

## IL RECUPERO DI RESTI FOSSILI DI VERTEBRATI DELL'EOCENE SUPERIORE NELLA GROTTA DEI MULINI DI ALONTE (VICENZA)

FRANCESCO BOARIA\*, MAURIZIO DA MEDA\*, FRANCO GIORDANI\*, FRANCESCO MARCHESINI\*  
DIEGO MASSIGNAN\*, PAOLO MIETTO\*\*, LAURA NICOLINI\*\*\*, NEREO PRETO\* \*\* \*\*\*\*\*

\* Gruppo Grotte G. Trevisiol, CAI sezione di Vicenza, Contrà Porta Santa Lucia, 95 - 36100 Vicenza, Italia

\*\* Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova, Via Gradenigo, 6 - 35131 Padova, Italia

\*\*\* Gruppo Grotte Schio, CAI sezione di Schio, Via A. Rossi, 8 - 36015 Schio (Vicenza), Italia

\*\*\*\* Corresponding author: Nereo Preto, e-mail: nereo.preto@unipd.it

**key words:** *Prototherium*, Eocene, Veneto, grotta, *Konzentrat-Lagerstätten*

### RIASSUNTO

Nella Grotta dei Mulini di Alonte, Berici meridionali, provincia di Vicenza, sono stati rinvenuti resti fossili di vertebrati. Il giacimento fossilifero si trova in una parte interna della grotta, oltre un sifone che richiede tecniche di speleosubacquea per essere superato. In questo lavoro, si riportano i dettagli delle tecniche di recupero e delle procedure di sicurezza adottate per estrarre dalla grotta fossili di vertebrati e campioni di sedimento sufficienti per uno studio geologico e paleontologico del giacimento. Le difficoltà del recupero sono dovute allo sviluppo notevole della grotta, alla presenza di tratti sommersi e alla atmosfera di grotta spesso carente di ossigeno.

Sono stati recuperati resti di vertebrati da 34 siti all'interno della grotta. I fossili sono stati puliti sommariamente e depositati presso il Museo Civico "Zannato" di Montecchio Maggiore. Inoltre, sono stati raccolti 4 campioni di sedimento che sono stati osservati al microscopio.

I fossili di vertebrati sono sistematicamente ricoperti da una patina nerastra, probabilmente composta da ossidi e idrossidi di ferro e manganese ("Wad"). Sono associati a un sedimento contenente ciottoli di quarzo e minerali opachi come ilmenite e/o magnetite. Si ritiene che questo deposito sia prodotto dal rimaneggiamento e trasporto di una unità dell'Oligocene superiore informalmente nota come "saldame", che non è presente nella roccia incassante o nella copertura sedimentaria sovrastante il sistema carsico.

I resti fossili non sono stati ancora studiati, ma è possibile distinguere due gruppi di resti. I primi, isolati dalla dissoluzione carsica e provenienti dalla roccia incassante di età eocenica superiore, sono costituiti da vertebrati marini e dominati da *Prototherium* sp. Un altro gruppo di resti sono probabilmente fluitati assieme al sedimento e comprendono anche vertebrati terrestri, di età più recente.

I dati preliminari sul fenomeno carsico, sui depositi e concrezioni di grotta e sui fossili di vertebrati vengono discussi con lo scopo di identificare alcune possibili future linee di ricerca sul giacimento della Grotta dei Mulini di Alonte, che viene qui identificato come un caso peculiare di *Konzentrat-Lagerstätten*, alla cui formazione hanno concorso sia l'intensa dissoluzione carsica che i meccanismi di trasporto e rimaneggiamento del sedimento nel sistema carsico.

### ABSTRACT

Remains of fossil vertebrates have been found in the Mulini di Alonte Cave, southern Berici Hill, Vicenza Province. The fossils are concentrated in an inner part of the cave, after a submerged passage. The cave diving techniques and safety procedures adopted to collect the fossils is here described in detail. The special difficulties of this collection operation were related to the long trait of cave to be covered, the existence of submerged passages, and the low oxygen concentration of the cave atmosphere.

A representative collection of fossils from 34 sites, and 4 sediment samples, were extracted from the cave and are now stored at the "Zannato" museum in Montecchio Maggiore. All fossils are coated by a blackish varnish, possibly made of Fe and Mn oxides and hydroxides ("Wad"), and are associated to a cave sediment with quartz pebbles, ilmenite and/or magnetite. This sediment is possibly reworked from a late Oligocene lithostratigraphic unit that is not present in the substrate above the cave.

The fossil vertebrates still await a taxonomic study. However, it is possible to already identify two groups. A first group is made of late Eocene marine vertebrates, dominated by *Prototherium* sp., which were isolated from the rock substrate by karstic dissolution. Another group is comprised of diverse, younger and partly terrestrial vertebrates, probably reworked along with the cave sediment. Preliminary observations on karst, speleothems and the fossil vertebrates are discussed with the aim of providing insights on future research directions. The fossils of Mulini di Alonte Cave were deposited in a special type of *Konzentrat-Lagerstätten*, which formation required both intense karstic dissolution, reworking and transport of sediment within the karst system.

### INTRODUZIONE

Nel 2012 gli speleosubacquei del Gruppo Grotte "G. Trevisiol" del CAI di Vicenza, coinvolti nel Progetto "Mugnaio cercasi" patrocinato dalla Federazione Speleologica Veneta, riuscivano a superare un sifone nella Grotta dei Mulini di Alonte (Vicenza), emergendo in nuove gal-

lerie non completamente allagate. I risultati della prima fase del progetto, concluso nel 2017, sono riportati estesamente in Gelain (2017).

Le esplorazioni che si sono susseguite, e che sono ancora in corso, hanno portato alla scoperta di un vasto e com-

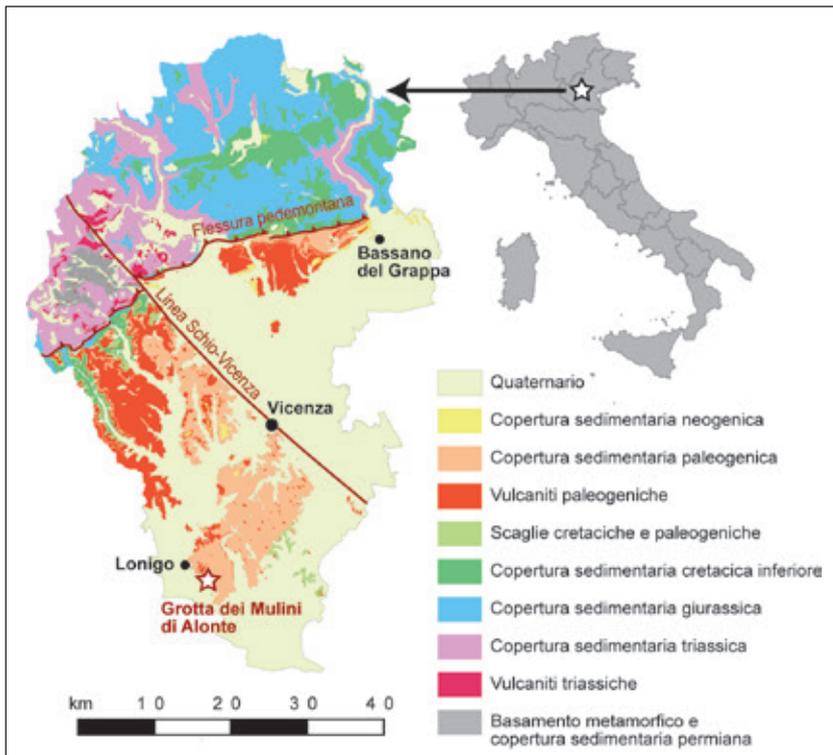


Fig. 1 - Posizione della Grotta dei Mulini di Alonte e carta geologica semplificata della provincia di Vicenza. Modificato da Frisone et al. (2018). La carta geologica è una elaborazione da <http://gisgeologia.regione.veneto.it/>, autore: Regione Veneto, Sezione Geologia e Georisorse, Open Data License 2.0 (<https://www.dati.gov.it/content/italian-open-data-license-v20>).

plesso sistema di gallerie percorse da un torrente ipogeo, alimentato dal sovrastante altopiano roccioso di natura carsica, appartenente ai Colli Berici sud occidentali.

Durante l'esplorazione, nei depositi alluvionali fangoso-sabbiosi oltre il sifone sono stati osservati numerosi resti fossili appartenenti a vertebrati. Inizialmente, si erano identificati i fossili più comuni come costole di sirenidi. La maggior parte dei fossili provengono nella matrice rocciosa, mentre altri si rinvenivano solamente isolati, e giacciono sul pavimento della grotta assieme a frammenti centimetrici-decimetrici di roccia e sedimenti sabbioso-argillosi. I resti fossili ed alcuni altri elementi del sedimento appaiono ricoperti da una patina nera simile al "Wad", che conferisce un colore nero lucido di grande valenza estetica.

