I GESSI DI BRISIGHELLA E RONTANA
Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia
s. II, 28, 2015, pp. 39-56

I CALCARI A *LUCINA* E I GESSI DI RONTANA

Marco Sami[1], Marco Taviani[2]

Riassunto
Il settore della Vena del Gesso compreso tra Monte Rontana e il Torrente Sintria è particolarmente ricco di affioramenti di calcari a *Lucina* del Miocene superiore (Tortoniano superiore – Messiniano inferiore?). Queste rocce, spesso fossilifere e diffuse in vari punti dell'Appennino, sono la testimonianza di antiche oasi di mare profondo sviluppatesi presso fuoriuscite fredde di gas metano o acido solfidrico e basate sullo sfruttamento di batteri chemiosintetici capaci di sintetizzare materia organica dalle esalazioni gassose. I molluschi fossili presenti sono *taxa* adattatisi a vivere in questi singolarissimi habitat, in particolare bivalvi. È possibile riconoscere due *biofacies* principali: una assai diffusa caratterizzata da "grandi lucinidi", e l'altra, molto meno comune e assai localizzata, è invece dominata da "grandi modiolini", anche se esistono in realtà varie situazioni intermedie. Questi bivalvi sono detti chemiosimbionti poiché la loro strategia alimentare si basa sulla simbiosi con le comunità microbiche chemiosintetiche. In particolare, tutti i lucinidi sono dotati di batteri endosimbionti solfo-ossidanti albergati nei loro tessuti, mentre è possibile che i modiolini siano stati associati anche a batteri metano-ossidanti, in analogia di quanto talvolta osservato attualmente nelle zone di emissioni fredde di idrocarburi. La frammentarietà degli affioramenti è determinata dal complesso assetto strutturale della Vena del Gesso.
Parole chiave: Calcari a *Lucina*, fossili, molluschi, bivalvi, emanazioni gassose fredde, idrocarburi, chemiosintesi, Formazione Marnoso-arenacea, Miocene superiore, Italia.

Abstract
The sector of the Messinian Gypsum outcrop of Vena del Gesso romagnola (Romagna Apennines, Northern Italy) laying between Mt. Rontana and Sintria Creek hosts a number of outcrops of the so-called 'calcari a Lucina*' (*Lucina *limestones), datable to the upper Miocene (upper Tortonian-lower? Messinian). These peculiar rocks are widely distributed along the Apennine chain, and are at places highly fossiliferous. All such 'calcari* a Lucina*' represent the geological legacy of ancient deep-sea oases marked by the chemosynthetic exploitation of hydrocarbon - and H_2S - enriched fluids by peculiar microbial consortia. The common macrofossils found associated with these limestones are by large molluscs, especially bivalves that could attain considerable dimensions. Two main* facies *can*

[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

be recognized: the first and most widespread is dominated by 'large lucinids', i.e. infaunal molluscs whose nutritional strategy is based upon their intimate association with endosymbiotic sulphobacteria; the second, more localized, is dominated by epifaunal modiolini mussels that might have been associated with bacteria capable to oxidize the methane in the fluids. The rather punctiform occurrences of 'calcari a Lucina*' in this sector of the Apennines is by large a function of the complex structural situation of the Vena del Gesso.*
Keywords: Lucina *Limestones, Fossils, Molluscs, Bivalves, Chemosynthesis, Marnoso-arenacea Fm, Upper Miocene, Apennine Chain, Italy.*

Introduzione

L'escursionista che percorresse i sentieri circostanti il Centro Visita di Ca' Carnè o il margine della dolina dell'Abisso Mornig così come lo speleologo che esplorasse l'ampia condotta carsica ben all'interno dell'Abisso Garibaldi (fig. 1) potrebbero entrambi imbattersi in particolari rocce meglio note come "calcari a *Lucina*" (da qui in poi abbreviati per comodità in CAL), denominazione derivante dai vistosi gusci fossili di grandi molluschi bivalvi attribuibili in senso lato al genere *Lucina* che talora vi si rinvengono. Poiché si tratta di depositi di origine marina profonda del Tortoniano superiore originatisi almeno 8 milioni di anni fa, al profano può sembrare alquanto insolita l'apparente associazione con le evaporiti gessose del Messiniano medio, di acque ben più superficiali e più recenti di almeno un paio di milioni di anni. In effetti, benché i CAL risultino disseminati in affioramenti sempre assai localizzati ma comunque diffusamente distribuiti in diverse località dell'Appennino romagnolo, il settore della Vena del Gesso compreso tra il Monte Rontana e il Torrente Sintria rappresenta di fatto uno dei pochissimi luoghi dell'intero Appennino ove la complessità dell'assetto geologico-strutturale ha riunito a stretto contatto rocce così differenti per origine ed età.

Fig. 1 – Abisso Garibaldi: dettaglio di un blocco di calcari a *Lucina* con numerosi esemplari, completi delle due valve, di *Phacoides perusinus* (foto Gruppo Speleologico Faentino).

Storia delle ricerche e degli studi

La prima citazione scritta per queste particolari rocce fossilifere del Brisighellese si trova nell'introduzione alla *Storia di Brisighella e della Valle di Amone* dello storico locale A. Metelli (1869-1872) che riferisce di aver osservato nei dintorni di Monte Rontana «(...) massi distaccati, tutti di color grigio (...) non altrimenti che se vi fossero stati portati per opera di giganti (...) che serbano conchiglie impetrate dentro, in altri vi sono talmente ammucchiate e costrette, che pajono piuttosto congerie di crostacei marini rimasti in secco pel ritirarsi delle acque, che massi di pietra calcare (...)» (Piastra 2006).
Sempre per il Brisighellese, la prima inda-

