



Comune di
Treppo - Ligosullo

DENTRO
LE ROCCE
CHE
SI SCIOLGONO

DENTRO LE ROCCE CHE SI SCIOLGONO



Comune di Treppo - Ligosullo
Circolo Speleologico e Idrologico Friulano



Comune di
Treppo - Ligosullo



DENTRO LE ROCCE CHE SI SCIOLGONO

edizione del Comune di Treppo - Ligosullo

a cura del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, 2020

Redazione del volume: Andrea Mocchiutti⁽¹⁾, Giuseppe Muscio⁽¹⁾

Testi: Chiara Calligaris⁽²⁾, Franco Cucchi⁽¹⁾, Fabio Marco Dalla Vecchia⁽³⁾, Luca Dorigo^(1, 3), Furio Finocchiaro^(1, 2), Andrea Mocchiutti⁽¹⁾, Giuseppe Muscio^(1, 3), Maurizio Ponton^(1, 2)

1) Circolo Speleologico e Idrologico Friulano; 2) Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università di Trieste;

3) Museo Friulano di Storia Naturale

Foto: Chiara Calligaris (16, 17), Franco Cucchi (6, 7, 22), Adalberto D'Andrea (1, 2, 13, 20, 21, 25, 26, 29, 30), Furio Finocchiaro (11, 19, 31), Andrea Mocchiutti (3, 4, 5, 12, 23, 33, 34, 35), Ivo Pecile (10), Maurizio Ponton (36), Archivio Museo Friulano di Storia Naturale (38)

Un particolare ringraziamento all'Amministrazione comunale di Treppo-Ligosullo per aver mostrato attenzione alle nostre ricerche, a Paolo Forti per la disponibilità e la collaborazione e a tutti i soci del CSIF che, con il loro impegno, hanno reso possibile la realizzazione di questo volume.

ISBN 978-88-909005-1-8

© Circolo Speleologico e Idrologico Friulano
Comune di Treppo - Ligosullo



1 > L'ingresso della "Grotta nel gesso in località Duroni" (6257/3610 Fr).



2 > La galleria della grotta 6257/3610 Fr: la sezione evidenzia il condizionamento operato dalla faglia verticale lungo la quale si sviluppa la cavità.

PRESENTAZIONE

Luigi Cortolezzis
Sindaco di Treppo-Ligosullo

Pensiamo di conoscere tutto della nostra vallata, i boschi, i sentieri, le vie, ma ci sono anche delle strade sotterranee che non conosciamo e che hanno tanta importanza per queste montagne: sono le vie dell'acqua.

Gli speleologi con questo volume hanno voluto farci scoprire anche quello che sta sottoterra ed in particolare le grotte e le sorgenti nei gessi. Troveremo risposta a molte domande che ci siamo posti quando abbiamo visto le nostre strade franare, il terreno aprirsi improvvisamente in voragini, alcune case fratturarsi.

Il mondo dei gessi accomuna gli abitati di Treppo e Ligosullo fin dagli albori della presenza umana, e rende la nostra valle proprio speciale. È qui infatti che è stata scoperta la prima grotta nel gesso del Friuli Venezia Giulia.

Queste rocce che si sciolgono facilmente come zucchero nell'acqua rendono le nostre montagne fragili, ma anche molto interessanti.

I geologi da molto tempo le studiano per la ricchezza delle informazioni che contengono e per la loro storia di quasi 300 milioni di anni.

Spero che anche noi cittadini potremo contribuire alla ricerca di nuove grotte con segnalazioni e storie di vicende passate. La speleologia risponde a molte delle curiosità ancestrali dell'uomo che iniziò a vivere sulle montagne grazie alle grotte. A questa disciplina possiamo affacciarci tutti con un po' di curiosità, le rocce bianche tenere del gesso si possono scolpire con un coltellino mentre su quelle rosse e resistenti di Castel Valdaier si sono conservate le impronte di grandi rettili estinti. Anche di questo troverete traccia nel libro che avete tra le mani.



3 > I livelli laminati del Permiano superiore con gessi chiari alternati a breccie dolomitiche scure.

PREMESSA

Andrea Mocchiutti

Circolo Speleologico e idrologico Friulano

La nostra Terra, quella che calpestiamo tutti i giorni, quella di cui si parla come casa comune, la nostra Terra intesa come il nostro pianeta o la nostra vallata, pensiamo di conoscerla, ma svela sempre nuovi segreti. Sotto la terra fatta di sassi e di *humus* dei boschi, dei campi e degli orti cosa si nasconde?

Ci accorgiamo del sottosuolo solo quando questo si muove per un terremoto o si apre per una frana.

Gli speleologi sono curiosi e scendono in profondità nelle cose e non solo in senso metaforico: per la nostra sete di conoscenza siamo entrati fra le rocce seguendo l'acqua per portarvi dentro le grotte nel gesso, le prime della nostra regione in queste rocce. Il gesso: una roccia che unisce la vallata con le sue forme, i suoi colori e i problemi che si porta dietro per la sua solubilità e per le frane e le voragini che crea.

Da Treppo a Ligosullo abbiamo visto tutti queste rocce strane che si scalfiscono con un'unghia, che scrivono per terra, è lo stesso gesso che abbiamo tante volte passato



4 > Il versante in sinistra idrografica del Torrente Pontaiba all'altezza di Treppo Carnico: sono presenti numerose sorgenti, ben evidenti durante le piogge più intense.

timorosi sulla lavagna o che ci ha fatto venire i brividi per uno scatto veloce sulla lastra di ardesia appesa sul muro di classe. Ognuno di noi ha fatto l'esperienza del gesso per scrivere, ma gli abitanti di questa valle della Carnia vivono con il gesso anche l'esperienza del paesaggio che si trasforma, delle strade e delle case che lentamente si muovono sulle grandi frane, delle grotte che si aprono lungo i versanti.

Con la nostra esperienza di speleologi, di geologi, di curiosi e di naturalisti desideriamo - con questo volume - creare un filo conduttore tra l'acqua, la roccia, le grotte, le montagne e portare così alla luce anche il mondo sotterraneo, spesso poco conosciuto anche per la sua invisibilità. Nel realizzare questo libro abbiamo raccolto indizi e informazioni sulla valle e sono proprio queste conoscenze il punto di partenza per una corretta gestione del territorio e per una migliore vita delle persone che la abitano. La conoscenza non è facile da ottenere: ha bisogno di qualcuno che la vada a cercare, di qualcuno che la diffonda e di qualcuno che sfogli le pagine di questo libro mettendo da parte tutti gli altri impegni imminenti della giornata.

La conoscenza è passione, uno sguardo lanciato verso il futuro, ma è anche ciò che ci permetterà di iniziare a proteggere e gestire il grande patrimonio naturale di questa valle, partendo da adesso.



5 > Ripresa con il drone di un vasto affioramento di gesso lungo la strada fra Treppo e Ligosullo, ove si aprono alcune grotte e sorgenti.

LA GEOLOGIA DELL'AREA

Franco Cucchi
Furio Finocchiaro

Le Alpi Carniche hanno un grande interesse geologico in quanto sono l'unica zona del territorio italiano in cui affiorano le rocce sedimentarie del Paleozoico, il cui studio ci rivela l'evoluzione di antiche catene montuose, di mari e oceani, avvenuta tra 450 e 250 milioni di anni fa.

Il Comune di Treppo-Ligosullo occupa una parte di Alpi Carniche compresa fra i torrenti Bût (Canal di San Pietro) e Chiarzò (Canal d'Incarojo), rispettivamente a Ovest ed a Est, e i gruppi dei monti Dimon e Paularo (2040 m s.l.m.) e dei monti Cucco e Tersadia (1959 m s.l.m.), posti rispettivamente a Nord e a Sud. Un settore di circa 40 km², attraversato al centro dall'allineamento di due valli, percorse rispettivamente dai torrenti Pontaiba e Minischitte, separati dalla Sella di Lius.

Geologicamente parlando, in questo settore, da Nord verso Sud affiorano rocce sedimentarie via via più recenti, di età dal Carbonifero al Permiano (Paleozoico), fino al Triassico (Mesozoico). Durante il Carbonifero l'Orogenesi Ercinica ha interessato in parte le rocce più antiche, conferendo loro un debole grado di metamorfismo. Negli altri due periodi, più volte sono mutati livello del mare e paleogeografia e di conseguenza il tipo di sedimenti marini o continentali che via via andavano depositandosi ad opera dei corsi d'acqua, delle correnti marine, del moto ondoso, dell'attività degli organismi che popolavano mari e terre.

Ne risulta un paesaggio fortemente influenzato dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche, interessantissimo e particolare, certamente degno di essere valorizzato.

Le rocce che si sciolgono

Le rocce che si sciolgono, i gessi (figg. 3, 5, 6 e 7) sono compresi dentro la Formazione a Bellerophon, una successione di rocce sedimentarie depostesi poco meno di 300 milioni di anni fa, nel Permiano superiore, alla fine del Paleozoico.



6 > Le laminiti gessose del Membro inferiore della Formazione a Bellerophon.

A quei tempi, sul deserto continentale delle Arenarie di Val Gardena, iniziò ad avanzare il mare che, formando lagune e mari interni poco profondi, portò alla deposizione della Formazione a Bellerophon, formazione composta da dolomie, marne, evaporiti (gessi e anidriti), calcari micritici (con cristalli estremamente piccoli) scuri fossiliferi a Foraminiferi, Molluschi, alghe calcaree e Ostracodi.

Nel Triassico, primo piano del Mesozoico, il mare progredì ancora, e sui depositi della Formazione a Bellerophon iniziarono a depositarsi sedimenti francamente marini e di scogliera.

