

LA VITA NEI MARI PRIMA DEL GESSO: I “CALCARI A *LUCINA*” E I CARBONATI PRE-EVAPORITICI DI MONTE MAURO

MARCO SAMI¹, MARCO TAVIANI²

Riassunto

Nell'articolo vengono descritti gli affioramenti fossiliferi di calcari pre-evaporitici presenti lungo la valle del Sintria nelle “peliti eusiniche” del settore dei Gessi di Monte Mauro di età compresa tra il Tortoniano superiore e forse il Messiniano inferiore. I siti stratigraficamente più bassi (antichi) affiorano a monte della Vena del Gesso presso l'Agriturismo “La Felce” e a OSO di Ca' Cassano sotto forma di peculiari carbonati metanogenici generati grazie all'emissione di idrocarburi in ambiente sottomarino. Assimilabili ai “calcari a *Lucina*”, sono caratterizzati da tipiche associazioni di bivalvi specializzati (grandi modiolini e lucinidi più vesicomidi, ecc.). I sedimenti pre-evaporitici inglobati tra le grandi scaglie gessose di M. Mauro e M. Incisa, probabilmente più recenti, contengono tipici “calcari a *Lucina*” con grandi lucinidi (Co' di Sasso 1 e 6), ma anche modesti affioramenti carbonatici con faune miste sia di ambienti disaerobici che “normali” di profondità (Co' di Sasso 2, 3, 4b e Ca' Castellina) confrontabili con quelle altrove rinvenute nei sedimenti argillosi delle “peliti eusiniche”. Si ipotizza che anche questi ultimi carbonati possano derivare da originari depositi fini delle “peliti eusiniche” cementati in calcare grazie alla vicinanza di esalazioni sottomarine fredde di idrocarburi.

Parole chiave: “Calcari a *Lucina*” metanogenici, “peliti eusiniche” pre-evaporitiche, Miocene superiore, Vena del Gesso, M. Mauro

Abstract

This paper describes the fossiliferous outcrops of pre-evaporitic limestones present in upper Tortonian/lower Messinian “peliti eusiniche” (“euxinic shales”) of the gypsum outcrop of Mt. Mauro (Vena del Gesso romagnola, Northern Italy), along the Sintria valley. Upstream the gypsum outcrop at the “La Felce” agriturismo company and at WSW of Ca' Cassano crop out probably the stratigraphically lower (ancient) sites, peculiar methanogenic carbonates linked to a submarine hydrocarbons cold vent environment. Similar to ‘Lucina limestones’, they are characterized by typical specialized bivalve associations (large Modiolinae and Lucinidae plus Vesicomidae, etc.). In the pre-evaporitic sediments incorporated among the large gypsum thrusts of Mt. Mauro and Mt. Incisa, probably more recent, there are both typical ‘Lucina limestones’ with large Lucinidae (Co' di Sasso 1 and 6) and some carbonatic bodies with mollusc faunas both of disaerobic and ‘normal’ deep environments (Co' di Sasso 2, 3, 4b and Ca' Castellina), comparable with those elsewhere found in clayey sediments of ‘peliti eusiniche’. It is hypothesized that the latter carbonates can also derive from original fine deposits of the ‘euxinic shales’ cemented in limestone thanks to the proximity of cold hydrocarbon seep.

Keywords: Methanogenic ‘Lucina Limestones’, Pre-evaporitic ‘Euxinic Shales’, Upper Miocene, Vena del Gesso, Mt. Mauro.

¹ Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza, Via Medaglie d'Oro 51, 48018 Faenza (RA) - marco.sami@cheapnet.it

² Istituto di Scienze Marine (ISMAR), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via Gobetti 101, 40129 Bologna (BO) - marco.taviani@bo.ismar.cnr.it

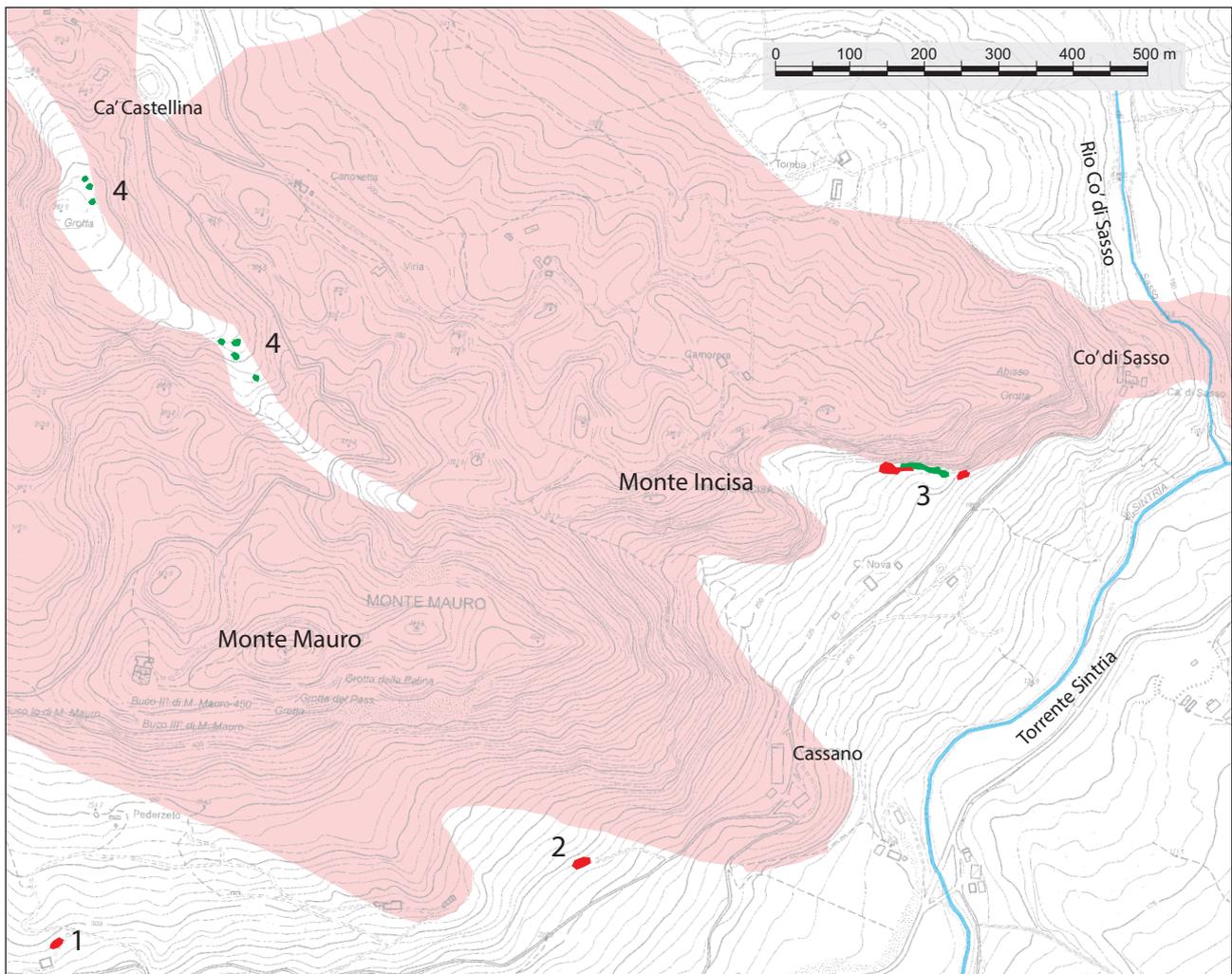


Fig. 2 – Distribuzione degli affioramenti di “calcarei a *Lucina*” (in rosso) e dei carbonati pre-evaporitici (in verde) nei Gessi di Monte Mauro (in rosa gli affioramenti gessosi): 1 – sito c/o Agriturismo “La Felce”; 2 – sito a OSO di Ca’ Cassano; 3 – siti a OSO di Co’ di Sasso; 4 – siti (erratici) a SSE di Ca’ Castellina (rilevamento M. Sami; elaborazione grafica P. Lucci).

la «concordanza del gesso sopra alle molasse a bivalvi», specificando per queste ultime il rinvenimento di «*Lucina gigantea affinis? delbosiii*» (fig. 1). Però in un successivo abbozzo di carta geologica dell’area, sempre di fine Ottocento, rileverà numerosi affioramenti di «calcarei a lucine» in destra Sintria ma nessuno a sinistra, probabilmente per l’esiguità di questi ultimi. In ogni caso, la stessa collezione Scarabelli, presso i Musei Civici di Imola, preserva tutt’ora diversi esemplari fossili di grandi bivalvi lucinidi il cui cartellino riporta come luogo di reperimento il «Rio Sintria sotto M. Mauro, inferiormente ai Gessi» (PACCIARELLI, VAI 1995). Per rintracciare un altro riferimento puntuale all’area in oggetto si deve fare un salto di oltre un secolo fino all’importante contributo sull’assetto geologico della Vena del Gesso di MARABINI, VAI 1985, dove si legge

che la «(...) Scaglia di Cò di Sasso, [è] costituita dall’intera successione evaporitica oltre ai depositi pre-evaporitici terminali, entro i quali sono contenuti olistoliti di “Calcare a *Lucina*” (questo è l’unico affioramento noto a NW del T. Sintria) (...)». Pochi anni più tardi, Gardini 1990-1991 cartografa in dettaglio sia gli affioramenti presso Co’ di Sasso (già noti) che quelli a ovest-sud-ovest di Ca’ Cassano (fino allora sconosciuti), ma senza descriverli, se non in maniera molto sommaria. Concludiamo questa breve rassegna citando un ultimo lavoro sulla vicina ex-cava di Pietralunga (TERZI, SAMI 2007), nel quale, di passaggio, gli autori rilevano nei calcari fossiliferi presso Co’ di Sasso e Ca’ Castellina una caratteristica «associazione a piccoli lucinidi», che permette di distinguerli dal “calcare a *Lucina*” al quale erano sempre stati precedentemente associati.

