

FRANCESCO FERRARESE  
UGO SAURO

La geomorfologia 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

---

# LA GEOMORFOLOGIA DEL MONTELLO

FRANCESCO FERRARESE, UGO SAURO

## IL MONTELLO: UN COLLE SUBALPINO SPECIALE

Il Montello è un rilievo con caratteristiche uniche nell'ambito delle colline subalpine. Per la sua conformazione, potrebbe essere paragonato a un grande carapace di tartaruga, oppure ad un dorso di balena, emerso dalle alluvioni dell'alta pianura veneta (Fig. 1).

Lo stesso nome "Montello" evidenzia la peculiarità di questo largo e massiccio colle, il quale, se dalla laguna di Venezia ci si sposta verso le Prealpi, precede tutti gli altri colli subalpini. Per il suo carattere compatto che si rivela nell'estensione laterale dei suoi profili, il Montello non si presenta né come un "colle" simile agli altri che delimitano verso monte l'alta pianura, i quali sono articolati in dorsali, né come un vero monte, a causa dell'altezza modesta. La notevole estensione in senso laterale, tuttavia, gli conferisce una dignità di "piccolo monte", o meglio di "basso monte", e quindi di "montello".

Il Montello presenta una forma ellissoidale allungata in senso WSW-ENE per circa 13 km ed estesa perpendicolarmente all'asse di allungamento per circa 5 km. La superficie è di quasi 60 km<sup>2</sup>. Il colle, che raggiunge la quota massima di 369 m s.l.m. nei pressi di S.M. della Vittoria, ad ovest del

suo "baricentro", ha quota media di 208 m s.l.m., elevandosi mediamente di circa 100 m sulla pianura circostante. Il volume del rilievo che emerge dalla pianura è stimabile in 6 miliardi di m<sup>3</sup>. Le pendenze del colle non sono notevoli all'interno della sua superficie ma raggiungono valori elevati ai margini dell'altopiano soprattutto ad est e a nord, dove il limite del rilievo è mantenuto netto da scarpate di erosione fluviale tuttora attive.

## UNA GIOVANE MONTAGNA CHE STA CRESCENDO

Questo basso monte a "dorso di balena" è espressione marginale del fenomeno dell'orogenesi alpina. La catena della Alpi si è formata in seguito allo scontro fra l'Africa e l'Europa, cioè fra gli zatteroni di rocce acide sialiche che costituiscono i continenti e che essendo relativamente leggeri galleggiano sulle rocce basiche del sottostante mantello. Lo scontro è ancora in atto e determina sia fenomeni di rigonfiamento, sia fenomeni di incurvamento verso il basso della superficie terrestre. La Pianura Padana è una grande depressione che tenderebbe ad approfondirsi se i fiumi con i loro depositi non continuassero a colmarla. Le Alpi so-

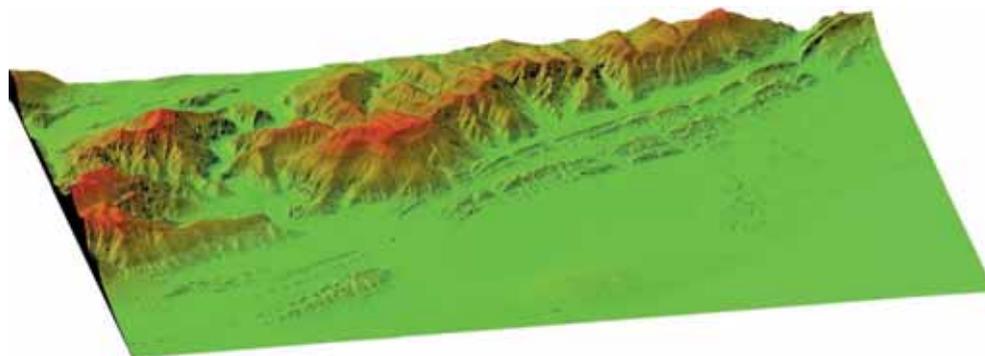


Fig. 1 - Il Montello, in basso al centro, nel contesto dell'alta pianura veneta, delle colline subalpine e dei gruppi prealpini del Grappa (a sinistra) e della dorsale delle Prealpi Trevigiane.