La successione rocciosa

L'Arenaria di Val Gardena (VG nella Carta geologica di fig. 8 e nella sezione geologica di fig. 9) è una formazione sedimentaria diffusamente presente nelle Alpi (Lombardia, Trentino-Alto Adige e Friuli), composta da depositi continentali silicoclastici caratterizzati da un colore rossastro, potente in zona un paio di centinaia di metri. Affiora infatti nell'alta Val Pusteria, in destra del rio, alla base del versante meridionale del monte Paularo: Tàusia, Murzaris, Valdaier e gran parte di Ligosullo hanno fondamenti in questa formazione, che si può ammirare lungo la strada comunale, in località Forcella di Lius e alla confluenza fra il rio Ruat ed il Chiarsò.



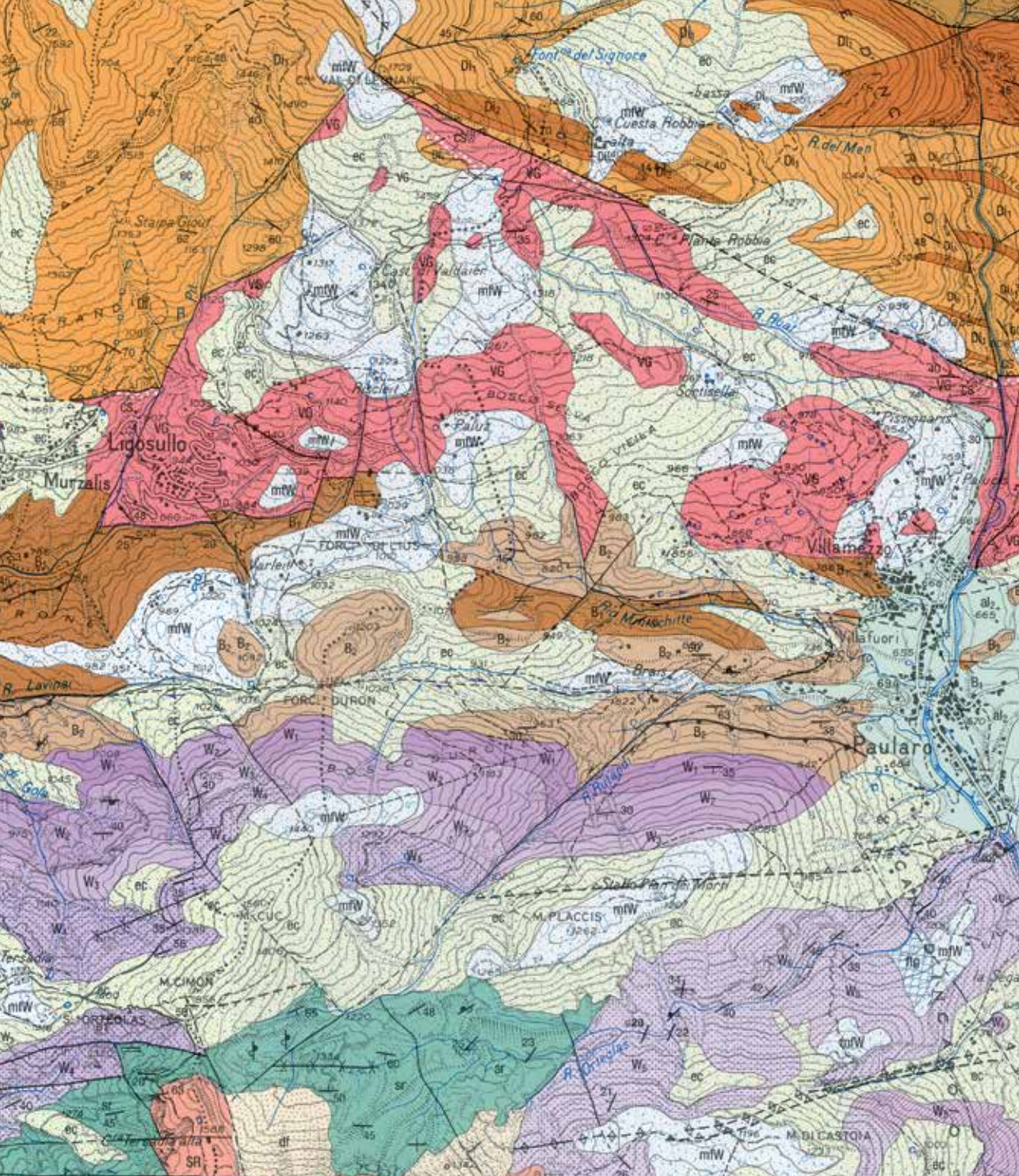
7 > Carote estratte da sondaggi effettuati nelle evaporiti a Treppoligosullo.

Alla base della successione troviamo depositi grossolani: breccie e conglomerati rossastri di conoide alluvionale in strati e bancate con clasti in prevalenza carbonatici. Poi le caratteristiche arenarie rosse: areniti a grana fine in strati decimetrici spesso alternate alle più fini peliti (fanghi). Si tratta di depositi di ambiente arido, di steppa desertica e di pianura alluvionale. La composizione è dominata da feldspati e quarzo, più rara la componente carbonatica.

Le rocce sovrastanti (appartenenti alla Formazione a Bellerophon) hanno ancora delle caratteristiche che confermano un clima caldo e arido, ma testimoniano un innalzamento del livello del mare. Il membro inferiore di questa formazione (figg. 3 e 6), di tipico ambiente evaporitico, è costituito da gessi saccaroidi biancastri spesso puri, laminati, alternati a straterelli di dolomie nerastre, spesso ad aspetto vacuolare e brecciato (B1 in figg. 8 e 9). Si tratta di alternanze cicliche con dolomie micritiche alla base, cui seguono marne nerastre ricche di materia organica e gessi e/o anidriti.

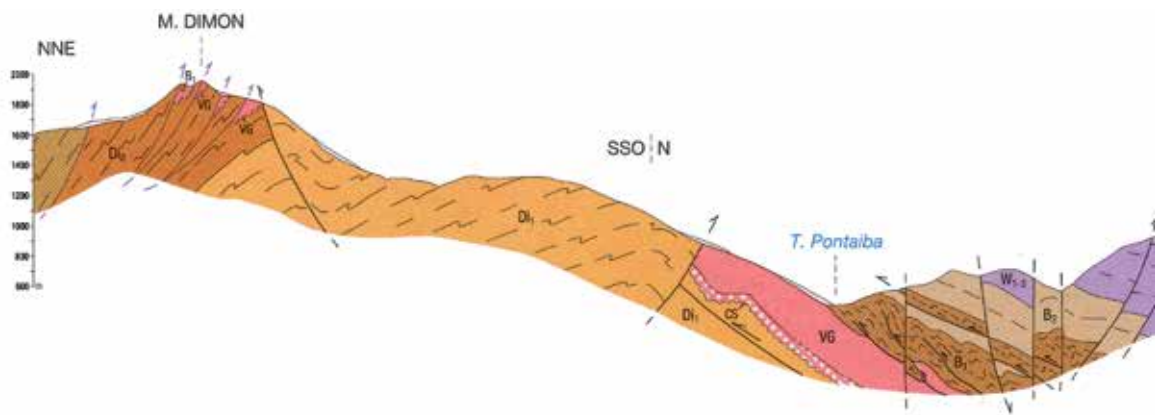
Questi tipi di sedimenti si sono depositati in una vastissima laguna costiera che veniva periodicamente inondata dal mare, con deposizione di fanghi carbonatici, e colmata ciclicamente da sedimenti argillosi di laguna ristretta e da gessi depositi per la forte evaporazione dato il clima tropicale. Nella nostra zona, questi ultimi, definiti genericamente depositi evaporitici, sono predominanti ed hanno notevole spessore.

Ricordiamo che le evaporiti si formano per evaporazione di masse d'acqua per lo più marina, in bacini lagunari o bracci di mare poco profondi, scarsamente alimentati da acque dolci e soprattutto in un clima arido e tropicale. Man mano che l'acqua evapora, la concentrazione salina aumenta e quando si giunge a sovrassaturazione, i sali precipitano dando origine ai minerali. I minerali precipitano in ordine inverso rispetto alla loro solubilità, quindi precipitano prima la dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e la



8 > Stralcio della Carta Geologica delle Alpi Carniche, Foglio orientale, di C. VENTURINI (2002). Di1 = Fm. del Dimon, areniti e peliti; CS = Conglomerato di Sesto; VG = Fm. di Val Gardena; B1 Fm. a Bellerophon, membro a gessi e dolomie; B2 Fm. a Bellerophon, membro a dolomie e calcari neri; W1-3 = Fm. di Werfen, membri basali; W4 e W5-6 = Fm. di Werfen, membri sommitali; sr e SR = Dolomia del Serla.

La Carta Geologica mette in evidenza con i colori (che marcano gli affioramenti delle diverse formazioni rocciose) la diversità geologica settentrionale da quella meridionale rispetto al T. Pontaiba. A Nord le pendici meridionali dei monti Dimon e Paularo con le rocce più antiche, quelle paleozoiche prevalentemente arenacee e pelitiche, a Sud le pendici settentrionali dei monti Cucco e Tersadia con le più recenti rocce mesozoiche prevalentemente calcaree e dolomitiche. In mezzo le evaporiti, tormentate ed incise dai torrenti Pontaiba e Minischitte.



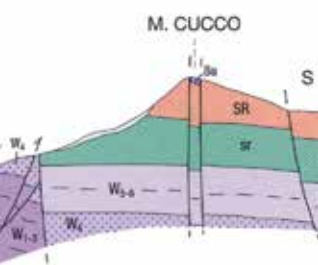
calcite (CaCO_3), poi il gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e l'anidrite (CaSO_4). Infine, perdurando l'evaporazione, il salgemma (la halite NaCl , il cloruro di sodio), la silvite (KCl , un cloruro di potassio) e la carnallite ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, un cloruro idrato di potassio e magnesio).

