

IL CARSISMO NEL SETTORE OCCIDENTALE DELLA VENA DEL GESSO ROMAGNOLA: IL SISTEMA CARSICO DI MONTE DEL CASINO

VERONICA CHIARINI^{1,2,5}, LUCA PISANI^{1,2,3}, ANDREA COLUMBU⁴, FEDERICA BUDINI^{2,5},
FRANCO CIMATTI^{2,5}, LORIS GARELLI^{2,6}, MASSIMO FOSCHINI^{2,6}, JO DE WAELE^{1,7}

Riassunto

In questa breve nota vengono illustrati i processi e meccanismi che hanno portato alla formazione dei sistemi carsici nelle aree gessose nella porzione della Vena del Gesso compreso tra le valli dei Torrenti Senio e Sillaro, con particolare attenzione al sistema carsico di Monte del Casino. Come nelle altre zone della Vena del Gesso, lo sviluppo planimetrico delle grotte indica una forte influenza strutturale. La morfologia degli ambienti di grotta, i sedimenti presenti, e la correlazione dei livelli carsificati con i terrazzi fluviali nella zona sembrano indicare una speleogenesi abbastanza recente, almeno rispetto ad altre zone della Vena del Gesso. Sebbene ad oggi non si possa escludere che le grotte si siano iniziate a formare in tempi relativamente antichi, come accertato per il settore di Monte Mauro, la maggior parte dei fenomeni carsici di quest'area sembra essersi formata nell'arco degli ultimi 70.000 anni circa. Soltanto la datazione U/Th di alcune colate carbonatiche campionate in alcune di queste grotte potrà dare risposte più conclusive.

Parole chiave: speleogenesi; evoluzione del paesaggio; grotte nei gessi; carsismo.

Abstract

This brief note illustrates the processes and mechanisms that led to the formation of the karst systems in the gypsum areas in the sector of the Messinian outcrop of the Vena del Gesso (Northern Italy) between the valleys of the Senio and the Sillaro streams, and is mainly focused on the Mt. del Casino karst system. As in the other areas of the Vena del Gesso, the cave's planar development indicates a strong structural influence. The morphology of the cave environments, the sediments they host, and the correlation of the karst levels with the river terraces in the area seem to indicate a fairly recent speleogenesis, at least compared to other areas of the Vena del Gesso. Although it is not possible yet to exclude that the first caves may have started developing quite early in time, as confirmed for the Mt. Mauro area, the bulk of the karst phenomena seems to have formed over the last 70,000 years or so. Only the U/Th dating of some carbonate flowstones sampled in some of these caves will provide more conclusive answers.

Keywords: Speleogenesis, Landscape Evolution, Gypsum Caves, Karst.

La Vena del Gesso romagnola è costituita da una dorsale gessosa che si sviluppa per circa 20 km in direzione nord/ovest-sud/est, in assetto monoclinale perpendicolare al reticolo idrografico principale che caratterizza questo settore degli Appennini nord-orientali (MARABINI, VAI 1985; BENTINI 2003; REGHIZZI *et alii* 2019). Nel corso del Quaternario i maggiori

corsi d'acqua che attraversano questi territori hanno inciso le valli e modellato il paesaggio superficiale, influenzati dalle superfici di discontinuità esistenti, erodendo e interrompendo di fatto l'originaria continuità che caratterizzava, almeno in parte, l'affioramento gessoso. Queste morfologie di superficie consentono una suddivisione intuitiva in settori dell'intera Vena

¹ Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Via Zamboni 67, 40126 Bologna - veronica.chiarini3@gmail.com, lucapiso94@gmail.com, jo.dewaele@unibo.it

² Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna

³ Gruppo Speleologico Bolognese-Unione Speleologica Bolognese

⁴ Università di Parma, Dipartimento di Chimica, Scienze della Vita e Sostenibilità Ambientale, Divisione delle Scienze della Terra, Parco Area delle Scienze 157/A, 43124 Parma (PR) - andrea.columbu@unipr.it

⁵ Gruppo Speleologico Faentino, Via Medaglie d'Oro 51, 48018 Faenza (RA)

⁶ Ronda Speleologica Imolese, c/o sede CAI Imola, Via Conti della Bordella 18, 40026 Imola (BO)

⁷ Istituto Italiano di Speleologia / Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Via Zamboni 67, 40126 Bologna

del Gesso, la stessa ripresa nella realizzazione dei volumi multidisciplinari curati dalla Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna. Quest'ultimo volume riguarda il settore più occidentale che si sviluppa tra i Torrenti Senio e Sillaro e che può essere ulteriormente suddiviso nella porzione compresa tra Senio e Santerno, interrotta poco prima dell'abitato di Tossignano dalla gola del Rio Sgarba, e i gessi che si trovano in sinistra idrografica rispetto al Santerno, che costituiscono l'ultima propaggine di questa formazione geologica (figg. 1-2). Per incontrarla nuovamente ci si dovrà spostare molto più a ovest, nell'area bolognese, dove i gessi messiniani tornano ben visibili in affioramento.

L'affioramento principale del settore occidentale è rappresentato dalla Riva di San Biagio, che si estende in direzione nord/ovest-sud/est per circa 4,7 km tra Borgo Rivola e Tossignano con una larghezza media di circa 300 m, fatta eccezione per l'area in corrispondenza di Monte del Casino (474 m s.l.m.), dove l'affio-

ramento raggiunge l'ampiezza di circa 800 m in pianta (fig. 1). Proprio in questa fascia si concentra la maggior parte dei fenomeni carsici di tutto il settore occidentale della Vena del Gesso, che trova espressione nel sistema carsico di Monte del Casino, la cui esplorazione iniziò a partire dagli anni '50 del secolo scorso ed è stata portata avanti da vari gruppi regionali, tra cui il Gruppo Grotte "Pellegrino Strobel" di Parma, la Ronda Speleologia AKU-AKU (poi divenuta Ronda Speleologica Imolese), l'Unione Speleologica Bolognese e il Gruppo Speleologico Faentino (GARELLI 1992; ZAMBRINI *et alii* 2001).