Inquadramento geologico

Come descritto in SAMI, TAVIANI 2015 e in REGHIZZI *et alii* in questo volume, a cui si rimanda per maggiori dettagli geo-paleontologici, i carbonati pre-evaporitici di Monte Mauro si rinvengono nella porzione terminale della Formazione Marnoso-arenacea, substrato roccioso di gran parte dell'Appennino romagnolo e quindi anche delle soprastanti evaporiti gessose (VAI 1989). Tale unità geologica è rappresentata da una spessa pila di strati torbiditici che, per quasi una decina di milioni di anni, ovvero tra circa 16 e 7 milioni di anni fa (Miocene medio e superiore, dal Langhiano a tutto il Tortoniano), andarono riempiendo un profondo bacino sedimentario stretto e allungato in direzione nord ovest-sud est. Nella sua parte sommitale e quindi più recente, databile al Tortoniano superiore (RICCI LUCCHI, VAI 1994), la Marnoso-arenacea passa a depositi fini di scarpata ("ghioli di letto") e ad un membro argilloso noto informalmente come "peliti eusiniche" (nome che rimanda ai fanghi dei fondali stagnanti del Mar Nero, per gli antichi *Pontus Euxinus*). Queste ultime sono di solito caratterizzate da livelli sottilmente stra-

tificati, color grigio scuro per l'alto contenuto di sostanza organica, alternati a livelli marnosi e massivi, più chiari: tale litologia dipenderebbe da episodi ciclici di ossidazione e riduzione della materia organica causati dalla progressiva diminuzione della circolazione delle acque del Mediterraneo di allora, un segnale precursore dell'imminente "crisi di salinità messiniana". La transizione dalle "peliti eusiniche" alla soprastante Formazione Gessoso-solfifera è di solito marcata da alcuni metri di argille scure intercalate a pochi straterelli calcareo/marnosi color grigio chiaro, di spessore decimetrico, noti come "calcare di base" o "cicli carbonatici". I dati geologici e paleontologici suggeriscono per tali sedimenti un ambiente di deposizione costituito da fondali marini la cui profondità, inizialmente di alcune centinaia di metri, stava progressivamente diminuendo (AHARON, SENGUPTA 1994) mentre l'analisi radiometrica effettuata su sottili orizzonti di ceneri vulcaniche ne ha permesso la datazione tra 8 e 6 milioni di anni fa. Entrando nello specifico, nel settore dei Gessi di M. Mauro questi fini depositi pre-evaporitici possono inglobare alcuni esigui affioramenti carbonatici che, per quan-



Fig. 3 – Affioramento di "calcarei a *Lucina*", ora scomparso, rinvenuto nel 2003 in occasione dei lavori di sistemazione dell'Agriturismo "La Felce" lungo via Monte Mauro (foto M. Sami).



Fig. 4 – *Teredolites*, tracce fossili (modelli interni di gallerie) prodotte da molluschi xilofagi in legni fluitati nei “calcari a *Lucina*” presso l’Agriturismo “La Felce” (foto M. Sami).

to localizzati, se ne distaccano nettamente per litologia, erosione differenziale e in parte per contenuto fossilifero (fig. 2).

Malgrado alcune differenze litologiche (marne o calcari arenacei presso l’Agriturismo “La Felce” e Ca’ Cassano 1-2 e calcari massivi a Co’ di Sasso 1, 4a e 6), un primo tipo rientra nella definizione dei noti “calcari a *Lucina*”. Tali depositi sono ora interpretati come gli equivalenti fossili di particolarissimi ecosistemi profondi originatisi in prossimità di antiche emissioni gassose fredde (*cold seeps*) di metano (CH_4) e idrogeno solforato (H_2S) in ambiente sottomarino (CLARI *et alii* 1988; TERZI 1992; TAVIANI 2014). La massiccia presenza di batteri chemiosintetici permetteva lo sviluppo di ricche comunità biologiche specializzate (tra cui bivalvi lucinidi) che fondavano le proprie catene alimentari proprio sulla chemiosintesi attuata dai batteri: questi ultimi, con ruolo di produttori primari, sfruttavano l’energia chimica delle venute gassose per produrre l’indispensabile sostanza organica (TAVIANI 2011). L’ossidazione batterica del metano inoltre

produceva CO_2 che favoriva la precipitazione chimica di carbonato di calcio (CaCO_3), il quale impregnava il sedimento circostante cementandolo e inglobando man mano gli organismi specializzati che vi vivevano infossati come, per l’appunto, i molluschi lucinidi.

Presso i siti Co’ di Sasso 2, 3 e 4b e Ca’ Castellina affiorano però delle rocce calcaree con accenni di stratificazione e prive dei tipici molluschi specializzati (ad esempio grandi lucinidi, modiolini o vesicomidi) presenti nei “calcari a *Lucina*” veri e propri: al contrario vi si rinvencono con una certa abbondanza soprattutto dei gasteropodi nassaridi e, tra i bivalvi, dei lucinidi di piccole dimensioni associati a molluschi “normali” di ambiente epibatiale. Per posizione stratigrafica, caratteristiche litologiche e aspetti paleontologici sembrerebbero rappresentare una particolare *litofacies* carbonatica eteropica rispetto ai depositi argillosi delle “peliti eusiniche”, per cui la cementazione in calcare degli originari depositi fini ricchi in materia organica, analogamente ai “calcari a *Lucina*”, potrebbe essere stata indotta



Fig. 5 – Marne arenacee con abbondantissimi modelli interni di grandi *Bathymodiolus* sp. nei “calcarei a *Lucina*” del sito Ca’ Cassano 1, anno 2018 (foto M. Sami).

dall’ossidazione batterica di vicine esalazioni di idrocarburi.

Dal punto di vista topografico alcuni affioramenti (Co’ di Sasso e Ca’ Castellina) in apparenza non sembrano sottostare alla normale successione stratigrafica, ma risultano come intrappolati tra le rupi gessose che caratterizzano il paesaggio dell’area. Questa situazione è imputabile al complicato assetto geologico della Vena del Gesso orientale e dei Gessi di M. Mauro in particolare: le intense deformazioni legate all’evento tettonico intra-messiniano (circa 5,6 milioni di anni fa) fecero sì che alcune gigantesche scaglie gessose si accatastassero trascinandolo con sé anche parte del basamento pelitico sottostante, perciò anche i “calcarei a *Lucina*” o i cicli carbonatici in esso contenuti, frapponendolo tra una scaglia gessosa e quella adiacente. L’interpretazione del meccanismo di messa in posto di tali scaglie giganti non è condiviso da tutta la comunità scientifica (per una discussione su questo

tema si veda REGHIZZI *et alii* in questo volume): entrambe le ipotesi principali però, sia quella tettonica (MARABINI, VAI 1985) che quella gravitativa (ROVERI *et alii* 2003), concordano nel collocare il piano di scollamento delle grandi scaglie gessose nella porzione superiore delle sottoposte “peliti eusiniche” pre-evaporitiche.

Gli affioramenti

Vari anni di ricerche intraprese per conto del Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza e del Parco regionale della Vena del Gesso Romagnolo, oltre a recenti indagini finalizzate a questo contributo, hanno permesso di individuare nei Gessi di M. Mauro quattro siti grossolanamente accomunati dalla collocazione stratigrafica pre-evaporitica (Tortoniano superiore/Messiniano inferiore?), dalla litologia carbonatica e dal contenuto più o meno fossilifero che vengono qui di seguito descritti per la prima volta.

Agriturismo “La Felce”: tale affioramento, a poche centinaia di metri a sud sud-ovest di Pederzeto e ora situato in Zona C del Parco, venne individuato e campionato nel 2003 in occasione dei lavori per la costruzione dell’edificio, ma ora non risulta più visibile (fig. 3). Dal punto di vista stratigrafico sembrerebbe quello situato più in basso, perciò il più vecchio, anche se non si esclude che le intense deformazioni che affliggono l’area possano averne alterato l’originale collocazione: in GARDINI 1990-1991, livelli più o meno confrontabili vengono assegnati al Tortoniano superiore. Il sito era costituito da una successione di alcuni metri di marne malstratificate contenenti un livello fossilifero spesso 30 cm di arenarie marnose (giacitura di circa 142N/32°), a cui ne seguiva uno di marne siltoso/sabbiose arricchito da frammenti di lignite con tracce fossili tipo *Teredolites* (gallerie scavate nel legno sommerso da molluschi xilofagi della Fam. Teredinidae; fig. 4). I molluschi fossili, tutti sotto forma di modelli interni con tracce di guscio decalcificato, sono rappresentati soprattutto dal gran-

de lucinide *Meganodontia hoernea* e dal vesicomide *Archivesica* cf. *aharoni*: meno comuni i lucinidi di taglia media o piccola (*Lucinoma* cf. *perusina* e *Myrtea* sp.), piuttosto rari i modiolini di piccole dimensioni. Questo sito, con una tipica malacofauna specializzata di *cold seep*, è però caratterizzato da una litologia prevalentemente detritico/silicoclastica che si discosta da quella prettamente carbonatica dei tipici “calcari a *Lucina*” del Brisighellese: in zona l’unico termine di confronto potrebbe risultare la cosiddetta «molassa a grandi bivalvi (*Lucina gigantea* affinis? *delbosiii*)» che lo Scrabelli segnalava più di un secolo e mezzo fa per un sito ora scomparso posto più a valle, ma stratigraficamente correlabile (fig. 1).

Ca’ Cassano: questo giacimento è localizzato circa 300 m ad ovest-sud-ovest della casa omonima (in Zona C del Parco) e consta di due affioramenti di estensione assai modesta, ma nettamente distinti dal punto di vista stratigrafico, litologico e paleontologico. Quello stratigraficamente più basso, Ca’ Cassano 1,



Fig. 6 – Modelli interni del caratteristico lucinide gigante *Meganodontia hoernea* nel sito Ca’ Cassano 2, anno 2018 (foto M. Sami).



Fig. 7 – Traccia fossile da Ca' Cassano 2: galleria calcitizzata internamente, prodotta probabilmente dall'attività di un crostaceo (foto M. Sami).