Queste litologie, essendo nel loro complesso plastiche (figg. 9 e 10), hanno favorito i principali disturbi tettonici regionali e sono responsabili di buona parte del dissesto idrogeologico della montagna carnica, data la loro erodibilità e solubilità. Come non bastasse, le acque percolando attraverso le evaporiti si caricano di soluto e generano le numerose sorgenti di acque solfuree lungo la fascia che va da Prato Carnico, a Ravascletto, fino a Paularo e Bagni di Lusnizza in Val Canale. Affiorano alla base del versante meridionale del monte Paularo, in destra del Rio Pontaiba, praticamente nell'asse vallivo (vedi figg. 8 e 9).

Il membro superiore della Formazione a Bellerophon rappresenta l'affermazione del dominio marino testimoniato dalla facies di piattaforma carbonatica dei calcari scuri bioclastici, con foraminiferi, gasteropodi (il raro Bellerophon, per l'appunto), lamellibranchi e alghe, in strati decimetrici solcati da vene di calcite bianca, talora intercalati a sottili livelli marnosi (B2 in figg. 8 e 9). Affiorano alla base del versante settentrionale dei monti Cucco e Tersadia in sinistra del rio Pontaiba.

Su questi depositi poggiano i sedimenti francamente marini della Formazione di Werfen del Triassico inferiore (W1-3 in figg. 8 e 9). Complessivamente si tratta di sedimenti di piattaforma continentale, caratterizzata da mari la cui profondità variava spesso, più o meno influenzati da moto ondoso, con variabili apporti continentali. I depositi, iniziano con un livello oolitico (Orizzonte di Téséro), cui seguono i calcari grigio scuri del Membro di Mazzin, molto simili a quelli del Permiano superiore ma meno interessati da vene calcitiche.

Il Werfen costituisce il versante meridionale del Monte Tersadia.



9 > Stralcio della “Sezione D” della Carta Geologica delle Alpi Carniche (foglio orientale: VENTURINI 2002), orientata circa Nord - Sud. Di1 = Fm. del Dimon, areniti e peliti; CS = Conglomerato di Sesto; VG = Fm. di Val Gardena; B1 Fm. a Bellerophon, membro a gessi e dolomie; B2 Fm. a Bellerophon, membro a dolomie e calcari neri; W1-3 = Fm. di Werfen, membri basali; W4 e W5-6 = Fm. di Werfen, membri sommitali; sr e SR = Dolomia del Serla.

La Sezione Geologica esalta la diversità fra le pendici dei monti Dimon e Paularo e quelle dei monti Cucco e Tersadia. A sinistra, verso Nord, le rocce paleozoiche piegate, dagli sforzi tettonici, ad anticlinale complessa con pieghe secondarie e faglie inverse. A destra, verso Sud, le rocce triassiche, ben stratificate a monoclinale da poco inclinata a suborizzontale, con faglie subverticali distensive. In corrispondenza del Torrente Pontaiba le evaporiti ed i calcari della Formazione a Bellerophon, spiegazzati e fagliati per aver favorito i rigetti suborizzontali delle compressioni legate all'Orogenesi Alpina.

I depositi sciolti

Nell'area, tutte queste rocce sono irregolarmente coperte da depositi sciolti o a diversi gradi di cementazione, del Quaternario. Si tratta di depositi alluvionali lasciati dai corsi d'acqua e quindi per lo più grossolani, e di depositi detritici derivanti dal disfacimento delle pareti rocciose e quindi per lo più spigolosi e grossolani se non a blocchi (depositi graviclastici). Abbondanti sono poi, specie in località Forcella di Lius, i depositi morenici, abbandonati dai ghiacci che hanno scavato la sella dandole il caratteristico aspetto di altopiano. Si tratta di morene laterali e stadiali, consistenti in accumuli caotici a blocchi e frammenti grossolani, e di morene di fondo, formate da limi con ciottoli e blocchi sub-arrotondati, tutte solitamente poco o nulla cementate. Spesso il tempo ha mescolato questi depositi, dando origine ad una coltre eluvio-colluviale in cui i depositi morenici sono mobilizzati e frammisti a detriti rimaneggiati. Il che ha consentito la formazione di uno spesso suolo humifero, intensamente vegetato.

Le caratteristiche strutturali

Nel settore si può apprezzare la complessità tettonico-strutturale delle Alpi Carniche, legata alla compressione tra Placca africana e Placca euroasiatica. Lo scontro tra queste due zolle ha provocato la formazione delle catene Alpina e Dinarica durante l'Orogenesi Alpina, coinvolgendo anche le rocce più antiche già deformate dall'Orogenesi Ercinica. Il risultato è una serie di fasce orientate Est-Ovest, separate da linee tettoniche (sovrascorrimenti e faglie) in cui affiorano rocce che progressivamente risultano più antiche a mano che ci si sposta verso settentrione e a quote più elevate.

Con riferimento al territorio di Treppo-Ligosullo, a Nord, sui monti Dimon e Paularo, abbiamo le rocce più antiche, le areniti e peliti della Formazione del Dimon del



10 > I gessi della Formazione a Bellerophon, deformati dai processi tettonici e modellati dall'acqua.





11 > L'ingresso della Grotta 6257/3610 Fr: si notano, al centro dell'immagine, gli strati gessosi verticalizzati in corrispondenza della faglia che condiziona lo sviluppo della cavità, ma intensamente deformati e con giaciture diverse ai lati. Questo è un effetto della plasticità delle evaporiti soggette alle spinte tettoniche. Sulla verticale dell'ingresso, a circa 4-5 m di altezza, si nota il "foro" dello sbocco "fossile" che testimonia un antico livello della sorgente.

Carbonifero (Di1 nella sezione geologica e nella Carta geologica) e le arenarie rosse del Permiano (VG in figg. 8 e 9) che le spinte tettoniche hanno portato a sovrastare, con una faglia inversa, quelle più recenti.

In destra e in sinistra della Val Pontaiba-Val Minischitte affiorano, spesso intensamente pieghettati e strizzati e fagliati per le spinte tettoniche compressive, i termini del Permiano superiore, che comprendono i gessi (fig. 11), e quelli del Werfeniano basale (VG, B1, B2, W1-3 in figg. 8 e 9). Su queste rocce, più facilmente erodibili sia per le loro caratteristiche petrografiche, che per l'azione tettonica, si è impostato l'antico ghiacciaio transfluente che collegava i Canali di San Pietro e d'Incarajo, responsabile della morbida morfologia dei versanti.

A Sud, una serie di faglie subverticali dirette, conseguenti ad una fase di rilassamento tettonico distensivo, hanno ribassato i termini triassici (W4, W5-6, sr e SR in figg. 8 e 9) esponendo agli agenti meteorici le più resistenti rocce calcaree e dolomitiche che danno origine alla dorsale dei monti Cucco e Tersadia.

IL CARSISMO NEI GESSI

Chiara Calligaris
Franco Cucchi
Furio Finocchiaro

Premessa

Per tutti, e in particolare per gli abitanti della nostra regione, l'espressione "fenomeno carsico" si associa all'immagine di vasti altopiani, in cui si aprono cavità e sprofondano doline, in cui affiorano rocce chiare: i calcari. Ma i fenomeni carsici sono il risultato di processi geomorfologici che hanno come denominatore comune la corrosione da parte delle acque meteoriche non solo sui calcari ma anche su altre rocce solubili, come le dolomie e le rocce evaporitiche.

Le rocce evaporitiche e il fenomeno carsico

Le rocce evaporitiche più importanti dal punto di vista carsico sono il gesso, l'anidrite (cioè la sua forma anidra) e il salgemma.

Sappiamo che i diversi minerali presenti nelle acque precipitano per evaporazione in ordine inverso rispetto alla loro solubilità: quindi prima si depositano i cristalli di dolomite e di calcite, poi il gesso e l'anidrite; infine il salgemma, la silvite e la carnallite.

Per quanto riguarda gesso ed anidrite, il gesso precipita per primo, mentre l'anidrite primaria, cioè quella di precipitazione diretta, è rara. È sotto il carico dei sedimenti soprastanti che la maggior parte del gesso viene convertita in anidrite in quanto l'acqua viene espulsa dal sedimento. Se il sovraccarico viene rimosso (ad esempio dall'erosione) normalmente si verifica la reidratazione al gesso.

La maggior parte dei gessi affioranti in Carnia hanno attraversato il ciclo di disidratazione e reidratazione più volte, in diversi ambienti di temperatura e pressione; di conseguenza, esiste una vasta gamma di forme petrologiche e litologiche. I depositi di gesso principali si presentano come forme grossolanamente cristalline (acicolari, prismatiche o colonnari), traslucide (selenite) o in letti granulari o amorfi, bianco opachi (alabastro) spesso sfumati nei toni del marrone, grigio, giallo o rosa.

Le dimensioni dei cristalli variano da 1-2 cm a qualche micron, con l'assoluta prevalenza di quelli minutissimi. Il colore è bianco, talora grigio chiaro.

Nelle evaporiti permiane della Carnia, calcari e dolomie formano straterelli sottilissimi spesso disarticolati, il salgemma è presente solo in quantità non significative, gli altri sali, se per caso presenti, lo sono in minima quantità. Solo gessi ed anidriti quindi, anche se frammisti a frammenti carbonatici, assumono spessori significativi agli effetti del carsismo sia epigeo (superficiale) che ipogeo (profondo, nel sottosuolo). Come accennato nel capitolo sulle caratteristiche geologiche, lo spessore delle evaporiti nell'area varia in funzione della tettonizzazione e dell'assetto strutturale, comunque possiamo considerare una sequenza potente almeno 400 metri.