L'intero settore occidentale, con un totale di 77 cavità attualmente scoperte e rilevate, presenta in generale una più scarsa densità di cavità naturali rispetto alle zone centrali e orientali (per ordine, Gessi di Monte Mauro e Monte della Volpe, Gessi di Rontana e Castelnuovo, Gessi di Brisighella e Gessi della Bicocca), i quali contano ben 218 grotte inserite nel catasto regionale delle cavità naturali. Sebbene non sia da esclu-

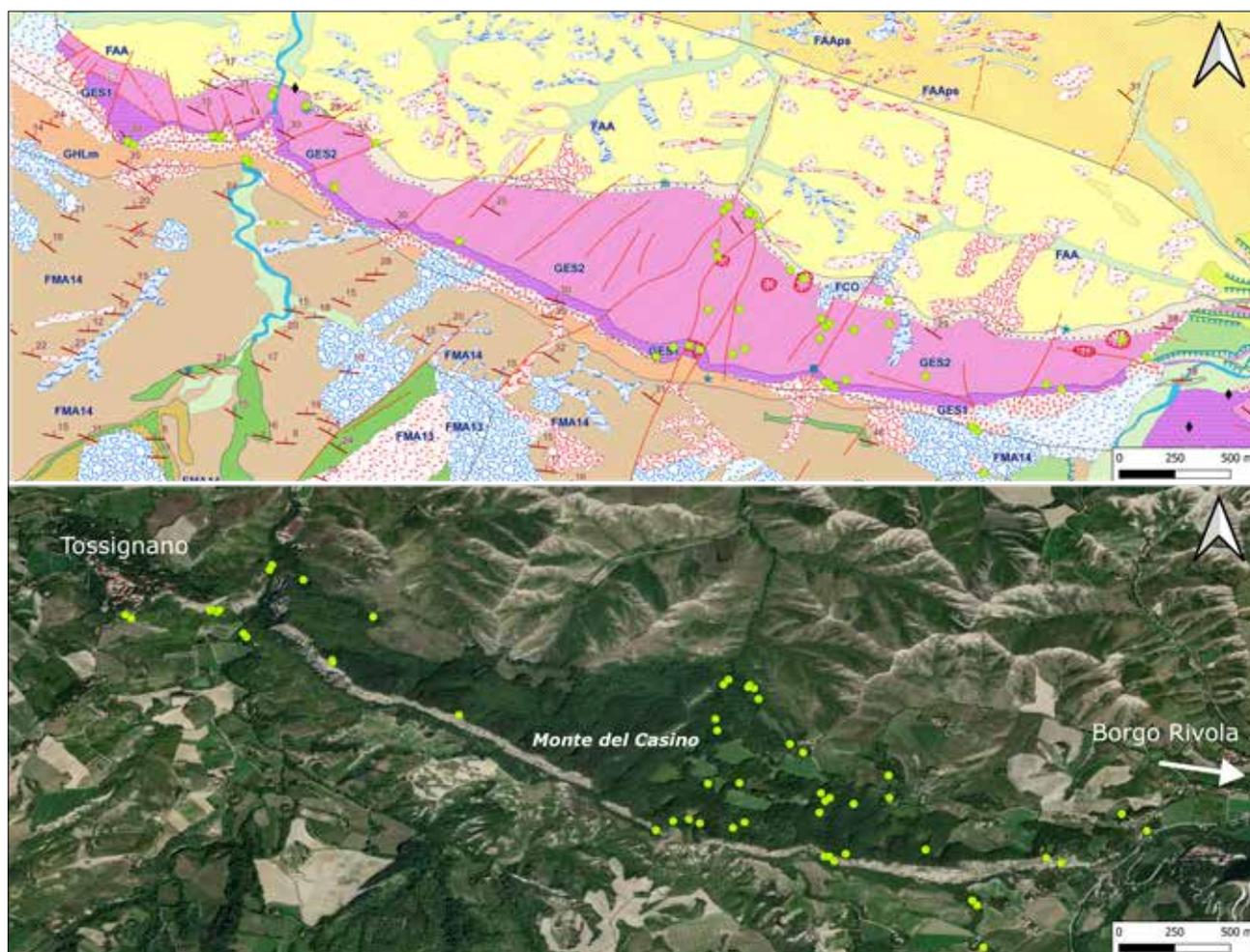


Fig. 1 – Posizionamento degli ingressi delle cavità naturali ad oggi conosciute nei Gessi di Tossignano e Monte del Casino (punti verdi) sulla cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna 1:10.000 (sopra): FAA: Formazione Marnoso-arenacea; GHL: Formazione dei Ghioli di Letto; GES: Formazione Gessoso-solfifera; FAA: Formazione Argille Azzurre; le linee rosse indicano i lineamenti strutturali. L'immagine satellitare della stessa area è stata riportata sotto (ESRI satellite images).