*The Montello (below, centre), emerging in the high venetian plain; the sub-alpine hills and the pre-alpine groups of Grappa and of Treviso ridge (background).*

no invece un edificio strutturale complesso nel quale lembi di crosta si sono piegati e impilati l'uno sull'altro a costituire una catena montuosa. Il Montello è l'ultimo rilievo nato sul margine meridionale della catena, ossia: un "monte giovane" che sta crescendo in altezza. La sua forma trae origine da processi che hanno luogo all'interno della crosta terrestre e che continuamente la modificano, detti processi endogeni o tettonici. Quindi, il Montello è in primo luogo una forma tettonica, che possiamo anche definire "morfostruttura". Dal punto di vista dei caratteri strutturali i vecchi Autori l'hanno descritto come "dorsale anticlinale", cioè come dorsale che si è individuata in seguito ad un fenomeno di ripiegamento degli strati geologici, i quali si presentano incurvati con la convessità rivolta verso l'alto. Tale piega si è formata per un fenomeno di compressione ad opera di forze che agiscono perpendicolarmente rispetto all'asse di allungamento del rilievo. In realtà, le ricerche recenti hanno mostrato come il Montello corrisponda al "dorso" di una struttura geologica di tipo "pop-up", una sorta di cuneo delimitato sia sul lato nord occidentale, sia su quello sud orientale da faglie inverse convergenti verso il basso, il quale viene progressivamente espulso verso l'alto dalle spinte tettoniche (si veda ZAMPIERI, in questo volume).

Queste forze hanno anche piegato gli strati, tanto che nel settore meridionale si riesce a misurare una debole immersione verso sud, e in quello settentrionale una modesta verso nord.

La morfostruttura del Montello sembra complicata dalla presenza sul lato meridionale di un'unità conglomeratica più recente, di età pleistocenica, la quale poggia in discontinuità su una superficie di erosione che taglia l'unità conglomeratica più antica. A questa unità corrisponde una morfologia diversa, caratterizzata dall'assenza di doline e da frequenti solchi di incisione torrentizia (Fig. 2 e 3).

### IL FIUME: LO "SCULTORE" DEL RILIEVO EMERGENTE

Il rilievo generato da processi tettonici che via, via, emerge dalla copertura alluvionale, trova degli antagonisti. In questo caso, il primo antagonista è un fiume. Dato che lo scenario del sollevamento è una pianura dove scorrono grandi fiumi, la morfostruttura è stata subito "attaccata" da uno di questi, pronto a "difendere" il suo territorio. È iniziata così una singolare competizione tra il rilievo e il fiume, nel corso della quale il fiume ha lasciato impressi nel rilievo i segni della sua aggressione. Ve-

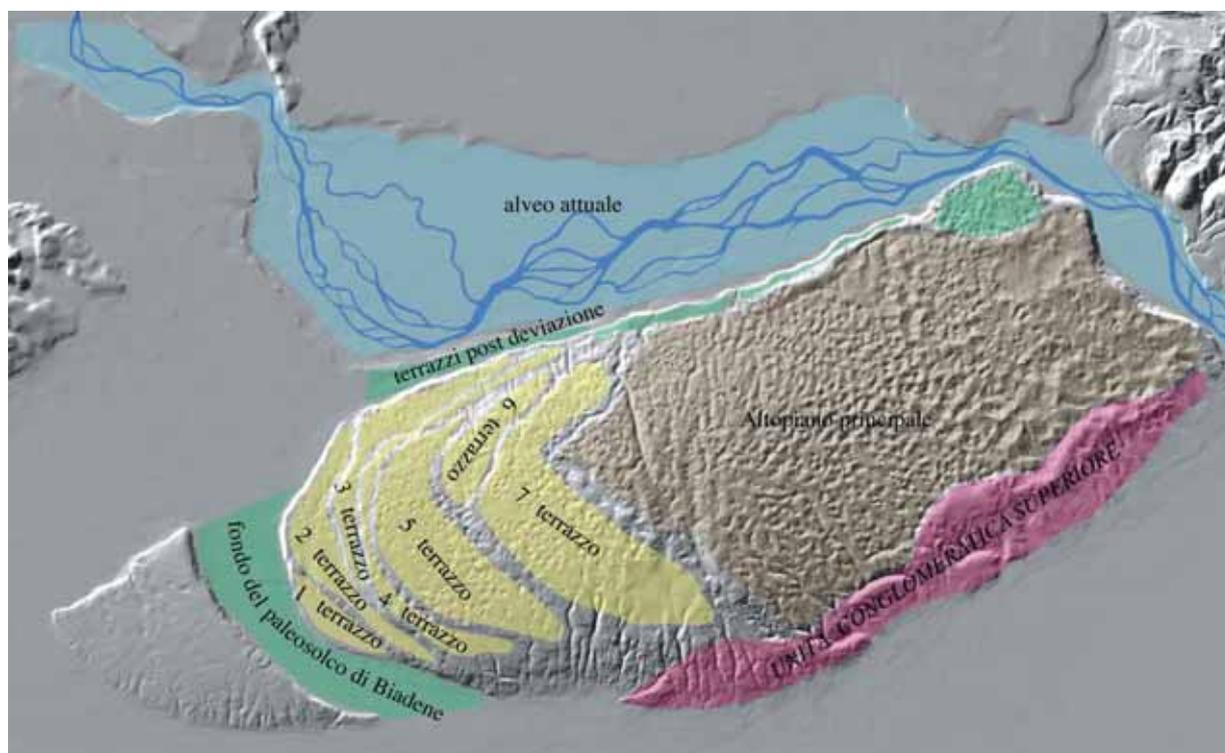


Fig. 2 - Modello digitale del rilievo del Montello e delle sue principali unità geomorfologiche.  
*Digital model of the Montello and of its main geomorphological units.*