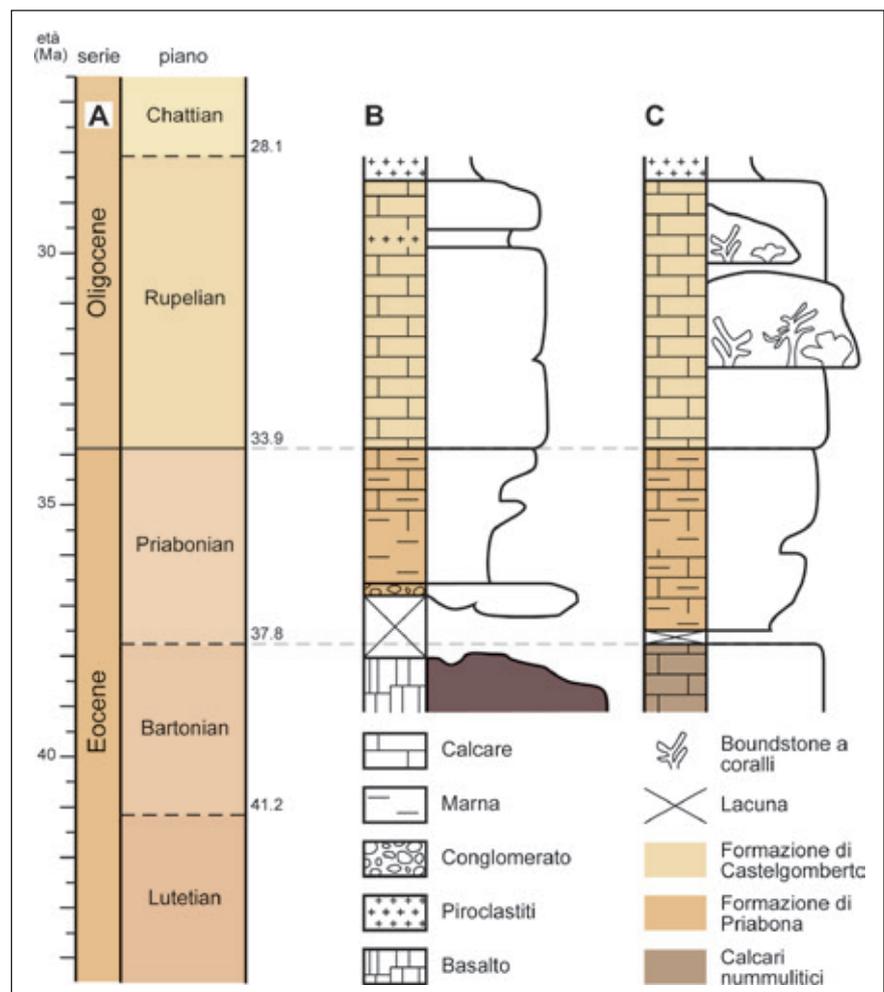
Sentito il parere della Dott.ssa Viviana Frisone, conservatrice della sezione geo-paleontologica del Museo Civico "Zannato" di Montecchio Maggiore, del dott. Roberto Zorzin, conservatore della sezione geo-paleontologica del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, del prof. Paolo Mietto, già docente di geologia stratigrafica presso l'Università degli Studi di Padova, a cui si associa il prof. Nereo Preto, docente del Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova e socio del Gruppo Grotte G. Trevisiol, si è quindi proceduto alla richiesta di recupero dei reperti alla Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Verona, Rovigo e Vicenza, prima che i reperti stessi venissero rimaneggiati o danneggiati dalle piene del torrente ipogeo. L'autorizzazione al recupero veniva concessa il 21 aprile 2016, protocollo 0004881, subordinata alla rinuncia al premio di rinvenimento da parte dei soggetti coinvolti, ed alla conferma della procedura di recupero e del piano di sicurezza presentato.

Trovare dei fossili in una grotta è cosa normale, ma recuperarli oltre una zona completamente allagata è cosa eccezionale. Oltre alle problematiche proprie dell'ambiente ipogeo, si aggiungono quelle connesse all'immersione speleosubacquea. In questo lavoro, viene descritta nel dettaglio la procedura di recupero di resti fossili di vertebrati dalla Grotta dei Mulini di Alonte, e si segnalano in via preliminare alcuni dei reperti recuperati.

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

La grotta dei Mulini di Alonte è situata nei Colli Berici sud-occidentali, presso contrada Mulini nel comune di Alonte (fig. 1). Nel catasto delle Grotte del Veneto (<http://www.catastogrotteveneto.it/>), la grotta è registrata con il numero 0350 V VI, ed è marcata al suo ingresso con una placchetta metallica numerata 3851. L'ingresso (coordinate WGS84: N 45,370833 - E 11,428833) si affaccia a ovest verso l'area di Lonigo alla quota di 52 metri, vale a dire poche decine di metri al di sopra della pianura. Poco al di sotto della grotta è presente una sorgente carsica, di cui la grotta costituisce un troppopieno. L'acqua della sorgente viene intercettata all'interno della grotta, sgorga pochi metri al di sopra della pianura, e forma una piccola cascata con concrezioni di travertino. Nell'area di Alonte i rilievi collinari sono costituiti prevalentemente da calcari di epoca eocenica. Nei dintorni della grotta, i termini stratigrafici più bassi sono *grainstone* bioclastici in strati metrici contenenti grandi nummuliti, e talora echinoidi irregolari in connessione anatomica o frammenti, intercalati a depositi piroclastici e tuffi stratificate e mal cementate. Queste unità sono qui attribuite, in via dubitativa, al piano Bartoniano (Eocene medio). I calcari a grandi nummuliti fanno parte dell'unità lito-

Fig. 2 - Successione stratigrafica dell'area di studio. **A:** Schema cronostratigrafico tratto da Gradstein et al. (2012), con modifiche. **B:** Successione stratigrafica tipica dei Lessini Vicentini e Berici occidentali, in cui la Formazione di Priabona poggia su basalti alterati di età bartoniana. **C:** Successione stratigrafica tipica dei Berici orientali, in cui la Formazione di Priabona poggia sui "Calcari Nummulitici". Nei dintorni di contrada Mulini presso Alonte, la Formazione di Priabona si trova poggiare sia su calcari (es. all'ingresso della grotta) che su piroclastiti eoceniche (es. Cava di Alonte).



stratigrafica informale dei "Calcari Nummulitici", che è presente in tutta l'area dei Berici e Lessini vicentini (e.g., Fabiani, 1910; Malaroda, 1967). Sopra ai Calcari Nummulitici, con un contatto netto ma apparentemente non discordante né erosivo, sono presenti *rudstone* fossiliferi ricchi di resti di molluschi, che passano gradatamente verso l'alto a *grainstone-floatstone* con macroforaminiferi (prevalentemente nummulitidi e orthophragminidi) e altri bioclasti. Tutta la Grotta dei Mulini di Alonte si sviluppa all'interno di queste unità, che vanno attribuite alla porzione inferiore della Formazione di Priabona, che ha età priaboniana (ca. 38-34 Ma). La presenza di abbondanti clasti basaltici riscontrati nei sedimenti di grotta indica tuttavia che, almeno localmente, fra i Calcari Nummuliti e la Formazione di Priabona si interpongono rocce basaltiche, così come si osserva poco a nord della grotta in territorio di Sarego (Mietto, 1988, 2003). In questo caso la porzione basale della Formazione di Priabona - "orizzonte a *Cerithium diaboli*" di Fabiani (1910) - risulta equivalente, dal punto di vista litostratigrafico, al conglomerato basale trasgressivo che, nell'area tipo della formazione, marca la base della successione priaboniana. In alternativa, corpi discordanti contenenti basalto (dicchi o camini vulcanici) potrebbero tagliare la Formazione di Priabona. Nelle esplorazioni della Grotta dei Mulini di Alonte, tuttavia, non sono stati ancora osservati basalti in posto, né in giacitura concorde alla base della successio-

ne priaboniana, né discordanti. La successione nei dintorni di contrada Mulini di Alonte è riassunta in figura 2.

#### LA GROTTA DEI MULINI DI ALONTE

La sorgente dei Mulini di Alonte è un elemento idrologico noto da moltissimo tempo, e risulta citata ad esempio da Maccà (1813). Anche la Grotta dei Mulini è storicamente conosciuta dagli speleologi, e viene segnalata ad esempio da Fabiani (1902); Da Schio *et al.* (1947); Allegranzi *et al.* (1965); Mietto & Sauro (1989); Club Speleologico Proteo Vicenza (2003); Gelain (2017).