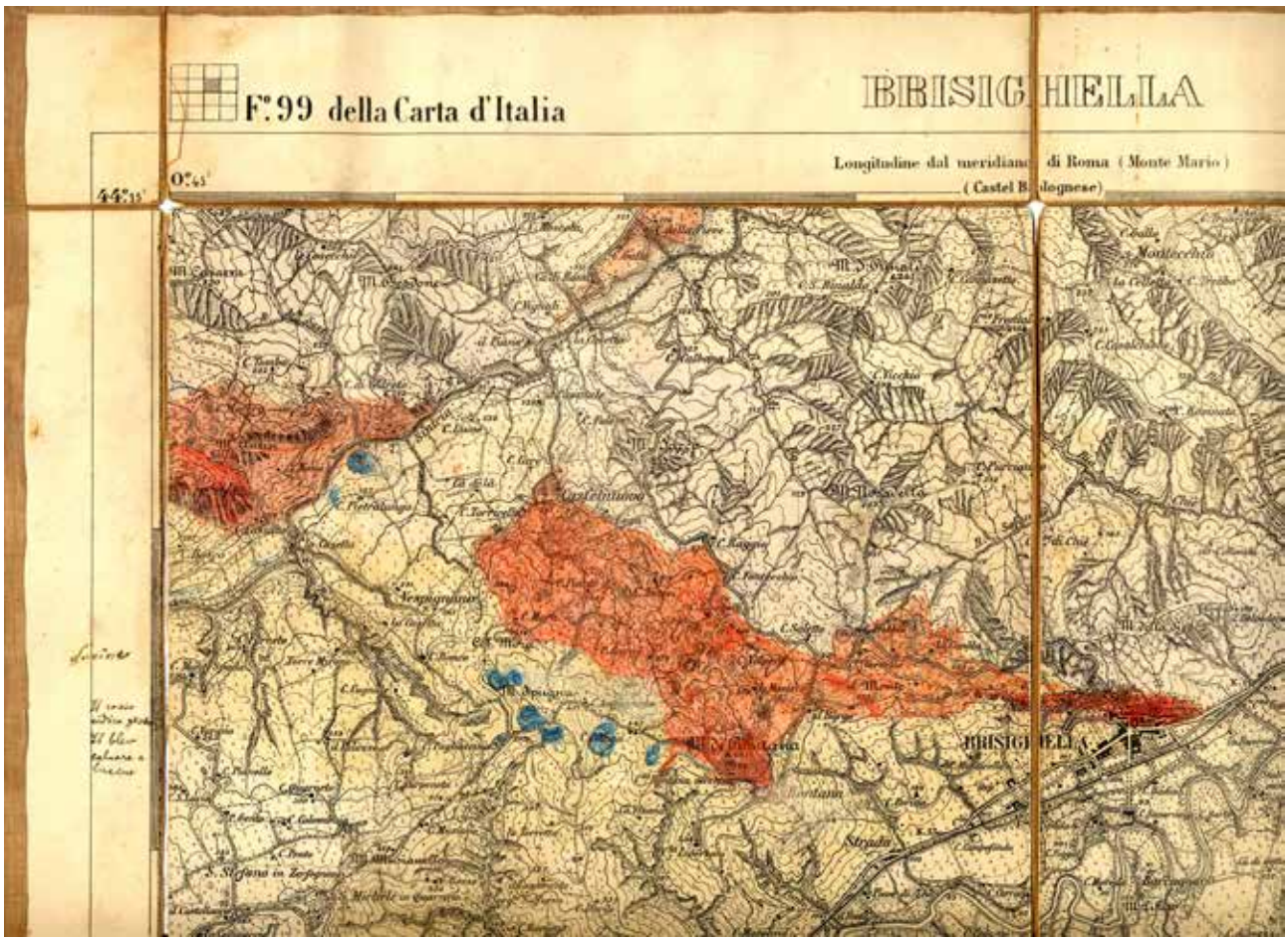

Fig. 2 – I calcari a *Lucina* (in colore blu) nei Gessi di Rontana rilevati, sulla tavoletta IGM di primo impianto, nell'ultimo decennio dell'Ottocento dal grande geologo imolese Giuseppe Scarabelli (proprietà sig. Lia Toldo; deposito temporaneo presso il Museo Geologico "G. Capellini", Alma Mater Studiorum Università di Bologna).

gine scientifica sui CAL segue di pochi anni e si deve al geologo e paleontologo lughese A. Manzoni che nel suo *Della posizione del calcare a* Lucina pomum (1876) li segnala alla base dei gessi affioranti presso Brisighella a Monte Rontana ed oltre, soffermandosi in particolare sull'affioramento di «Monte Spugna» (=M. Spugi) nei pressi del podere "Agugnano" (=Angognano) dove rileva alcune «(…) creste di calcare compatto, bianchiccio, contenente innumerevoli nuclei di *Lucina pomum* (...)» (per ironia della sorte - e inspiegabile svista dei geologi rilevatori della Regione - nella recentissima Cartografia Geologica della Regione Emilia-Romagna a scala 1:10000 tale affioramento, tuttora esistente e di grande interesse scientifico nonché storico, è cartografato come se fosse gesso!). Successivamente se ne occupano diversi autori tra i quali ricordiamo soprattutto l'imolese Giuseppe Scarabelli, che allarga la ricerca al resto della Romagna (Scarabelli 1880) e che per primo li rileva in un abbozzo di carta geologica, rimasto inedito e risalente all'ultimo decennio dell'Ottocento, basato sulla Tavoletta I.G.M. "Brisighella" in scala 1:25.000 (Marabini 1999) (fig. 2).

Per uno studio approfondito e moderno in grado di fornire un primo inquadramento geologico e interpretativo di tutti gli affioramenti romagnoli noti si deve però fare riferimento all'importante lavoro di F. Ricci Lucchi e A. Veggiani (1966). I CAL vengono qui descritti come blocchi e lenti discontinue e disarticolate comprese in orizzonti di franamento sottomarino (*slump* intraformazionali) rinvenibili a vari livelli stratigrafici: a differenza di quanto sostenuto da molti geologi del passato (tra i quali il Manzoni) si ritiene perciò che non abbiano nessun valore per determinare l'età e la profondità delle formazioni che li inglobano. L'ingente presenza di carbonati e di grossi

Fig. 3 – "Isolotti" boscati di calcari a *Lucina*, inadatti alle colture, si intercalano al paesaggio dei coltivi lungo la dorsale tra Ca' Collina e Monte Spugi (foto M. Sami).

molluschi fossili, solitamente associati ad ambienti di mare basso, porta inoltre gli autori ad ipotizzarne una genesi legata a depositi carbonatici di ambiente costiero successivamente risedimentati per gravità nelle parti più profonde del bacino.

All'inizio degli anni Ottanta del '900 un'importante scoperta scientifica apparentemente slegata da tale contesto e verificatasi a migliaia di km dall'Italia, è destinata a rivoluzionare il modo in cui sono interpretati i CAL appenninici. Un programma di esplorazioni oceanografiche attuato con sottomarini da ricerca sui fondali del Golfo del Messico permette infatti di individuare, a migliaia di metri di profondità, la presenza di emissioni gassose fredde (*cold seep*) di metano (CH_4) o idrogeno solforato (H_2S) attorno alle quali si sviluppano crostoni carbonatici e ricche "oasi" di invertebrati specializzati (Anderson *et alii* 1983; Paull *et alii* 1984). Le comunità biologiche insediate presso tali esalazioni sottomarine fondano la loro piramide alimentare sulla chemiosintesi attuata da particolari batteri metano-ossidanti oppure solfo-ossidanti, che si ritrovano in dense colonie a vita libera nei pressi delle venute gassose ma anche in simbiosi con vari organismi specializzati quali bivalvi e vermi vestimentiferi. Al contrario della quasi totalità delle comunità biologiche, basate sulla luce solare per la fotosintesi, qui l'energia per costruire la materia organica è perciò ricavata da reazioni chimiche. Tali batteri svolgono di fatto un ruolo di produttori primari svincolati dalla fotosintesi per cui "oasi di mare profondo" di questo tipo, indipendenti dalla luce solare, vengono individuate addirittura fino a -6000 metri all'interno della fossa del Giappone.