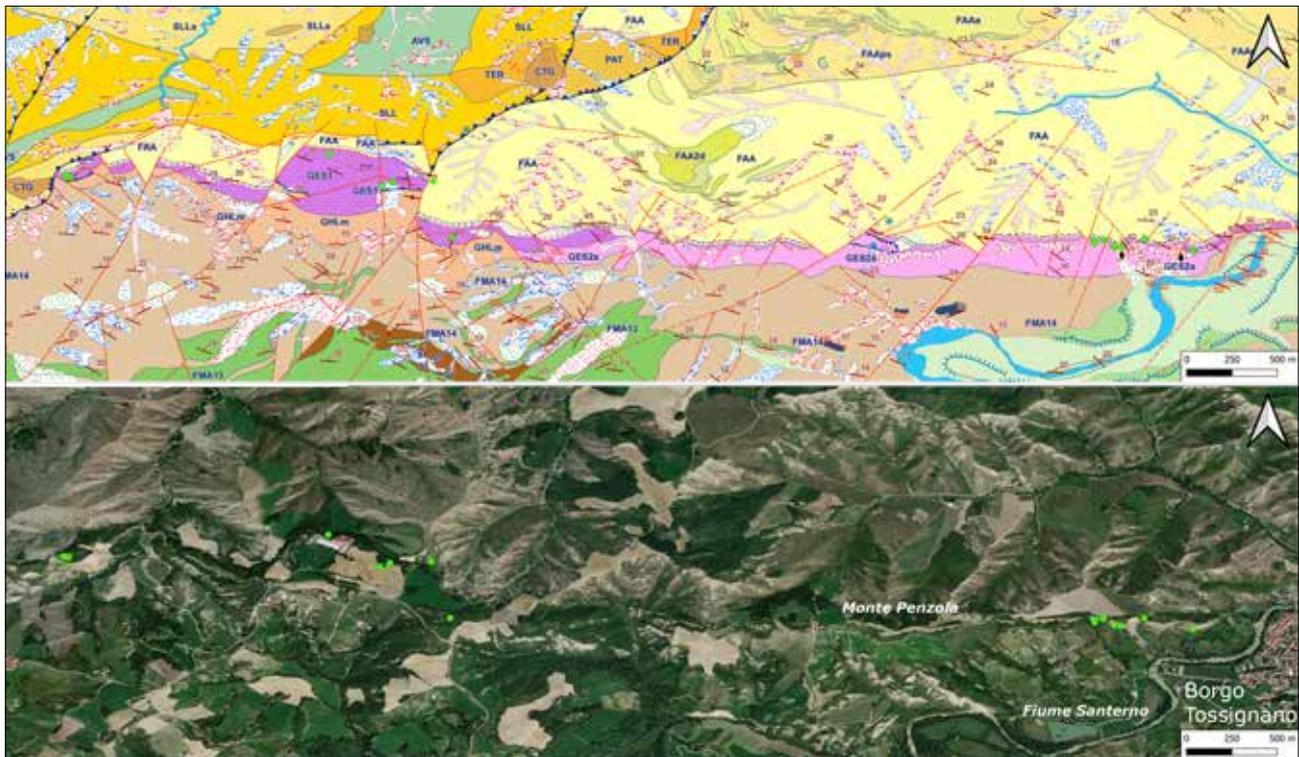


Fig. 2 – Posizionamento degli ingressi delle cavità naturali ad oggi conosciute nei Gessi di Monte Penzola in sinistra idrografica Santerno (punti verdi) sulla cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna 1:10.000 (sopra): FMA: Formazione Marnoso-arenacea; GHL: Formazione dei Ghioli di Letto; GES: Formazione Gessoso-solfifera; FAA: Formazione Argille Azzurre; le linee rosse indicano i lineamenti strutturali. Sotto è riportata l'immagine satellitare della stessa area (ESRI satellite images).

dere la futura scoperta di altre interessanti cavità, specialmente nella fascia di affioramento compresa tra il Monte del Casino e la gola del Rio Sgarba, dove non sono mai stati fatti ritrovamenti speleologici importanti, questa diversa evoluzione carsica potrebbe trovare una spiegazione geologica. Una prima differenza tra i gessi della Riva di San Biagio e quelli dell'area di Monte Mauro e Monte nella Volpe la troviamo negli spessori e nel grado di deformazione strutturale della formazione stessa. Mentre nella parte centrale e orientale della Vena del Gesso la successione evaporitica è sovente "raddoppiata" in seguito, secondo le interpretazioni più recenti, a fenomeni di slittamento sottomarini (ROVERI *et alii* 2003; LUGLI *et alii* 2015; REGHIZZI *et alii* 2019), la porzione che corrisponde alla Riva di San Biagio è caratterizzata da un minor grado di deformazione e, di conseguenza, da spessori di gesso più esigui (BENTINI 2003; ROVERI *et alii* 2003; REGHIZZI *et alii* 2019). Inoltre, il gesso selenitico, sebbene sia una roccia carsificabile caratterizzata da un'elevata solubilità in acqua (circa 2,5 g/l a 25 °C), se intatto risulta relativamente impermeabile ad una infiltrazione profonda: un prerequisito per la formazione delle grotte è infatti la presenza di fratture e discontinuità attraverso le quali l'acqua meteorica possa penetrare

in profondità e creare dei "protocondotti" che evolveranno in vere e proprie gallerie (DE WAELE *et alii* 2017). L'importanza del condizionamento strutturale (cioè della presenza di faglie e fratture) nella speleogenesi epigenica nei gessi è stato ampiamente discusso e dimostrato in letteratura (BELVEDERI, GARBERI 1986; COSTA 1987; CALAFORRA 1993; COSTA, FORTI 1994; BENTINI 2003; DE WAELE 2010; DE WAELE *et alii* 2011, 2013, 2017; KLIMCHOUK 2019; PISANI *et alii* 2019). Una minor fratturazione dell'ammasso roccioso può aver quindi giocato un ruolo importante nello sviluppo di un minor numero di cavità nell'area della Riva di San Biagio. Non è un caso, infatti, se il sistema carsico di Monte del Casino si sviluppa proprio lungo una fascia che parte dalla sella di Ca' Budrio e si dirige in direzione nord/nord-est, che è caratterizzata da un maggior numero di lineamenti strutturali orientati in direzione antiappenninica (nord-est/sud-ovest). Un altro fattore che potrebbe aver contribuito ad ostacolare la formazione di grotte in quest'area può essere rappresentato da un denudamento tardivo dai sedimenti che ricoprivano la formazione gessosa rispetto a quanto avvenuto nei settori più orientali. Tale esposizione tardiva agli agenti atmosferici avrebbe consentito la formazione di cavità naturali solamen-

