORE T., RAPISARDI L., ROMEO M., RUSSO B., SENATORE M.R. & TORRE M. (1988) - *Geologia del margine della catena appenninica tra il F. Fortore ed il T. Calaggio (Monti della Daunia - Appennino meridionale)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **41**: 411-422.
- DAZZARO L. & RAPISARDI L. (1996) - *Schema geologico del margine appenninico tra il Fiume Fortore ed il Fiume Ofanto*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **51**: 143-147.
- DI NOCERA S., MATANO F., PESCATORE T. S., PINTO F., QUARANTIELLO R., SENATORE M.R. & TORRE M. (2006) - *Schema geologico del transetto Monti Picentini orientali-Monti della Daunia meridionali: unità stratigrafiche ed evoluzione tettonica del settore esterno dell'Appennino meridionale*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **125**: 39-58.
- FIGLIORE S., PICCARRETA G., SANTALUOGIA F., SANTARCANGELO R. & TATEO F. (2000) - *The "Flysch Rosso" shales from the southern Apennines, Italy*. 1. Mineralogy and geochemistry. *Per. Mineral.*, **69** (1): 63-78.
- GALEOTTI S., SPROVIERI M., COCCIONI R., BELLANCA A. & NERI R. (2003) - *Orbitally modulated black shale deposition in the upper Albian Amadeus Segment (central Italy) a multi-proxy reconstruction*. *Palaeog., Palaeocl., Palaeoc.*, **190**: 441-458.
- GALLICCHIO S. (1996) - *Le successioni torbiditiche calciclastiche nell'evoluzione dell'avanfossa miocenica sudappenninica dalla valle del Fiume Trigno (confine abruzzese-molisano) alla costa ionica (Lucania)*. *Stratigrafia ed implicazioni paleogeografiche*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Bari: pp. 162.
- GALLICCHIO S., MARCUCCI M., PIERI P., PREMOLI SILVA I., SABATO L. & SALVINI G. (1996) - *Stratigraphical data from a Cretaceous claystones sequence of the "Argille Varicolori" in the Southern Apennines (Basilicata, Italy)*. *Palaeopelagos*, **6**: 261-272.
- GALLICCHIO S., PIERI P., FESTA V., MORETTI M. & TROPEANO M. (2002) - *Caratteri geologici del Foglio 407 "San Bartolomeo in Galdo"*. *Atti III Seminario Cartografia geologica*, Bologna, 26-27 febbraio 2002: 136-139.
- GRAZIANO R. (1999) - *The Early Cretaceous drowning unconformities of the Apulia carbonate platform (Gargano Promontory, southern Italy): local fingerprints of global palaeoceanographic events*. *Terra Nova*, **11** (6): 245-250.
- HANCOCK J.M. & KAUFFMAN E.G. (1979) - *The great transgressions of the late Cretaceous*. *Jour. Geol. Soc. Lond.*, **136**: 175-186.
- HIEKE MERLIN O., LA VOLPE L., NAPPI G., PICCARRETA G., REDINI R. & SANTAGATI G. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 186 Sant'Angelo dei Lombardi e 187 Melfi*. *Serv. Geol. It.*: pp. 188.
- JENKYN H.C. (1980) - *Cretaceous anoxic events: from continents to oceans*. *Jour. Geol. Soc. London*, **137**: 171-188.
- LENTINI F. (1979) - *Le unità sicilidi della Val d'Agri (Appennino lucano)*. *Geol. Rom.*, **18**: 215-224.
- LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S. & MONACO C. (1990) - *Tettonica a thrust neogenica nella Catena appenninico-magrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia*. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec.: 19-26.
- LUCIANI V., COBIANCHI M. & JENKYN H.C. (2002) - *Geochemical and micropaleontological response to Lower Cretaceous anoxic events in the Gargano Promontory succession (southern Italy)*. Abstracts Organic-carbon burial, climate change and ocean chemistry (Mesozoic-Paleogene), 9-11th December 2002, Burlington House, London: 33.
- LUCIANI V., COBIANCHI M. & LUPI C. (2006) - *Regional Record of a global oceanic anoxic event: OAE1a on the Apulia Platform margin, Gargano Promontory, southern Italy*. *Cretaceous Research*, **27**, 754-752.
- MARCUCCI PASSERINI M., BETTINI P., DAINELLI J., & SIRUGO A. (1991) - *The "Bonarelli Horizon" in the central Apennines (Italy): radiolarian biostratigraphy*. *Cretaceous Research*, **12**: 321-331.
- MOSTARDINI F. & MERLINI S. (1986) - *L'Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **35**: 177-202.
- OGNIBEN L. (1969) - *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **8**: 453-763.
- OGNIBEN L., VALDUGA A., BOENZI F., GAMBASSINI P., PALMENTOLA G., PIERI P., SCHILIRÒ F., LENTINI F., MUSARRA F. & WEZEL C. F. (1968) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 200 "Tricarico"*. *Serv. Geol. It.*
- ORTOLANI F., NARCISO G. & SANSÒ A. (1975) - *Prime considerazioni sulla presenza del Flysch Numidico nell'Appennino sannita*. *Boll. Soc. Nat. Napoli*, **84**: 31-44.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust-belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*. In: VAI G.B. & MARTINI I.P. (Eds.): *"Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins"*. Kluwer Academic Publisher, Great Britain: 401-440.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) - *A geological transect across the southern Apennines along the seismic line CROP 04*. In: GUERRIERI L., RISCIA I. & SERVA L. (Eds.): *"Field Trip Guide books, 32nd IGC Florence 20-28 August 2004"*, *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, **63** (4) from P14 to P36, P20, APAT: pp. 24.