Questa eccezionale scoperta stimola i ricercatori di tutto il mondo ad individuare i possibili equivalenti fossili di tali ecosistemi profondi e, sulla scorta di studi pionieristici condotti da ricercatori stranieri su sedimenti analoghi ai CAL appenninici, alcuni geologi dell'Università di Torino (Clari *et alii* 1988) propongono la corrispondenza tra i CAL del Monferrato (AT) e i *cold seep* degli attuali fondali oceanici. L'innovativa interpretazione viene in bre-

ve recepita anche per i CAL del Brisighellese e grazie ai contributi di vari autori tra i quali C. Terzi (1992; 1993), Terzi *et alii* (1994), F. Ricci Lucchi e G.B. Vai (1994), M. Taviani (1994; 1996; 2001) tali affioramenti diventano un importante punto di riferimento per quanti si occupano di questo tema di ricerca. Rappresentano infatti una preziosa testimonianza di quei processi chemiosintetici nelle acque profonde del Mediterraneo che si protraggono fino ai giorni nostri (Taviani 2011; 2014).
Concludiamo rilevando che, come già stigmatizzato a suo tempo in Marabini (1999), purtroppo i numerosi e ricchi affioramenti del Brisighellese non sono stati riportati né nella prima edizione della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 (Foglio Faenza) del 1937 né nella seconda edizione del 1971 a causa, molto probabilmente, della piccola scala inadatta ad evidenziare affioramenti di modesta entità. È invece meno ammissibile che nella recentissima Cartografia Geologica della Regione Emilia-Romagna a scala 1:10.000 (consultabile anche *on line*), tutti gli affioramenti di cui sopra siano stati sistematicamente e negligentemente ignorati con un'unica eccezione per quelli posti a sud ovest di Ca' Collina.

Gli affioramenti

Nei Gessi di Rontana i CAL affiorano sporadicamente sotto forma di "scogli" o blocchi calcarei che, per l'ovvia inadeguatezza alle pratiche agricole, sono spesso relegati nelle aree forestate marginali o caratterizzano il paesaggio agrario con veri e propri "isolotti" boscosi come, per esempio quelli lungo la dorsale tra Ca' Collina e Monte Spugi (fig. 3). Gli affioramenti in oggetto possono avere dimensioni quanto mai variabili: da meno di 1 a pochi m^3 per i massi erratici, accumulati al bordo dei campi coltivati per facilitarne la lavorazione come per esempio a sud ovest di Ca' Piantè o attorno a Ca' Lame, fino alle migliaia di m^3 degli affioramenti maggiori in giacitura primaria quali quelli di Pietralunga, semidistrutto dall'attività di una cava (vedi *infra*), Monte Spugi oppure a sud sud est di Ca' Carnè. La roccia che li costituisce, a composizione carbonatica e apparentemente omogenea, può in realtà passare da calcare micritico quasi puro a calcare con componente detritica più o meno abbondante fino a breccia con intraclasti carbonatici cementati da vene calcitiche o aragonitiche. Anche il colore, alla frattura fresca da grigio bluastro a grigio chiaro, per le superfici esposte agli agenti atmosferici tende a virare al bianco grigiastro o al grigio giallognolo a causa dell'ossidazione progressiva dei solfuri di ferro (pirite) presenti: sempre alla presenza di pirite si devono anche il particolare odore sulfureo e le scintille che spesso si sprigionano con la percussione della roccia.
La presenza di macrofossili è molto utile per poter discriminare già sul campo eventuali rocce calcaree di aspetto simile ma di differente genesi ed appartenenza geologica quali i cicli carbonatici delle peliti pre-evaporitiche, alcuni calcari della Formazione Gessoso-solfifera oppure le calcareniti della F.ne a Colombacci. Talvolta i gusci fossili dei molluschi risultano in rilievo rispetto alla roccia incassante a causa della loro relativa resistenza nei confronti della dissoluzione selettiva operata dalle acque dilavanti e dagli acidi umici del terreno. Purtroppo però la componente paleontologica non è affatto una costante, risultando quanto mai variabile ed irregolare: accanto a CAL caratterizzati da elevatissime concentrazioni di molluschi fossili possono esservi affioramenti che ne sono del tutto privi (come per esempio quelli a sud ovest di Pietralunga) per la cui determinazione sono perciò richieste tecniche più sofisticate come l'analisi dei rapporti (frazionamento) degli isotopi stabili del carbonio (Terzi 1992; Terzi *et alii* 1994).

Inquadramento geologico e strutturale

Tutti gli affioramenti di CAL dell'Appennino Romagnolo fanno parte della Formazione Marnoso-arenacea, la potente unità ge-

ologica che costituisce il substrato roccioso di gran parte di tale settore di catena. Originatasi tra il Miocene medio e superiore (dal Langhiano al Tortoniano), all'incirca tra 16 e 8 Ma (= milioni di anni), è costituita da una pila spessa fino a 3 km di torbiditi, strati arenacei e marnosi prodotti in seguito alla sovrapposizione di migliaia di particolari smottamenti sottomarini di detrito misto ad acqua detti correnti di torbida. Queste ultime si depositarono entro un profondo bacino sedimentario, stretto e allungato in direzione nord-ovest sud-est, venutosi a creare col raccorciamento del margine adriatico compresso dall'orogenesi appenninica (Vai 1989). Dal punto di vista stratigrafico si ritiene che, nel loro complesso, i CAL dell'Appennino romagnolo non abbiano una collocazione preferenziale ma siano diffusi a vari livelli della Marnoso-arenacea: pur tuttavia ne viene evidenziata la particolare concentrazione tra il Langhiano-Serravalliano e, soprattutto, il Tortoniano superiore-Messiniano inferiore, rilevando una grossolana correlazione che sembra legare l'incremento in frequenza e volume degli affioramenti col tempo (Ricci Lucchi, Vai 1994). Se però si considerano soltanto i depositi torbiditici dell'Appennino faentino solcati dalle vallate del Lamone, Sintria e Senio, è possibile constatare una relativa concentrazione di CAL soprattutto in tre distinti livelli stratigrafici di antichità grosso modo decrescente da monte verso valle. Il più antico di questi, ben rappresentato dall'affioramento di Ca' Cavalmagra in Comune di Palazzuolo (FI), corrisponde al Langhiano superiore (circa 16-15 Ma); quello successivo, di cui fa parte per esempio l'importante sito di Le Colline (sempre in Comune di Palazzuolo), viene assegnato al Serravalliano inferiore (14-13 Ma); il più recente, al quale appartengono i numerosi affioramenti a ridosso della Vena del Gesso brisighellese oggetto di tale contributo (località di Monte Rontana, Ca' Carnè, Ca' Piantè, Monte Spugi, dolina dell'Abisso Mornig, Pietralunga, ecc.; RA), al Tortoniano superiore (8-7 Ma) (fig. 4).