te in tempi più recenti. Studi realizzati nei Gessi di Monte Mauro e Monte Tondo hanno dimostrato la presenza di una speleogenesi efficace già a partire, con buona probabilità, da 630.000 anni fa (COLUMBU *et alii* 2017). Questo significa che, a partire da quel periodo, buona parte dei sedimenti post evaporitici che ricoprivano la Formazione Gessoso-solfifera (cioè i sedimenti della Formazione Argille Azzurre e della Formazione a Colombacci) era stata erosa e si era già impostato un reticolo idrografico. Per quanto riguarda il settore occidentale, ad oggi non abbiamo dati oggettivi che possano confermarci le tempistiche di inizio della speleogenesi; tuttavia, nell'ambito del progetto EvolGyps sono stati campionati diversi frammenti di concrezioni carbonatiche sia nel sistema carsico di Monte del Casino che in ambiente esterno. I risultati delle datazioni di tali materiali potranno fornirci informazioni utili a comprendere l'evoluzione del paesaggio in questa porzione della Vena del Gesso. In base alle conoscenze a disposizione, è comunque possibile avanzare l'ipotesi della presenza in passato di un maggiore spessore di sedimenti post-evaporitici rispetto alle altre aree del bacino, la cui erosione potrebbe aver richiesto più tempo, anche in ragione di un sollevamento più lento della catena appenninica; la presenza di gesso microcristallino al margine occidentale della Vena, in località Gesso, espressione di un'anidritizzazione del gesso selenitico dovuta ad un maggiore seppellimento e a tensioni strutturali legate alla Linea del Sillaro, sembrerebbe dar credito a questa ipotesi (REGHIZZI *et alii* 2015).

Un altro indizio che potrebbe indicarci una speleogenesi relativamente recente in questa porzione della Vena del Gesso potrebbe essere cercato all'interno del sistema carsico di Monte del Casino, costituito dalle principali grotte dell'intera area oggetto di studio nel presente volume. Nel complesso sono sette le grotte appartenenti a questo sistema: Abisso Antonio Lusa (ER RA 620), Inghiottitoio a Ovest di Ca' Siepe (ER RA 365) e Pozzo a Ovest di Ca' Siepe (ER RA 130), in diretto collegamento tra di loro, e Buco II di Ca' Budrio (ER RA 378), Inghiottitoio presso Ca' Poggio (ER RE 375), Grotta Enio Lanzoni (ER RA 619) e Risorgente del Rio Gambellaro (ER RA 123), collegate solo idrologicamente (BENTINI 2003, ZAMBRINI *et alii* 2001). Quest'ultima drena le acque dell'intero sistema carsico nel Rio Gambellaro, il quale si immette nel Fiume Santerno nei pressi di Codrignano (BO).

L'Abisso Antonio Lusa è la cavità più a monte dell'intero sistema e si sviluppa per circa 700 m con un dislivello totale di 163 m (BENTINI 2003). L'ingresso si apre a quota di 386 m s.l.m. sul fondo di una piccola dolina che termina in un ampio cavernone situato sul lato est della sella di Ca' Budrio, dove troviamo in affioramento i banchi più antichi della successione evaporitica. La grotta non presenta dei marcati livelli sub-orizzontali, come riscontrato invece in numerose cavità in destra Senio (COLUMBU *et alii* 2015), ma attraversa verticalmente il terzo banco della successione evaporitica, per poi procedere all'interno del secondo banco, seguendo la sua stessa inclinazione (tra i 20° e i 30° nord) per un dislivello complessivo di 163 m (BENTINI 2003). Il se-

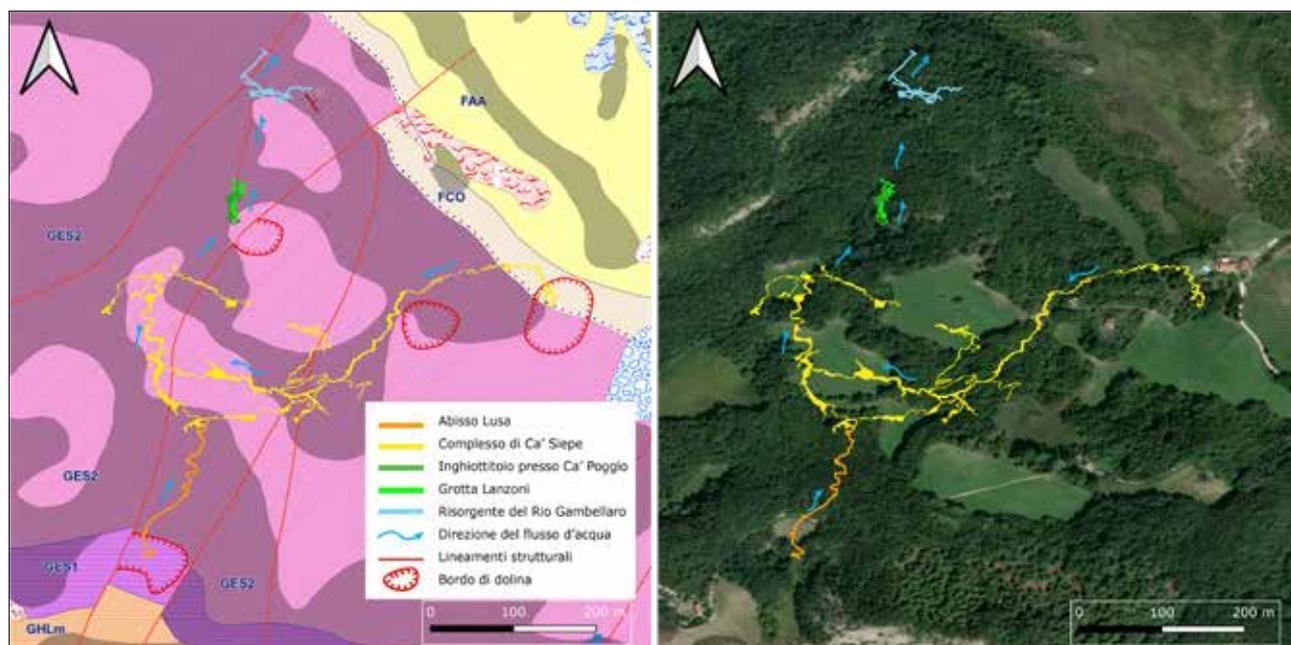


Fig. 3 – Il sistema carsico di Monte del Casino in pianta su carta geologica della Regione Emilia-Romagna 1:10.000 (a sinistra): GHL: Formazione dei Ghioli di Letto; GES: Formazione Gessoso-solfifera; FCO: Formazione a Colombacci; FAA: Formazione Argille Azzurre. A destra è riportata l'immagine satellitare della stessa area (ESRI satellite images).

condo banco è facilmente riconoscibile per la peculiare facies sedimentaria caratterizzata da macrocristalli di gesso immersi in una matrice stratificata costituita da carbonato di calcio e gesso microcristallino (fig. 4). Da notare la presenza di grandi cristalli di gesso secondario immersi in un deposito argilloso tra il terzo e il secondo banco (fig. 4).