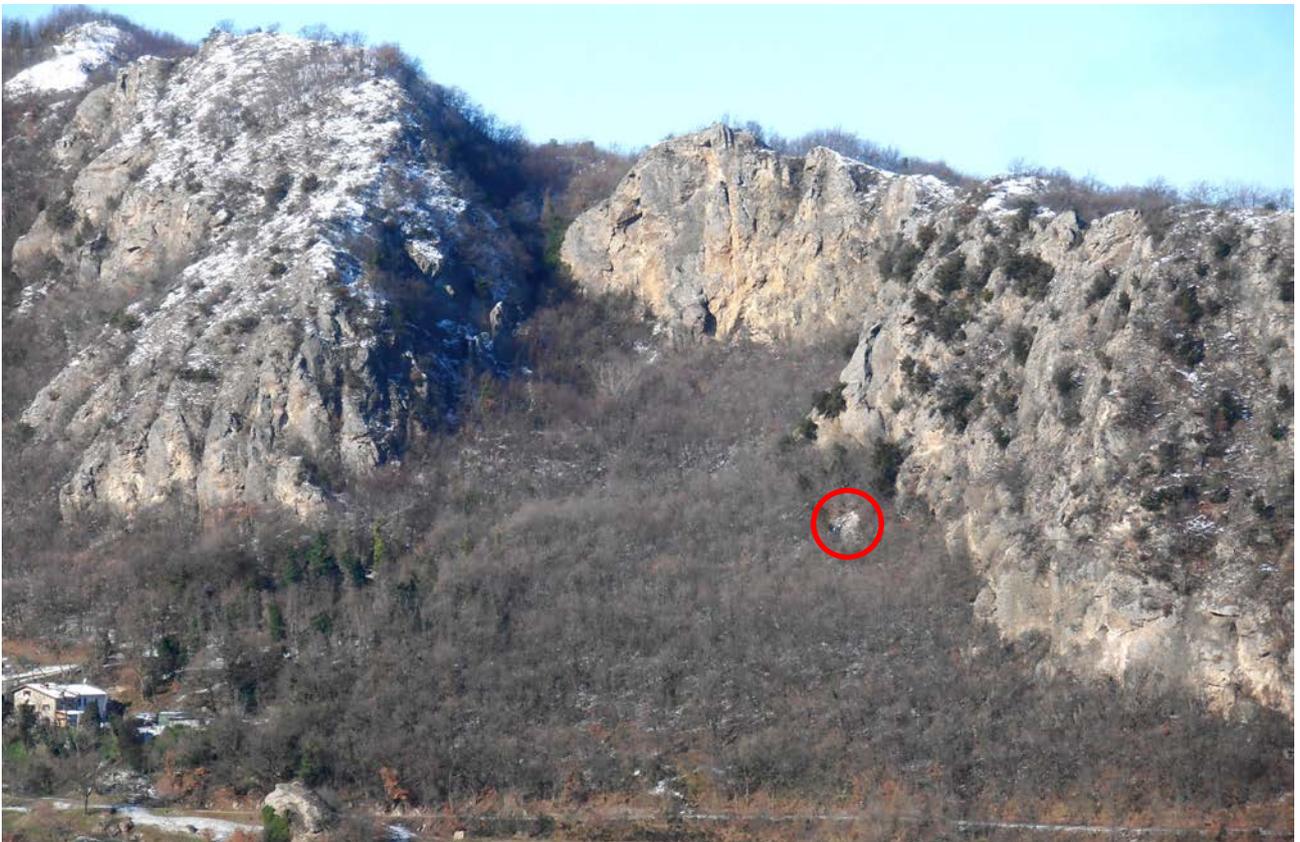


Fig. 8 – Nei sedimenti pre-evaporitici incastonati tra due diverse scaglie gessose a OSO della località Co' di Sasso affiorano vari blocchi di carbonati fossiliferi del Messiniano inferiore (nel cerchio rosso i "calcarei a *Lucina*" del sito Co' di Sasso 6) (foto M. Sami).

è rappresentato da argille sil-
tose molto alterate contenenti
un orizzonte metrico di mar-
ne calcareo/arenacee color ocra
con giacitura di circa 135N/40°
e riccamente fossilifero. Tutti i
fossili si presentano sotto forma
di modelli interni con gusci pre-
valentemente decalcificati e più
o meno deformati: tali fenomeni,
legati alla complessa diagenesi
del sedimento che li ospitava, ne
rendono talora difficoltosa la de-
terminazione specifica. La spe-
cie di gran lunga prevalente è un
modiolino di grande taglia (*Ba-
thymodiolus* sp.), in genere sotto
forma di modello interno comple-
to delle due valve, che dà luo-
go ad un vero e proprio “banco”
di individui fittamente addos-
sati i quali, pur non trovandosi
probabilmente ancora in posizio-
ne di vita, devono aver comun-
que subito una traslazione assai
contenuta (fig. 5). In subordine
si segnalano anche lucinidi di
taglia media (*Lucinoma* cf. *peru-
sina*) e vesicomidi (*Archivesica*
cf. *aharoni*), mentre assai rari
sono i lucinidi giganti del genere
Meganodontia ed i gasteropodi
come il neritide *Thalassonerita*
sp. o un buccinide confrontabile
con quelli già identificati in al-
tri “calcari a *Lucina*” romagnoli
(TAVIANI 1994).

Circa nove metri al di sopra si trova un secondo
affioramento, Ca’ Cassano 2, leggermente più
recente e con caratteristiche litologiche e pale-
ontologiche ben differenziate: innanzitutto si
tratta, per la porzione esposta, di un livello più
che metrico di marne passanti ad un calcare
marnoso, in certi punti più arenaceo e biotur-
bato da tracce fossili (*burrows*) e con piccole ca-
vità tappezzate da piccoli cristalli romboedrici
di calcite (figg. 6-7). La forma fossile più ab-
bondante è un lucinide di taglia medio-piccola
assegnabile al genere *Lucinoma*: gli esempla-
ri, in genere completi delle due valve e spes-
so col guscio integro, sembrano mostrare una
serie di caratteristiche del tutto originali sia a
livello di cerniera che di impronte muscolari
che fanno propendere per una possibile specie



Fig. 9 – Il sito Co’ di Sasso 6, caratterizzato dai grandi lucinidi *M. hoernea* e *L. perusina*, è quello volumetricamente più cospicuo tra i “calcari a *Lucina*” affioranti nei Gessi di M. Mauro (foto M. Sami).

nuova per la Scienza (S. KIEL, com. pers.; tav. 1C). Benché meno frequenti non mancano altri lucinidi (*M. hoernea*, *L. perusina* e *Myrtea* sp.) e vesicomidi (*Archivesica* sp.), mentre piuttosto rari risultano dei modiolini di taglia media (tav. 1G, H) e, tra i gasteropodi, “*Homalopoma*” *domeniconii*, *Thalassonerita* sp., “*Phasianema*” e un buccinide confrontabile con “*Chrysodomus*” *hoernesii* (tav. 2F, H).

Co’ di Sasso (CdS): nell’impluvio (in Zona A del Parco) tra i 200 e i 300 m a ovest-sud-ovest della casa omonima affiora una fascia di sedimenti pre-evaporitici in gran parte nascosti dalla copertura detritica, ma da cui emergono alcuni blocchi calcarei che sottostanno per soli pochi metri ai sovrastanti strati basali della



Fig. 10 – Il sito Co' di Sasso 3, caratterizzato da carbonati pre-evaporitici fossiliferi verticalizzati a diretto contatto con la base dei gessi (nella foto, in alto a destra), anno 2017 (foto M. Sami).



Fig. 11 – Un dettaglio della ricca associazione a molluschi fossili (come modelli interni) contenuti nei carbonati pre-evaporitici del sito Co' di Sasso 3 (foto M. Sami).



Fig. 12 – Particolare dei “calcarei a *Lucina*” affioranti alla base del sito Co’ di Sasso 4 (lo stesso della fig. 3 in REGHIZZI *et alii* in questo volume): nella porzione superiore affiorano carbonati pre-evaporitici fossiliferi confrontabili col “calcicare di base”, anno 2017 (foto M. Sami).

successione gessosa, qui verticalizzata, della cosiddetta «scaglia di Cò di Sasso» (fig. 8; MARABINI, VAI 1985). Tali affioramenti carbonatici, per quanto modesti e contigui (la distanza tra l’uno e l’altro è in media solo poche decine di metri), presentano però una certa eterogeneità nella litologia, negli spessori e nel contenuto paleontologico che ne hanno suggerito l’analisi separata, venendo così distinti con una numerazione progressiva da quello più a valle (Co’ di Sasso 1) a quello più a monte (Co’ di Sasso 6). L’apparente concordanza con la sovrastante unità gessosa e la minima distanza stratigrafica che li separa da essa (da pochi dm a pochi m) farebbero propendere per un’età messiniana inferiore; d’altro canto, essendo inglobati in depositi pre-evaporitici intensamente deformati per aver costituito da superficie di scollamento alle scaglie gessose che caratterizzano l’area, permangono molti dubbi sulla loro reale collocazione stratigrafica (REGHIZZI *et alii* in questo volume). Alcuni di questi affioramenti (Co’ di Sasso 1 e 6) si presentano coi caratteri litologici e paleontologici dei tipici “calcarei a *Lucina*”, ovvero calcari micritici compatti e massivi con modelli interni di luci-

nidi fossili di dimensione medie (*L. perusina*) e grandi (*M. hoernea*) e rarissimi modiolini di piccola taglia. In particolare, il sito Co’ di Sasso 6 (fig. 9), che costituisce l’affioramento carbonatico più cospicuo per tale settore del Parco (con un volume valutabile in parecchie centinaia di m³), nel secondo dopoguerra sarebbe stato sfruttato come cava di blocchi rocciosi per la costruzione della massicciata della strada sottostante (A. BENERICETTI, com. pers.). Altri affioramenti (CdS 2, CdS 3) sono invece rappresentati da calcari massivi, malstratificati o laminati passanti ad intercalazioni marnoso-siltose su cui poggia la base dei gessi (fig. 10). Presentano alcuni livelli decimetrici riccamente fossiliferi con modelli interni di molluschi di ambiente circalitorale profondo tra cui abbondantissimi nassaridi (soprattutto *Nassarius* ex gr. *semistriatus*) e lucinidi di piccola taglia (*Myrtea* sp., *Anodontia* sp.), in subordine *Aporrhais* cf. *uttingeriana*, crostacei, esacoralli, ecc. (fig. 11). Fatte salve le succitate considerazioni sulle notevoli discontinuità e/o deformazioni che certamente affliggono tali depositi, il sito CdS 4 (vedi anche fig. 3 in REGHIZZI *et alii* in questo volume) sembrerebbe

mostrare, in poco meno di una decina di metri di spessore, il passaggio graduale e apparentemente continuo da tipici “calcarei a *Lucina*” con lucinidi medio-grandi (CdS 4a; fig. 12) a calcari malstratificati con rari piccoli lucinidi di fondali disaerobici ad un paio di straterelli calcareo-marnosi (simili ai cicli carbonatici pre-evaporitici della cava Monticino: CdS 4b) con malacofaune “normali” di ambiente circalitorale fino al “calcare di base” finemente laminato su cui poggia direttamente il primo bancone selenitico (fig. 13).