Il gesso, per la sua elevata solubilità, dà origine rapidamente a forme carsiche. Diversamente da quanto avviene nel carsismo "classico" ove il sistema soluzione-precipitazione contempla tre fasi, solida (i calcari), liquida (l'acqua) e gassosa (l'anidride carbonica contenuta nell'aria), il gesso e l'anidrite si disciolgono in acqua secondo una reazione di dissociazione indipendente dalla presenza dei gas contenuti nell'aria.

Altra grande differenza fra carsismo nei carbonati e iper-carsismo nelle evaporiti è la quantità di soluto in rapporto alla stessa quantità d'acqua. Ad esempio, a 20°C la solubilità in equilibrio della calcite è di 0.060 grammi/litro, quella del gesso è di 2,5 grammi/litro, quella del salgemma è di ben di 360 grammi/litro.



12 > Una sorgente in corrispondenza di una piega nei gessi. Ma dietro una sorgente ci può essere una nuova grotta da esplorare!



13 > L'ingresso della grotta 6257/3610 Fr: le acque del ruscello che scava questa cavità sono biancastre per la notevole quantità di gesso disciolto e in sospensione.

I tassi di dissoluzione di gesso e carbonati, misurati sperimentalmente, mostrano come i valori dei campioni di gesso siano da 30 a 70 volte superiori a quelli dei carbonati (CUCCHI et al. 1998). Certo, in condizioni particolari, nei suoli, nelle foreste tropicali, l'acqua diviene più aggressiva nei confronti dei calcari perché è carica in CO_2 , ma il rapporto fra tassi di dissoluzione resta comunque di almeno un ordine di grandezza, se non di due, superiore.

Le forme superficiali

Anche se sono espressione dei medesimi processi, si suole distinguere le forme carsiche superficiali (epigee) da quelle che si sviluppano nel sottosuolo (ipogee). Fra le prime, quelle epigee, vi sono le doline e tutte quelle piccole forme, essenzialmente alveoli e solchi di dissoluzione, che si generano quando l'acqua impatta e scorre sulle superfici gessose esposte agli agenti atmosferici.

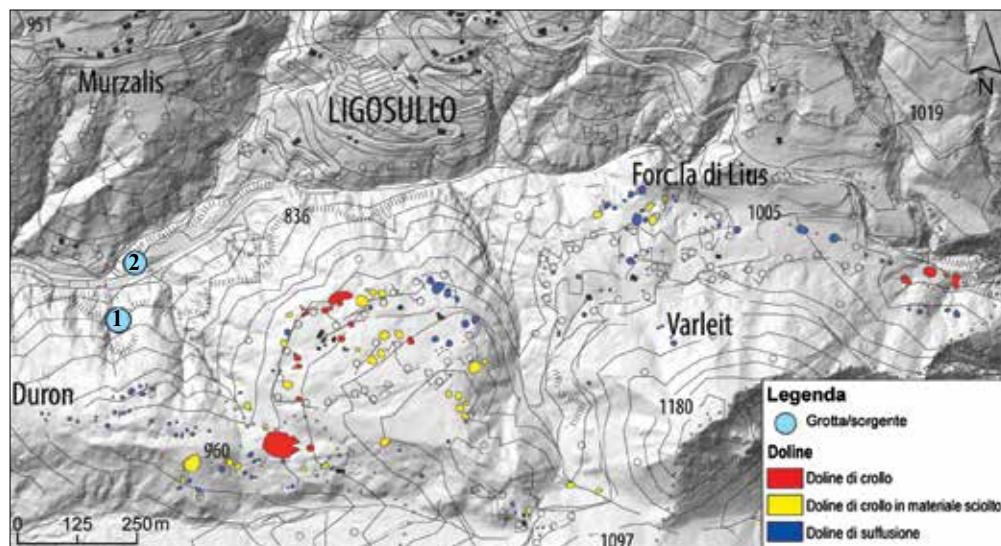
Data la limitatezza degli affioramenti di gesso e/o anidrite, le piccole forme di carsismo epigeo sono, in genere in Carnia e nella nostra zona in particolare, estremamente rare e comunque molto ridotte. Scavi artificiali ed erosioni hanno talora messo in luce profondi solchi a crepacci sepolti da depositi alluvionali o morenici, ma l'alta solubilità fa sì che scompaiano velocemente. Le doline, invece, sono particolarmente frequenti, tanto da divenire in alcuni casi un fattore limitante l'utilizzo del territorio. In funzione del modello genetico (fig. 15), nelle evaporiti possiamo distinguere due tipi principali di dolina, quelle di crollo (in inglese, ed oggi spesso anche in italiano, *collapse sinkholes*) e quelle di suffusione (in inglese: *suffosion sinkholes*).

Le doline di crollo si originano per crollo dei depositi o delle rocce sovrastanti entro cavità generatesi nei gessi. Per cavità si intende gallerie o pozzi che si allargano progressivamente divenendo instabili (vedi anche la fig. 18). Le doline di suffusione si formano per il progressivo adattamento del materiale sciolto di copertura al richiamo in profondità degli inghiottitoi o dei punti di assorbimento che le acque di percolazione generano nei gessi sottostanti.

In funzione dei materiali coinvolti, si utilizzano, per maggior precisione geomorfologica, ulteriori definizioni. Si definisce *bedrock collapse sinkhole*, una dolina che si genera quando un tratto di soffitto della cavità aperta nei gessi del substrato crolla nella cavità stessa (in rosso nelle figg. 14 e 15). Si parla di *caprock collapse sinkhole* quando a crollare nella cavità presente nei gessi sono rocce di altro tipo, non carsificabili. Si utilizza il termine *cover collapse sinkhole* quando nella cavità crollano le coperture di depositi sciolti superficiali, siano essi alluvioni, suoli potenti, depositi morenici o detritici (in giallo nelle figg. 14 e 15).

I crolli si verificano in modalità improvvisa, talora preceduta da abbassamenti improvvisi ma limitati per poi svilupparsi velocemente fino a raggiungere la massima profondità. Si generano forme solitamente a pianta circolare o subcircolare, la cui profondità varia da pochi metri a decine di metri, con pareti la cui acclività dipende dal materiale crollato: quasi verticali se rocce, molto inclinate se depositi compatti o addensati, meno inclinate se depositi sciolti. Nel tempo il materiale crollato può essere man mano assorbito e la dolina diviene più profonda oppure il materiale che frana dalle pareti conferisce alla dolina forme più morbide.

Pareti più dolci e solitamente profondità minore hanno i *cover suffosion sinkholes* (in blu nelle figg. 14 e 15). Queste doline si evolvono più lentamente, approfondendosi e allargandosi in funzione delle dimensioni dei punti idrovori e del materiale superficiale.



14 > I *sinkholes* (doline di crollo e/o di suffusione) rilevati fra Treppo e Ligosullo durante i recenti studi per il Catasto regionale dei *sinkholes*. Con 1 e 2 sono indicate le posizioni degli ingressi delle due grotte descritte nel capitolo successivo.



15 > Schemi indicativi dei tre tipi di dolina/*sinkhole* riconosciuti nell'area di Treppo-Ligosullo la cui ubicazione è riportata in fig 14.



16 > Dolina di crollo (*cover collapse sinkhole*) nella Forcella di Lius.



17 > Dolina di suffusione (*cover suffosion sinkhole*) nei dintorni delle Case Varleit, nell'area di Forcella di Lius.

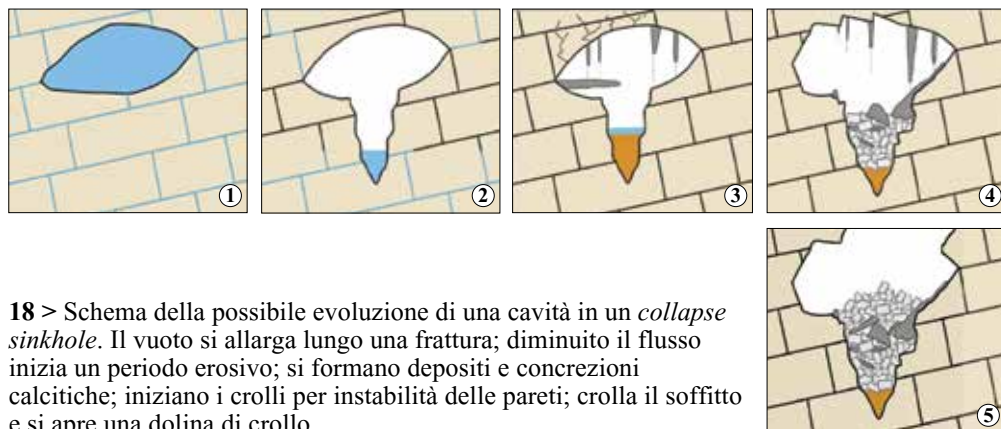
Le forme nel sottosuolo

L'acqua che ruscella sopra le rocce evaporitiche affioranti, o che raggiunge il substrato gessoso, dopo essersi infiltrata attraverso il suolo o le coperture varie, scorre con regime laminare sciogliendo il substrato finché si organizza in uno o più rivoli o incontra una superficie di discontinuità (un piano di strato, una frattura, una faglia, ...) beante e vi si infila. Sempre lungo linee di massima pendenza: il suo scopo è infatti quello di giungere il più velocemente possibile al livello di base, sia esso il mare, un lago, un corso d'acqua.

In profondità, la permeabilità delle rocce è "per porosità" o "per fratturazione/suddivisione". Comunque sia, in funzione della quantità e della velocità l'acqua è in grado di allargare per dissoluzione le vie ipogee che percorre, scegliendo di volta in volta le vie più facilmente percorribili. Può così generare dei vuoti nella massa rocciosa che riempie con l'acqua che defluisce. Di quando in quando la falda sotterranea interseca il versante e si genera una sorgente che attrae le acque interne. Più acqua passa più i vuoti si ampliano: più si ampliano più acqua può passare, più acqua passa...