In pianta la grotta presenta un andamento pressoché rettilineo in direzione nord/nord-est concorde con i principali lineamenti geologici locali che delimitano la sella di Ca' Budrio, a conferma dell'importanza del controllo strutturale nella sua evoluzione speleogenetica (fig. 3).

Nel 1992 gli speleologi della Ronda Speleologica Imolese hanno effettuato il collegamento tra l'Abisso Lusa e il complesso di Ca' Siepe (da ora in avanti indicheremo solamente con Ca' Siepe la grotta di cui ER RA 130 e ER RA 365 rappresentano i due ingressi principali, ai quali ne va aggiunto un terzo aperto nella dolina di Ca' Calvana nel 1997) (ZAMBRINI *et alii* 2001). Quest'ultima costituisce la grotta più estesa e più importante dell'intero sistema carsico di Monte del Casino, con un'estensione superiore a 3 km (BENTINI 2003). La cavità è facilmente raggiungibile dall'ingresso che si apre sul fondo della dolina nei pressi di Ca' Calvana a quota 266 m s.l.m., in prossimità del crinale spartiacque tra il bacino del Senio e quello del Santerno. In pianta si sviluppa secondo due direzioni principali perpendicolari tra loro con andamento sud/sud ovest e est-ovest (fig. 3). Mentre la prima direzione è concorde ai lineamenti strutturali locali, la seconda non trova corrispondenza con quanto riportato sulla carta geologica della Regione Emilia-Romagna, ma corrisponde con la direzione di giacitura dei banconi evaporitici e potrebbe suggerire la presenza di un sistema di fratturazione secondario orientato est-ovest.

Particolarmente interessante risulta essere la direzione del flusso delle acque attraverso il collettore principale che, partendo dall'ingresso di Ca' Calvana si dirige in direzione sud/sud-ovest, in contropendenza rispetto alla giacitura dei banchi evaporitici. La galleria ha un andamento a zig-zag che alterna tratti in cui si presenta uniforme e scavata interamente nella parte superiore di un banco di gesso, che con buona probabilità dovrebbe corrispondere al secondo, a tratti in cui viene intercettato l'interstrato, mettendo così a nudo la base del bancone sovrastante (presumibilmente il terzo) che immerge a nord con una pendenza di 20-25°. Alla quota di circa 146 m s.l.m. è stato riscontrato un possibile livello di stazionamento, associato ad un soffitto dalla pianta circolare e perfettamente piano (fig. 5), morfologia osservata anche nella Grotta Lanzoni, facente parte dello stesso sistema carsico, alla quota di circa 253 m s.l.m. La galleria presenta chiari segni di

alluvionamento e successiva incisione dei sedimenti avvenuta in tempi relativamente recenti, in quanto i sedimenti che si trovano ancora ai lati della galleria contengono reperti successivi all'epoca romana. Nella parte sommitale è possibile scorgere, a tratti alterni, un canale di volta, formatosi probabilmente in seguito al completo alluvionamento di questa parte di grotta. In corrispondenza dell'incrocio di due distinti lineamenti strutturali, si incontrano, a partire dal collettore principale, diramazioni ascendenti con uno sviluppo quasi labirintico. In sinistra idrografica si accede al Ramo delle Risalite, esplorato nel 1995, il quale, dopo un breve cunicolo che si sviluppa lievemente inclinato in direzione del collettore principale, prosegue attraverso una serie di pozzi verticali attraversando zone a meandro e aree in frana (ZAMBRINI *et alii* 2001). In destra idrografica si accede invece al Ramo dei Fiori, esplorato nel 1991 e così chiamato per vie delle numerose infiorescenze di gesso (GARELLI 1992; ZAMBRINI *et alii* 2001). Da qui si raggiungono i Rami Alti che portano al Traversone (o "Grande Meandro"), il quale si sviluppa lungo un lineamento strutturale principale alla quota di circa 270 m s.l.m. Superato il Traversone, si accede ad un pozzo profondo 29 m particolarmente concrezionato e descritto da Massimo Liverani e Loris Garelli. Proseguendo lungo il ramo principale, si giunge invece ad un piccolo laghetto (caposaldo D106 del rilievo allegato al presente volume). Ritornando al collettore principale, sempre in quest'area di incrocio di lineamenti strutturali, si può accedere ad una galleria ascendente lungo l'interstrato che conduce ad una serie di pozzi completamente privi di concrezioni calcitiche, che portano all'ingresso ER RA 365. Quest'area strutturalmente caotica coincide, infine, con un brusco cambiamento di direzione del collettore principale che si imposta lungo un lineamento che gli impone il drenaggio delle acque in direzione ovest (fig. 3). Contestualmente al cambio di direzione si osservano variazioni anche nella morfologia del collettore stesso. Il ramo che proveniva da Ca' Calvana, caratterizzato da ambienti relativamente uniformi e di piccole dimensioni, si amplia, aumentano le concrezioni nel letto del torrente e si alternano ambienti meandriformi ad altri più ampi caratterizzati da un'elevata instabilità e crolli diffusi, a testimoniare l'intensa fratturazione dell'ammasso roccioso sovrastante. La galleria prosegue chiaramente all'interno della parte basale del secondo banco del ciclo evaporitico, caratterizzato da un'inconfondibile *facies* sedimentaria, e al contatto con il banco sottostante, di cui si possono riconoscere i grandi cristalli prismatici di gesso. Quasi in corrispondenza della confluenza delle acque provenienti dall'Abisso Lusa con il collettore di Ca' Siepe, si osserva un nuovo brusco cambio di dire-



Fig. 4 – In alto: grandi cristalli di gesso secondario immersi in un deposito argilloso all'interno dell'Abisso Lusa. A sinistra: *facies* caratteristica del secondo banco della successione evaporitica fotografata all'interno dell'Abisso Lusa (foto F. Budini).

zione. Da qui in poi la grotta si imposta in direzione nord/nord-est, organizzandosi su due livelli sovrapposti con una differenza di quota di circa 10 m (GARELLI 1992; ZAMBRINI *et alii* 2001). Dal ramo attivo, più basso, le acque vengono drenate verso l'Inghiottoio presso Ca' Poggio il quale, insieme alla Grotta Lanzoni, segue una direzione principale verso nord (fig. 3).