Ca' Castellina: nei settori nord-est e sud-est del fondo della grande pseudo-dolina posta a sud dei ruderi della casa omonima (Zona B del Parco) si possono rinvenire frammenti erratici di calcari più o meno marnosi e fossiliferi sotto forma di blocchetti di 15-20 cm di spessore massimo (alcuni dei quali impiegati nelle murature dello stesso edificio; fig. 14). L'ampia depressione in oggetto è situata circa 1 km ad ovest-nord-ovest dei sopracitati affioramenti di Co' di Sasso e, come questi ultimi, deve in

parte la sua origine alla presenza di terreni fini e impermeabili come le “peliti eusiniche” rimaste intrappolate tra due scaglie gessose adiacenti (MARABINI, VAI 1985). Il contenuto fossilifero di tali carbonati pre-evaporitici risulta abbastanza simile a quello di Co' di Sasso 3 e 4 (modelli interni con abbondanza di *Nassarius ex gr. semistriatus* e di piccoli lucinidi come *Myrteinae* e *Anodontia sp.*; fig. 15); vi compaiono però con una certa frequenza alcuni molluschi di fondali profondi “normali” non presenti o rarissimi nei siti presso Co' di Sasso quali *Yoldia sp.*, *Cardiomya sp.*, *Cuspidaria sp.*, *Poromya sp.*, *Abra sp.*, *Propeamussium duodecimlamellatum*, *Costellaria sp.*, piccoli turridi e naticidi oltre ad esacoralli isolati (fig. 16) ed a sporadici resti di crostacei decapodi (*Callianassa cf. subterranea*, *Medorippe ampla*, *Goneplax cf. gulderi*, *Monodaeus bortolottii*: A. GARASSINO, com. pers.). Come già affermato per i siti Co' di Sasso 2, 3 e 4, anche i depositi presso Ca' Castellina contengono una fauna mista di ambiente relativamente profondo (piano batiale superiore) con alcune specie chemiosimbiotiche (lucinidi) di fanghi riducenti e altre che tollerano bassi livelli di ossigeno.

Considerazioni paleontologiche e paleoecologiche

Un primo risultato delle ricerche effettuate sul contenuto fossilifero dei carbonati pre-evaporitici affioranti nei Gessi di M. Mauro è stato quello di individuare due associazioni principali.

La prima, rinvenuta nei siti “La Felce”, Ca' Cassano 1 e Ca' Cassano 2, Co' di Sasso 1, Co' di Sasso 4a e Co' di Sasso 6, è tipicamente costituita da un insieme di molluschi caratterizzanti paleontologicamente i “calcarei a *Lucina*” metanogenici: essa comprende forme chemiosimbiotiche o comunque adattate ad ambienti marini più o meno profondi con risalita di fluidi gassosi freddi (*cold seep*), tra cui i bivalvi *Lucinoma perusina*, *Meganodontia hoernea*, *Bathymodiolus sp.*, *Samiolus iohannesbaptistae*,

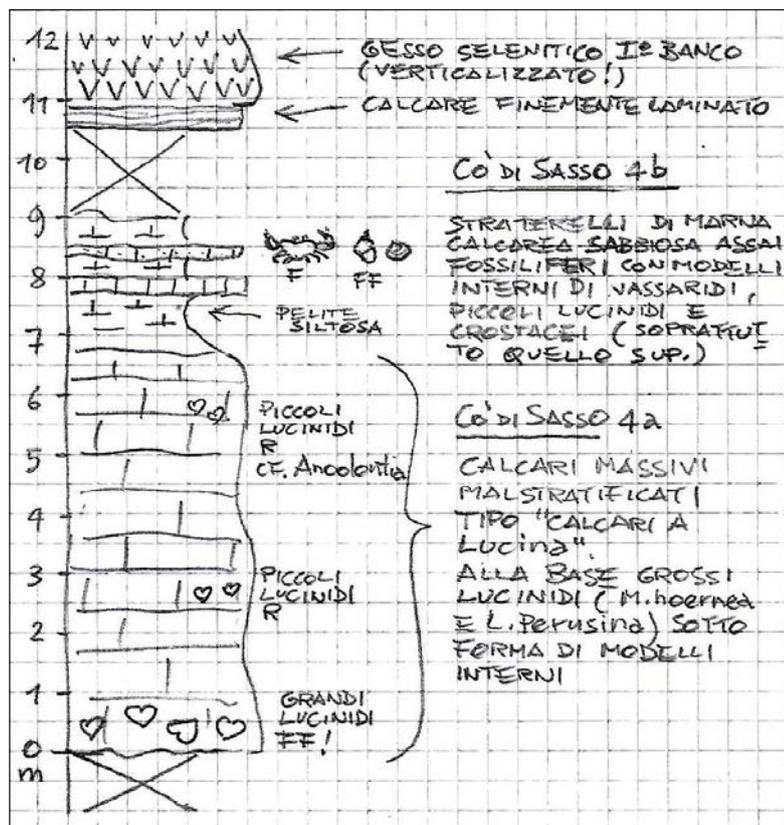


Fig. 13 – Schizzo di campagna con stratigrafia sommaria dell'interessante sito Co' di Sasso 4: in circa 10 m di spessore si susseguono, in apparente continuità stratigrafica, “calcarei a *Lucina*”, carbonati pre-evaporitici assimilabili al “calcare di base” e i banchi di gesso selenitico (elaborazione M. Sami).



Fig. 14 – Nei muri del rudere di Ca' Castellina sono presenti vari litotipi, tra i quali carbonati fossiliferi pre-evaporitici (qui in colore beige chiaro) confrontabili con quelli presenti a OSO di Co' di Sasso (foto M. Sami).



Fig. 15 – Nella pseudo-dolina a SSE di Ca' Castellina si possono rinvenire, erratici, blocchetti di carbonati pre-evaporitici talora riccamente fossiliferi (foto M. Sami).

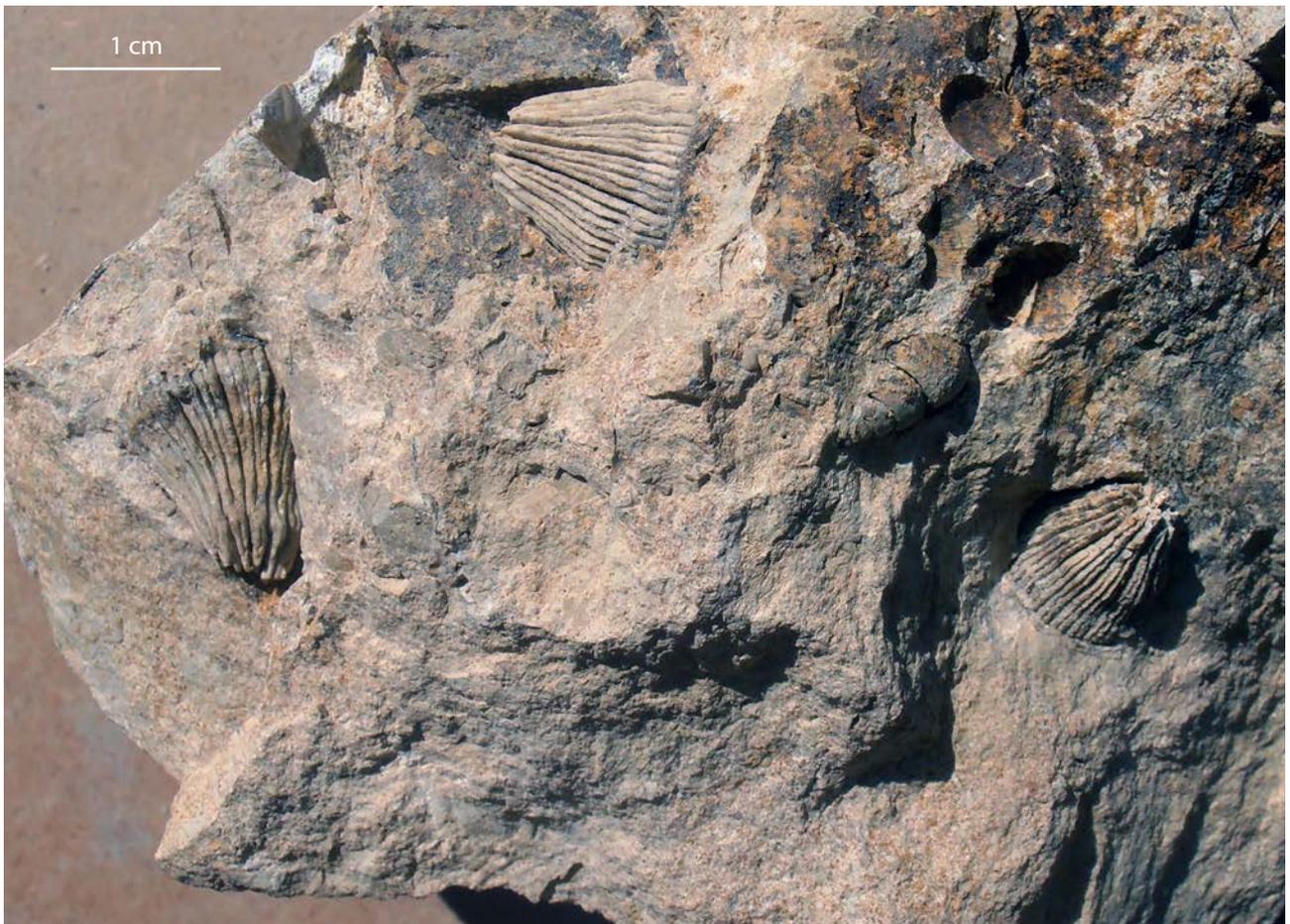


Fig. 16 – Modelli interni di esacoralli isolati della Fam. Caryophyllidae, a SSE di Ca' Castellina (foto M. Sami).