Visto così il processo speleo-genetico sembra banale, in verità è più complesso perché sono numerosi i fattori che nel tempo variano, ma il risultato è quello. Nel tempo le acque scorrenti nel sottosuolo creano dei vuoti, le cavità che più si ampliano più sono instabili e forse crollano, causando di conseguenza di rimbalzo movimenti nelle porzioni di roccia sovrastanti (fig. 18), ed ecco gli sprofondamenti, i *sinkhole*, le doline, di crollo o di suffusione (figg. 16 e 17).

Le cavità, nei gessi hanno normalmente tempi evolutivi brevi: se nel carsismo classico, quello nei calcari, gli stadi evolutivi sono lenti, con unità di misura nei 10.000 anni, nell'iper-carsismo nei gessi e/o anidriti essi sono molto più rapidi, e





19 > Vista autunnale da Forcella Lius verso Nord.

l'unità di misura se non è nelle centinaia di anni lo è sicuramente nel migliaio, ma modificazioni si possono osservare anche in tempi molto più brevi.

Ecco perché degli sprofondamenti e dei *sinkhole* nella nostra regione abbiamo in genere memoria storica, delle doline di crollo in calcari i casi “registrati dall'uomo” si contano sulle dita di una mano.



20 > Lungo le pareti della grotta 6257/3610 Fr si rinvencono, sopra i livelli di gessi deformati, alcune patine di una sorta di “impasto” grigio (vedi il dettaglio a sinistra). Si tratta di una varietà del cosiddetto *moonmilk* o “latte di monte”, una poltiglia organico-gessosa legata all'attività di alcuni specifici batteri ipogei. Questa presenza suggerisce l'idea, corroborata anche dalla presenza di cristalli di zolfo nelle evaporiti, che il gesso si stia trasformando per l'ossidazione della pirite presente nella formazione incassante.



21 > La stretta galleria che caratterizza la “Grotta nel gesso in località Duroni”: in alto a destra si nota la parete di faglia.

LE PRIME GROTTE NEL GESSO

Andrea Mocchiutti

La prima grotta nel gesso

Fu una scoperta incredibilmente facile: nel 1998 la grotta era lì a portata di mano a soli 30 metri dalla strada, ben visibile, accessibile (la posizione è indicata con il numero 1 cerchiato in fig. 14 a pag. 25). Tuttavia, per molti anni ero passato per quella strada senza vederla, anche poche settimane prima la grotta non si notava; un ingresso di quasi due metri di altezza per quasi uno di larghezza, com'era possibile non averlo visto? Solo giorni dopo la scoperta ho capito che la grotta era rimasta nascosta per molti anni sotto il detrito che scendeva dal canalone (confronta le figg. 22 e 31), poi arrivò una pioggia più forte delle altre o forse era solo arrivato il suo momento, e quel detrito scivolò a valle lasciando scoperta la cavità. In quel giorno con quattro balzi arrivai all'ingresso entrando per 2-3 metri, quel tanto che bastava per capire che la grotta continuava.

Il fine settimana successivo Adalberto ed io entrammo per esplorare e rilevare con molta curiosità e consci che stavamo esplorando la prima grotta nel gesso della regione. Eppure i gessi non mancano in Carnia, ma fino a quel momento agli speleologi, a quanto pare, non era venuta quest'idea; forse perché di grotte nel calcare ne abbiamo migliaia e di svariati chilometri, ma la prima grotta nel gesso è sempre la prima.

L'emozione fu grande: dopo un breve corridoio alto 3-4 metri e largo circa 1 metro, la grotta fa una svolta a destra e il ruscello che la crea saltella su piccole vaschette di carbonato di calcio; la galleria cambia leggermente direzione e, dopo passaggi larghi non più di 50 cm, si stringe ulteriormente e costringe a procedere carponi, fino a divenire impraticabile nel punto in cui l'acqua esce dalla montagna.

In alcuni tratti la galleria risulta alta diversi metri, condizionata com'è dalla presenza di una faglia orientata E-W, ma in generale è piuttosto stretta e solo a due terzi del suo sviluppo presenta una saletta di dimensioni significative (fig. 25). Alla fine dell'esplorazione le nostre tute erano piene di fango anche se avevamo percorso solo



22 > Quarant'anni fa l'ingresso della cavità era piccolo e impercorribile (vedi fig. 31).



23 > Cristalli millimetrici di zolfo rinvenuti nella "Grotta nel gesso in località Duroni".

una trentina di metri, ma si sa, le grotte nel gesso hanno sempre questo regalo da fare agli speleologi ben più delle grotte nel calcare.

Alla soddisfazione della scoperta si accavallarono nella mia mente i ricordi di ragazzino dodicenne in vacanza nel paese di Tausia quando un anziano, venuto a portarci la ricotta di Costarobbia, mi aveva descritto quelle rocce bianche che da lontano sembravano neve in estate. Da quei gessi che più volte avevo inciso con il temperino per farci statuette era emersa questa piccola grande scoperta speleologica. Questo ci aprì un mondo nuovo, quello del fenomeno carsico nei gessi friulani: quante grotte celava e come si erano formate?

Alle prime osservazioni seguirono il rilievo topografico (fig. 24) e quello geologico con la mappatura della faglia (figg. 2, 21 e 24) che condiziona l'andamento della cavità, le analisi chimiche delle acque, il ritrovamento di piccoli cristalli di zolfo (fig. 23) dentro ai gessi. Le emozioni della scoperta ci portarono in breve a indagare tutta la zona e a identificare altre sorgenti e sprofondamenti ma nessuna grotta significativa, per altre scoperte sarebbe stato necessario aspettare ancora qualche anno.

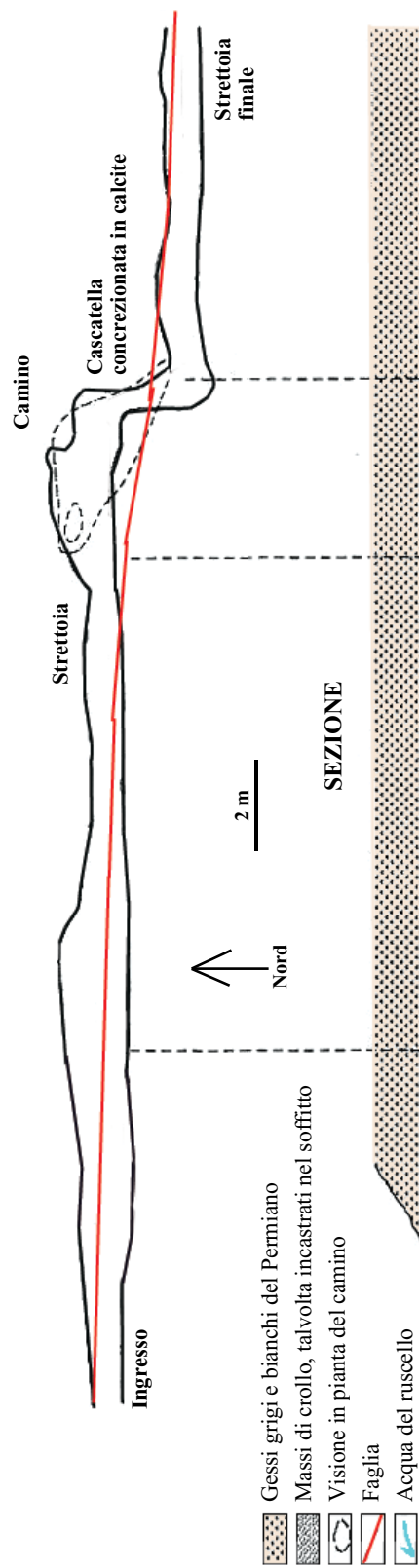
Dati catastali:

Grotta nel gesso in località Duroni; Numero Catasto Speleologico Regionale 6257/3610 Fr

Posizione WGS84 46° 32' 8,73" (46,53575765); 13° 4' 1,78" (13,06716188)

Quota ingresso 785 m, sviluppo complessivo 33 m, dislivello +2 m

Rilievo Adalberto D'Andrea e Andrea Mocchiutti, CSIF Udine.





25 > L'unica saletta presente nella seconda grotta nel gesso.



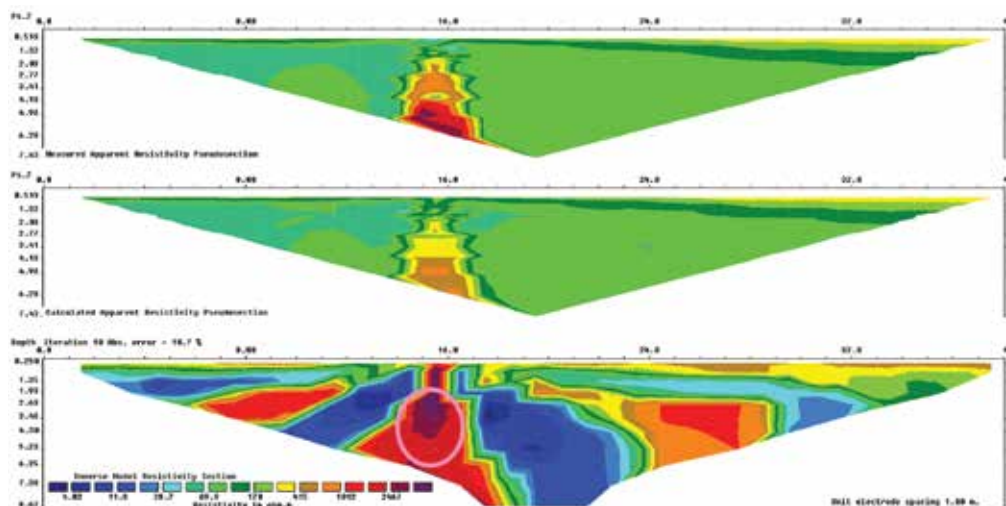
26 > Una strettoia nella galleria della seconda grotta nel gesso.