Se i CAL più antichi (Langhiano e Serravalliano) sono quasi sempre associati a depositi di *slump* (cioè frane sottomarine intraformazionali) testimoni dell'estrema instabilità del bacino, quelli a ridosso dei Gessi di Brisighella sono globalmente compresi nel membro argilloso che rappresenta la porzione pelitica terminale della Marnoso-arenacea del Tortoniano superiore (Ricci Lucchi, Vai 1994). Tali CAL documentano ambienti marini relativamente profondi di scarpata interna con acque di profondità probabilmente intorno ai 180-250 m (Aharon, Sengupta 1994), mentre le indicazioni paleobatimetriche offerte dai molluschi sembrerebbero indicare un ambiente sensibilmente più profondo (Taviani 1994).

A grandi linee l'area in questione è caratterizzata dal motivo paesaggistico rappresentato da alcune dorsali gessose, discontinue e grossolanamente parallele, intercalate a depressioni allungate costituite dalle *facies* pelitiche della Marnoso-arenacea lungo le quali affiorano i CAL e si sono impostate alcune forme carsiche o pseudocarsiche (come per esempio le doline tra Ca' Antesi e l'Abisso Mornig oppure la "valle cieca" di Ca' Piantè). Come già ricordato questa situazione, che vede l'apparente commistione tra CAL e parte degli affioramenti gessosi, è imputabile principalmente al complicato assetto geologico dell'area. Secondo Marabini e Vai (1985), l'organizzazione strutturale della porzione più orientale della Vena del Gesso, tra M. Mauro e Brisighella, rappresenta infatti una complessa struttura tettonica costituita dalla giustapposizione di almeno tre serie di gigantesche scaglie gessose che localmente moltiplicano l'ampiezza dell'affioramento gessoso. Il meccanismo di messa in posto, retroscorrente verso sud-ovest (perciò con vergenza contraria rispetto a quella appenninica), sa-

Fig. 4 (nella pagina accanto) – Distribuzione degli affioramenti di calcari a *Lucina* nei Gessi di Rontana; in rosso l'associazione "a grandi lucinidi", in blu quella "a grandi modiolini", in rosa gli affioramenti gessosi (rilevamento M. Sami; elaborazione grafica P. Lucci) (la CTR appare su autorizzazione della Regione Emilia-Romagna).

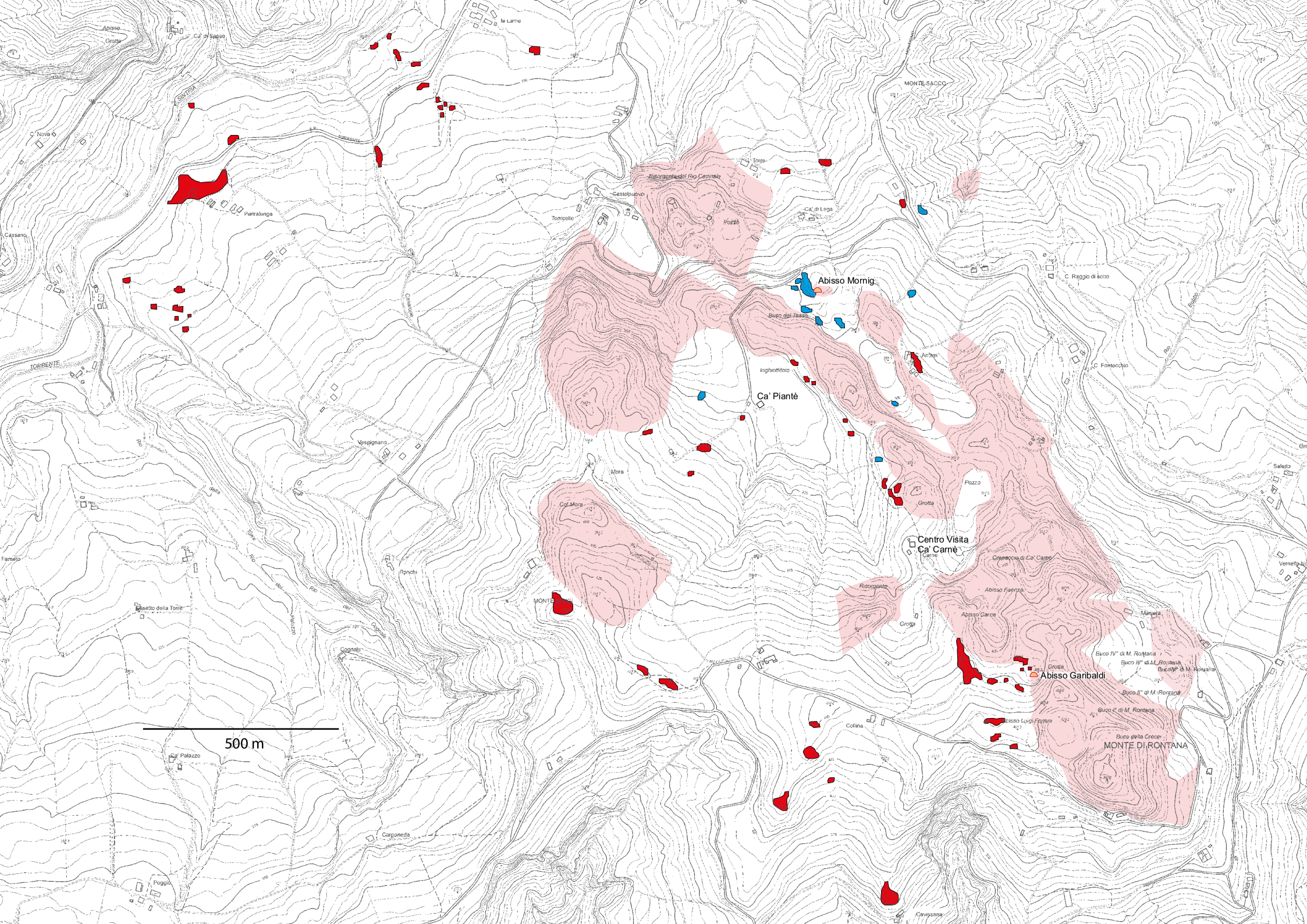
Abisso Mornig
Ca' Piantè
Centro Visita
Ca' Carnè
Abisso Garibaldi
MONTE DI RONTANA
MONTE SACCO
Ca' di Sasso
Pietralunga
Castelnuovo
Torricelle
Ca' di Lega
Vespignano
Mora
Col Mora
Rpnchi
Cognale
Carpineda
Poggio
Ca' Palazzo
Casetto della Torre
Fameto
Cassano
C. Nova
Torre
Pozzo
Grotta
Inghiottitoio
Buco del Tasso
Risorgente del Rio Cavinala
Risorgente
Abisso Faenza
Abisso Carne
Crepaccio di Ca' Carne
Buco IV° di M. Rontana
Buco III° di M. Rontana
Buco II° di M. Rontana
Buco I° di M. Rontana
Abisso Luigi Fontana
Buco della Croce
Collina
Cavipsana
C. Raggio di sotto
C. Fontecchio
Masiera
Salletto
Vernello
500 m

