

DARIO ZAMPIERI, FRANCESCO  
FERRARESE, UGO SAURO

Aspetti della speleogenesi  
del Montello

estratto da

# Montello

A CURA DI BENEDETTA CASTIGLIONI

**3KCL**  
**Karstic Cultural Landscapes**  
*Architecture of a unique relationship people/territory*

Museo di Storia Naturale e Archeologia  
Montebelluna  
2005

# ASPETTI DELLA SPELEOGENESI DEL MONTELLO

DARIO ZAMPIERI, FRANCESCO FERRARESE, UGO SAURO

## LA STRUTTURA VERTICALE DEL SISTEMA CARSIICO

Nei rilievi in rocce carbonatiche l'acqua, con la sua capacità solvente, tende ad instaurare vie di penetrazione e di circolazione sotterranee, che la sottraggono al deflusso superficiale. I processi speleogenetici interessano dapprima lo spessore più superficiale della roccia dove esistono condizioni di rilascio tensionale e si localizzano lungo piani di discontinuità come i piani di frattura e i piani di stratificazione.

Nel tempo si vanno individuando zone idrologiche differenziate (Fig. 1) in senso verticale le quali dall'alto verso il basso sono:

- l'epicarso, che è la zona più superficiale, dello spessore tra pochi metri e qualche decina di metri, dove nell'ambito della massa rocciosa

c'è un volume percentualmente significativo di vuoti diffusi, creatisi in seguito all'attacco di acque arricchite di anidride carbonica provenienti dal suolo; durante le precipitazioni intense l'epicarso si satura temporaneamente di acqua che ben presto cede verso il basso;

- la zona vadosa, dove esistono cavità anche esplorabili dall'uomo che non sono mai piene d'acqua, coesistendo nei vani acqua ed aria;
- la zona satura dove tutte le cavità della roccia sono permanentemente piene d'acqua; la zona satura termina verso l'alto con una "tavola d'acqua" la quale è soggetta ad oscillazioni in relazione al regime delle precipitazioni (la tavola d'acqua si innalza nella stagione più umida, si abbassa in quella più secca).

Pertanto il limite tra le zone satura e vadosa non è fisso ma varia entro un certo intervallo detto "zona di oscillazione".

Inoltre, la zonazione idrologica verticale può essere complicata dalla presenza di barriere, quali possono essere livelli e lenti marnose e argillose impermeabili, in grado di sostenere acquiferi sospesi e quindi determinare l'individuazione di zone sature localizzate.

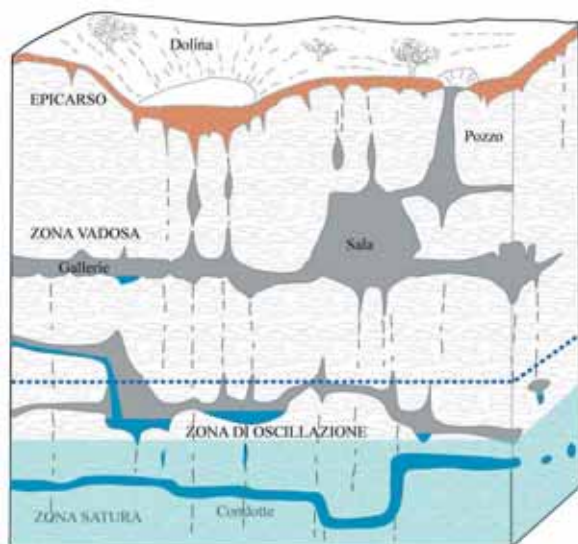


Fig. 1 - Schema delle zone idrologiche tipiche di un geo-ecosistema carsico. All'interno della massa rocciosa si passa dalla zona più superficiale detta epicarso, attraverso alla zona vadosa sino alla zona completamente satura d'acqua.