- PATACCA E., SARTORI R. & SCANDONE P. (1990) - *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relations since Late Tortonian times*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **45**: 425-451.
- PATACCA E., SCANDONE P., BELLATALLA M., PERILLI N. & SANTINI U. (1992) - *The Numidian sand event in the Southern Apennines*. *Mem. Sc. Geol. Padova*, **63**: 297-337.
- PESCATORE T. (1962) - *Ulteriori osservazioni sul flysch a sud-est del Matese*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **80**: 39-44.
- PESCATORE T. (1963) - *Affioramenti di flysch cretacico nell'Alta Valle del Volturno (Alto Molise)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **4**, 793 - 800.
- PESCATORE T. (1965) - *Ricerche geologiche sulla depressione molisano-sannitica*. *Atti Acc. Sc. Fis. Mat.*, ser. 3, **5**: 101-147.
- PESCATORE T. (1988) - *La sedimentazione miocenica nell'Appennino campano-lucano*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **41**: 37-46.
- PESCATORE T., DI NOCERA S., MATANO F. & PINTO F.

- (2000) - *L'Unità del Fortore nel quadro della geologia del settore orientale dei Monti del Sannio (Appennino meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **119**: 587-601.
- PESCATORE T. & ORTOLANI F. (1973) - *Schema tettonico dell'Appennino campano-lucano*. Boll. Soc. Geol. It., **92**: 453-472.
- PESCATORE T., RENDA P., SCHIATTARELLA M. & TRAMUTOLI M. (1999) - *Stratigraphic and structural relationship between Meso-Cenozoic Lagonegro basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy*. Tectonophysics, **315**: 269-286.
- PESCATORE T., RENDA P. & TRAMUTOLI M. (1988) - *Rapporti tra le unità lagonegresi e le unità sicilidi nella media valle del Basento, Lucania (Appennino meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 353-361.
- PESCATORE T. & TRAMUTOLI M. (1980) - *I rapporti tra i depositi del bacino di Lagonegro e del bacino irpino nella media valle del Basento (Lucania)*. Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat. Napoli, **47** (IV): 19-41.
- PIEDILATO S. & PROSSER G. (2005) - *Thrust sequences and evolution of the external sector of a fold and thrust belt: an example from the Southern Apennines*. Journ. of Geol., **39**: 386-402.
- PIERI P. et alii - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 471 "Irsina"*. In prep.
- PIERI P., SABATO L., TROPEANO M., GALLICCHIO S., LOIACONO F. & SCHIATTARELLA M. (2004) - *Plio-Pleistocene stratigraphic and tectonic evolution of the foreland-foredeep-chain system in southern Italy*. In: GUERRIERI L., RISCIA I. & SERVA L. (Eds.): "Field Trip Guide books, 32nd IGC Florence 20-28 August 2004", Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **63** (4) from P14 to P36, P35, APAT: pp. 44.
- POLETTI L., FANTONI R., MASETTI D., LUCIANI V., LOTTAROLI F., RIVA M., SCOTTI P. & TROMBETTA G.L. (2000) - *Revisione stratigrafica della successione pelagica cretacea ed eventi anossici al margine occidentale del Plateau di Trento*. Abstracts, 80° Cong. Soc. Geol. It., Trieste 2000: 379-381.
- RADINA B. (1958) - *Rilievo Geologico della zona compresa tra S. Fele Bella e Muro Lucano (Foglio Melfi 187 III NW)*. Boll. Soc. Geol. It., **77**: 183-203.
- REDINI R., BROGINI F., CHIOCCHINI U., SANTAGATI G., CENTAMORE E., NAPPI G., BERGOMI C., MANGANELLI V., STAMPANONI G., MOTTA S., MARINI M. & IMPARATO D. (1970) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 187 "Melfi"*. Serv. Geol. d'It.
- SABATO L., GALLICCHIO S., PIERI P., PREMOLI SILVA I., SALVINI G. & SCOTTI P. (2001) - *The Bonarelli Horizon: a guide layer in the Southern Apennines (Basilicata, Italy)*. Riassunti dei contributi annunciati per il volume speciale CROP 4, 20-21 dicembre, Pisa: 29-31.
- SABATO L., GALLICCHIO S., PIERI P., SALVINI G. & SCOTTI P. (2007) - *Cretaceous anoxic events in the argilliti e radiolariti di Campomaggiore unit (Lagonegro-Molise basin, Southern Apennines, Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., Spec. Issue N° 7 (2007), CROP-04, MAZZOTTI E., PATACCA E. & SCANDONE P. (Eds.): 57-74.
- SCANDONE P. (1967) - *Studi di Geologia Lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. Boll. Soc. Nat. Napoli **76**: 301-469.
- SCANDONE P. (1972) - *Studi di Geologia Lucana: nota illustrativa della carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa*. Boll. Soc. Nat. Napoli, **81**: 225-300.
- SCHLANGER S.O. & JENKYN H.C. (1976) - *Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences*. Geologie en Mijnbouw, **55**: 179-184.
- SELLI R. (1952) - *Il Bacino del Metauro*. Giorn. Geol., **21**: 99-125.
- SGROSSO I. (1994) - *Sulla posizione paleogeografica del bacino di Lagonegro (Appennino centro-meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **113**: 179-194.
- VENZO G.A. (1954) - *Stratigrafia e tettonica del Flysch (Cretacico-Eocene) del Bergamasco e della Brianza orientale*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **31**: 7-134.
- WEZEL F. C. (1985) - *Facies anossiche ed episodi geotettonici globali*. Giorn. Geol., ser. 3^a, **47**/1-2: 281-286.
- ZOIA L. (1959) - *Il flysch calcareo di Pescopagano (Avellino)*. Boll. Soc. It., **78**: 371-383.