La seconda grotta nel gesso

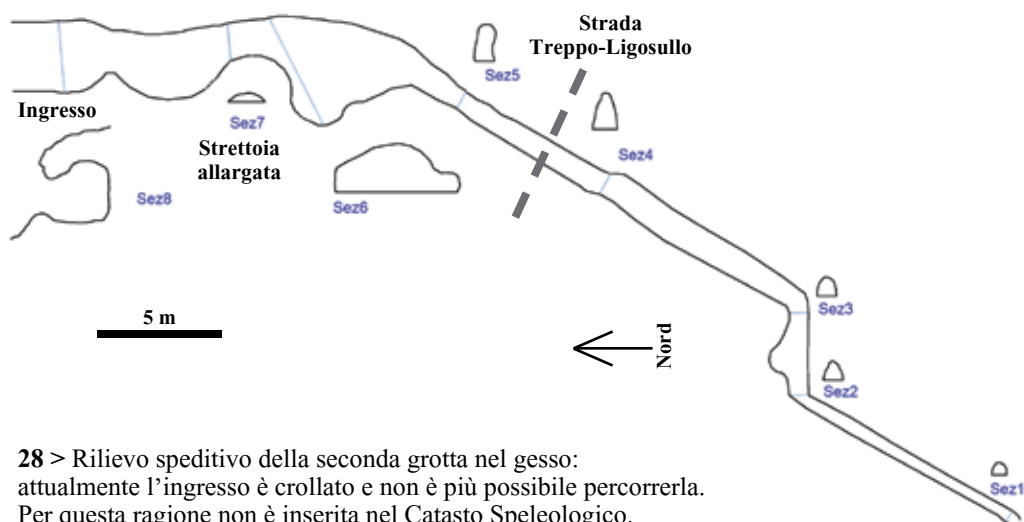
Nel 2002, lungo la strada provinciale venne notato uno sprofondamento a monte della strada. Per la sicurezza di quel tratto di viabilità il geologo della Provincia di Udine, Gabriele Peressi, eseguì una tomografia elettrica che consiste nell'immettere energia elettrica nel terreno per evidenziare la presenza di vuoti. Questa indagine, infatti, indicò a circa 5 metri di profondità la presenza di una cavità (fig. 27) proprio in corrispondenza della strada e, da speleologo, decisi che bisognava trovare il modo per entrare in quella grotta. Così dapprima mi calai dentro lo sprofondamento posto a fianco della strada ma la mia discesa fu respinta da un nido di vespe selvatiche.

Ritornato in superficie in fretta e furia, non senza qualche puntura, decisi che non l'avrebbero vinta loro. Quindi armato di bastone staccai il nido di vespe e un'ora dopo, calmati i fastidiosi insetti, potei calarmi sul fondo del pozzo da cui purtroppo non c'erano prosecuzioni.

Testardo quanto basta, decisi di esplorare tutto il settore a valle della strada in cerca di indizi della cavità. Individuata una sorgente che proveniva dai gessi e percorsa per pochi metri, scavammo per una mezz'ora come cani da tartufo liberando l'accesso di una nuova grotta (la posizione è indicata con 2 in fig. 14 a pag. 25). Dopo un passaggio tra roccia e acqua si arriva in una bella saletta tonda dal soffitto a cupola (fig. 25); da qui un ramo semiallagato (fig. 26) scavato nel gesso massiccio e bianco



27 > Elaborazioni delle tomografie elettriche eseguite sulla strada sulla verticale della grotta, con i colori rosso scuro e viola si identificano le alte resistività dovute al vuoto della grotta.



28 > Rilievo speditivo della seconda grotta nel gesso: attualmente l'ingresso è crollato e non è più possibile percorrerla. Per questa ragione non è inserita nel Catasto Speleologico.

continua passando sotto la strada provinciale. Lo sviluppo è di ben 52 metri! Avevamo scoperto la grotta nei gessi più lunga del Friuli (fig. 28), piccola ma accogliente, scavata nei gessi bianchi.

L'Amministrazione Provinciale, preoccupata per quella grotta sotto la strada, aveva espresso l'intenzione di riempirla di cemento, ma l'esplorazione e lo studio della cavità ci permise in seguito di rassicurarli circa la stabilità della volta nel tratto sotteso alla viabilità ordinaria.

Quindi la grotta è salva (anche se non è più accessibile per l'occlusione dell'ingresso) e il ruscello continua a scorrere.



29 > Grotta 6257/3610 Fr: cristalli parzialmente sciolti e che, quindi, non evidenziano facce caratteristiche. Quelli più trasparenti, ialini, sono di calcite (carbonato di calcio, CaCO_3) e gli altri di gesso.

La fauna sotterranea (a cura di Luca Dorigo)

L'area dei gessi si colloca in un settore della regione Friuli Venezia Giulia poco ricco dal punto di vista biospeleologico, anche poichè, fra l'altro, esso è stato caratterizzato dalla permanenza massiccia di ghiacci durante le ultime fasi glaciali. Le grotte impostate nel gesso nella zona di Treppo Ligosullo inoltre, dato il loro forte dinamismo



30 > Alcune specie che vivono all'esterno, come questo Chilopode, possono finire, accidentalmente, all'interno delle cavità.

temporale e la loro ridotta estensione spaziale, non sono particolarmente adatte a ospitare troglobi e, apparentemente, non si caratterizzano nemmeno per la presenza di specie troglofile, ma solo di quelle che, casualmente, provengono dall'ambiente esterno (fig. 30).

Nel corso di alcune escursioni recenti, finalizzate proprio alla raccolta di dati biospeleologici, non sono stati osservati organismi tipicamente ipogei. Neppure le ricerche effettuate da STOCH (2004) nelle acque della Grotta nel Gesso in località Duroni hanno prodotto alcun esito, non avendo raccolto alcun reperto nelle acque della risorgiva.



31 > Il canalone ove si apre la grotta 6257/3610 Fr.

LE FRANE DELLA VALLATA: UNA CONVIVENZA DIFFICILE

Andrea Mocchiutti

La presenza dei gessi nella valle condiziona tutti anche nella vita quotidiana, le numerose frane hanno da sempre creato disagi alla viabilità ma anche all'agricoltura, ai boschi, agli acquedotti. I gessi hanno la caratteristica di originare cedimenti improvvisi e frane che si muovono lentamente, ma inesorabilmente.

Gli abitanti di tutta la valle si sono confrontati con fratture, cedimenti, franamenti piccoli e grandi che hanno colpito la casa, lo stavolo, la strada fuori porta.

In particolare gli abitati di Tausia e Ligosullo sono i più colpiti o per lo meno quelli con le evidenze più grandi. Da decenni si studiano queste frane ma restano ancora molte incertezze sulle soluzioni da adottare.

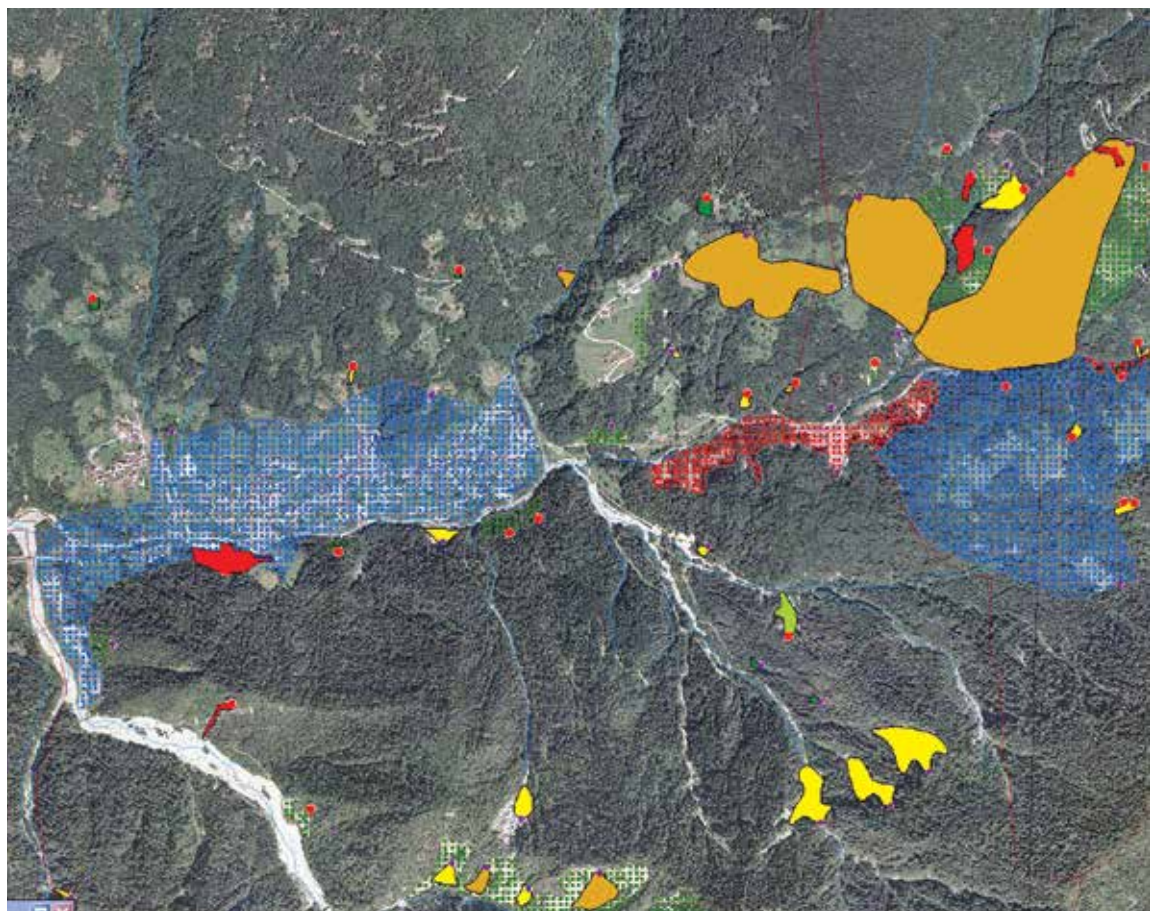
Anche le moderne tecniche di intervento hanno difficoltà di fronte ad una montagna che si scioglie. Inoltre l'acidità ed i solfuri presenti nelle acque che attraversano i gessi attaccano il calcestruzzo ed il ferro indebolendo le strutture.