*Main hydrological zones inside a karst geo-ecosystem. From the upper zone called "epikarst" and through the vadose zone the lower zone called "sature zone", because all cavities are full of water, is reached.*

## GENESI DELLE CAVITÀ SOTTERRANEE IN RELAZIONE AL SOLLEVAMENTO

Nel Montello i processi di sviluppo del carsismo ipogeo sono stati certamente condizionati dal procedere del sollevamento del colle (Fig. 2). Infatti, è il dislivello creato dalla combinazione fra i processi tettonici e i fenomeni di incisione fluviale che determina l'energia potenziale dell'acqua. L'acqua tende a penetrare all'interno della massa rocciosa e a crearsi delle vie che le permettano di scaturire in corrispondenza dei punti topograficamente più bassi, situati ai margini del rilievo carsico. Livello di base locale è proprio il punto topograficamente più basso dove l'acqua può scaturire. Oggi, la principale sorgente carsica del Montello,

il Forame, si trova alla quota di 85 m s.l.m. Esso alimenta il torrente Giavera, che percorre la Valle dell'Acqua, una valle chiusa (pocket valley) lunga circa 500 m, che allo sbocco nell'alta pianura è situata a poco meno di 80 m di quota, in prossimità del punto topograficamente più basso della periferia del colle, punto che può essere considerato l'attuale livello di base del Montello. Nel settore nord-orientale del Montello esiste la grotta sorgente del Tavarano Grando, la quale è situata a 100 m di quota e si attiva soprattutto nei periodi umidi. Si tratta di un sistema di condotte carsiche che si sono individuate in prossimità della tavola d'acqua prima dell'ultima fase di abbassamento erosivo ad opera del Piave. Dato l'assetto generale della pianura alluvionale che circonda il Montello la tavola d'acqua dell'acquifero freatico nelle alluvioni

pende da nord verso sud e pertanto sono probabili interscambi tra le acque del Piave, comprese le acque sotterranee dell'acquifero alluvionale, con quelle dell'acquifero carsico. La verifica di questo fenomeno da parte di geotecnici negli anni '80 ha indotto a esprimere un parere negativo sull'ipotesi di costruzione di una diga che sbarrasse il Piave in corrispondenza della stretta di Nervesa della Battaglia. Si ritiene infatti che un eventuale lago a nord del Montello potrebbe perdere molta acqua attraverso la rete di cavità carsiche presenti all'interno del colle.

In passato il Montello ha avuto livelli di base diversi che devono essere corrisposti, all'incirca, alle superfici di spianamento fluviale, come i terrazzi del versante sinistro del solco di Biadene.