Fig. 5 – Tipico affioramento di calcari a *Lucina* con l'associazione "a grandi lucinidi", dominata da giganteschi esemplari completi di *Lucina hoernea*, nei pressi di Angognano (foto M. Sami).

rebbe stato attivato durante la fase di tipo compressivo della cosiddetta fase tettonica intra-messiniana (verificatasi all'incirca 5,6 Ma).
Più recentemente è stata avanzata un'ipotesi alternativa che interpreta queste serie di grandi scaglie gessose non tanto come il risultato di processi di tettonica attiva, quanto legate ad un vasto processo gravitativo (Roveri *et alii* 2003): le grandi scaglie evaporitiche perciò rappresenterebbero piuttosto l'accumulo di colossali frane staccatesi passivamente dal fianco meridionale di un settore topograficamente più elevato, posto più a nord-est e oggi sepolto. Qualunque sia il meccanismo di messa in posto, entrambe le ipotesi concordano nel collocare il piano di scollamento delle grandi scaglie gessose nella porzione superiore delle sottostanti peliti eusiniche pre-evaporitiche, a loro volta inglobanti vari depositi di CAL: col processo di addossamento ogni scaglia avrebbe perciò trascinato con sé parte del basamento pelitico sottostante e quindi anche i CAL in esso contenuti, frapponendoli tra una scaglia gessosa e l'altra. Infine, per quanto riguarda il contesto geodinamico va ricordato come i CAL si trovino all'interno di unità geologiche coinvolte in un margine in condizioni compressive attivo durante l'orogenesi appenninica (Ricci Lucchi, Vai 1994). La distribuzione apparentemente casuale dei CAL dipenderebbe dal fatto che ciascun blocco si sarebbe accresciuto in maniera autonoma, utilizzando come propria fonte mineralizzante e cementante il gas che usciva dallo stesso sedimento. A sua volta il metano sarebbe fuoriuscito in seguito ad una sorta di "spremitura" a cui sarebbero stati sottoposti i depositi della Marnoso-arenacea durante le principali fasi orogenetiche oppure in seguito a disturbi della sedimentazione come frane sottomarine (Conti, Fontana 2002).

Aspetti paleontologici e paleoecologici

Indubbiamente una delle caratteristiche più appariscenti dei CAL è costituita dalla presenza di fossili di grandi bivalvi: mol-

ti CAL non risultano però fossiliferi e non tutti quelli fossiliferi contengono le grosse ed inconfondibili *Lucina* (fig. 5). Quando presente, il contenuto paleontologico è in gran parte costituito da associazioni a molluschi (malacofaune) oligotipiche, caratterizzate cioè da notevole ricchezza di esemplari ma con bassa diversità specifica. L'estrema oligotipia delle malacofaune dei CAL è d'altronde evidenziata già dal Manzoni (1876) che, sempre a proposito dell'affioramento presso Angognano, riportava che «(…) in mezzo alla sorprendente congerie di nuclei di *Lucina pomum*, che si rinviene nel podere di Agugnano, io non sono riescito a scuoprire di altre conchiglie se non che una valva di un piccolo *Mytilus* o *Modiola* che possa essere».
Già ad un primo esame emerge nelle malacofaune la predominanza quasi assoluta dei bivalvi, tra i quali sono particolarmente ben rappresentate le famiglie dei Lucinidae, dei Mytilidae-Modiolinae e, anche se in minor grado, dei Vesicomyidae. Assai poco frequenti risultano invece i gasteropodi che, a parte poche eccezioni, annoverano tutte forme di piccole dimensioni (Moroni 1966; Taviani 1994; Sami 1999) (tab. 1). Pur nella loro oligotipia le associazioni a molluschi dei CAL del Brisighellese mostrano almeno un paio di diverse *biofacies* le cui differenze, sia per composizione che per frequenza, vanno molto probabilmente imputate alle condizioni paleoambientali degli antichi fondali marini: quella che informalmente potremmo definire "a grandi lucinidi", di gran lunga la più diffusa e conosciuta anche dagli autori del passato, e quella "a grandi modiolini", assai meno frequente e localizzata soltanto in pochi affioramenti come ben evidenziato nella fig. 4 (Terzi, Sami 2007).
La prima *biofacies* è come già detto la più rappresentata nei CAL tortoniani del Brisighellese e caratterizza numerosi affioramenti tra i quali quelli di M. Rontana, Ca' Collina, Ca' Carnè, M. Spugi o Pietralunga (Terzi, Sami 2007). Risulta costituita in prevalenza da lucinidi di taglia medio-grande quali '*Phacoides*' *perusinus* (larghezza di 6-8 cm), la specie fossile più abbondante nei CAL locali, o addirittura gigantesca come le grandi '*Lucina*' *hoernea* (esemplari larghi anche più di 18 cm). In analogia coi lucinidi attuali tali bivalvi vivevano completamente o parzialmente infossati nel fondale (facevano cioè parte dell'infauna). Grazie all'infossamento nel sedimento, il potenziale di preservazione dei gusci risultava piuttosto alto e ciò spiega il motivo per cui si presentano qua-

	Dolina Abisso Mornig	Ca' Piantè	Monte Rontana	NNO Ca' Carnè	NO sito romano Ca' Carnè	SSE Ca' Carnè	Ca' Collina	Monte Spugi	Pietra-lunga
Phacoides perusinus	FF	FF	FF	FF	FF	FF		FF	FF
Lucina hoernea		FF		F	R	FF	FF	FF	F
Bathymodiolus sp.	FF	RR			FF				
'Calyptogena' sp.	R	F	RR					R	
Mytilidae n. sp.		F			R	F		R	
cf. *Myrtea*		R				RR			
Chrysodomus cf. *hoernesi*	F	R				RR			R
Thalassonerita megastoma		R							
Homalopoma domeniconii	R	F				R			
Phasianema cf. *taurocrassum*	R	F							
cf. *Perotrochus*		RR							
Turricula sp.		RR							
Scleractinia indet.			RR			RR			R
Crustacea indet.						R			

Tab. 1 – Frequenza relativa delle specie fossili rinvenute in alcuni affioramenti di calcari a *Lucina* nei Gessi di Rontana. FF = molto frequente; F = frequente; R = poco comune; RR = raro (elaborazione M. Sami).