diamo quali. Se il rilievo sorge con relativa lentezza e la corrente fluviale è energica e trasporta detrito grossolano, come è il caso dei corsi d'acqua dell'alta pianura, il fiume è in grado di erodere il rilievo, livellandolo. Durante le piene, la corrente trascina depositi sabbiosi e ciottolosi, i quali vengono usati come strumenti per abrader la roccia sottostante. Il corso d'acqua tende a colmare con i suoi depositi eventuali depressioni create dalla sua stessa azione erosiva. Nei momenti di forte energia rimette comunque in movimento i medesimi depositi erodendo soprattutto le protuberanze del letto in roccia. Nell'insieme, i materiali alluvionali vengono fatti "transitare" dall'azione del corso d'acqua, senza venire depositi in modo permanente, ed utilizzati come una sorta di pialla. L'acqua, inoltre, attacca chimicamente la componente carbonatica della roccia, corrodendo sia i ciottoli, sia il cemento del conglomerato. Ne consegue che se il fiume ha l'opportunità di divagare nell'intera area dove i processi tettonici tendono a generare un rilievo, tale rilievo può non farcela ad esprimersi, a causa dell'azione di "spianamento" del fiume. Si può quindi creare una superficie di spianamento suborizzontale, più o meno estesa.

A nord del rilievo del Montello, nel segmento di alveo situato a sud dell'Isola dei Morti, il Piave sta

creando ora una superficie di spianamento in roccia che localmente affiora dalle coperture alluvionali, come si può vedere sul greto del fiume, presso Campagnole di Sopra, poco a NW della grotta sorgente del Tavarano Grando.

Se però il fiume erode il rilievo emergente solo in una sua parte, porzioni di superfici di spianamento fluviale possono essere sollevate a costituire altopiani o terrazzi di spianamento.

Quindi, è dalle interrelazioni tra gli episodi di sollevamento e i processi dell'erosione fluviale, i quali si esplicano sia in senso laterale, sia in senso verticale, che si generano vari tipi di forme. Tra i tipi di forme fluviali riconoscibili nell'area del Montello possono essere distinti i seguenti (Fig. 2):

- altopiani di spianamento;
- terrazzi di spianamento;
- valli incastrate nel rilievo in sollevamento, dette "valli antecedenti" in quanto il fiume che le ha create esisteva prima del rilievo in cui sono state incise;
- alvei attivi di spianamento in roccia parzialmente mascherati da coperture alluvionali discontinue.

In particolare, l'altopiano sommitale del Montello può essere considerato un altopiano di spianamento che per un certo tempo è stato piallato dal corso