Nell'evoluzione del reticolo carsico del Montello,

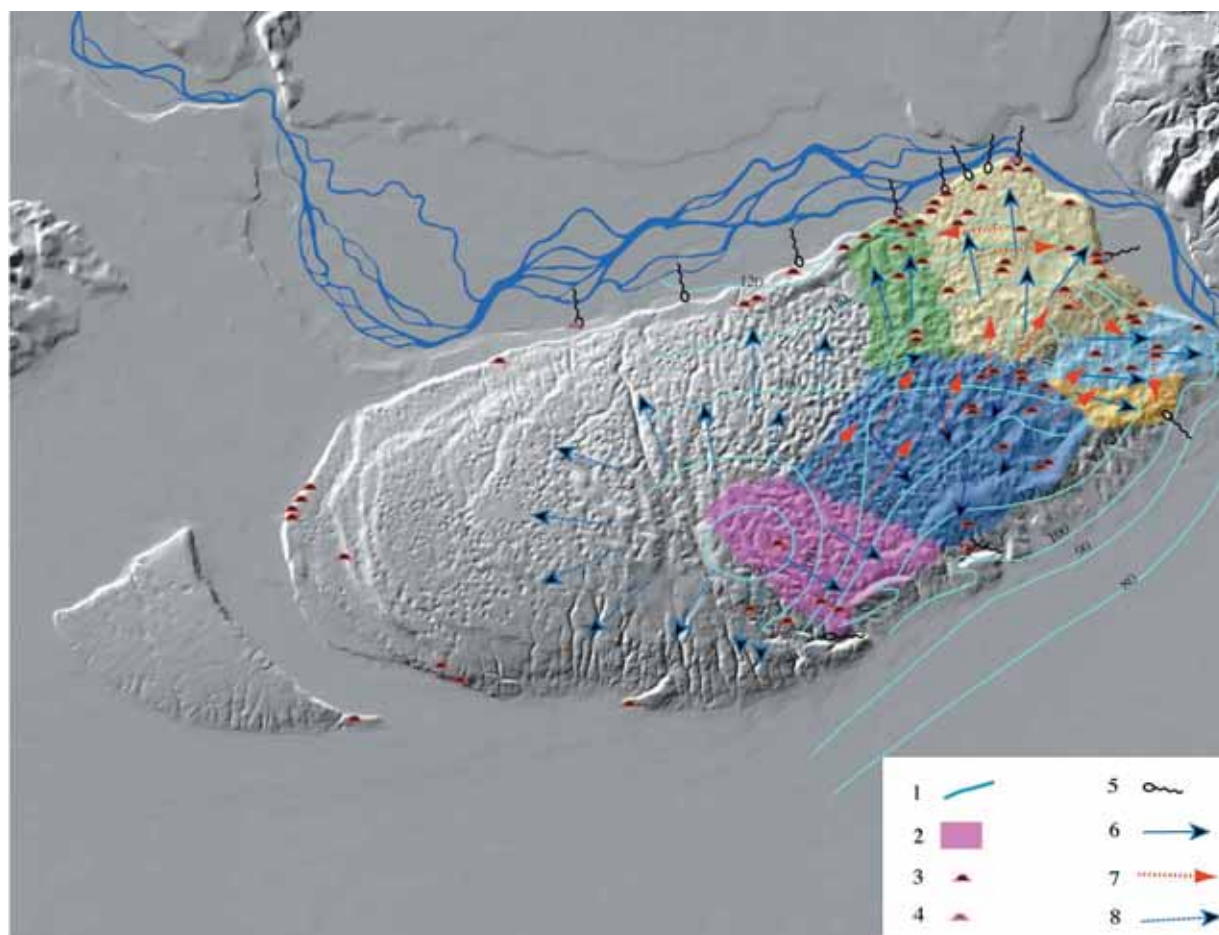


Fig. 2 - Schizzo dell'idrologia carsica del Montello. Legenda: 1) linee isofreatiche all'interno del rilievo carsico e nell'alta pianura, 2) sub-bacini carsici sotterranei (indicati con retini di colori diversi), 3) grotte e cavità carsiche catastate, 4) grotte sorgenti, 5) principali sorgenti, 6) principali direzioni di flusso sotterraneo, 7) direzioni di flusso in condizioni di "troppo pieno", 8) altre direzioni di flusso supposte (lo schizzo si basa su dati ricavati da BOCCALON *et al.*, 1987; AA. VV. 2002; Catasto delle Grotte del Veneto).

*Sketch of the main hydrological features of Montello. Legend: 1) isofreatic contours inside the karst area and in the high plain, 2) main underground karst basins (indicated with different colours), 3) registered caves and karst cavities, 4) spring caves, 5) main springs, 6) main underground flow directions, 7) main underground flow directions in high water conditions, 8) others supposed flow directions (the sketch is based on the data of BOCCALON *et al.*, 1987; AA. VV. 2002 and on the "Catasto delle Grotte del Veneto").*

fattore assolutamente peculiare è stato rappresentato dalla natura litologica, cioè dalla presenza di conglomerati che si intercalano ad argille. L'innesco del processo erosivo avviene probabilmente per dissoluzione del cemento micritico del conglomerato, che libera i ciottoli poligenici. Ciò può accadere sia lungo vuoti intercomunicanti nella roccia creatisi in seguito ai processi di circolazione idrica che ne hanno causato la cementazione, sia, localmente, lungo le fratture che producono la porosità secondaria della roccia. Una volta liberati i ciottoli, questi fungono da agente erosivo per trascinalamento da parte della corrente idrica. La combinazione di erosione chimica ed erosione meccanica spiega la pervasività delle forme carsiche sia superficiali che profonde.