Fig. 17 – Impronte esterne di molluschi pelagici dal sito Co' di Sasso 4 tra cui pteropodi del genere *Cavolinia* (conchiglie più grandi e globose) e vari esemplari di *Atlantidae* (più piccole e planospiralate) (foto M. Sami).

Archivesica cf. *aharoni* (KIEL, TAVIANI 2017) ed i gasteropodi *Thalassonerita* cf. *megastoma*, un Buccinidae confrontabile con “*Chrysodomus*” *hoernesii*, “*Homalopoma*” *domeniconii*, “*Phasianema*” sp., ecc. (tavv. 1-2).

Questa associazione, per quanto oligotipica, può a sua volta dare luogo ad un paio di *biofacies* differenti sia per composizione che per struttura (TERZI, SAMI 2007; SAMI, TAVIANI 2015). Quella informalmente definita “a grandi lucinidi” è di gran lunga la più diffusa: si caratterizza per la particolare abbondanza del gigantesco lucinide *M. hoernea* (un tempo *Lucina hoernea*; tav. 1A) e per la mancanza di modiolini di grande taglia. L'altra *biofacies*, quella “a grandi modiolini”, risulta assai meno frequente e molto localizzata (nei Gessi di M. Mauro è esclusiva del solo sito di Ca' Cassano 1) e vede per l'appunto il netto predominio di un *Bathymodiolus* di grande taglia confrontabile con quelli dei *cold seep* attuali (tav. 1E), ma l'assenza della vistosa *M. hoernea*. In base alle conoscenze sulla biologia dei rappresentanti moderni di tali molluschi chemiosimbionti è assai probabile che anche le strategie nutrizionali delle forme mioceniche sfruttassero sostanze diverse (acido solfidrico i lucinidi e plausibilmente anche metano i *Bathymodiolus* s.l.), per cui è ipotizzabile che colonizzassero quelle aree del fondale dove le rispettive concentrazioni delle sostanze utili erano loro più favorevoli (TAVIANI 1994).

La seconda associazione proviene invece dai siti di Co' di Sasso 2, Co' di Sasso 3, Co' di Sasso 4b e Ca' Castellina, e risulta in gran parte confrontabile con le malacofaune epibattiali rinvenute solitamente nei depositi argilloso-marnosi delle “peliti eusiniche” pre-evaporitiche (come per es. nella ex-cava Monticino di Brisighella, SAMI 2007): ne fanno parte sia molluschi di fondali disaerobici come *Nassarius* ex gr. *semistriatus*, *Myrtea* sp., *Anodontia* sp., ma anche di “normali” ambienti di scarpata quali *Aporrhais* cf. *uttingeriana*, *Yoldia* sp., *Cuspidaria* sp., *Poromya* sp., *Propeamusium duodecimlamellatum*, esacoralli isolati caryofillidi, ecc. (tavv. 3-4). Come già riferito in precedenza, si presume che la cementazione in calcare degli originari depositi fini ospitanti tale insieme di organismi, analogamente ai “calcari a *Lucina*”, possa essere stata indotta dall'ossidazione batterica di vicine esalazioni di idrocarburi.

Prima di affrontare alcuni aspetti della paleoecologia, premettiamo che le nostre ricerche si

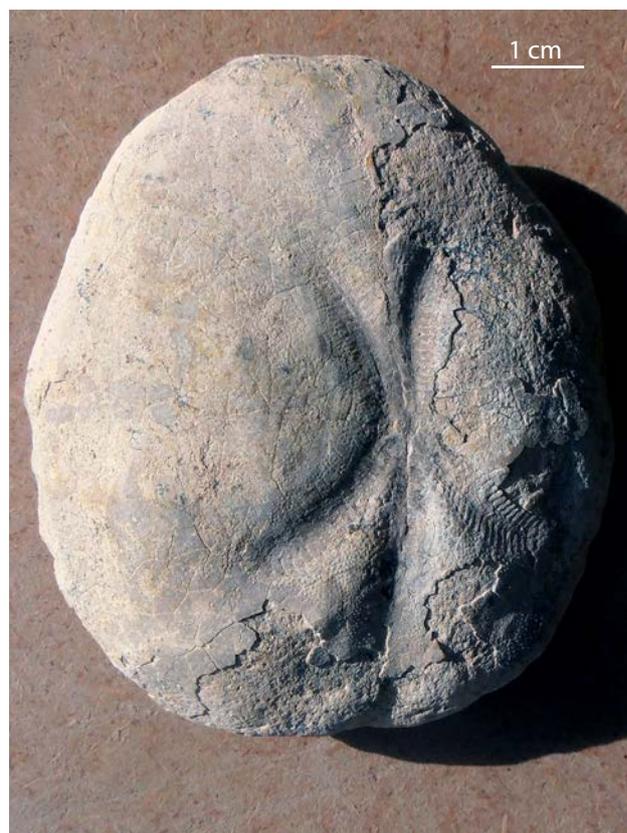


Fig. 18 – Echinoderma irregolare della Fam. Spatangidae, un tipico “riccio di mare” che viveva infossato nel fondale soffice dal sito Co' di Sasso 4 (foto M. Sami).

sono basate sull'esame della sola componente macrofossilifera e non si sono potute avvalere dell'analisi micropaleontologica.

Detto ciò, gli unici indizi di zooplankton (organismi acquatici galleggianti trasportati passivamente dalle correnti e dal moto ondoso) provengono esclusivamente dal sito Co' di Sasso 4 sotto forma di impronte esterne di minuti molluschi oloplanktonici quali pteropodi appartenenti al genere *Cavolinia* e rappresentanti della famiglia Atlantidae (fig. 17).

Ben più rappresentate, ovviamente, risultano le categorie dell'epifauna e dell'infrafauna. La prima, che comprende tutti quegli organismi animali viventi a stretto contatto con il substrato (spesso costituito da fondali duri), nel sito di Ca' Cassano 1 è per esempio rappresentata dai grandi modiolini, completi delle 2 valve e fittamente addossati, i quali caratterizzano il giacimento in maniera significativa (fig. 5). A Co' di Sasso 2, 3, 4 e a Ca' Castellina l'epifauna è generalmente dominata dai gasteropodi come *Nassarius* ex gr. *semistriatus* e in subordine *Aporrhais* cf. *uttingeriana* (tav. 4A, G) mentre

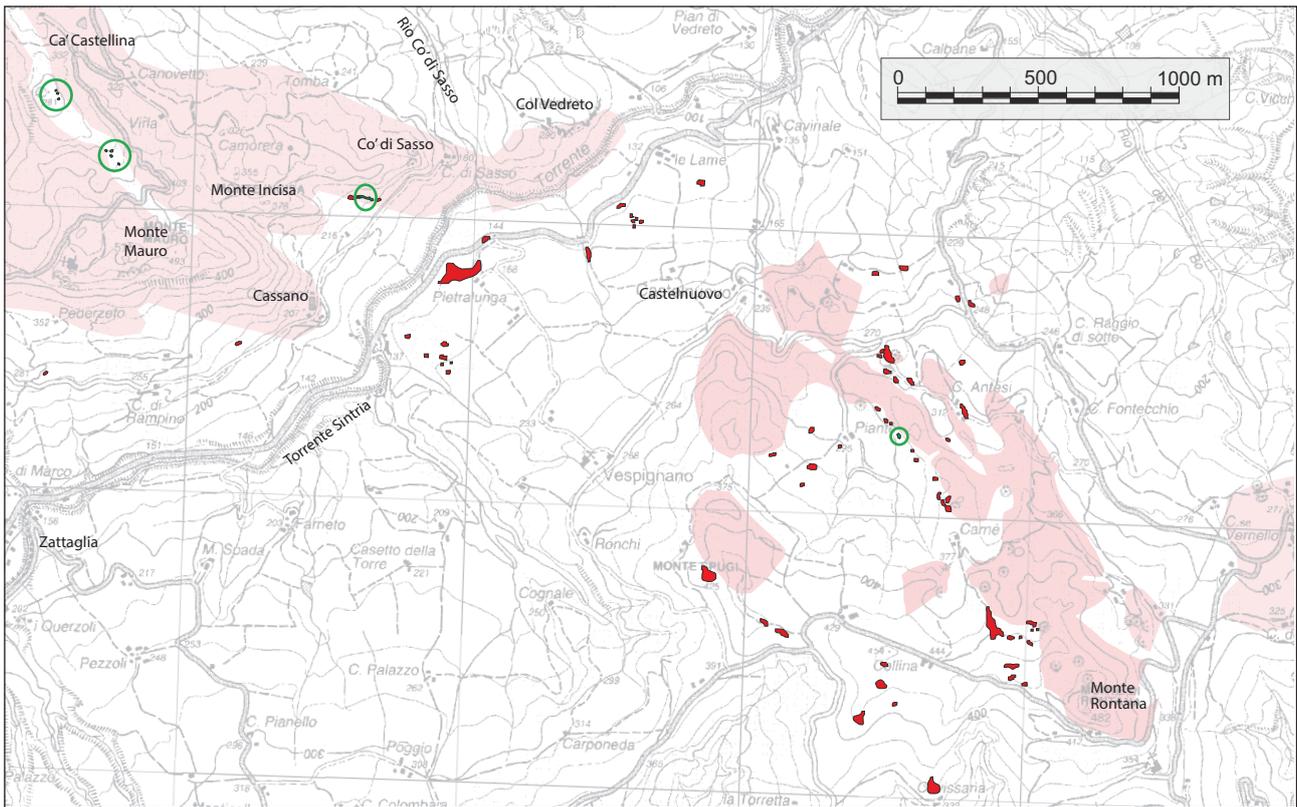


Fig. 19 – Carta riepilogativa con distribuzione degli affioramenti di “calcarei a *Lucina*” (in rosso) e dei carbonati pre-evaporitici fossiliferi (cerchiati in verde) nella Vena del Gesso orientale sia a est (Gessi di Rontana e Castelnuovo) che a ovest (Gessi di Monte Mauro) del Torrente Sintria (in rosa gli affioramenti gessosi) (rilevamento M. Sami; elaborazione grafica P. Lucci).

assai sporadici risultano i bivalvi tra i quali i piccoli pettinidi profondi *Propeamussium duodecimlamellatum* o *Delectopecten* sp. (tav. 3C, D); in aggiunta, sempre a Co' di Sasso 3 e a Ca' Castellina si segnalano alcuni esacoralli ahermatipici isolati della Fam. Caryophyllidae (fig. 16). Presso Co' di Sasso 3 sono stati raccolti, purtroppo erratici, anche alcuni campioni rocciosi che presentano le superfici di strato incrostate da vari serpulidi (cf. *Filograna*), i quali sembrerebbero attestare un momento in cui il fondale esposto si sarebbe indurito precocemente (*hardground*; tav. 4C); tale situazione trova conferme anche nella sporadica presenza di organismi tipici di substrati duri come il gasteropode *Diodora* sp. (tav. 4B), oppure il crostaceo decapode *Galathea* cf. *weinforteri* (tav. 5D).