La Grotta dei Mulini di Alonte e la sorgente adiacente sono considerati la più importante sorgente carsica dei Colli Berici (e.g., Dal Molin, 2003). È in effetti una grotta sostanzialmente orizzontale, collegata idrologicamente alla sorgente dei Mulini adiacente all'ingresso della grotta. L'ingresso è una nicchia molto ampia, che può essere interpretata come una sorgente inattiva, e che prosegue dopo una breve discesa in uno stretto cunicolo riempito di acqua ferma e spesso sifonante. Dopo alcune decine di metri, si giunge a un bivio tra il ramo destro, più lungo, e il ramo sinistro che giunge a un tratto inattivo e perennemente in secca, elevato di pochi metri rispetto al primo. Entrambi si collegano con un ramo attivo, che solo recentemente gli speleosubacquei del Gruppo Speleologi Malo hanno potuto provare essere lo stesso, collegato da un tratto sifonante (Gelain, 2017). Il ramo

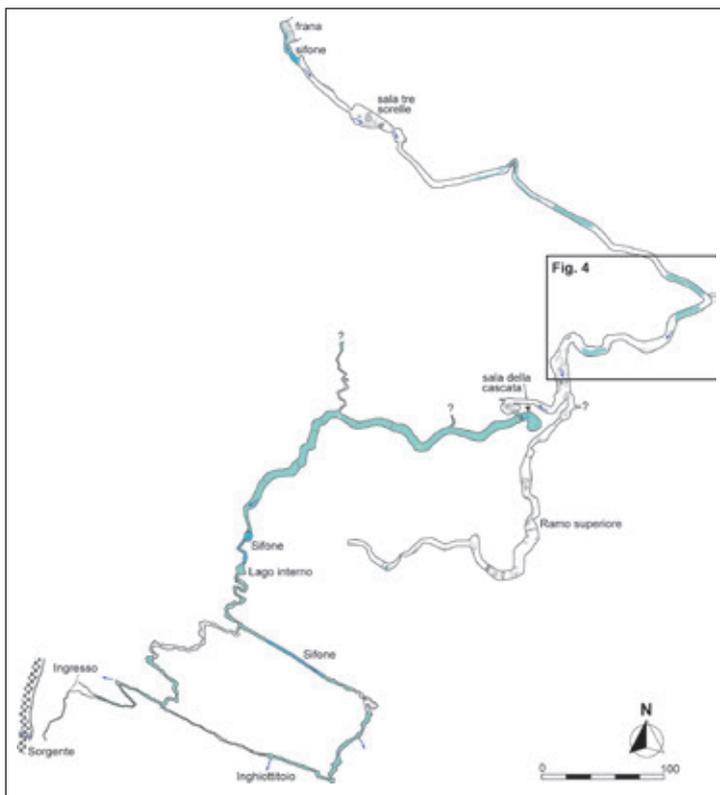


Fig. 3 - rilievo semplificato della Grotta dei Mulini di Alonte, aggiornato a Dicembre 2018.

attivo è percorso da un torrente perenne che poi alimenta la sorgente dei Mulini, e che origina da un laghetto interno. Fino a questo punto, lo sviluppo rilevato della grotta risulta di 794 m (Gelain, 2017).

Le recenti esplorazioni speleosubacquee hanno incrementato di molto lo sviluppo, che al momento (Dicembre 2018), aggiungendo il sifone del laghetto interno e le gallerie presenti oltre sifone, risulta di oltre 2.3 chilometri (fig. 3). Il nuovo rilievo è stato realizzato con strumenti digitali per il tratto prima del sifone (telemetro laser Leica Disto X310 con scheda elettronica sostituita ad hoc per rilievo speleologico), e con cordella metrica e bussola nel tratto oltre il sifone. La morfologia delle gallerie oltre sifone risulta distinta da quella dei passaggi prima del sifone, se non altro per le dimensioni molto maggiori. Mentre per alcuni tratti la progressione prima del sifone richiede di strisciare o procedere carponi, i corridoi oltre sifone sono larghi mediamente più di 5 metri, e la volta è intorno a 10 metri dal piano di calpestio. La sezione delle gallerie è prevalentemente rettangolare o evidenzia scalinate in corrispondenza a bancate di strato (fig. 4). Sono presenti localmente crolli, anche se per la maggior parte del percorso il fondo della grotta è in roccia, o è ricoperto da sedimento fine (prevalentemente fango).

Oltre sifone, la cavità è riccamente concrezionata (fig. 5). Sono presenti stalattiti, stalagmiti e colonne plurimetrie in più punti della grotta. Il pavimento è spesso coperto da colate, e varie parti delle volte sono ornate da capelli d'angelo, come in nessun'altra cavità dei Berici. Molte delle concrezioni però, e soprattutto quelle a pavimento, mostrano chiari segni di dissoluzione. Sono frequenti le

stalagmiti sospese su monconi di roccia, dove la dissoluzione carsica ha sottratto buona parte del substrato sul quale la stalagmite era cresciuta. Questo fenomeno di dissoluzione post-concrezionamento è evidente anche nel tratto di grotta che si sviluppa prima del sifone.

L'atmosfera all'interno della Grotta dei Mulini di Alonte è anomala, e in particolare è eccessivamente ricca di anidride carbonica e povera di ossigeno. Questo è probabilmente dovuto alla sua conformazione, con un solo ingresso conosciuto e senza variazioni significative di quota lungo tutto il suo sviluppo. In una visita ad aprile 2016, il contenuto di CO<sub>2</sub> dell'atmosfera di grotta è stato analizzato con uno strumento CORA (Luetscher *et al.*, 2012), ed è risultato superare il 3,5% (fig. 6). Per confronto, l'atmosfera esterna contiene lo 0.04% di CO<sub>2</sub>.

In altre occasioni non è stato possibile misurare il contenuto di CO<sub>2</sub>, ma è stato rilevato il contenuto di ossigeno tramite un sensore di sicurezza BW Technologies GasAlert extreme. Il tenore di ossigeno in grotta si è rivelato essere sempre al di sotto del contenuto atmosferico normale (20.9%), ma estremamente variabile (tab. 1). Gelain (2017) riporta un contenuto medio di ossigeno del 17.4%, che probabilmente si riferisce all'anno precedente

la pubblicazione. Il dato di maggio 2018, prossimo a quello dell'atmosfera normale, segue un lungo periodo di piogge intense, ma in una successiva esplorazione gli speleosubacquei hanno di nuovo accusato eccessivo affaticamento, il che suggerisce che il contenuto di ossigeno nell'aria di grotta fosse probabilmente di nuovo calato.

## TECNICA DI PROGRESSIONE SPELEOLOGICA E SPELEOSUBACQUEA

Il recupero dei fossili dei Mulini di Alonte è stato una operazione probabilmente unica nel suo genere, a causa delle difficoltà tecniche nel raggiungere il sito, che si trova a oltre 500 metri di distanza da un sifone interno alla grotta (fig. 3). Il sifone della Grotta dei Mulini di Alonte ha una lunghezza di 70 m con una profondità massima di 7 m, e si raggiunge dopo aver percorso circa 300 m di gallerie parzialmente allagate e particolarmente fangose, che rendono difficoltosi la progressione e il trasporto delle attrezzature. Il fondo del sifone è coperto di sedimenti fini, per cui nel percorrerlo la visibilità si riduce a zero in pochi secondi.

Per minimizzare i rischi, le giornate di recupero sono state organizzate in modo dettagliato, e la squadra speleosubacquea ha seguito una procedura di sicurezza, codificata in fase di progettazione del recupero.

Il recupero dei resti fossili è avvenuto in due uscite, il 24 luglio e il 24 settembre del 2017. In ogni uscita sono stati coinvolti 3 speleosubacquei, che hanno superato il sifone e raggiunto il sito fossilifero; 12-14 speleologi portatori, che hanno percorso la grotta fino al sifone; 3 persone di supporto logistico esterno alla grotta. Le attrezzature

Tab. 1 - Valori rilevati del contenuto percentuale di ossigeno nell'atmosfera di grotta. Nella visita del 25 aprile 2016, è stato misurato solo il contenuto di CO<sub>2</sub> con un dispositivo CORA (Fig. 6). Il contenuto di ossigeno è stato stimato da questa misura, secondo due scenari estremi in cui la CO<sub>2</sub> avesse sostituito solamente ossigeno (concentrazione più bassa) oppure che il rapporto atmosferico N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> si fosse conservato nell'atmosfera di grotta (concentrazione più alta).

<i>Data</i>	<i>Contenuto di O<sub>2</sub> (%)</i>	<i>Note</i>
11 maggio 2015	16.3	BW GasAlert
? 2016	17.2 – 17.6	Da Gelain (2017)
25 aprile 2016	17.4 – 20.1	Stimato da pCO <sub>2</sub>
23 luglio 2017	18.0	BW GasAlert
6 gennaio 2018	18.0	BW GasAlert
7 maggio 2018	20.5	BW GasAlert

speleosubacquee necessarie a superare il sifone (es. bombole, erogatori) sono pesanti ed ingombranti, e dovevano essere trasportate attraverso la grotta fino al sifone. Nella via del ritorno, oltre al trasporto della attrezzatura, anche i reperti dovevano essere recuperati. Questo ha giustificato la necessità di disporre di un nutrito gruppo di supporto agli speleosubacquei.

In ognuna delle uscite, gli speleosubacquei sono stati accompagnati in ingresso da un gruppo di 6-7 speleologi portatori. In questo modo, gli speleosubacquei hanno potuto affrontare il sifone senza essere già provati fisicamente. I portatori sono quindi usciti, e sono stati sostituiti da una seconda squadra di 6-7 speleologi, entrata in grotta alcune ore dopo. Questi hanno atteso gli speleosubacquei di ritorno al sifone e hanno preso in carico i reperti e le attrezzature. La squadra speleosubacquea era composta da 3 elementi in modo che in caso di incidente uno potesse rimanere con l'infortunato, e l'altro uscire e dare l'allarme - evenienza che per fortuna non si è mai verificata.