si sempre completi delle due valve chiuse. Queste lucinidi ci appaiono oggi per lo più sotto forma di modelli interni in quanto il guscio originario è stato distrutto oppure risulta ricristallizzato (spatizzato) a causa dei processi diagenetici. Alla *biofacies* "a grandi lucinidi" compartecipano anche altri bivalvi, fra i quali è importante segnalare la presenza dei grandi vesicomyidi, anch'essi infaunali o semi-infaunali e rappresentati da esemplari di sovente ancora articolati (fig. 6). Attualmente tali bivalvi, che al pari dei lucinidi sono chemiosimbionti, sono diffusi in tutti quegli ambienti marini profondi (da – 100 a – 6000 m) con fondali 'riducenti', caratterizzati cioè da bassissimo tenore di ossigeno, proprio come quelli interessati da emissioni gassose idrotermali o fredde sfruttate dai batteri (Taviani 1994). Associati alle grandi *Lucina* a volte si possono rinvenire anche particolari mitilidi di piccola taglia, dalla superficie del guscio insolitamente scolpita, appartenenti ad una specie nuova per la Scienza (fig. 7) (Kiel, Taviani c.s.).
Nei CAL tortoniani del Brisighellese il secondo tipo di *biofacies*, quello più raro "a grandi modiolini", è localizzato quasi esclusivamente in pochi affioramenti situati nel settore settentrionale dell'area in esame con centro nei paraggi della dolina dell'Abisso Mornig (fig. 8) (Terzi, Sami 2007). Esso risulta caratterizzato sia dall'assenza della vistosa *Lucina hoernea* che dalla predominanza, per l'appunto, di un modiolino di grande taglia confrontabile con i *Bathymodiolus* delle "oasi profonde" attuali. Come questi ultimi doveva condurre una vita di tipo epifaunale, ovvero sulla superficie del fondale marino, condotta di vita che non facilitava la preservazione dei gusci tant'è che frequentemente le valve si rinvengono disarticolate (fig. 9). Assai interessante risulta la strategia nutrizionale dei grandi *Bathymodiolus* moderni, molto probabilmente adottata anche nel passato dalle forme fossili: a differenza di lucinidi e vesicomyidi, che sfruttano batteri solfo-ossidanti come endosimbionti, essi invece possono ospitare nei tessuti anche batteri che utilizzano l'ossidazione del metano sia come fonte di energia che di carbonio, sono cioè metanotrofici (Taviani 1994). Nella *biofacies* "a grandi modiolini" possono inoltre comparire tanto "l'onnipresente" e sempre comune '*Phacoides' perusinus* quanto la meno frequente '*Calyptogena'* s.l., anch' essa nuova specie per la Scienza (Kiel, Taviani c.s.).
In definitiva, dato che i molluschi caratterizzanti le due *biofacies* appena descritte sfruttavano molto probabilmente sostanze diverse (acido solfidrico i lucinidi e plausibilmente anche metano i *Bathymodiolus* s.l.), sembra possibile ipotizzare che colonizzassero aree leggermente diverse dove le rispettive concentrazioni delle sostanze utili erano più favorevoli.
Inoltre, come già accennato, in entrambe queste due particolari associazioni possono fare la loro sporadica comparsa alcuni caratteristici gasteropodi predatori richiamati dall'insolita ricchezza in biomassa di questi *habitat*, rispetto alla ricorrente povertà trofica che si riscontra nelle grandi profondità marine. Tra questi sono presenti specie relativamente comuni e di dimensioni medio-grandi, come il buccinide *Chrysodomus* cf. *hoernesi* (fig. 10), cui si aggiungono *taxa* relativamente rari – forse anche a causa della taglia piuttosto ridotta – come *Thalassonerita megastoma*, *Homalopoma* cf. *domeniconii* e *Phasianema* cf. *taurocrassum* (Moroni 1966). Un particolare interesse suscita il neritide fossile *Thalassonerita megastoma* (fig. 11), ben confrontabile con l'attuale *Bathynerita naticoidea* endemica dei *cold seep* dell'Atlantico centro-occidentale (Golfo del Messico e Barbados) a profondità comprese tra 400-2100 metri: in tali ambienti *B. naticoidea* "bruca" i batteri metanotrofici e il detrito dai substrati duri, rappresentato principalmente dai gusci di *Bathymodiolus childressi* (Carney 1994; Zande, Carney 2001). Talora i CAL possono eccezionalmente inglobare anche organismi marini non specializzati, che finirono probabilmente intossicati dalle esalazioni gassose e/o intrappolati dalla veloce precipitazione carbonatica. Non mancano infatti tracce fossili attribuite a tane di crostacei (*bur-*

Fig. 6 – Modello interno completo delle due valve del vesicomyide '*Calyptogena*' sp.: larghezza 90 mm (foto M. Sami).

Fig. 7 – Bivalve mitilide di piccole dimensioni dai calcari a *Lucina* di Ca' Piantè: larghezza 22 mm (foto M. Sami).

Fig. 8 – Grande affioramento di calcari a *Lucina* entro la dolina dell'Abisso Mornig, a pochi metri dall'inghiottitoio principale (foto P. Lucci).

Fig. 9 – *Bathymodiolus* s.l., la specie più rappresentativa dell'associazione "a grandi modiolini" nei calcari a *Lucina*: larghezza massima 105 mm (foto M. Sami).

rows), coralli sclerattinarii isolati, bivalvi (*Neopycnodonte navicularis*) e gasteropodi sia planctonici, come gli pteropodi, che bentonici (es. *Turricula* sp.; Sami, Tabanelli 2013). Particolarmente interessante per la sua assoluta rarità il rinvenimento di un gasteropode appartenente alla famiglia Pleurotomariidae (cf. *Perotrochus*: Sami 1999) nei CAL presso Ca' Piantè. Questi gasteropodi di acque profonde e mediamente di grandi dimensioni distribuiti oggigiorno nei mari profondi tropicali e subtropicali, a livello paleontologico risultano scarsamente documentati nel Mio-Pliocene del Mediterraneo e quella di Ca' Piantè costituisce la prima e per ora unica segnalazione nei CAL dell'Italia (fig. 12).
Infine, ad ulteriore riprova del notevole interesse scientifico dei CAL del Brisighellese, segnaliamo come nel sito di Pietralunga sia stato identificato un rarissimo esempio di batterio fossilizzato (Peckmann *et alii* 2004). I microrganismi fossili individuati, filamentosi e dal diametro di 0,05-0,08 mm, sembrano confrontabili con l'attuale batterio solfo-ossidante *Beggiatoa*, assai abbondante attorno alle moderne emissioni sottomarine di idrocarburi.

Fig. 10 – Tra i gasteropodi fossili dei calcari a *Lucina* il buccinide *Chrysodomus* cf. *hoernesi* risulta quello più comune: altezza 51 mm (foto M. Sami).

Fig. 11 – *Thalassonerita megastoma*, uno dei più rappresentativi tra i gasteropodi specializzati dei calcari a *Lucina* dell'Appennino: altezza 15 mm (foto M. Sami).