La Grotta di Ca' Poggio (ER RA 375) si apre sul fondo dell'omonima dolina alla quota di 268 m s.l.m. e raggiunge la profondità di circa 80 m. La cavità è caratterizzata da uno sviluppo prevalentemente verticale con pozzi che si alternano a gallerie di interstrato che non permettono di identificare eventuali livelli sub-orizzontali. Questa cavità è collegata alla Grotta Lanzoni (ER RA 619), che si apre poco lontano dalla dolina di Ca' Poggio alla quota di 259 m s.l.m. ed è caratterizzata da un livello sub-orizzontale che si incontra pochi metri dopo l'ingresso e si sviluppa alla quota di circa 250 m s.l.m. Qui si osserva la presenza di un soffitto piatto e livelli di stazionamento simili a quelli osservati nel ramo di Ca' Calvana alla quota di circa 246 m s.l.m. In questa porzione di grotta sono state campionate delle concrezioni in posto la cui datazione ci fornirà elementi utili a ricostruire le tempistiche di formazione del sistema carsico.

Le acque che raggiungono il fondo della Grotta di Ca' Poggio, defluiscono infine verso la risorgente del Rio Gambellaro (ER RA 123). La risorgente, conosciuta dai contadini locali con il nome "la Punghina" o "E' bus d'Bandèn", perché per un periodo vi furono nasosti dei bovini rubati da parte di un locale (ZAMBRINI *et alii* 2001), è facilmente accessibile e termina in un sifone completamente allagato da dove giungono le acque dell'intero sistema carsico. Questa risorgente si trova a quota di 177 m s.l.m. ed ha uno sviluppo prevalentemente sub-orizzontale. In pianta segue principalmente la stessa direzione verso nord sulla quale si sviluppa Ca' Poggio, con una deviazione ad arco in direzione sud-est (fig. 3). Alla quota di 189 m s.l.m., un breve cunicolo sub-orizzontale conduce verso l'esterno, a suggerire un possibile livello fossile dell'attuale risorgente. Come già accennato sopra, la formazione delle grotte epigeniche nei gessi messiniani è fortemente influenzata dalla presenza di lineamenti strutturali che costituiscono delle superfici di discontinuità nell'ammasso roccioso, e, secondariamente dagli interstrati dei banchi evaporitici. Il sistema carsico di Monte del Casino non fa eccezione, impostandosi secondo le direzioni individuate dai principali lineamenti strutturali e, in alcuni casi (come nella Grotta di Ca' Poggio e in alcuni rami di Ca' Siepe) seguendo gli interstrati argillosi. Tuttavia, esiste un altro elemento che pare aver avuto un ruolo importante nello sviluppo di queste gallerie

ed è rappresentato non tanto dalla discontinuità degli interstrati argillosi, quanto dalla particolare *facies* sedimentaria del secondo banco evaporitico, all'interno del quale si sviluppa la parte terminale dell'Abisso Lusa e buona parte del collettore di Ca' Siepe. La presenza di grandi cristalli di gesso immersi in una matrice di gesso e carbonato di calcio, può aver rappresentato una superficie più facile da erodere e aver così influenzato lo sviluppo della galleria principale. Sarebbe interessante approfondire questa osservazione attraverso l'indagine di eventuali rapporti tra l'evoluzione delle gallerie delle grotte in altre aree della Vena del Gesso e le *facies* sedimentarie dei banchi evaporitici, specie in quei casi in cui non è presente un'evidente organizzazione in livelli di grotta sub-orizzontali ben distinti tra loro, come osservato nel sistema carsico del Re Tiberio (DE WAELE *et alii* 2013; COLUMBU *et alii* 2015).

Alla luce di tutte le osservazioni sopra descritte, proviamo quindi a ricostruire i passi che hanno portato allo sviluppo di questo sistema carsico. La prima domanda che sorge è: perché le acque di Ca' Siepe nel ramo di Ca' Calvana scorrono contro pendenza rispetto all'immersione dei banchi evaporitici, seguendo una direzione opposta al drenaggio principale del sistema?

Una prima spiegazione può essere trovata direttamente sulla carta geologica regionale. L'ingresso della grotta si trova difatti in prossimità del contatto tra la Formazione Gessoso-solfifera e le Formazioni Argille Azzurre e a Colombacci, che ricoprono entrambe i banconi evaporitici costituendo una superficie impermeabile che funge da soglia di impedimento alla formazione di grotte. Se andiamo a verificare la giacitura dei banchi evaporitici nei quali si sviluppa il ramo di Ca' Calvana, troveremo valori che variano tra 70 e 90°N, concordi con la direzione di impostazione di questo ramo della grotta (fig. 3). Sembra quindi plausibile che, in assenza di piani di fratturazione pervasivi, la giacitura dei banconi possa aver influito sulla direzione di flusso delle acque sotterranee. Se ci spostiamo al fondo della grotta di Ca' Siepe, è possibile osservare due livelli ben distinti, separati da un dislivello di circa 10 m, che ritroviamo anche nella risorgente del Rio Gambellaro, a suggerire la formazione di questa parte della grotta secondo due fasi ben distinte che, però non si riescono ad individuare chiaramente nel ramo di Ca' Calvana. Considerando che, secondo la teoria speleogenetica discussa in COLUMBU *et alii* (2015) e DE WAELE *et alii* (2013), i livelli principali delle grotte nei gessi messiniani si sviluppano durante le fasi climatiche fredde, è plausibile ipotizzare che il livello più basso di Ca' Siepe, che costituisce il ramo attivo, e, con buona probabilità anche il ramo di Ca'



Fig. 5 – Soffitto piatto e livello di stazionamento nel collettore di Ca' Siepe dall'ingresso di Ca' Calvana (foto K. Poletti).