Tutti gli speleosubacquei erano formati e brevettati alle tecniche specifiche, ognuno aveva l'esperienza appropriata per affrontare il percorso subacqueo, a tratti angusto, anche in assenza di visibilità. Le immersioni sono state effettuate impiegando ed applicando le attrezzature, tecniche e procedure della speleosubacquea europea. Tutti gli operatori speleosubacquei hanno indossato mute per ridurre i problemi di ipotermia; viste le temperature piuttosto alte della grotta (> 13 °C: Gelain, 2017), non è stato necessario l'uso sistematico di mute stagne. Dell'attrezzatura fanno parte anche due bombole indipendenti, contenenti aria compressa a 200 bar, ognuna dotata di un erogatore e manometro di controllo. Le luci sono posizionate su un caschetto protettivo. Tutto il percorso subacqueo è stato attrezzato con un "filo di Arianna" (treccia di nylon di diametro 4 mm) fissato alle pareti del sifone ad ogni cambio di direzione. Esso segna inequivocabilmente il percorso, ed è stato necessario in particolare con le condizioni di visibilità nulla del ritorno. È stata predisposta una linea telefonica interno - esterno in modo da essere sempre in contatto con gli operatori. In una uscita preparatoria, erano state predisposte nei pressi della zona di ricerca dotazioni di emergenza e sopravvivenza oltre sifone, quali viveri, teli termici, bevande, aria e una bom-

bola di ossigeno terapeutico in caso di malori dovuti alla respirazione dell'atmosfera modificata, e un fornello da campo.

In corrispondenza di un dislivello verticale del percorso è stata installata una scaletta a pioli in acciaio inox ed alcuni tratti sono stati attrezzati con corde fisse di sicurezza.

Un elemento ulteriore di difficoltà e rischio nell'operazione di recupero era legato ai bassi tenori di ossigeno registrati in grotta. È bene ricordare che la Grotta dei Mulini di Alonte è frequentata da tempo dagli speleologi (e.g., Club Speleologico Proteo Vicenza, 2003; Gelain, 2017), e finora non si erano mai registrati infortuni o problemi legati all'atmosfera ipogea. Sebbene i livelli di ossigeno misurati non siano in linea con le raccomandazioni in ambienti lavorativi, appare improbabile che la grotta abbia mai avuto una atmosfera realmente pericolosa, e nelle occasioni in cui è stato misurato il livello di ossigeno non si sono mai osservati tenori così bassi da costituire un pericolo per la salute a riposo. Nonostante questo, il ridotto tenore di ossigeno può costituire un problema perché è un fattore importante di affaticamento per gli speleologi e speleosubacquei, causando quindi un aumento del rischio di errori per stanchezza. In tutte le uscite, gli speleosubacquei erano equipaggiati con un sensore di gas BW Technologies GasAlert extreme, e hanno verificato i tenori di ossigeno dell'atmosfera di grotta sia prima che dopo il sifone.

## **IL RILIEVO ED IL POSIZIONAMENTO DEI FOSSILI**

Il rilevamento topografico oltre sifone della grotta dei Mulini di Alonte è stato effettuato con gli strumenti classici del rilievo ipogeo: bussola, clinometro e cordella metrica o distanziometro laser.

Questo perché strumenti elettronici più sofisticati sono estremamente fragili e delicati e non sopportano gli stress dell'ambiente ipogeo. In questo caso si è aggiunta la difficoltà del trasporto subacqueo, che ha richiesto di predisporre contenitori stagni. In base alla pluridecennale esperienza del Gruppo Grotte G. Trevisiol in questo campo, possiamo affermare che l'errore finale del rilievo rimane nell'ordine dell'1%, quindi di pochi metri: un risultato più che accettabile viste le proibitive condizioni operative.

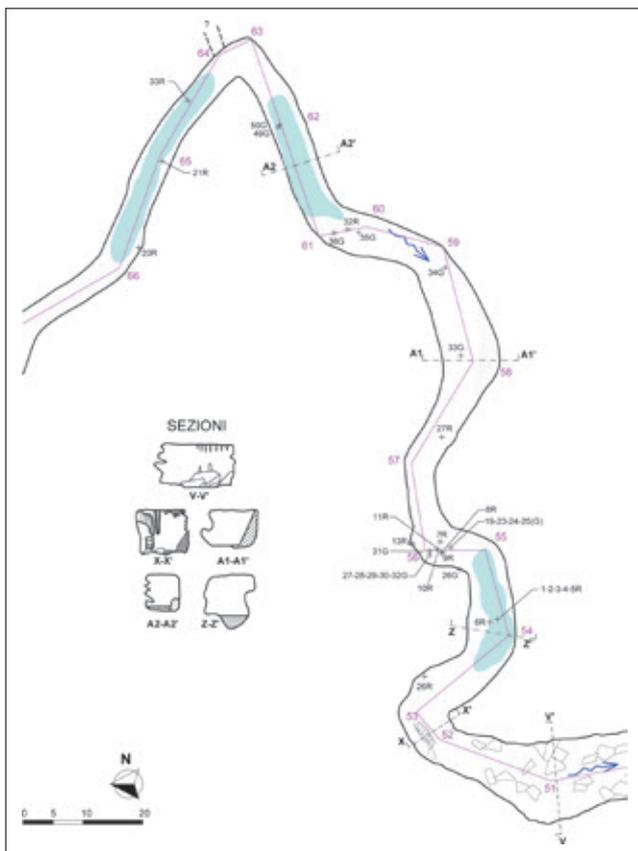


Fig. 4 - Dettaglio del rilievo, sezioni e capisaldi nella porzione di grotta interessata dall'operazione di recupero dei fossili di vertebrati. La posizione dei campioni è indicata in nero, mentre la posizione dei capisaldi del rilievo è data in magenta. Per la posizione rispetto all'ingresso, vedi figura 3.

Il tratto di grotta nel quale sono stati recuperati i fossili è stato rilevato con attenzioni aggiuntive. In particolare, alcuni capisaldi del rilevamento sono stati marcati in modo permanente con chiodi da roccia o fix, quindi il rilievo topografico di questo tratto potrà essere verificato e migliorato in futuro, se necessario (fig. 4).

Una volta identificato un fossile o un gruppo di fossili, questi sono stati accompagnati con una targhetta numerata e colorata, con un riferimento metrico riportante l'indicazione del Nord Magnetico, e quindi fotografati *in situ* (fig. 7). La loro posizione è stata determinata rispetto ai capisaldi fisici approntati in precedenza e riportata nel rilievo (fig. 4). La posizione dei reperti recuperati è riportata anche in tabella 2.

### TRASPORTO

Una volta fotografati, i reperti sono stati singolarmente avvolti con sedimento argilloso raccolto sul posto, in modo da garantire una protezione contro gli urti, quindi chiusi in un sacchetto di plastica con il loro numero identificativo e infine chiusi in un contenitore di plastica con coperchio (piccoli bidoni) per il trasporto. Sebbene rudimentale, questa soluzione si è rivelata funzionale ed efficace. È necessario considerare che soluzioni più classiche, come avvolgere il reperto in polistirolo espanso o *pluriball* per imballaggi, erano rese impossibili dalla necessità di superare un sifone profondo alcuni metri. Il

*pluriball* sarebbe impleso per la pressione, mentre ogni altro materiale da imballaggio leggero avrebbe richiesto abbondante zavorra per essere trasportato per via subacquea.

Arrivati al sifone, i bidoni sono stati riempiti di acqua per togliere l'aria al loro interno, e quindi eliminare il pericolo di implosione dovuto alla pressione della colonna d'acqua. Superato il sifone i bidoni sono stati messi dentro dei sacchi tubolari e trasportati all'esterno, dove sono stati immediatamente consegnati alla conservatrice del Museo Civico "G. Zannato" di Montecchio Maggiore. Solo successivamente i contenitori sono stati aperti nei locali a disposizione dal Museo, procedendo quindi alla pulizia sommaria dei reperti e alla loro inventariazione preliminare, in attesa dell'indagine scientifica.

### OSSERVAZIONI PRELIMINARI SUI VERTEBRATI FOSSILI

I fossili di vertebrati recuperati dalla Grotta dei Mulini di Alonte sono al momento privi di una classificazione consolidata. Già ora però è possibile dividere i resti in due grandi gruppi: i vertebrati prevalentemente marini provenienti dalla roccia incassante e isolati dalla dissoluzione carsica, di età eocenica superiore, e i vertebrati terrestri di età non ancora definita, ma più recente.

I fossili provenienti dalla roccia in cui si sviluppa la grotta appartengono per la maggior parte a *Prototherium* sp., un mammifero marino affine agli attuali dugonghi e lamantini (e.g., Domning, 2018). Sono abbondanti costole e vertebre (fig. 8c, d, f), ma sono stati recuperati anche due crani (fig. 8h) e una mandibola (fig. 8g). Associati

Tab. 2: localizzazione dei reperti recuperati. Sono state utilizzate due serie di targhette identificative, una di colore rosso e l'altra di colore giallo (vedi esempi in figura 7). I reperti accompagnati da targhetta rossa sono indicati con numerazione progressiva seguita da una R (1R, 2R, 3R...); quelli con targhetta gialla sono seguiti da una G (1G, 2G, 3G...).