Le comunità di animali che vivevano all'inter-

no del substrato, ovvero l'infauna, sono indubbiamente meglio rappresentate. Nei depositi metanogenici de “La Felce”, Ca' Cassano 1 e 2 e Co' di Sasso 1 e 6 prevalgono lucinidi specializzati di taglia media (*Lucinoma perusina* e *Lucinoma* sp.) o gigante (*Meganodontia hornernea*), che dovevano vivere profondamente infossati nel fondale soffice prima che questo venisse cementato dai processi chimici indotti dalla presenza dei *cold seep* (tav. 1A, B, C). Un'ecologia abbastanza simile doveva essere manifestata pure dai bivalvi vesicomidi del genere *Archivesica* i quali però, diversamente dai lucinidi, probabilmente si infossavano solo parzialmente nel substrato (tav. 2 A, C, D).

Nell'associazione conservata nei carbonati delle “peliti eusiniche” di Co' di Sasso 2, 3, 4 l'infauna è largamente dominata da piccoli

Tab. 1 (nella pagina a fianco) – Frequenza relativa delle specie fossili rinvenute nei “calcarei a *Lucina*” e nei carbonati pre-evaporitici (“calcare di base”) di M. Mauro. FF = molto frequente; F = frequente; R = poco comune; RR = molto raro (elaborazione M. Sami).

| | Agrit. La Felce | Ca' Cassano 1 | Ca' Cassano 2 | Co' di Sasso 1 | Co' di Sasso 2 | Co' di Sasso 3 | Co' di Sasso 4a | Co' di Sasso 4b | Co' di Sasso 6 | Ca' Castellina |
|---|-----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Malacofaune "specializzate" | | | | | | | | | | |
| <i>Bathymodiolus</i> sp. (taglia grande) | | FF | | | | | | | | |
| <i>Bathymodiolus</i> sp. (taglia media) | | | R | | | | | | | |
| Modiolinae (taglia piccola) | RR | | | RR | | RR | | | RR | |
| <i>Samiolus iohannesbaptistae</i> | | RR | RR | | | | | | | |
| <i>Meganodontia hoernea</i> | F | | F | R | | | | | FF | |
| <i>Lucinoma perusina</i> | F | F | R | F | | | | | FF | |
| <i>Lucinoma</i> n. sp.? | | | FF | | | | | | | |
| Myrteinae (taglia piccola) | RR | RR | | | FF | FF | ? | F | | FF |
| cf. <i>Myrtea</i> (taglia grande) | | | R | | | | | | | |
| <i>Anodontia</i> sp. | | | | | | R | | F | | R |
| <i>Archivesica</i> cf. <i>aharoni</i> | F | F | | | | | | | | |
| <i>Archivesica</i> sp. | | | R | | | | | | | |
| <i>Thalassonerita</i> cf. <i>megastoma</i> | | R | | | | | | | | |
| " <i>Homalopoma</i> " <i>domeniconii</i> | | RR | R | | | | ? | | | |
| " <i>Chrysodomus</i> " cf. <i>hoernesii</i> | | RR | R | | | | | | | |
| " <i>Phasianema</i> " <i>taurocrassum</i> | | RR | RR | | | | | | | |
| Malacofaune "normali" | | | | | | | | | | |
| <i>Yoldia</i> sp. | | | | | | | | R | | F |
| <i>Propeamussium duodecimlamellatum</i> | | | | | | | | R | | R |
| cf. <i>Delectopecten</i> | | | | | | | | | | RR |
| Tellinidae indet. | | | | | | | | | | R |
| <i>Poromya</i> sp. | | | | | | | | F | | F |
| <i>Cardiomya</i> sp. | | | | | | | | | | R |
| <i>Tropidomya</i> sp. | | | | | | | | | | R |
| <i>Cuspidaria</i> sp. | | | | | | | | R | | R |
| <i>Diodora</i> sp. | | | | | | R | | | | |
| " <i>Calliostoma</i> " sp. | | | | | | R | | | | |
| Serpulidae cf. <i>Filograna</i> | | | | | | R | | | | |
| <i>Aporrhais</i> cf. <i>uttingeriana</i> | | | | | | F | | R | | R |
| <i>Naticarius</i> sp. | | | | | | R | | RR | | RR |
| <i>Galeodea</i> sp. | | RR | | | | | | | | |
| <i>Nassarius</i> ex gr. <i>semistriatus</i> | | | | | F | FF | | F | | FF |
| <i>Nassarius</i> sp. | | | | | | RR | | | | RR |
| Turridae indet. | | | | | | RR | | | | |
| Pteropoda | | | | | | | RR | | | |
| Esacorallia indet. | | | | | | R | | | | R |
| Crustacea | | | | | | F | | FF | | R |
| Spatangidae indet. | | | | | | | | RR | | RR |
| <i>Teredolites</i> | F | | | | | R | | | | |
| burrows | | | FF | | | | | | R | |
| resti vegetali | F | | R | | | RR | | | | |

bivalvi lucinidi (Myrteinae e *Anodontia* sp.) che attestano un fondale con condizioni riducenti o disaerobiche (cioè con concentrazione di O₂ più bassa del normale, quindi letale per organismi non specializzati) e con alti tenori di acido solfidrico (tav. 3A, B). Nel sito di Ca' Castellina, benché con caratteristiche correlabili, i piccoli lucinidi sono meno abbondanti a scapito di un'associazione epibatiale "normale" costituita da piccoli bivalvi prevalentemente detritivori e carnivori appartenenti ai generi *Yoldia*, *Poromya*, *Cuspidaria*, *Cardiomya*, *Tropidomya*, *Abra*, ecc. (tav. 3E, F, G, H); associazioni simili sono note nel pre-evaporitico di altre località mediterranee (MANZI *et alii* 2014). Poco frequenti sono gli echinidi irregolari della Fam. Spatangidae (fig. 18) e i crostacei decapodi della Fam. Callianassidae, generi *Callianassa* e *Calliax* (tav. 5C, G; PASINI *et alii* 2018). Si evidenzia come la presenza di questi ultimi, dalle tipiche abitudini fossorie, sia stata segnalata negli odierni fondali profondi e disaerobici di varie parti del mondo e, in particolare, anche presso alcuni *pockmark* o *mud volcano* (crateri sottomarini dovuti a risalita o eruzione di geofluidi) sia del Mediterraneo che dell'Atlantico orientale (TAVIANI *et alii* 2013; HYŽNÝ, GAŠPARIČ 2014).

I crostacei decapodi

I carbonati pre-evaporitici ("calcare di base") dei siti di Ca' Castellina e Co' di Sasso 3, ma soprattutto un livello marnoso al tetto di Co' di Sasso 4b, hanno restituito anche un certo numero di crostacei decapodi fossili (tav. 5). I resti, tutti di piccole dimensioni, sono generalmente incompleti e rappresentati in prevalenza da carapaci disarticolati, il ché sta a testimoniare un certo grado di rimaneggiamento del livello fossilifero. Come accennato sopra vi prevalgono le forme adattate ai fondali soffici fangoso/sabbiosi e con abitudini fossorie quali i "gamberetti" callianassidi di ambiente sia litorale (*Callianassa* cf. *subterranea*) che batiale (*Calliax* sp.; TAVIANI *et alii* 2013) ed i "granchi" come *Goneplax* cf. *gulderi* (tale genere è attualmente diffuso dagli ambienti costieri fino ad acque profonde), *Medorippe ampla* (la vivente *M. lanata* abita i fondali dell'infralitorale tra -2 e -75 m) o *Monodaeus bortolottii*. Quest'ultima specie, di gran lunga la più diffusa, sembrerebbe legata ad ambienti batiali

ed era finora conosciuta soltanto a partire dal Pliocene: la sua presenza nei carbonati pre-evaporitici di M. Mauro ne costituisce perciò l'attestazione più antica per l'Italia, permettendo di anticiparne la comparsa quasi un milione di anni prima di quanto segnalato in precedenza (A. GARASSINO, com. pers.; PASINI *et alii* c.s.). Per il Leucosidae *Palaeomyra bispinosa* mancano dati certi (sembrerebbe legato ad ambienti litorali), mentre il Galatheidae *Galathea* cf. *weinforderi* potrebbe indicare la presenza di fondali rocciosi, poiché le forme simili attuali prosperano su substrati duri da pochi metri fino a 750 m di profondità (G. PASINI, com. pers.).