Aspetti mineralogici

I minerali autigeni presenti nei CAL sono rappresentati da pochi carbonati (calcite, aragonite e dolomite), da un solfato (celestina) e da un solfuro (pirite): se però ci si limita alle sole specie mineralogiche dotate di cristalli macroscopici il loro numero si riduce ulteriormente comprendendo soltanto calcite, aragonite e celestina. In quanto rocce sedimentarie chimiche con cemento micritico pervasivo (e componente organogena variabile) il più diffuso tra questi è naturalmente la calcite, presente non soltanto allo stato microcristallino (micrite) ma anche con individui generalmente millimetrici ed abito scalenoedrico che possono tappezzare druse o geodi di modeste dimensioni.
Localmente, come è per esempio a sud est di Ca' Carnè, si rinviene frequentemente

Fig. 12 – cf. *Perotrochus*, un rarissimo gasteropode pleurotomariide rinvenuto nei calcari a *Lucina* di Ca' Piantè: altezza 55 mm (foto Speleo GAM Mezzano).

l'aragonite (Terzi 1993). Minerale metastabile e polimorfo della calcite, cioè con stessa composizione chimica ($CaCO_3$) ma diversa struttura cristallina (trigonale per la calcite e rombica per l'aragonite), nei CAL solitamente si trova sotto forma di sottili cristalli a struttura fibrosa raggruppati in aggregati sferici concentrici, in genere di diametro subcentimetrico (botroidi), che riempiono cavità o fratture di varie dimensioni (fig. 13).

Ricerche effettuate negli anni '70 del secolo scorso nei CAL dell'ex cava di Pietralunga permisero di rinvenire diversi esemplari di celestina, un solfato di stronzio con formula $Sr[SO_4]$ che cristallizza nel sistema rombico (Terzi, Sami 2007). A Pietralunga la celestina, a dispetto del nome, è stata rinvenuta sotto forma di cristalli prismatici centimetrici del tutto incolori e limpidi all'interno di piccoli geodi rivestiti da cristalli di calcite. La genesi di questo minerale sembrerebbe legata al rilascio di ioni di stronzio che si verifica col passaggio mineralogico dall'instabile aragonite alla più stabile calcite, mentre gli ioni solfato necessari potrebbero provenire dalle acque percolanti dai vicini affioramenti gessosi (Decima *et alii* 1988).

I calcari a Lucina *e l'uomo*

In un territorio come quello a ridosso della Vena del Gesso, povero di rocce compatte e tenaci, i CAL sono stati sfruttati per secoli sia come pietra da costruzione che per la produzione di calce. Il primo tipo di utilizzo, documentato in alcuni edifici rustici di impianto ottocentesco quali Ca' Angognano o Ca' Piantè (fig. 14), è però già attestato almeno dal Basso Medio Evo nei "muri a sacco" del vicino castello di Rontana. Inoltre, benché le numerose campagne di

Fig. 13 – Singolari aggregati raggiati di aragonite fibrosa (botroidi) possono talora riempire le fessure in alcuni affioramenti di calcari a *Lucina*: larghezza dell'immagine 110 mm (foto M. Sami).

scavo archeologico non vi abbiano ancora rinvenuto tracce di una fornace per calce, è comunque plausibile ipotizzare che i costruttori dell'insediamento fortificato abbiano prodotto la calce *in loco* utilizzando le rocce calcaree più facilmente disponibili come i CAL affioranti nei paraggi (E. Cirelli, com. pers.) Ad ogni modo, lo sfruttamento dei CAL nel Brisighellese per tale tipo di attività viene documentato con certezza per la seconda metà del XIX secolo in quanto, come riportato dal Manzoni (1876): «(...) i gessaioli del luogo si servono di alcune qualità di questo calcare compatto per farne della calce».

Più recentemente, nell'immediato dopoguerra lo sperone roccioso di CAL a ridosso della vecchia casa colonica di Pietralunga (toponimo quanto mai significativo), non lontano da Zattaglia (Brisighella), venne sfruttato per anni da una cava a conduzione semi-artigianale che all'apice della sua attività giunse ad occupare fino ad una ventina di operai (Borghesi 2007). Inizialmente la roccia calcarea qui estratta veniva utilizzata per ottenere calce ad uso edilizio tramite cottura *in loco* mediante fornace a carbone e macinazione del prodotto con mulino rotativo a sfere ma, nei primi anni '50, tale produzione venne abbandonata a causa dell'alto contenuto di magnesio che rendeva la calce di qualità scadente. Successivamente l'attività della cava si indirizzò nell'estrazione di pietrame e materiali inerti da utilizzare soprattutto nei sottofondi stradali: nel 1951-1952 ad esempio il pietrisco calcareo di Pietralunga venne utilizzato nel costruendo autodromo di Imola oppure, pochi anni dopo, per la circonvallazione interna di Faenza. A partire dal 1958 e durante gli anni Sessanta del '900 i grossi blocchi di CAL estratti a ridosso del Torrente Sintria trovarono un'ultima e ulteriore applicazione

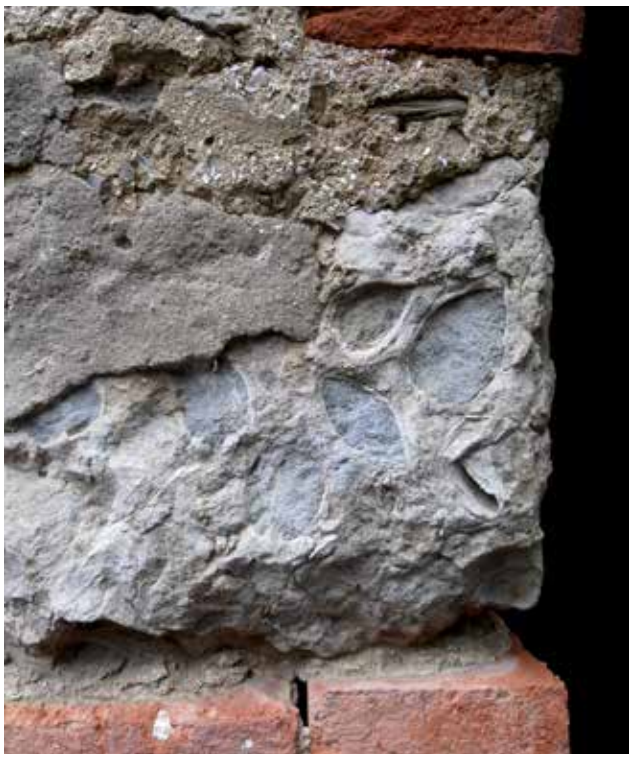

Fig. 14 – Blocco lavorato di calcare a *Lucina* utilizzato nella muratura di Ca' Ronco (foto M. Sami).

nella massicciata del molo a Porto Corsini di Ravenna (Borghesi 2007).

Per finire, a titolo di pura curiosità, registriamo l'insolito utilizzo di alcuni blocchi di CAL riccamente fossiliferi nell'allestimento scenografico con finti ruderi (tumulo con rovine) dell'ottocentesco giardino "all'inglese" della neoclassica Villa "La Rotonda", appena fuori Faenza (Sami 2004). Poiché vi si riscontra la particolare associazione fossilifera "a grandi modiolini", nel Brisighellese poco comune e piuttosto localizzata, è possibile ipotizzare con buona approssimazione l'area di approvvigionamento di tali materiali negli affioramenti posti da nord a nord-ovest di Ca' Antesi (Brisighella).

Bibliografia

P. Aharon 1994, *Geology and biology of modern and ancient submarine hydrocarbon seeps and vents: an introduction*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 69-73.