In questi interventi di consolidamento sempre un po' incerti a lungo termine, la chiave di volta sta sempre nell'allontanare l'acqua nel modo più efficace possibile dall'opera, sia essa una strada o una casa.

I gessi e le rocce che compongono la vallata, quindi, favoriscono il formarsi di frane e voragini: il verificarsi delle voragini è imprevedibile (non le voragini in sé, che, anzi, sono prevedibilissime ma non nel tempo e nella loro localizzazione) e spesso si formano in prossimità di acque scorrenti, siano esse sorgentizie che fluviali. Possono aprirsi anche nel giro di poche ore e scomparire nel giro di poche settimane.

La carta del catasto frane IFFI e quella del Piano di Assetto Idrogeologico, di cui riportiamo un estratto (fig. 32), fanno capire la grande quantità di frane e la loro pericolosità attraverso una scala di colori. Il colore rosso è quello a maggiore problematicità.

Presso il ponte che attraversa il Torrente Pontaiba, al bivio per Tausia, il fenomeno della formazione delle voragini si è ripetuto più volte e le soluzioni tecniche per

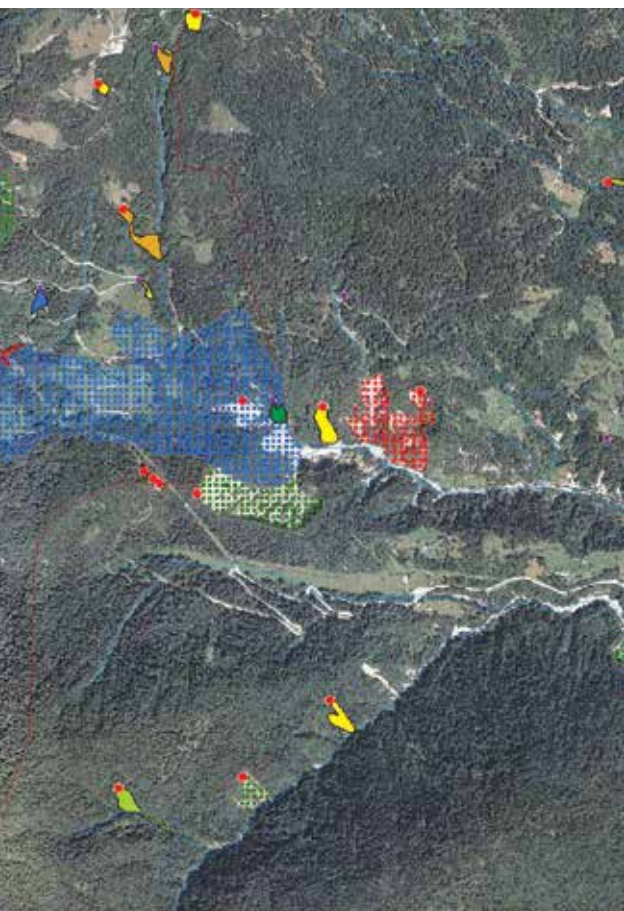


garantire la stabilità del ponte non sono semplici e soprattutto non sono durature proprio in ragione dell'alta solubilità dei gessi.

A valle di questo ponte, in passato si era aperta una grotta che in destra idrografica era percorribile per almeno cinquanta metri ed inghiottiva il fiume. Questa grotta, da me in parte visitata nel 1999 (e descritta nelle pagg. 32-35), è durata solo qualche settimana per poi franare ed essere ricoperta dai sedimenti trasportati della piena successiva.

Anche lungo la strada che porta verso Ligosullo e da quest'ultimo a Paularo sono numerosi i cedimenti visibili. Gli interventi durano qualche anno e poi la frattura si riapre, la strada cede ancora: non si tratta di imperizia dei tecnici, ma di una montagna che si trasforma molto velocemente.

Le frane di Ligosullo e di Tausia Murzalis sono definite "frane complesse". Infatti, accanto a limitati scivolamenti confinati nella coltre di alterazione superficiale, le indagini avviate dal Servizio Geologico regionale hanno individuato una super-



32 > Estratto dall'Inventario Nazionale dei Fenomeni Franosì (IFFI): nel fondovalle tra Treppo e Ligosullo vi siano decine di zone in frana. In rosso frane ed erosioni nei gessi; in giallo le grandi frane di Ligosullo e Tausia; in rosso crolli o ribaltamenti; in arancio franamenti complessi; in puntinato blu lenti movimenti del fondovalle; in puntinato verde aree soggette a frane superficiali diffuse; in puntinato rosso aree soggette a crolli; i puntini rossi indicano nicchie di distacco.

33 > Strada per Murzalis : Effetti dei dissesti



ficie di scivolamento posta a notevole profondità, fino a 70 m dal piano campagna. Ciò porterebbe al coinvolgimento di un ammasso roccioso instabile di qualche milione di metri cubi. Dato che la frana è attiva, è studiata e oggetto di monitoraggio in continuo: mostra movimenti di circa 2 cm all'anno legati ai cicli stagionali. (figg. 33 e 34).

Il territorio dei gessi è molto mutevole anche rispetto ai tempi umani, non solo a quelli geologici e per questo motivo interessante e temibile.



34 > Una voragine che si è aperta a fianco della strada, presso il bivio Treppo-Tausia.



35 > Vista verso Murzalis: lungo la strada sono evidenti i segni del dissesto in atto. In alto, sulla destra, i livelli rossi dell'Arenaria di Val Gardena del Permiano.

LE IMPRONTE FOSSILI DI VALDAIER

Giuseppe Muscio
Maurizio Ponton
Fabio Marco Dalla Vecchia

Nel 2011 il tolmezzino Mario Cuder ha segnalato al Museo Friulano di Storia Naturale di Udine la possibile presenza di alcune impronte nei livelli permiani affioranti poco a monte di Valdajer (DALLA VECCHIA et al., 2012).

Il sito indicato si trova a circa 1350 m di quota, sulla sinistra, salendo lungo la stradina che dal Castello Valdajer conduce alla Casera Valdajer, poco dopo il bivio con la pista forestale che porta a Casera Cuesta Robbia Alta.

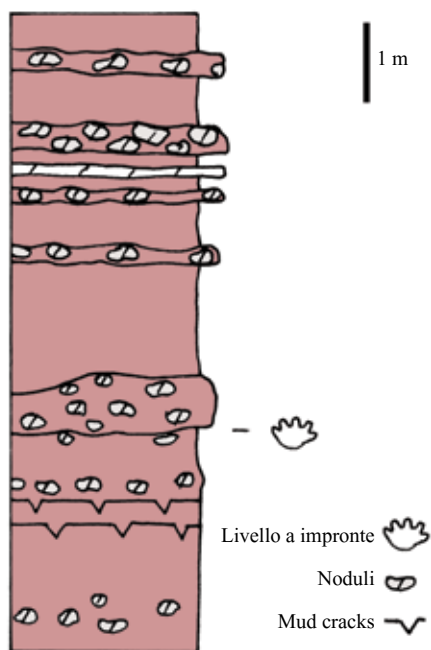
Lungo tutta la strada si susseguono gli affioramenti di una roccia dal tipico colore rosso vinaccia: si tratta dell'Arenaria di Val Gardena, datata al Permiano superiore (circa 260-270 milioni di anni fa; VENTURINI 2006). L'affioramento interessato dalla presenza delle orme è stratificato a franapoggio con immersione verso Sud ed inclinazione di circa 30°.

Le rocce in cui sono state rinvenute le impronte sono costituite in prevalenza da peliti rosse a stratificazione parallela discontinua lenticolare (fig. 36), caratterizzate dalla presenza di noduli carbonatici subsferici di natura dolomitica, delle dimensioni fra 1 e 6 centimetri talora sparsi nel sedimento o che vanno a costituire livelli più concentrati; più rari, invece, i livelli carbonatici continui potenti qualche centimetro. Nella successione misurata (fig. 37) si possono osservare due livelli pelitici, con qualche nodulo, interessati da *mud-cracks*, i poligoni misurano 5-10 cm e le fessure di disseccamento sono centimetriche e riempite di peliti rosse (fig. 36). Anche le impronte si trovano su una superficie ondulata di peliti rosse che contengono, appena sotto la superficie, qualche nodulo carbonatico.

Ci troviamo nella porzione inferiore di questa formazione rocciosa, ampiamente diffusa in tutto il Sudalpino, che ci racconta di un'area emersa con un clima caldo-arido, una vasta pianura solcata a tratti da fiumi temporanei che trasportano i sedimenti verso Sud. Sono riconoscibili, però, i segni di una lenta trasgressione che porterà all'affermarsi, alla fine del Permiano, dapprima di ambienti lagunari e poi marini.



36 > Strutture sedimentarie nella sezione di Valdaj. Sopra i *mud cracks* e sotto *caliches*. La scala è centimetrica.