Bibliografia

- P. AHARON, B.K. SENGUPTA 1994, *Bathymetric reconstructions of the Miocene-age "calcari a Lucina" (northern Apennines, Italy) from oxygen isotopes and benthic Foraminifera*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 219-230.
- P. CLARI, C. GAGLIARDI, M.E. GOVERNA 1988, *I Calcari di Marmorito: una testimonianza di processi diagenetici in presenza di metano*, "Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino" 6, 1, pp. 197-216.
- G.L. GARDINI 1990-1991, *Rilevamento geologico dei dintorni di Monte Mauro (Vena del Gesso - Romagna occidentale)*, Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Scienze Geologiche, anno accademico 1990-1991, tesi di laurea inedita.
- M. HYŽNÝ, R. GAŠPARIČ 2014, *Ghost shrimp Calliax de Saint Laurent, 1973 (Decapoda: Axiidea: Callianassidae) in the fossil record: systematics, palaeoecology and palaeobiogeography*, "Zootaxa" 3821, pp. 37-57.
- S. KIEL, M. TAVIANI 2017, *Chemosymbiotic bivalves from Miocene methane-seep carbonates in Italy*, "Journal of Paleontology" 91, 3, pp. 1-23.
- S. KIEL, M. SAMI, M. TAVIANI c.s., *A serpulid-Anodontia-dominated methane-seep deposit from the upper Miocene of northern Italy*, "Acta Palaeontologica Polonica".
- V. MANZI, S. LUGLI, M. ROVERI, F. DELA PIERRE, R. GENNARI, F. LOZAR, M. NATALICCHIO, B.C. SCHREIBER, M. TAVIANI, E. TURCO 2014, *The*

- Messinian salinity crisis in Cyprus: a further step toward a new stratigraphic framework for eastern Mediterranean*, "Basin Research" 28, 2, pp. 207-236.
- S. MARABINI, G.B. VAI 1985, *Analisi di facies e macrotettonica della Vena del Gesso in Romagna*, "Bollettino Società Geologica Italiana" 104, pp. 21-42.
- M. PACCIARELLI, G.B. VAI (a cura di) 1995, *La collezione Scarabelli. 1. Geologia*, Fusignano.
- G. PASINI, A. GARASSINO, M. SAMI c.s., *Decapod assemblage from the late Miocene (early-middle Messinian) of the Romagna Apennines nearby Brisighella, Emilia-Romagna (N. Italy)*, "Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano" 5, 2.
- J. PECKMANN, V. THIEL, J. REITNER, M. TAVIANI, P. AHARON, W. MICHAELIS 2004, *A microbial mat of a large sulfur bacterium preserved in a Miocene methane-seep limestone*, "Geomicrobiology Journal" 21, pp. 247-255.
- F. RICCI LUCCHI, G.B. VAI 1994, *A stratigraphic and tectonofacies framework of the "calcarei a Lucina" in the Apennine chain, Italy*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 210-218.
- M. ROVERI, V. MANZI, F. RICCI LUCCHI, S. ROGLEDI 2003, *Sedimentary and tectonic evolution of the Vena del Gesso basin (Northern Apennines, Italy): implications for the onset of the Messinian salinity crisis*, "Geological Society of America Bulletin" 115, pp. 387-405.
- M. SAMI 2007, *I fossili ce ne raccontano il passato*, in M. SAMI (a cura di), *Il Parco Museo Geologico Cava Monticino, Brisighella: una guida e una storia*, Faenza, pp. 70-124.
- M. SAMI, M. TAVIANI 2015, *I calcari a Lucina e i Gessi di Rontana*, in P. LUCCI, S. PIASTRA (a cura di), *I Gessi di Brisighella e Rontana*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XXVIII), Faenza, pp. 39-56.
- M. TAVIANI 1994, *The "calcarei a Lucina" macrofauna reconsidered; deep-sea faunal oases from Miocene-age cold vents in the Romagna Apennines, Italy*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 185-191.
- M. TAVIANI 2001, *Fluid venting and associated processes*, in G.B. VAI, I.P. MARTINI (Eds.), *Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins*, s.l., pp. 351-366.
- M. TAVIANI 2011, *The deep-sea chemoautotrophic microbial world as experienced by the Mediterranean metazoans through time*, in *Advances in Stromatolite Geobiology, Lecture Notes in Earth Sciences*, Berlino/Heidelberg, pp. 277-295.
- M. TAVIANI 2014, *Marine Chemosynthesis in the Mediterranean Sea*, in S. GOFFREDO, Z. DUBINSKY (Eds.), *The Mediterranean Sea: Its History and present challenges*, Dordrecht, pp. 69-83.
- M. TAVIANI, L. ANGELETTI, A. CEREGATO, F. FOGGINI, C. FROGLIA, F. TRINCARDI 2013, *The Gela Basin pockmark field in the Strait of Sicily (Mediterranean Sea): chemosymbiotic faunal and carbonate signatures of postglacial to modern cold seepage*, "Biogeosciences" 10, pp. 4653-4671.
- C. TERZI 1992, *Applicazione della geochimica degli isotopi stabili (ossigeno e carbonio): i calcari a Lucina dell'Appennino romagnolo*, Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Scienze Geologiche, Tesi di Dottorato inedita.
- C. TERZI, M. SAMI 2007, *Antiche "oasi di mare profondo": l'ex cava di Pietralunga e i calcari a Lucina del Brisighellese*, in E. CONTARINI, M. SAMI (a cura di), *Da un mare di pietra, le pietre per il mare: l'ex cava di Pietralunga*, Faenza, pp. 8-32.
- G.B. VAI 1989, *A field trip guide to the Romagna Apennine geology. The Lamone valley*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 28, 2-3, pp. 343-367.
- G.B. VAI, S. MARABINI 2013, *Monte Tondo e Scarabelli*, in M. ERCOLANI, P. LUCCI, S. PIASTRA, B. SANSAVINI (a cura di), *I Gessi e la cava di Monte Tondo. Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso romagnola*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XXVI), Faenza, pp. 363-374.
- G.B. VAI, M. TAVIANI, S. CONTI, P. AHARON 1997, *Cold-vent. Hydrocarbon seepage and chemosynthesis in tethyan relic basins: products, processes and causes*, in *International field workshop to be held in Bologna and nearby Apennines*, (June 23rd-26th, 1997), *Abstracts with program*, Bologna, p. 30.

Indice delle tavole

Tav. 1 – “Calcarei a *Lucina*” di M. Mauro, fossili di molluschi “specializzati” di ambienti legati ad esalazioni gassose fredde (foto M. Sami):

- A - *Meganodontia hoernea* (modello interno), Agriturismo “La Felce”.
- B - *Lucinoma perusina*, Ca’ Cassano 2.
- C - *Lucinoma* sp. (probabile nuova specie), Ca’ Cassano 2.
- D - *Myrtea* sp., Ca’ Cassano 2.
- E - *Bathymodiolus* sp. (modello interno), Ca’ Cassano 1.
- F - *Bathymodiolus* sp. (modello interno deformato diageneticamente), Ca’ Cassano 1.
- G - *Bathymodiolus* sp. (esemplari completi su matrice), Ca’ Cassano 2.
- H - *Bathymodiolus* sp., Ca’ Cassano 2.

Tav. 2 – “Calcarei a *Lucina*” di M. Mauro, fossili di molluschi “specializzati” di ambienti legati ad esalazioni gassose fredde (foto M. Sami):

- A - *Archivesica* cf. *aharoni* (modello interno), Ca’ Cassano 1.
- B - *Samiolus iohannesbaptistae* (impronta esterna), Ca’ Cassano 1.
- C - *Archivesica* sp. (modello interno), Ca’ Cassano 2.
- D - *Archivesica* sp. (modello interno, particolare dell’area ligamentale), Ca’ Cassano 2.
- E - Neritidae cf. *Thalassonerita megastoma* (modello interno), Ca’ Cassano 1.
- F - Buccinidae cf. “*Chrysodomus*” *hoernesii*, Ca’ Cassano 2.
- G - *Lucinoma* sp. (con cavità interna interamente calcitizzata), Ca’ Cassano 2.
- H - “*Homalopoma*” *domeniconii* (modello interno), Ca’ Cassano 2.

Tav. 3 – Carbonati pre-evaporitici nelle “peliti eusiniche” di M. Mauro, fossili di molluschi di ambienti relativamente profondi (epibatiali) scarsamente ossigenati (foto M. Sami):

- A - Myrteinae (impronta esterna), Co’ di Sasso 3.
- B - *Anodontia* sp. (modello interno incrostato da ossidi di manganese), Co’ di Sasso 3.
- C - *Pseudamussium duodecimlamellatum* (modello interno), Co’ di Sasso 4b.
- D - *Delectopecten* sp. (modello interno), Ca’ Castellina.
- E - *Tropidomya* sp. (modello interno), Ca’ Castellina.
- F - *Yoldia* sp. (modello interno), Ca’ Castellina.
- G - *Poromya* sp. (modello interno), Co’ di Sasso 4b.
- H - *Cuspidaria* sp. (modello interno), Ca’ Castellina.

Tav. 4 – Carbonati pre-evaporitici nelle “peliti eusiniche” di M. Mauro, fossili di molluschi di ambienti relativamente profondi (epibatiali) scarsamente ossigenati (foto M. Sami):

- A - *Nassarius* ex gr. *semistriatus* (impronta esterna), Ca’ Castellina.
- B - *Diodora* sp. (impronta esterna), Co’ di Sasso 3.
- C - *Hardground* incrostato da serpulidi cf. *Filograna*, Co’ di Sasso 3.
- D - *Naticarius* sp. (modello interno), Co’ di Sasso 3.
- E - *Nassarius* sp. (impronta esterna), Ca’ Castellina.
- F - “*Calliostoma*” sp. (impronta esterna), Co’ di Sasso 3.
- G - *Aporrhais* cf. *uttingeriana* (modello interno), Co’ di Sasso 3.

Tav. 5 – Carbonati pre-evaporitici nelle “peliti eusiniche” di M. Mauro; resti fossili di crostacei decapodi (foto M. Sami):

- A - carapace del “granchio” *Paleomyra bispinosa*, Co’ di Sasso 4b.
- B - carapace del “granchio” *Monodaeus bortolottii*, Ca’ Castellina.
- C - chela del “gamberetto” fossatore cf. *Calliax*, Co’ di Sasso 4b.
- D - carapace del “gamberetto” *Galathea* cf. *weinfurteri*, Co’ di Sasso 3.
- E - carapace del “granchio” *Goneplax* cf. *gulderi*, Ca’ Castellina.
- F - carapace del “granchio” *Medorippe ampla*, Co’ di Sasso 4b.
- G - chela del “gamberetto” fossatore *Callianassa* cf. *subterranea*, Co’ di Sasso 4b.
- H - carapaci dei “granchi” *M. bortolottii* e *G. cf. gulderi*, Co’ di Sasso 4b.