Reperto	Caposaldo	Reperto	Caposaldo
1R	54	19G	56
2R	54	23G	56
3R	54	24G	56
4R	54	25G	56
5R	54	26G	55
6R	54	27G	56
7R	56	28G	56
8R	56	29G	56
9R	56	30G	56
10R	56	31G	56
11R	56	32G	56
20R	65	33G	58
21R	65	34G	59
26R	53	35G	60
27R	57	36G	60
32R	60	49G	62
33R	65	50G	62

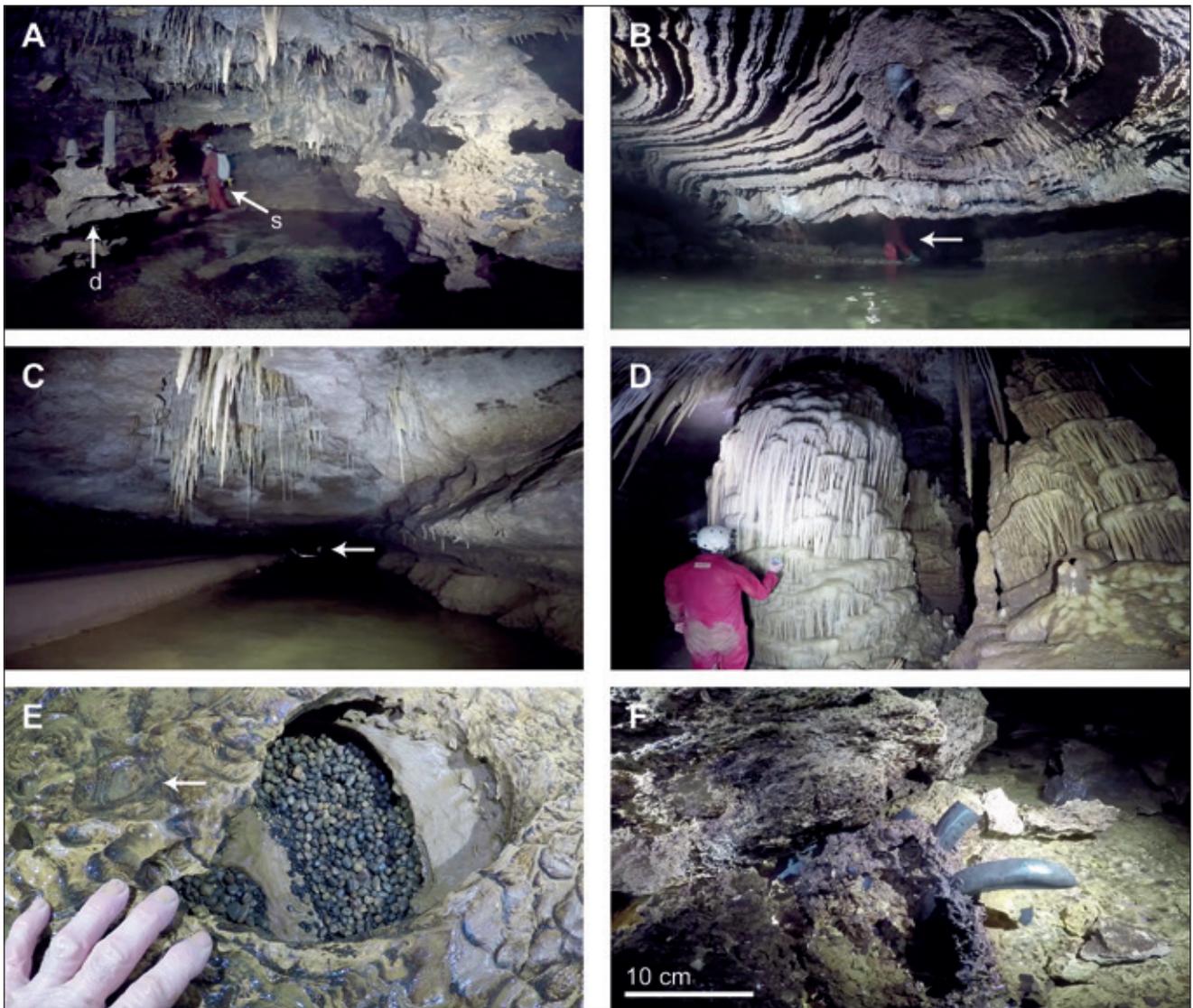


Fig. 5 - Caratteristiche del concrezionamento. **A:** la forte dissoluzione della roccia incassante e delle concrezioni (d) ha isolato due stalagmiti che hanno quasi del tutto perduto il substrato originale. La scala è data dallo speleosubacqueo (s). **B:** faccia inferiore di una colata che è stata profondamente incisa (dissolta) dalle acque del torrente interno, esponendo la laminazione interna. La freccia indica le gambe di uno speleosubacqueo. **C:** Concrezioni attive a capello d'angelo e sottili stalagmiti. La scala è data dallo speleosubacqueo, indicato dalla freccia. **D:** Grandi concrezioni attive (colonne che passano verso il basso a colate). **E:** superficie dissolta di una colata alla base di una galleria. La dissoluzione è resa evidente dalla superficie ondulata della concrezione, che espone le laminazioni interne (freccia). Al centro, una piccola marmitta contiene ciottolini arrotondati e pisoliti (perle di grotta). **F:** Costole di *Protherium* sp. ancora parzialmente inglobate nella roccia incassante (parte basale della Formazione di Priabona). Tutte le immagini sono state ottenute con una videocamera GoPro Black HERO5.

ad essi, sono stati raccolti denti di elasmobranchi (razze: fig. 8e), frammenti di carapace di cheloni e resti di coccodrilli. Precedentemente, Gelain (2017) aveva segnalato, dalla porzione della grotta prima del sifone, la presenza di denti di selaci (squali). Piccoli denti di selaci sono stati isolati anche dal sedimento interno della grotta raccolti oltre sifone. Questa associazione di vertebrati fossili, di carattere prevalentemente marino, si accorda bene con l'associazione di invertebrati fossili della Formazione di Priabona ad Alonte, che pure è strettamente marina. In prossimità dell'ingresso della grotta è infatti aperta, nella Formazione di Priabona, una grande cava di calcare, che da tempo restituisce numerosi resti fossili eocenici di notevole importanza (e.g., De Angeli e Beschin, 1999, 2000). Tra questi, sono segnalate anche ossa di *Protherium* sp. (Caselli, 2010) e di elasmobranchi (De

Angeli e Bellotto, 2001). Sebbene povera in esemplari, questa associazione di vertebrati fossili è perfettamente sovrapponibile a quella della Grotta dei Mulini di Alonte. L'unicità dei fossili della grotta risiede però nella loro abbondanza, e nel loro valore estetico. I resti di vertebrati eocenici della Grotta dei Mulini di Alonte si rinvencono perfettamente isolati dalla matrice, e coperti da una patina nerastra lucida che li fa spiccare sulla roccia incassante (fig. 7a-c, 8). Tale patina nerastra è costituita da un miscuglio di ossidi di manganese e ferro ("Wad", e.g., Hill & Forti, 1997) che, per quanto si è notato nel vicentino, si incontra sistematicamente in grotte le cui acque interne scorrono a contatto con rocce basaltiche. I fossili di vertebrati terrestri di età post-eocenica sono al momento privi di classificazione, anche se perlopiù riferibili ad artiodattili, mentre sono molto più rari denti di

Tab. 3: Caratteristiche granulometriche e componenti principali dei sedimenti della Grotta dei Mulini di Alonte associati a resti di vertebrati. Per i granuli principali si riporta il grado di arrotondamento (AA: ben arrotondato; A: moderatamente arrotondato; S: spigoloso) e la presenza di una patina nera (W: presente; C: assente).

<i>Campione</i>	<i>Ghiaia</i>	<i>Sabbia</i>	<i>Limo argilla</i>	<i>Quarzo</i>	<i>Ilmenite magnetite</i>	<i>Basalto</i>	<i>Calcare e fossili</i>	<i>Speleo-temi</i>
<b>21R</b>	V	V	V	AA · W	A(S) · C	A(AA) · W	S · C	S · C
<b>32R</b>	V	V	V	AA · C	A · C	A · W	S · C	S · C
<b>35R</b>	V	V	V	AA · C	A · C	A · W	S · C	
<b>NNA1</b>	V	V		AA · C		A(S) · W	S · C	S · C

perissodattili. Sono sistematicamente disarticolati, mentre alcune ossa e denti di vertebrati eocenici sono state recuperate in connessione anatomica. Tutti i resti sono coperti dalla patina nerastra di “Wad”, che è però è meno spessa attorno ai resti di vertebrati terrestri. È interessante notare che dal riempimento di cavità paleocarsiche affiorate nella Cava di Alonte, situata in prossimità della grotta, provengono resti di vertebrati di età plio-pleistocenica (Masini et al., 1995). La loro possibile affinità con almeno parte dei resti terrestri della grotta è da stabilire, ma sembra verosimile.