In un diverso contesto climatico e geodinamico, nel Nepal, la grotta del Rio Harpan coi suoi 3 km di lunghezza è scavata nel calcare della Formazione di Pokhara, che rappresenta un deposito arenaceo e conglomeratico originato da colate detritiche (di tipo debris flow) che colmarono la valle di Pokhara durante un evento catastrofico avvenuto non oltre 1100 anni fa (WALTHAM, 1991). Dopo una parziale e precoce cementazione del sedimento per precipitazione di calcite, l'erosione sotterranea ha rapidissimamente (<500 anni) scavato gallerie soprattutto per azione meccanica, mentre la corrosione chimica sembra aver avuto un ruolo del tutto secondario.

Se nel Montello l'aspetto carsico più evidente è rappresentato dall'assenza di idrografia superficiale e dalle oltre 2000 doline presenti (FERRARESE *et al.*, 1998), nel sottosuolo sono presenti sistemi carsici di gallerie inattive e attive, tra cui la Busa del Castel Sotterra, che con quasi 7 km di sviluppo si pone a livello mondiale fra le maggiori cavità naturali scavate entro conglomerati (ABRAMI & MASSARI, 1968; MIETTO & SAURO, 2000; GASPARETTO & TALAMANCA, 2004). Il drenaggio sotterraneo è radiale, dalla zona assiale della brachianticlinale verso l'esterno, secondo direzioni prevalenti E-O, lungo le quali vengono alimentate sorgenti perenni, e N-S, lungo le quali si ha soprattutto la circolazione temporanea degli eventi di piena (CUCCHI *et al.*, 1987; AA. VV., 2002). Le direzioni di flusso sono controllate soprattutto dalla giacitura dei banchi rocciosi e secondariamente (o localmente) dalle fratture esistenti. Indagini sul settore nordorientale hanno messo in evidenza la prevalenza di famiglie di fratture con orientazioni N-S, ENE-OSO, NO-SE e NE-SO (CUCCHI *et al.*, 1987), in buon accordo con le direzioni degli assi maggiori delle doline di aree campione (FERRARESE & MENEGHIEL, 1991). Il sistema di fratture è congruente con quello che si sviluppa durante la crescita di pieghe anticlinali a profilo arrotondato (buckle folds), che è il prodotto sia dello stress regionale che di quello locale generato dal piegamento

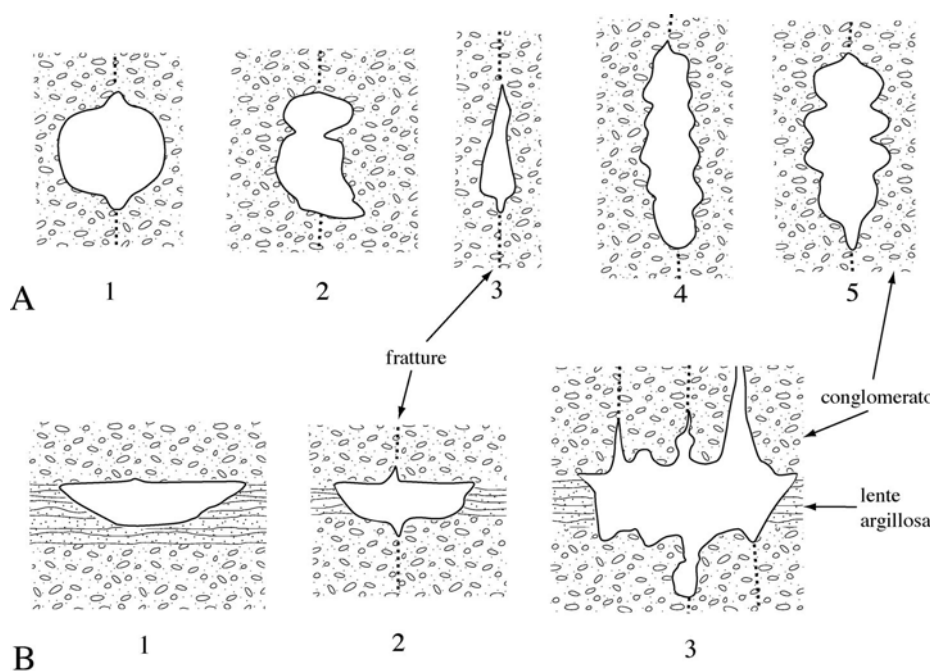


Fig. 3 - Sezioni trasversali tipiche di Grotte del Montello: A) grotte in banchi di conglomerato con sezioni tubolari (1), tubolari modificate (2), o a forra sotterranea (3-5), con evidenza di più fasi di approfondimento (4-5); B) grotte impostate in corrispondenza di lenti argillose marnose ma che arrivano ad interessare anche i banchi conglomeratici sotto- e sovrastanti (1-3).