P. Aharon, B.K. Sengupta 1994, *Bathymetric reconstructions of the Miocene-age "calcari a Lucina" (Northern Apenninnes, Italy) from oxygen isotopes and benthic Foraminifera*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 219-230.

R.K. Anderson, R.S. Scalan, P.L. Parker 1983, *Seep oil and gas in Gulf of Mexico slope sediments*, "Science" 222, pp. 619-622.

S. Borghesi 2007, *La cava di Pietralunga*, 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. 53-55.

R.S. Carney 1994, *Consideration of the oasis analogy for chemosynthetic communities at Gulf of Mexico hydrocarbon vents*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 149-159.

J.J. Childress, C.R. Fisher 1992, *The biology of hydrothermal vent animals: physiology, biochemistry and autothrophic symbioses*, "Oceanography and Marine Biology" 30, pp. 337-341.

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.E. Claypool, I.R. Kaplan 1974, *The origin and distribution of methane in marine sediments*, in *Natural gases in marine sediments*, New York, pp. 99-139.

S. Conti, D. Fontana 2002, *A pelitic interval enclosing primary chemoherms in the M. Cervarola Formation (Northern Apennines): evidence for synsedimentary tectonics during the Miocene*, "Bollettino della Società Geologica Italiana", Volume Speciale 1, pp. 499-508.

A. Decima, J.A. Mc Kenzie, B.C. Schreiber 1988, *The origin of "evaporative" limestones: an example from Messinian of*

Sicily (Italy), "Journal of Sedimentary Petrology" 58, 2, pp. 256-272.

D. Fontana, S. Conti, P. Clari, M. Taviani 2004, *Deep-sea fluid expulsion and related products in the Miocene foredeep and satellite basins of the northern Apennines, Italy*, 32nd International Geological Congress, Field Trip Guide Book – P07, Firenze.

S. Kiel, M. Taviani c.s., *Chemosymbiotic bivalves from Middle to Late Miocene methane-seep carbonates in Italy*, "Journal of Paleontology".

A. Manzoni 1876, *Della posizione stratigrafica del calcare a* Lucina pomum*, Mayer*, "Bollettino del Regio Comitato Geologico" 7, pp. 209-216.

S. Marabini 1999, *Il calcare a* Lucina *di Rontana e il conte Angelo Manzoni*, in Gruppo Speleologico Faentino, Speleo GAM Mezzano (a cura di), *Le grotte della Vena del Gesso romagnola. I Gessi di Rontana e Castelnuovo*, Bologna, pp. 13-18.

S. Marabini, G.B. Vai 1985, *Analisi di* facies *e macrotettonica della Vena del Gesso in Romagna*, "Bollettino della Società Geologica Italiana" 114, pp. 21-42.

A. Metelli 1869-1872, *Storia di Brisighella e della Valle di Amone,* I-IV, Faenza.

M.A. Moroni 1966, *Malacofauna del "calcare a Lucine" di S. Sofia, Forlì*, "Palaeontographia Italica" 60, pp. 69-87.

C.K. Paull, C.S. Martens, J.P. Chanton, A.C. Neumann, J. Coston, A.J.T. Jull, L.J. Toolin 1984, *Old carbon in living organisms and young $CaCO_3$ cements from abyssal brine seeps*, "Nature" 342, pp. 166-168.

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.

S. Piastra 2006, *Aspetti naturalistici e geologici del territorio brisighellese nell'opera di Antonio Metelli*, "Studi Romagnoli" LVII, pp. 607-639.

G. Renzi 1966, *Sui livelli franati e i calcari a* Lucina *nella formazione Marnoso Arenacea delle alte valli del Lamone e del Senio*, "Studi Romagnoli" XVII, pp. 155-162.

F. Ricci Lucchi, G.B. Vai 1994, *A stratigraphic and tectonofacies framework of the "calcari a* Lucina*" in the Apennine chain, Italy*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 210-218.

F. Ricci Lucchi, A. Veggiani 1966, *I calcari a Lucina della Formazione Marnoso Arenacea Romagnola*, "Giornale di Geologia" 34, pp. 159-172.

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 1999, *Prima segnalazione di* Pleurotomariidae *(*Gastropoda*) nei "calcari a* Lucina*" tardo-miocenici dell'Appennino emiliano-romagnolo*, in Gruppo Speleologico Faentino, Speleo GAM Mezzano (a cura di), *Le grotte della Vena del Gesso romagnola. I Gessi di Rontana e Castelnuovo*, Bologna, pp.19-21.

M. Sami 2004, *Caccia al fossile in città. Un viaggio nella preistoria passeggiando per Faenza*, "Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna" 19, pp. 153-169.

M. Sami, C. Tabanelli 2013, *Sulla presenza di* Turricula *sp. nei "calcari a* Lucina*" tardo-miocenici del Parco Regionale della Vena del Gesso romagnola*, "Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna" 37, pp. 15-20.

G. Scarabelli 1880, *Descrizione della carta geologica del versante settentrionale dell'Appennino fra il Montone e la Foglia*, Bologna.

M. Taviani 1994, *The "calcari 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 1996, *La scoperta delle oasi di mare profondo nel Miocene italiano*, "Paleocronache" 1, pp. 7-14.

M. Taviani 2001, *Fluid venting and asso-*

ciated processes, in G.B. Vai, I.P. Martini (Eds.), *Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins*, Dordrecht, pp. 351-366.

M. Taviani 2011, *The deep-sea chemoautotroph microbial world as experienced by the Mediterranean metazoans through time*, in J. Reitner *et alii* (Eds.), *Advances in Stromatolite Geobiology, Lecture Notes in Earth Sciences* 131, Berlin/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.

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 1993, *The "Calcari a* Lucina *(*Lucina *Limestones) of the Tuscan-Romagna Apennines as indicators of Miocene cold seep activity (Northern Apennines, Italy)*, "Giornale di Geologia" 55, 2, pp. 71-81.

C. Terzi 2005, *I calcari a* Lucina *del Faentino,* "Studi e ricerche del Liceo Torricelli - Faenza" 4, pp. 131-139.

C. Terzi, P. Aharon, F. Ricci Lucchi, G.B. Vai 1994, *Petrography and stable isotope aspects of cold vent activity imprinted on Miocene-age "calcari a* Lucina*" from Tuscan and Romagna Apennines, Italy*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 177-184.

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.

J.M. Zande, R.S. Carney 2001, *Population size structure and feeding biology of* Bathynerita naticoidea *Clarke 1989 (Gastropod: Neritacea) from Gulf of Mexico hydrocarbon seeps*, "Gulf of Mexico Science 2001", pp. 107-118.

Ringraziamenti: gli amici C. Terzi, I. Fabbri, P. Lucci, G. Minardi per le segnalazioni utili a tale ricerca; K. Poletti, A. Nardi, N. e D. Dal Borgo e D. Genchi (Gruppo Speleologico Faentino) per le foto nell'Abisso Garibaldi; G. Collina per l'accesso ai siti circostanti Ca' Antesi; infine il Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza per aver messo a disposizione parte dei reperti oggetto di questo contributo.