#### OSSERVAZIONI PRELIMINARI SUL DEPOSITO

La coesistenza di fossili eocenici con resti di vertebrati terrestri più recenti nella Grotta dei Mulini di Alonte implica il rimaneggiamento per almeno alcuni dei fossili rinvenuti. Il rimaneggiamento è suggerito anche dalla associazione dei vertebrati fossili, e soprattutto quelli terrestri, con un deposito interno alla grotta, e chiaramente

alloctono per giacitura e composizione. Si tratta di una ghiaia mal classata, contenente abbondanti granuli di quarzo molto ben arrotondati, che in alcuni casi è stata recuperata in quanto cementata da speleotemi attorno a resti recuperati (fig. 8a, b).

In concomitanza con il recupero dei resti fossili, sono stati estratti dalla grotta anche quattro campioni di sedimento, conservati in contenitori di plastica, e che sono poi stati lavati, setacciati e osservati al microscopio binoculare. Tre campioni (21R, 32R e 35R) sono stati raccolti contemporaneamente a resti fossili oltre sifone; un campione (NNA1) proviene dalla porzione attiva del tratto prima del sifone (fig. 3). Questi campioni non rappresentano unicamente il deposito alloctono associato ai resti di vertebrati terrestri, ma una commistione di questo deposito con riempimenti di grotta più recenti, correlati al fenomeno carsico attivo.

Tutti i campioni osservati al microscopio contengono granuli ben arrotondati di quarzo. Sono poi comuni i gra-

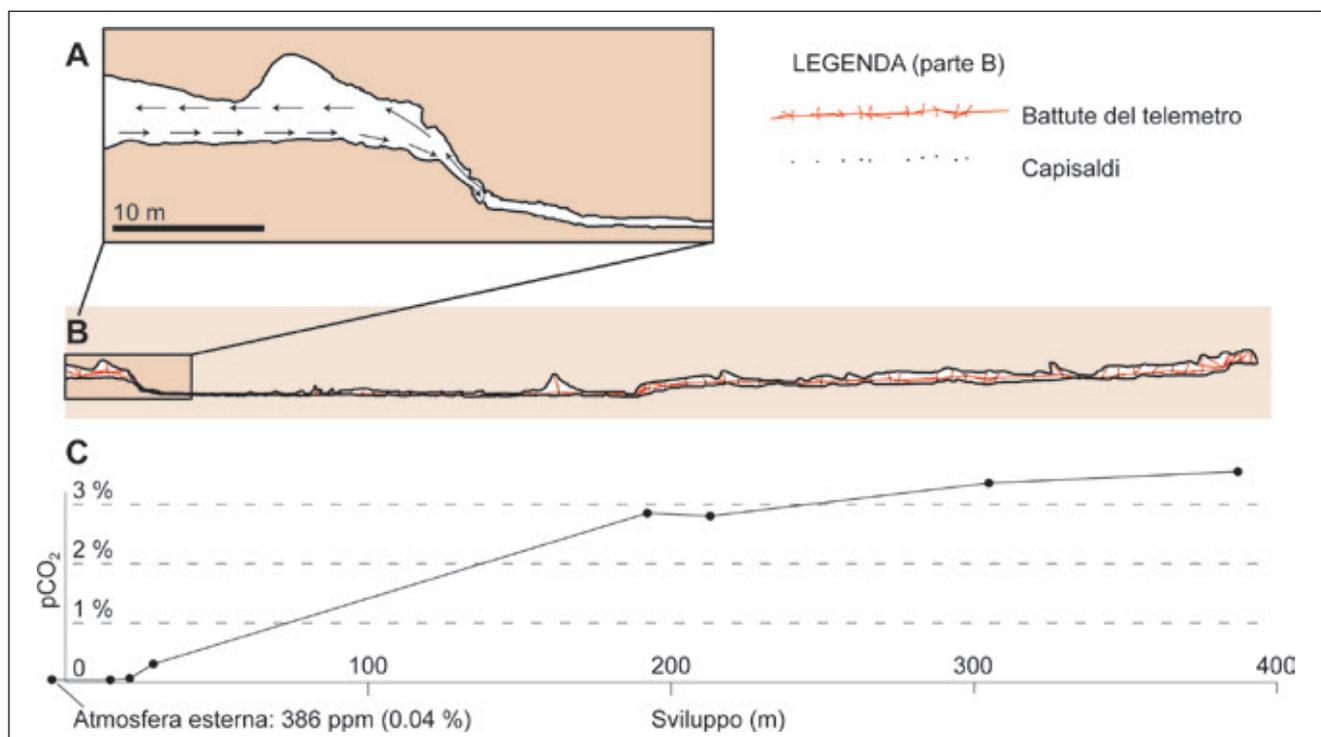


Fig. 6 - Concentrazione di CO<sub>2</sub> nell’atmosfera di grotta il giorno 25 aprile 2016. **A:** Circolazione d’aria osservata all’ingresso. **B:** Sviluppo del ramo principale o di sinistra, dall’ingresso fino al laghetto terminale (sifone). Questo tratto di rilievo è stato realizzato con telemetro laser. **C:** concentrazione di CO<sub>2</sub>, rilevata con dispositivo CORA nel percorso di andata. La concentrazione di CO<sub>2</sub> nel vano di ingresso (374 ppm), interessato da circolazione di aria attiva, è sostanzialmente identica a quella esterna (386 ppm).

nuli con lucentezza metallica, costituiti da minerali magnetici (ilmenite o magnetite, o ilmenite+magnetite), che si presentano arrotondati ma talora ancora con tracce di facce cristalline.

Molti dei granuli sono frammenti di roccia. Tra questi, granuli di basalto alterato di colore bruno scuro o nero,

moderatamente arrotondati. Presentano le stesse patine nere che ricoprono anche i fossili di vertebrati. Più comuni ancora sono i frammenti poco arrotondati di roccia calcarea, accompagnati da resti fossili di invertebrati (grandi foraminiferi tra cui soprattutto nummuliti, radioli e frammenti di piastre ambulacrali di echinoidi, coralli,