Calvana, si siano formati nel corso dell'ultima fase climatica fredda che precede l'attuale interglaciale. Tale fase viene indicata come MIS2, dove "MIS" sta per Stadio Isotopico Marino (*Marine Isotope Stage*) della scala degli stadi isotopici di EMILIANI (1955; 1966), il quale riporta le variazioni climatiche globali identificate per la prima volta nelle variazioni degli isotopi stabili dell'ossigeno ($\delta^{18}\text{O}$) di carote di sedimenti oceanici, e identifica il suo picco freddo circa 20.000 anni fa. Seguendo questa linea, il livello fossile osservato al fondo di Ca' Siepe, che nella parte centrale della grotta costituirebbe la parte alta del collettore principale, si potrebbe essere formato durante un picco freddo precedente e, cioè, nel corso del MIS3 (circa 48.000 anni fa), periodo al quale è stata associata la formazione di uno dei livelli sub-orizzontali del complesso carsico del Re Tiberio (DE WAELE *et alii* 2013). I rami alti di Ca' Siepe, invece, si sarebbero potuti formare in un periodo ancora precedente, il MIS4 (circa 71.000 anni fa), anche se l'attuale presenza di un corso d'acqua e di un laghetto (vedi descrizione sopra) farebbe piuttosto pensare ad un'evoluzione più recente legata alla presenza di una soglia locale di permeabilità. Per cercare di capire meglio il quadro evolutivo del

sistema carsico, ci possiamo spostare all'esterno, per cercare indizi sull'evoluzione della valle del Santerno al cui bacino idrografico appartiene il sistema carsico di Monte del Casino. A valle dell'abitato di Borgo Tossignano (BO) appaiono in affioramento almeno 3 ordini di terrazzi fluviali, di cui i primi due sono associati al Subsistema di Ravenna (AES8) e si trovano a circa 10-15 m di dislivello rispetto all'attuale corso del fiume. I loro depositi risalirebbero agli ultimi 14.000 anni (AMOROSI *et alii* 2009). Il terzo, che si trova ad una quota di 40-60 m (circa 160 m s.l.m.) rispetto all'attuale corso del Fiume Santerno è associato al Subsistema di Villa Verucchio (RN) che, in AMOROSI *et alii* (2009), viene datato tra 125.000 e 18.000 anni fa. Questo significa che nel corso degli ultimi 100.000 anni il fondovalle del Santerno si trovava a quote inferiori rispetto all'attuale quota della Risorgente del Rio Gambellaro e non avrebbe, quindi, rappresentato un limite allo sviluppo speleogenetico verticale dell'intero sistema. Purtroppo, in questa porzione di valle del Santerno non sono preservati terrazzamenti più antichi di quelli citati. Nella valle del Senio, però, a poca distanza dal sistema in questione, si trova un terrazzamento tra le quote di circa 220 e 230 m s.l.m., chiama-

to dai locali il Monte Rosso e raggiungibile da Via Rio Raggio. Nella carta geologica dell'Emilia-Romagna è associato al Subsistema di Bazzano (BO), la cui datazione è indicata tra 230.000 e 130.000 in AMOROSI *et alii* (2009), estesa a circa 125.000 anni fa (MIS 5e) in MARABINI,VAI (2013). Il MIS 5e (125.000 anni fa) rappresenta quindi un periodo limite durante il quale la risorgente del Rio Gambellaro non poteva esistere, trovandosi a quote più basse rispetto al fondovalle di quel tempo, confermando una genesi molto recente per questa cavità. Lo stesso vale per il "fondo" di Ca' Siepe, che si trova alla quota di circa 200 m s.l.m., quindi più in basso rispetto al fondo valle di circa 125.000 anni fa. Non può essere escluso, però, che i rami alti di Ca' Siepe o alcuni proto-condotti del ramo di Ca' Calvana, dell'Abisso Lusa, della Grotta di Ca' Poggio e della Grotta Lanzoni si siano iniziati a formare proprio nel periodo freddo precedente (MIS6, 190.000 anni fa), né che esistessero dei livelli di grotta più antichi, ormai smantellati dall'erosione. I risultati delle datazioni su speleotemi carbonatici campionati sia in grotta che in ambiente esterno potranno fornirci qualche dato in più in tal senso.

Tornando al sistema carsico nel suo insieme e, nello specifico concentrandoci sui due livelli osservati al fondo di Ca' Siepe di cui uno attivo e uno fossile, distanziati verticalmente di circa 10 m, che coincide con il dislivello tra il ramo fossile della risorgente del Gambellaro e il suo ramo attivo, non si può fare a meno di notare la corrispondenza esistente tra il dislivello che c'è tra il terrazzo AES8 e il Santerno in prossimità della confluenza del Rio Gambellaro. Questo dislivello erosivo del fiume, avvenuto però nel corso degli ultimi 14.000 anni, quindi compreso interamente in un periodo di generale riscaldamento globale (interglaciale), può aver influito sull'evoluzione dei due livelli di grotta o rappresenta una semplice coincidenza? Può essere che le gallerie descritte siano addirittura più giovani di quanto proposto sopra? Potrebbe essere stato sufficiente il peggioramento climatico avvenuto durante lo Younger Dryas, avvenuto indicativamente tra 12.900 e 11.600 anni fa, per la formazione di un livello carsico in questi gessi? Sebbene non sia possibile rispondere con certezza a queste domande, anche per la scarsità di depositi terrazzati preservati in questa parte di valle del Santerno (non si può escludere la presenza di un antico fondovalle 10-15 metri sopra AES8 non preservato nel corso del tempo, dato che nella valle del Lamone lo troviamo nei pressi di Brisighella), sicuramente esse forniscono un interessante spunto di riflessione e indagine sulla complessità delle interazioni tra l'evoluzione speleogenetica in una roccia solubile come il gesso e le oscillazioni climatiche quaternarie.