37 > Colonna stratigrafica del sito di Valdaj. Sono evidenziati i livelli ricchi di noduli, e, in bianco, quello carbonatico.

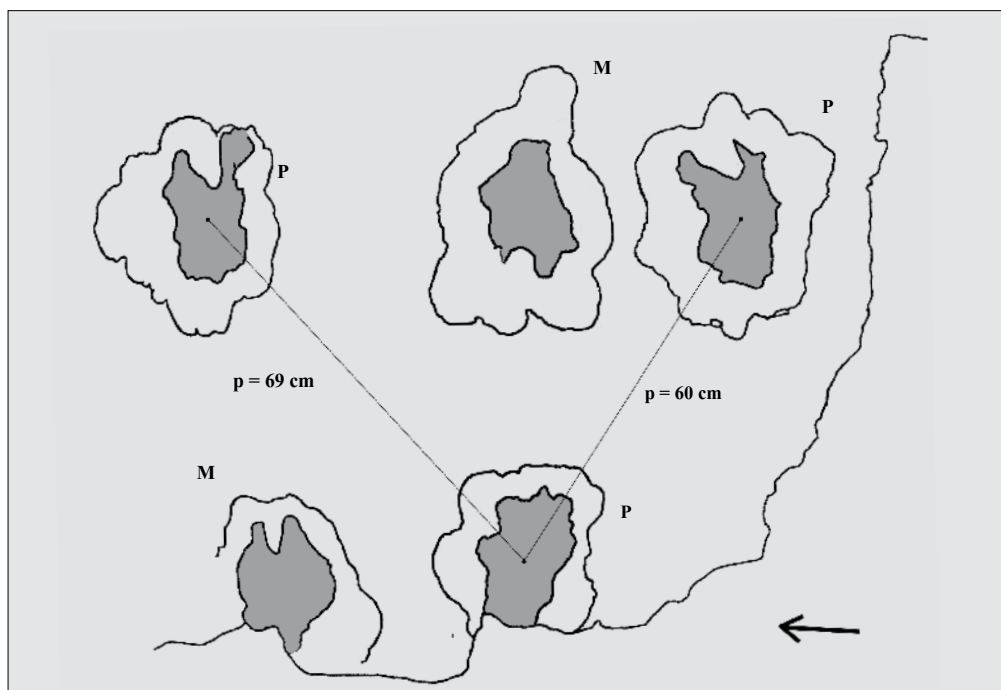
Purtroppo le impronte sono in cattivo stato di conservazione a causa dell'alterazione superficiale che si aggiunge alla fitta fratturazione lungo piani coniugati legata agli sforzi tettonici. Inoltre, recenti interventi (2016-2017) sulla strada hanno comportato la distruzione di alcune di queste impronte. È probabile, comunque, che si possano rinvenire le impronte successive asportando i livelli soprastanti che ancora coprono a monte lo strato con la pista.

Le impronte

La pista (fig. 38) era costituita da cinque grandi depressioni in cui l'asse maggiore (la larghezza dell'orma) è costante, fra 21 e 22,5 cm. Le depressioni, con un bordo di espulsione evidente ma non molto pronun-

ciato, paiono allineate in senso grossomodo N-S (quindi lungo la massima pendenza dello strato). Il settore dell'affioramento era piccolo (poco più di 1x1 m) ed ora è ridotto a metà, ma alcune parti sono ancora coperte da roccia o da muschio e potrebbero contenere altre impronte. Pochi metri a valle, in un altro piccolo affioramento, molto probabilmente appartenente allo stesso strato, è presente un'altra possibile impronta, parziale, simile alle precedenti. L'insieme delle orme rappresenta parte di una pista impressa da un tetrapode di grandi dimensioni che si spostava verso N, costituita da tre orme consecutive delle zampe posteriori, le prime due associate alle impronte delle corrispondenti zampe anteriori. Queste ultime sono leggermente più piccole, con un rapporto tra la larghezza della zampa anteriore e quelle della posteriore di 0,93, e risultano essere decisamente più larghe che lunghe (il rapporto larghezza/lunghezza nella zampa anteriore è 1,35-1,50 e in quella posteriore è 1,67-1,73).

La morfologia dell'orma appare irregolare, conseguenza anche della sua non buona conservazione e, come detto, della fragilità della superficie di strato soggetta a notevoli fratturazioni con continuo distacco di frammenti di roccia. La forma, comunque, appare grossomodo subrettangolare e dal margine frastagliato; le tracce delle dita non sono identificabili con certezza, ma erano indubbiamente corte.



38 > La superficie con le piste di Valdaj con, sotto, la relativa mappa. Legenda: A = angolo del passo, M = impronta della zampa anteriore (manus), P = impronta della zampa posteriore (pes), p = passo; (la scala nella foto = 100 mm).

La distanza fra le orme della zampa anteriore e quelle della zampa posteriore è di 32,5 cm a destra e 37,5 cm a sinistra; le larghezze esterna ed interna della pista sono significative, rispettivamente 78 cm e 30-35 cm. L'angolo del passo della zampa posteriore è piuttosto basso (76°), il passo è 60 e 69 cm con una falcata di soli 79,5 cm. Tutte queste informazioni suggeriscono che il *trackmaker* fosse un tetrapode quadrupede dal corpo largo, con una zampa anteriore grande quasi come la posteriore, che si spostava lentamente, ma non trascinava il ventre e la coda a terra.

Le dimensioni e la forma delle orme - più larghe che lunghe e con corte impressioni delle dita - e i parametri della pista sono compatibili con un solo icnogenere noto nel



Permiano superiore: *Pachypes* (si veda AVANZINI et al., 2001; DALLA VECCHIA, 2013). L'icnospecie *P. dolomiticus* è relativamente diffusa fra i rinvenimenti della gola del Bletterbach (Alto Adige) così come in tutti gli icnositi del Permiano superiore delle Alpi meridionali (per esempio, vicino a Recoaro in Provincia di Vicenza).

Non sono noti, per questa età, altri icnogeneri che abbiano parametri simili e le condizioni della pista non permettono ulteriori approfondimenti per i quali sarebbe peraltro necessario procedere all'apertura degli strati a monte per verificare la possibile prosecuzione della pista, intervento che, probabilmente, è possibile realizzare seppure con difficoltà, solo per uno spazio piuttosto limitato.

Pachypes, anche negli studi più recenti (VALENTINI et al., 2009) viene attribuito ai Pareiasauri, un gruppo di amnioti anapsidi tipici del Permiano e che alcuni paleontologi ritengono strettamente imparentati con le tartarughe. Si trattava di quadrupedi, dal corpo tozzo con arti massicci e dita corte, lunghi fino a tre metri e pesanti fino a sei quintali, i cui resti scheletrici sono stati trovati soprattutto in Sud Africa e Russia, ma anche in Marocco, Brasile, Asia orientale e Scozia.

BIBLIOGRAFIA

- AVANZINI M., CEOLONI P., CONTI M.A., LEONARDI G., MANNI R., MARIOTTI N., MIETTO P., MURARO C., NICOSIA U., SACCHI E., SANTI G. & SPEZZAMONTE M., 2001. Permian and Triassic tetrapod ichnofaunal units of Northern Italy: their potential contribution to continental biochronology. In *Permian continental deposits of Europe and other areas*, cur. G. CASSINIS, 89-107. Brescia: Natura Bresciana, Annali del Museo Civico di Scienze Naturali, Monografia 25.
- CALLIGARIS C., DEVOTO S. & ZINI L., 2017. Evaporite sinkholes of the Friuli Venezia Giulia region (NE Italy). *Journal of Maps*, 13 (2): 406-414.
- CUCCHI F., FORTI P. & FINOCCHIARO F., 1998. Gypsum degradation in Italy with respect to climatic, textural and erosional conditions. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, Suppl. III, t. 4: 41-49.
- DALLA VECCHIA F.M., 2013. *Sulle tracce del passato. Piste e impronte fossili di vertebrati in Carnia e nelle aree contermini*. Comunità Montana della Carnia.
- DALLA VECCHIA F.M., PONTON M. & MUSCIO G., 2013. Two new Ichnosites from the Permo-Triassic of Carnic Alps (Friuli Venezia Giulia, NE Italy). *Gortania. Geol., Paleont., Paleon.*, 34: 41-50.
- FORTI P., 1991. Il carsismo nei gessi con particolare riguardo a quelli dell'Emilia-Romagna. *Speleologia Emiliana*, s. IV, XVII, 2: 11-36.
- KLIMCHOUK A., CUCCHI F., CALAFORRA J.M., ASKEM S., FINOCCHIARO F. & FORTI P., 1996. Dissolution of gypsum from field observations. In *Gypsum Karst of the world*, cur. A. KLIMCHOUK, D. LOWE, A. COOPER & U. SAURO, 37-48. Int. Journ.Spel. 25 (3-4).
- MOCCHIUTTI A., 2004. Le cavità nelle rocce non calcaree della Carnia. In *Il fenomeno carsico delle Alpi Carniche*, cur. G. MUSCIO, 173-176. Memorie Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 15.
- STOCH, F., 2004. Prime osservazioni sulla fauna delle acque carsiche sotterranee delle Alpi Carniche. In *Il fenomeno carsico delle Alpi Carniche*, cur. G. MUSCIO, 87-95. Memorie Istituto Italiano di Speleologia. s. II, 15.
- VALENTINI M., NICOSIA U. & CONTI M.A., 2009. A reevaluation of *Pachypes*, a pareiasaurian track from the Late Permian. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen*, 251, 1: 71-94.
- VENTURINI C., 2006. *Evoluzione geologica delle Alpi Carniche con carta geologica delle Alpi Carniche in scala 1:25.000*. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 48, 208 pp.



a cura del
Circolo Speleologico e Idrologico Friulano