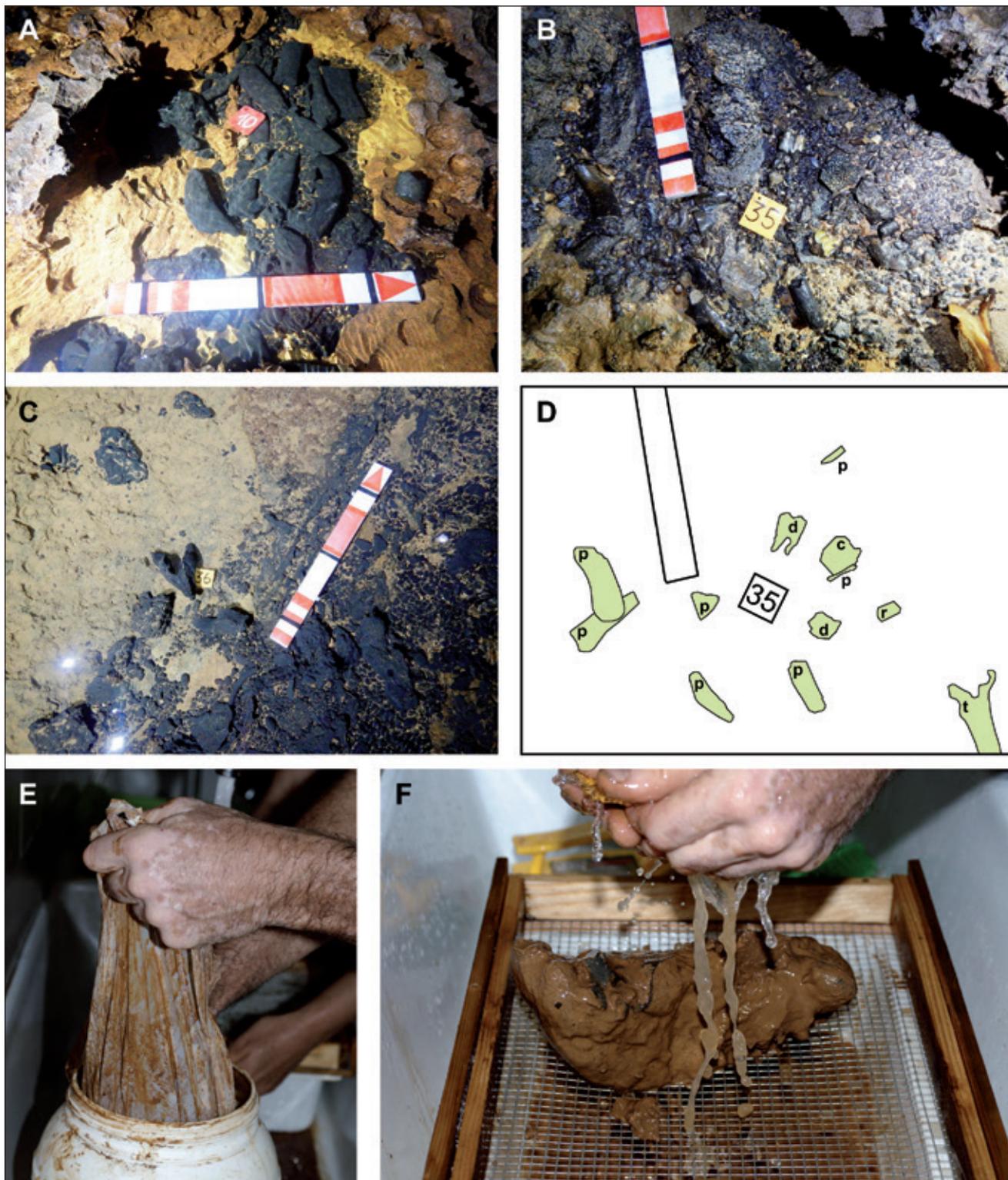


Fig. 7 - Immagini in situ dei fossili nella Grotta dei Mulini di Alonte, e alcune fasi della tecnica di recupero. A: Il deposito del campione 10R poggiava direttamente sul substrato calcareo profondamente carsificato. Sono visibili soprattutto costole disarticolate di cf. *Prototherium* sp. B: Deposito e campione 35G *in situ*. C: Deposito e campione 36G *in situ*. D: Disegno basato sulla foto del deposito e campione 35G *in situ*, in cui sono evidenziati i resti fossili visibili: p: ossa di *Prototherium* sp.; r: dente di razza; c: placca di chelone o coccodrillo; d: denti di vertebrati terrestri post-eocenici; t: ossa di vertebrati terrestri post-eocenici. L'immagine mette in evidenza l'abbondanza di fossili nel deposito di grotta. E: Estrazione di un campione dal bidoncino. F: campione durante il primo lavaggio sommario; è visibile il grumo di argilla protettivo predisposto in fase di raccolta, in grotta.



Fig. 8 - Alcuni dei fossili di vertebrati recuperati dalla Grotta dei Mulini di Alonte. **A, B:** Frammento di deposito alloctono cementato contenente un dente di erbivoro terrestre. In questo campione si apprezza che il deposito, contenente ciottoli di quarzo e resti di vertebrati terrestri, è stato coperto da patine nerastre di “Wad” e successivamente concrezionato. In seguito, la concrezione ha subito dissoluzione, come evidente dalle lamine esposte in A. Campione 26R. **C:** Costola di *Prototherium* sp. con residuo del deposito alloctono incassante. I granuli chiari visibili sul lato destro sono ciottoli di quarzo. Campione 6R. **D:** Costola di cf. *Prototherium* sp. in cui la patina nerastra è molto spessa e gli ossidi di ferro e/o manganese formano aggregati sferoidali. Campione 10R. **E:** Placca dentaria di razza (cf. *Myliobatis* sp.). Campione 20R. **F:** Vertebra di *Prototherium* sp. Campione 34G. **G:** Mandibola di *Prototherium* sp. Campione 36G. **H:** Cranio di *Prototherium* sp. in vista dall’alto. Campione 33G.

briozoi, molluschi sia bivalvi che gasteropodi). È ragionevole ritenere che i fossili siano stati isolati dalla roccia incassante, la Formazione di Priabona dell'Eocene superiore. La composizione granulometrica dei quattro campioni osservati al microscopio è riportata nella tabella 3. La presenza di granuli con diversi gradi di arrotondamento indica che si tratta di un sedimento poligenico e polimittico, immaturo dal punto di vista sia mineralogico che tessiturale. Si tratta cioè di un tipico sedimento di grotta, con elementi della roccia incassante e frammenti di speleotemi, in cui però i granuli ben arrotondati di quarzo e, in parte, di minerali ferromagnetici sono rimaneggiati da un deposito antecedente. Questi componenti caratterizzano *placer* a ilmenite e quarzo all'interno del "saldame" di età Oligocenica superiore, cioè in sedimenti più recenti rispetto al corpo carbonatico in cui si sviluppa il sistema sotterraneo (Mietto, 1988, 2003).

### OSSERVAZIONI PRELIMINARI SUL FENOMENO CARSIKO

Anche rispetto alla carsogenesi è utile riportare e discutere alcune osservazioni preliminari, in particolare per quanto riguarda il concrezionamento e lo stato di conservazione delle concrezioni.

Sebbene molte grotte dell'area berica risultino riccamente concrezionate (Club Speleologico Proteo Vicenza, 2003), la Grotta dei Mulini di Alonte si distingue per quantità e dimensione delle concrezioni (fig. 5). Questo ha probabilmente una ragione banale: essendo questa la grotta con maggior sviluppo nei Berici, e allo stesso tempo presentando numerosi ambienti di grandi dimensioni, era a disposizione lo spazio necessario per accomodare le concrezioni senza che il passaggio degli esploratori ne fosse occluso. In analogia può essere citato il caso della Grotta della Guerra di Lumignano (Longare), anche questa con grandi ambienti ricchi di vistose concrezioni (Da Schio *et al.*, 1947; Club Speleologico Proteo Vicenza, 2003).

Alcune delle concrezioni, ed in particolare la maggior parte di quelle che si sviluppano sul pavimento (colate e stalagmiti) e a contatto con l'acqua corrente appaiono profondamente corrose. La corrosione è evidente per la perdita della forma canonica, la messa a giorno delle precedenti lamine di crescita (fig. 5b, e) e per la presenza di concrezioni sospese (fig. 5a). Questo fenomeno è probabilmente da attribuire alla anomala composizione dell'atmosfera di grotta, con concentrazioni di CO<sub>2</sub> quasi 100 volte superiori a quelle dell'atmosfera esterna. In queste condizioni la CO<sub>2</sub> atmosferica si combina con l'acqua di grotta per dare acido carbonico, di conseguenza abbassando il pH delle acque che diventano così aggressive.

Allo stato attuale, in base alle misure disponibili (tab. 1) e assumendo che la carenza di ossigeno sia bilanciata da un eccesso di CO<sub>2</sub>, le acque di grotta dovrebbero essere prevalentemente (ma non sempre) dissolventi. Eppure, in grotta si osserva anche un concrezionamento attivo. Una ipotesi da verificare è che la dissoluzione delle concrezioni sia un fenomeno riferibile soprattutto a una prece-

dente fase speleogenetica. Si è osservato che il deposito recante fossili di vertebrati terrestri è talora cementato da concrezioni poi parzialmente dissolte, e che tali concrezioni ricoprono anche le patine nerastre (fig. 8a, b). Ne consegue che si sono susseguite nel tempo (1) la messa in posto del deposito a ciottoli di quarzo e ossa di vertebrati terrestri; (2) almeno una fase di formazione delle patine nerastre; (3) una prima fase di concrezionamento; (4) una fase di dissoluzione intensa, e infine (5) la fase attuale di concrezionamento attivo (fig. 5c, d). La storia speleogenetica della Grotta dei Mulini di Alonte si presenta pertanto molto complessa e sicuramente polifasica, e forse da ricondurre, almeno nelle fasi iniziali, al grande evento di emersione che si è registrato nei Berici nell'Oligocene superiore e che ha lasciato vistose testimonianze di un paleocarsismo pre-quadernario (Mietto, 1988; 2003; Dal Molin *et al.*, 2000).

L'isolamento di abbondanti resti ossei dalla matrice carbonatica della roccia incassante, di età priaboniana, è stato probabilmente favorito e accelerato dalla chimica dissolvente delle acque di grotta a contatto con una atmosfera con concentrazioni anomale di CO<sub>2</sub>. Le ossa fossili, che tipicamente sono impregnate e/o sostituite da minerali fosfatici relativamente insolubili, si sono così concentrate nei depositi di grotta. In seguito, almeno in alcuni dei siti da cui i reperti sono stati recuperati (e.g., fig. 7a), l'azione delle acque correnti ha rimosso le componenti fini del sedimento, concentrando ulteriormente i resti di vertebrati fossili. Il giacimento della Grotta dei Mulini di Alonte va pertanto considerato un esempio insolito di *Konzentrat-Lagerstätten* (Seilacher, 1970).

### CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Il recupero di resti fossili di vertebrati dalla Grotta dei Mulini di Alonte è stata una operazione complessa e probabilmente unica nel suo genere, che ha richiesto accortezze particolari per essere portata a termine in sicurezza. Questa relazione riporta nei dettagli il metodo di recupero adottato, che può servire da guida in successive operazioni nello stesso sito o in caso si dovessero verificare situazioni simili in altri siti ipogei.

Il *Konzentrat-Lagerstätten* della Grotta dei Mulini di Alonte ha caratteristiche di unicità almeno nell'ambito delle Prealpi Venete, in termini di meccanismo di accumulo dei fossili e della loro abbondanza. Il meccanismo di accumulo qui ipotizzato prevede la concomitanza di dissoluzione carsica accelerata e il rimaneggiamento di un deposito già fossilifero all'interno della grotta, che per quest'ultimo ha funto da trappola sedimentaria. Il difficile accesso alle aree di accumulo dei fossili, dovuto alla presenza di un lungo sifone e ad una atmosfera di grotta anomala, costituisce una protezione naturale del giacimento. Non si ritiene pertanto che esista un pericolo immediato di vandalismo del sito.