Bibliografia

- A. AMOROSI, A. MARTINI, P. SEVERI 2009, *Settore di Pianura*, in *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 239, Faenza*, Roma, pp. 39-71.
- G. BELVEDERI, M.L. GARBERI 1986, *Preliminary observation on the relationships between tectonic structure and genetical development of the gypsum karst cavities (Farneto, Bologna - Italy)*, "Le Grotte d'Italia" s. IV, 12, pp. 33-37.
- L. BENTINI 2003, *I principali sistemi carsici della Vena del Gesso Romagnola e il loro condizionamento strutturale*, in *Atti del XIX Congresso Nazionale di Speleologia*, (Bologna 27-31 agosto 2003), Bologna, pp. 51-68.
- J.M. CALAFORRA 1993, *Karstologia de Yesos*, Monografia Ciencias y Tecnología, Almeria.
- A. COLUMBU, J. DE WAELE, P. FORTI, P. MONTAGNA, V. PICOTTI, E. PONS-BRANCHU, P. BAJO, J. HELLSTROM, R. DRYSDALE 2015, *Gypsum caves as indicators of climate-driven river incision and aggradation in a rapidly uplifting region*, "Geology" 43, 6, pp. 539-542.
- A. COLUMBU, V. CHIARINI, J. DE WAELE, R. DRYSDALE, J. WOODHEAD, J. HELLSTROM, P. FORTI 2017, *Late quaternary speleogenesis and landscape evolution in the northern Apennine evaporite areas*, "Earth Surface Processes and Landforms" 42, 10, pp. 1447-1459.
- G.P. COSTA 1987, *Rapporti tra tettonica e speleogenesi nei Gessi di Rontana e Castelnuovo: prospettive di lavoro*, "Ipogea" 1986-1987, (Bollettino del Gruppo Speleologico Faentino), pp. 4-5.
- G.P. COSTA, P. FORTI 1994, *Morfologia e carsismo*, in U. BAGNARESI, F. RICCI LUCCHI, G.B. VAI (a cura di), *La Vena del Gesso*, Bologna, pp. 83-117.
- J. DE WAELE 2010, *Speleogenesi del Complesso carsico Rio Stella-Rio Basino*, in P. LUCCI, P. FORTI (a cura di), *Il Progetto Stella-Basino*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XXIII), Bologna, pp. 95-108.
- J. DE WAELE, P. FORTI, A. ROSSI 2011, *Il carsismo nelle evaporiti dell'Emilia-Romagna*, in P. LUCCI, A. ROSSI (a cura di), *Speleologia e geositi carsici in Emilia-Romagna*, Bologna, pp. 25-59.
- J. DE WAELE, F. FABBRI, P. FORTI, P. LUCCI, S. MARABINI 2013, *Evoluzione speleogenetica del sistema carsico del Re Tiberio (Vena del Gesso Romagnola)*, in M. ERCOLANI, P. LUCCI, S. PIASTRA, B. SANSA-

- VINI (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. 81-113.
- J. DE WAELE, L. PICCINI, A. COLOMBU, G. MADONIA, M. VATTANO, C. CALLIGARIS, I.M. D'ANGELI, M. PARISE, M. CHIESI, M. SIVELLI, B. VIGNA, L. ZINI, V. CHIARINI, F. SAURO, R.N. DRYSDALE, P. FORTI 2017, *Evaporite karst in Italy: a review*, "International Journal of Speleology" 4, 2, pp. 137-168.
- C. EMILIANI, 1955, *Pleistocene temperatures*, "The Journal of Geology" 63, 6, pp. 538-578.
- C. EMILIANI 1966, *Isotopic paleotemperatures*, "Science" 154, 3751, pp. 851-857.
- L. GARELLI 1992, *Rio Gambellaro, ora so dove nasci*, "Speleologia Emiliana" XVIII, 3, pp. 15-20.
- A.B. KLIMCHOUK 2019, *Gypsum caves*, in W.B. WHITE, D.C. CULVER, T. PIPAN (Eds.), *Encyclopedia of Caves*, New York, pp. 485-495
- S. LUGLI, V. MANZI, M. ROVERI, B.C. SCHREIBER 2015, *The deep record of the Messinian salinity crisis: Evidence of a non-desiccated Mediterranean Sea*, "Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology" 433, pp. 201-218.
- S. MARABINI, G.B. VAI 1985, *Analisi di facies e macro-tettonica della Vena del Gesso in Romagna*, "Bollettino della Società Geologica Italiana" 114, pp. 21-42.
- S. MARABINI, G.B. VAI 2013, *Gli antichi fondovalle della Vena del Gesso nei dintorni di Monte Tondo (Romagna Occidentale)*, in M. ERCOLANI, P. LUCCHI, 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. 15-44.
- L. PISANI, M. ANTONELLINI, J. DE WAELE 2019, *Structural control on epigenic gypsum caves: evidences from Messinian evaporites (Northern Apennines, Italy)*, "Geomorphology" 332, pp. 170-186.
- M. REGHIZZI, S. LUGLI, V. MANZI, M. ROVERI 2019, *Aspetti geologici dei gessi di Monte Mauro*, in M. COSTA, P. LUCCHI, S. PIASTRA (a cura di), *I Gessi di Monte Mauro. Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso romagnola*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XXX-IV), Bologna, pp. 17-34.
- 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, 4, pp. 387-405.
- A. ZAMBRINI, M. LIVERANI, L. GARELLI 2001, *Il complesso carsico di Ca' Siepe: quattro chilometri di gallerie sotto la Vena del Gesso*, "Pagine di vita e storia imolesi" 8, pp. 289-300.