Typical cross sections of the Montello caves. A) caves of tube type in conglomerate lenses (1), modified tubes (2), subterranean gorge types (3-5), where the main deepening phases are evidenced (4-5); B) caves evolved at the contact of the conglomerate with lenses of marls and clay (1-3).

(PRICE & COSGROVE, 1990). In particolare, la famiglia ENE è parallela all'asse della piega e corrisponderebbe a fratture di tensione che si formano per estensione della zona di cerniera di un'anticlinale, le quali giustificano la circolazione idrica perenne lungo tale direzione.

Il complesso sotterraneo del Castel Sotterra si sviluppa su più piani lungo una direzione media N-S nel settore meridionale del colle. Le ampie gallerie inattive dei piani più elevati sono scavate entro i livelli argillosi. Questi sono collegati da pozzi di crollo di blocchi conglomeratici formati in corrispondenza dell'incrocio di fratture (NO-SE e N-S), mentre nella parte più profonda le gallerie attive sono scavate per erosione a pelo libero entro un banco conglomeratico. Complessivamente si riconoscono almeno 7 piani di sviluppo della cavità, verosimilmente correlabili ai terrazzi d'erosione del Montello

e quindi ad antichi livelli di base. All'interno del banco conglomeratico più basso sono stati riconosciuti fino a 14 cicli erosivi, evidenziati dalle mensole sulle pareti laterali delle condotte (CUCCHI *et al.*, 1987), i quali potrebbero corrispondere a variazioni del livello di base determinati da eventi sismotettonici minori con breve periodicità, successivi ad un evento (o serie di eventi) di maggiore intensità.

In conclusione, la peculiare stratigrafia del colle del Montello, con alternanza di rocce tenere (le argille) e dure (i conglomerati), dotate di diversa permeabilità, favorisce sia l'impostazione iniziale delle condotte tubolari al di sotto dei banchi conglomeratici (Fig. 3), sia l'ampliamento delle cavità per crollo di banchi in corrispondenza di zone di frattura, una volta che le dimensioni dei tubi nelle argille abbiano raggiunto una soglia critica di molti metri.



Fig. 4 - Sezione trasversale della galleria principale del Tavarano Grandio in cui è ben distinguibile l'originaria condotta di ambiente saturo (in alto) e la successiva forra di approfondimento vadoso (sotto).

*The main gallery of Tavarano Grandio cave consisting in a tube evolved in the saturate zone later deepened in vadose environment by a further incision.*



Fig. 5 - La dolina di crollo del Posan sul cui fondo si apre la galleria carsica attiva che permette di attingere acqua. Si tratta di una "finestra carsica" che permette di intravedere la sottostante rete sotterranea.

*The Posan collapse doline, which is also a karst window open on an active segment of an underground gallery.*

## REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- AA.VV. (2002) - Idrogeologia e risorse idriche del Colle del Montello. Provincia di Treviso, Associazione Speleologica Arianna, 34 pagine e 2 carte tematiche.
- ABRAMI G., MASSARI F. (1968) - La morfologia carsica nel colle del Montello. *Riv. Geogr. It.* 75: 1-45.
- BOCCALON G., CUCCHI F., FORTI P. (1987) - The hydrogeology of the Montello Karst area (Italy). *Geolis*, 1 (1987): 62-78.
- CUCCHI F., BOCCALON G., FORTI P. (1987) - L'idrogeologia del Montello. Atti Conv. St. Natur. Sul Montello, Per conoscere il Montello 2: 35-55.
- FERRARESE F., MENEGHEL M. (1991) - Aspetti dell'influenza strutturale sulla morfogenesi carsica nel Montello (Treviso). *Atti e Mem. Comm. Grotte E. Boegan*, 30: 81-86.
- FERRARESE F., SAURO U., TONELLO C. (1998) - The Montello Plateau: Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure. *Z. Geomorph. N. E.*, 109: 41-62.
- GASPARETTO P., TALAMANCA A. (2004) - Le Grotte del Montello, Guida del Museo di Storia Naturale del Montello di Nervesa della Battaglia. Danilo Zanetti Ed., Montebelluna, 63 pp.
- MIETTO P., SAURO U. (2000) - Le Grotte del Veneto: paesaggi carsici e grotte del Veneto. Regione del Veneto & La Grafica Editrice, Vago di Lavagno - Verona, seconda edizione, 480 pp.
- MOZZI P. (2005) - Alluvial plain formation during the late Quaternary between the southern Alpine margin and the lagoon of Venice (northern Italy). *Suppl. Geogr. Fis. Quat.*, 7: 219-229
- PELLEGRINI G.B., ZAMBRANO R. (1979) - Il corso del Piave a Ponte nelle Alpi nel Quaternario. *Studi Trentini di Scienze Nat.*, 56: 69-100.
- PENCK A., BRÜCKNER E. (1909) - Die Alpen im Eiszeitalter. Bd. III.
- PRICE N., COSGROVE J.W. (1990) - Analysis of geological structures. Cambridge University Press, Cambridge, 511 pp.
- SACCO F. (1899) - Gli anfiteatri morenici del Veneto. *Ann. R. Acc. Agricoltura di Torino*, XLI: 63 pp.
- SAURO U., ZAMPIERI D. (2001) - Evidences of surface faulting and surface rupture in the Fore-Alps of Veneto and Trentino (NE Italy). *Geomorphology*, 40: 169-184.
- WALTHAM T. (1991) - Limestone Karsts of the Annapurna Region, Nepal Himalayas. *Cave Science* 18: 99-104.

## LONG ABSTRACT

### ASPECTS OF SPELEOGENESIS ON THE MONTELLO HILL

Water from precipitation, as well as being the origin of overland flow, saturates the soil and seeks to penetrate the rock mass. Due to the solubility of the rock, in time the water is able to enlarge the discontinuities and to create a subterranean network of cavities.

In this way the water ceases to feed superficial runoff and flows in the underground. Three main vertical hydrologic zones develop: 1 - in the first few meters below the soils, an upper zone with a large secondary porosity, called epikarst; 2 - a intermediate zone where both air and water are present in the main cavities, called vadose zone; 3 - a deepest zone where all the cavities are completely filled with water, called sature zone. The upper limit of the lower zone is made up by the water table. The water table may oscillate according to the level of precipitation. In the Montello the hydrological structure is complicated by the presence of impervious lenses of marls and clays.

In the Montello the speleogenetical processes have surely been influenced by the uplifting of the morphostructure. The difference in elevation between the highest and the lowest points determines the potential energy. The water which has penetrated the rocks tends to flow and to emerge in correspondence of the lowermost points of the periphery of the relief. The karst base level is the lowest topographical point at the periphery of the relief. In fact, the main karst spring of Montello is the Forame originating at the head of the Valle dell'Acqua pocked valley, which is 85 m a.s.l. The valley is about 500 m long and its exit point in the plain is about 80 m a.s.l., which may be considered the karst base level of the hill.

Most of the caves on the Montello show horizontal development and have evolved as water table caves and are now situated at different elevations corresponding to old base levels. It is possible to correlate many cave levels with the

outside planation surfaces and in particular with the elevations of the western terraces. The caves cross-sections are influenced by the lithology. The caves developed entirely in the conglomerate show both circular and gorge cross sections. The passages corresponding to marls and clay levels are wider with flat roofs coinciding with the lower bedding plane of a conglomerate bed.

The longest cave called Busa di Castel Sotterra is about 7 km in development. One recent cave is Tavarano Grando located very near to the present day base level.