L'unicità del sito merita un approfondimento degli studi. Oltre alla determinazione e classificazione dei resti fossili recuperati e la loro scansione cronologica e, in particolare, l'origine dei resti di vertebrati terrestri chia-

ramente successivi al Priaboniano, identifichiamo come problemi aperti che varrebbe la pena di studiare in futuro l'origine e composizione delle spesse patine nerastre che ricoprono fossili e alcuni frammenti di roccia; una spiegazione soddisfacente della atmosfera ipogea anomala, e la sua possibile relazione con la speleogenesi; l'età e provenienza del deposito alloctono a ciottoli di quarzo; la classificazione ed età dei fossili di vertebrati terrestri chiaramente successivi al Priaboniano. Confidiamo che i materiali conservati presso il Museo Civico "G. Zannato" di Montecchio Maggiore costituiscano una base più che significativa per affrontare, su basi scientifiche, buona parte di questi problemi aperti.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori e il Gruppo Grotte G. Trevisiol vorrebbero ringraziare innanzitutto il CAI - Club Alpino Italiano sezione di Vicenza, per il supporto, anche economico, al recupero dei fossili; i Gruppi Speleologici di Malo e Schio (in particolare Luca Gelain e Simone Valmorbidia) per i contributi sul campo e al rilievo; tutti gli amici e compagni che hanno partecipato alle campagne di recupero come portatori o per la logistica esterna; il signor Paolo Bicego che ha messo a disposizione il suo fondo privato come base operativa all'esterno della grotta.

Francesco Sauro ha gentilmente fornito il dispositivo CORA per la misura della CO<sub>2</sub>.

Il comitato scientifico del Museo Civico "Zannato" di Montecchio Maggiore e la conservatrice Viviana Friso-

ne hanno avuto un ruolo fondamentale nel promuovere e facilitare il recupero dei resti ed il loro studio preliminare.

La raccolta dei materiali è stata possibile in virtù dell'autorizzazione della Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Verona, Rovigo e Vicenza, già della Soprintendenza Archeologia del Veneto, Padova, prot. 0004881 del 21/04/2016 class. 34.31.01 ed in particolare grazie all'interessamento della dott.ssa Cinzia Rossignoli. Infine, si ringraziano Roberto Zorzin (Museo di Storia Naturale, Vr) e Viviana Frisone per le accurate revisioni che hanno migliorato sostanzialmente questo lavoro.

Ruoli degli autori (<https://casrai.org/credit/>): **FB**: realizzazione della ricerca (immersione e raccolta, contributi al rilievo e capisaldi), scrittura e revisione del testo; **MDM**: amministrazione del progetto, scrittura e revisione del testo; **FG**: realizzazione della ricerca (immersione e raccolta, capisaldi), visualizzazione dei dati (foto e filmati); **FM**: realizzazione della ricerca (immersione e raccolta); **DM**: realizzazione della ricerca (immersione e raccolta, contributi al rilievo e capisaldi), visualizzazione dei dati (rilievo, foto), revisione del testo; **PM**: realizzazione della ricerca (studio del sedimento e classificazione preliminare), scrittura e revisione del testo; **LN**: realizzazione della ricerca (immersione e raccolta, contributi al rilievo), revisione del testo; **NP**: concettualizzazione, visualizzazione dei dati (eccetto rilievo, foto e filmati), scrittura e revisione del testo.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEGIANZI A., BARTOLOMEI G., BROGLIO A., RIGOBELLO A. (1965) - Ricerche naturalistiche nel Vicentino. Dieci anni di attività del gruppo grotte "G. Trevisol" - CAI (1955-1964) - *Odeo Olimpico*, 5, pp. 167-186, Vicenza.
- CASELLI V. (2010) - La mandibola di sirenide dei livelli eocenici della cava di Alonte (Colli Berici-Vicenza) - *Studi e Ricerche-Assoc. Amici Mus.-Mus. Civ. "G. Zannato"*, 17, pp. 35-39, Montecchio Maggiore (Vicenza).
- CLUB SPELEOLOGICO PROTEO VICENZA (2003) - Descrizione e rilievi delle cavità naturali. In: CLUB SPELEOLOGICO PROTEO VICENZA E MUSEO NATURALISTICO ARCHEOLOGICO DI VICENZA (ed.) - *Grotte dei Berici, aspetti fisici e naturalistici*, pp. 103-206, Vicenza.
- DAL MOLIN L. (2003) - Idrogeologia. In: CLUB SPELEOLOGICO PROTEO VICENZA E MUSEO NATURALISTICO ARCHEOLOGICO DI VICENZA (ed.) - *Grotte dei Berici, aspetti fisici e naturalistici*, pp. 41-47, Vicenza.
- DAL MOLIN L., MIETTO P., SAURO U. (2000) - Considerazioni sul paleocarsismo terziario dei Monti Berici: la Grotta della Guerra a Lumignano (Longare - Vicenza) - *Natura Vicentina*, 4, pp. 33-48, Vicenza.
- DA SCHIO G., TREVISIOL G., PERIN G. (1947) - *Scienza e Poesia sui Berici* - CAI Vicenza, 288 pp., Vicenza.
- DE ANGELI A., BELLOTTO V. (2001) - Dente di *Myliobatis* (Chondrichthyes) dell'Eocene della cava di Alonte (Italia settentrionale) - *Studi e Ricerche-Assoc. Amici Mus.-Mus. Civ. "G. Zannato"*, 2001, pp. 65-66, Montecchio Maggiore (Vicenza).
- DE ANGELI A., BESCHIN C. (1999) - I crostacei Matutinae (Brachyura, Calappidae) dell'Eocene del Veneto (Italia settentrionale) - *Studi e Ricerche - Assoc. Amici Mus. - Mus. Civ. "G. Zannato"*, 1999, pp. 11-22, Montecchio Maggiore (Vicenza).
- DE ANGELI A., BESCHIN C. (2000) - Due nuove specie di *Eopallicus* (Decapoda, Palicidae) nel Terziario del Veneto (Italia settentrionale) - *Studi e Ricerche - Assoc. Amici Mus. - Mus. Civ. "G. Zannato"*, 2000, pp. 7-12, Montecchio Maggiore (Vicenza).
- DOMNING D.P. (2018) - Sirenian evolution. In: *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press, pp. 856-859, Cambridge (USA).
- FABIANI R. (1902) - Le grotte dei Colli Berici nel vicentino - *Antologia Veneta*, 3/2, pp. 1-16.
- FABIANI R. (1910) - *La Regione dei Berici. Morfologia, idrografia e geologia e carta della permeabilità delle rocce* - Uff. Idrografico del R. Magistrato delle acque, 28-29, 84 pp., Venezia.
- FRISONE V., PISERA A., PRETO N., KIESSLING W. (2018) - Biodiversity of museum and bulk field samples compared: The Eocene Chiampo sponge fauna, Lessini Mountains, Italy - *Acta Paleontologica Polonica*, 63, pp. 795-805., Varsavia (Polonia).
- GELAIN, L. (2017) - *Grotta e Sorgente dei Mulini di Alonte*. Editori Veneti, 192 pp., Noventa Vicentina.
- GRADSTEIN F.M., OGG J.G., SCHMITZ M.D., OGG G.M. (2012) - *The geologic time scale 2012*. Elsevier, pp. 1144, Oxford (UK) and Amsterdam (NL), ISBN: 978-0-44-459390-0.

- HILL C., FORTI P. (1997) - *Cave Minerals of the World, 2nd ed.* - National Speleological Society, 463 pp., Huntsville (USA).
- LUETSCHER M., ZIEGLER F. (2012) - CORA - a dedicated device for carbon dioxide monitoring in cave environments. *International Journal of Speleology*, v. 41, pp. 273-281, Tampa (USA).
- MACCÀ G. (1812-1813) - *Storia del Territorio Vicentino, Vol. 12* - Menegatti editore, Caldogno.
- MALARODA R. (1967) - Calcari nummulitici. In: BOSELLINI A., CARRARO F., CORSI M., DE VECCHI G.P., GATTO G.O., MALARODA R., STURANI C., UNGARO S., ZANETTIN B. - *Note illustrative della carta geologica d'Italia, Foglio 49 "Verona"* - Servizio Geologico Italiano, pp. 21-23, Roma.
- MASINI F., SALA B., VORLICEK P.A. (1995) - Late Villafranchian mammals from a karst fissure at Alonte (Berici Hills, Vicenza, northern Italy) - *Il Quaternario*, 8, pp. 443-448, Roma.
- MIETTO P. (1988) - Carsismo e speleologia nei Monti Berici. In: AA.VV. - *I Colli Berici natura e civiltà*. Signum ed., pp. 226-241, Padova.
- MIETTO P. (2003) - Appunti di Geologia. In: CLUB SPELEOLOGICO PROTEO VICENZA E MUSEO NATURALISTICO ARCHEOLOGICO DI VICENZA (eds.) - *Grotte dei Berici, aspetti fisici e naturalistici*, pp. 11-23, Vicenza.
- MIETTO P., SAURO U. (1989) - *Grotte del Veneto. Paesaggi carsici e grotte del Veneto*. Regione Veneto & La Grafica ed., 480 pp., Vago di Lavagno (Vr).
- SEILACHER A. (1970) - Begriff und Bedeutung der Fossil-Lagerstätten - *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 1970, pp. 34-39, Stuttgart (Germania).