Tavola 1



Tavola 2

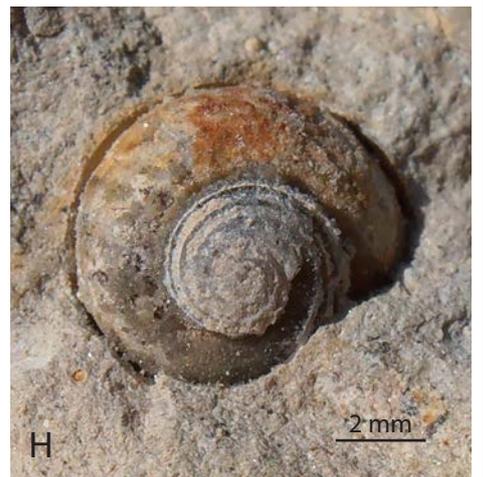
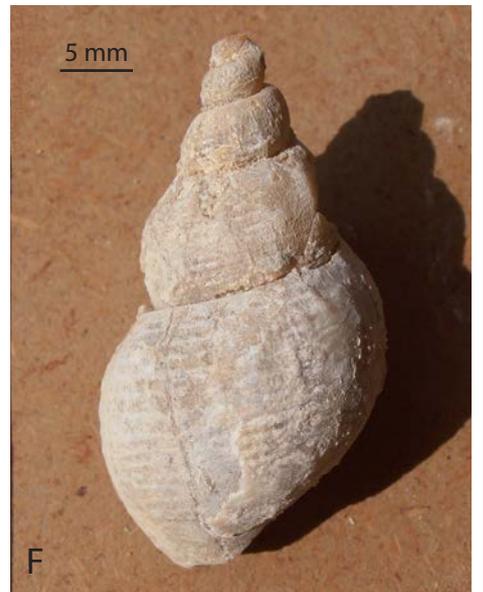
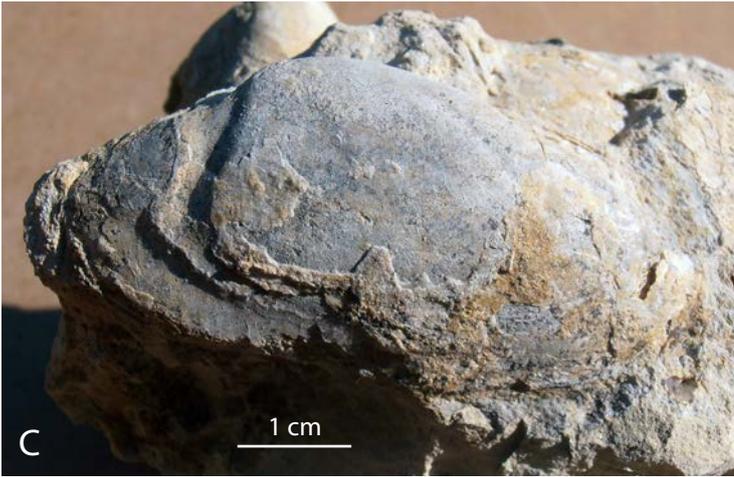


Tavola 3

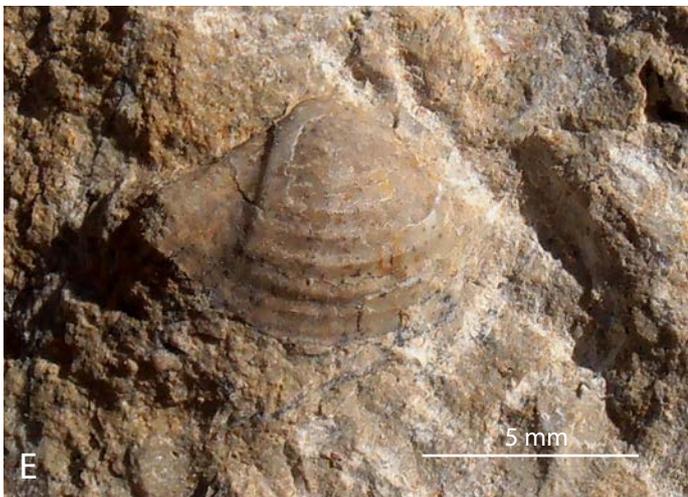
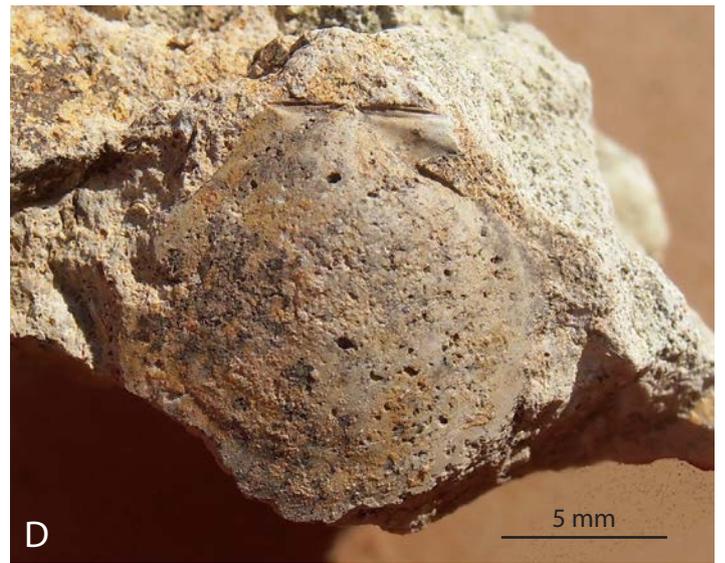
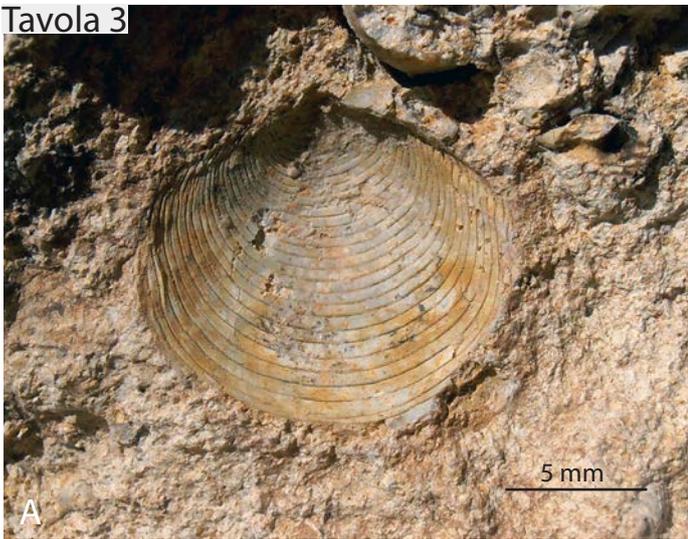


Tavola 4

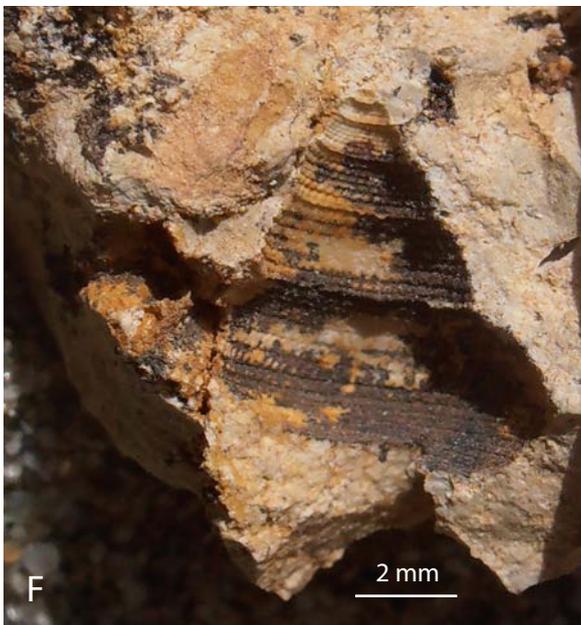
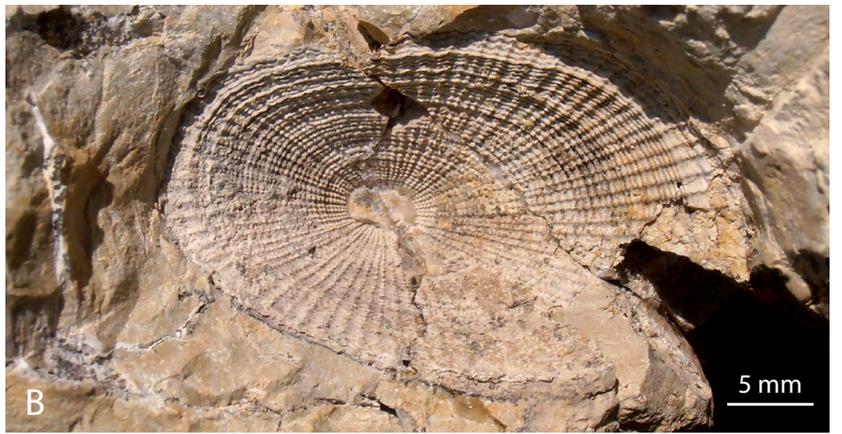
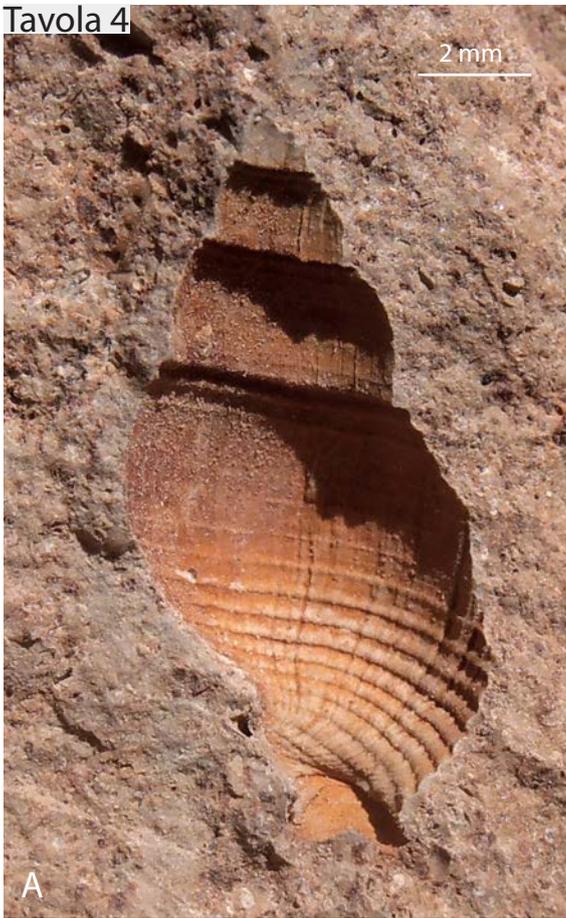


Tavola 5