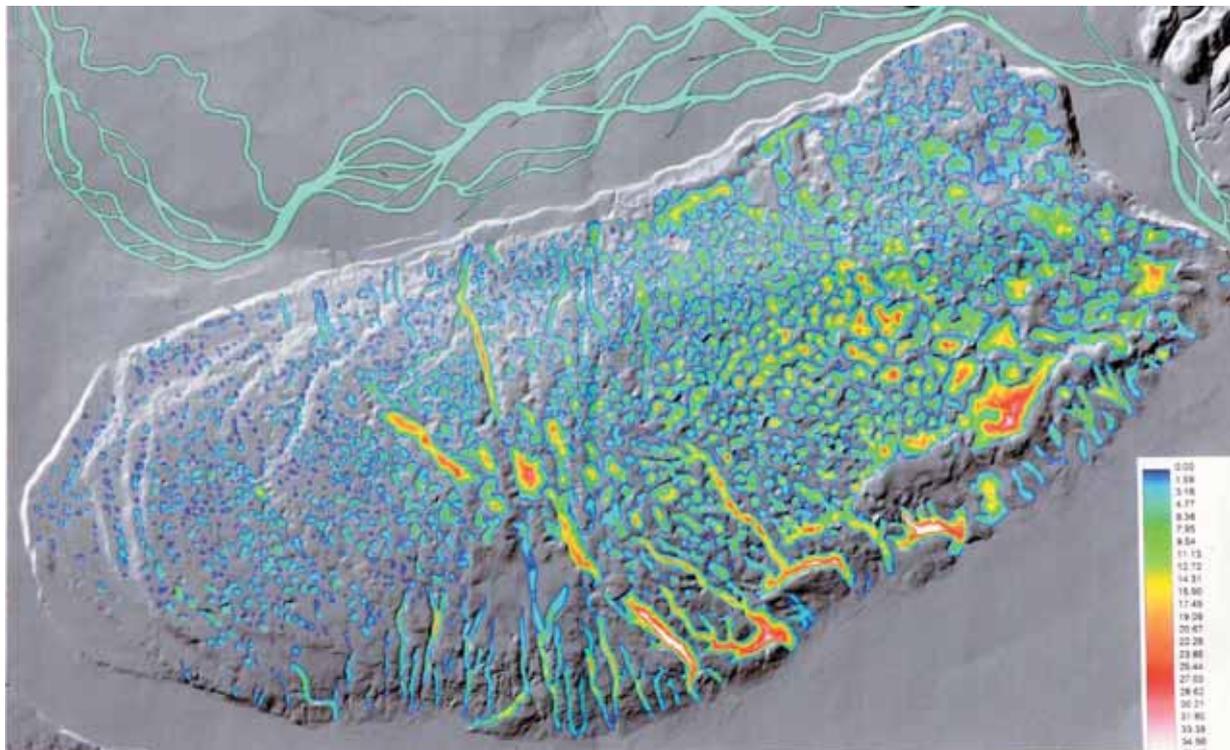


Fig. 3 - Montello con forme fluvio-karstiche e carsiche di cui è evidenziata la profondità.  
*The fluvio-karstic and karstic forms of Montello evidenced by their depths.*

d'acqua, sinché il rilievo ha saputo esprimersi e vincere l' "ostruzionismo" del fiume stesso. Il fiume ha quindi incastrato il suo corso incidendo nel settore occidentale del rilievo una "valle antecedente", oggi detta "solco di Biadene". Nella formazione di questa valle si sono alternate fasi nelle quali il corso d'acqua riusciva ad allargare il suo fondovalle, spianandolo, con fasi nelle quali il fiume approfondiva la sua valle. Un ampio fondovalle spianato, una volta che veniva a trovarsi al di sopra del livello del corso d'acqua, diventava un terrazzo fluviale di spianamento in roccia. Per effetto della deformazione tettonica il fiume ha spostato il suo corso sempre più verso ovest. In questo modo ha scavato una valle antecedente fortemente asimmetrica che ha per versante destro (occidentale) una ripida scarpata, alta oltre 60 m (la scarpata esposta ad est della collina di Montebelluna, detta Capo di Monte) e per versante sinistro una gradinata di sette terrazzi in roccia che si sviluppa per un dislivello di oltre 190 m, sin quasi a collegarsi con l'altopiano sommitale.

Il solco di Biadene non è una valle antecedente attiva, poiché il fiume l'ha abbandonata, cambiando il suo corso e deviando verso est, lambendo il margine settentrionale del colle. Si tratta quindi di un segmento di valle "relitta" o "morta".

Subito dopo l'abbandono del solco di Biadene, il fiume prima di approfondire il suo corso sembra aver creato la superficie di uno stretto terrazzo sul margine settentrionale del colle, terrazzo che tuttavia si allarga nell'angolo di NE dove risulta profondamente carsificato. È possibile che il fiume abbia qui esercitato la sua erosione laterale nell'ambito di una massa rocciosa già profondamente carsificata, dove dopo l'abbandono da parte della corrente le doline si sono subito riaperte.

Di più difficile interpretazione resta invece il carattere della superficie della Collina di Montebelluna, la quale non risulta correlabile con nessuno dei terrazzi. Non si può escludere che questa superficie sia modellata nell'unità conglomeratica superiore, o che sia il risultato dell'esumazione della discontinuità tra le due unità conglomeratiche.

#### I PROCESSI DELLA DEGRADAZIONE E LO SVILUPPO DI UN RETICOLO IDROGRAFICO LOCALE

Come una superficie di spianamento viene abbandonata dal corso d'acqua essa viene esposta ad altri agenti esogeni della degradazione e dell'erosio-

ne, come la pioggia e il vento. Processi chimici, fisici e biologici attaccano la roccia provocandone alterazione e disgregazione e determinando la formazione del suolo su cui si insedia la vegetazione. L'acqua di pioggia impregna il suolo, tenta di infiltrarsi nei pori e nelle fessure della roccia e dopo averli saturati scorre in superficie. Nel tempo essa tende a incidere nel rilievo un reticolo di vallette sul cui fondo non c'è, di norma, un corso d'acqua perenne, ma si formano piccoli corsi d'acqua effimeri soltanto nei periodi più umidi quando le piogge sono intense e prolungate.

Elementi di un reticolo idrografico locale sono riconoscibili nel Montello, anche se risultano spesso modificati dai processi carsici, i quali creano vie di deflusso in profondità, sottraendo gran parte dell'acqua di deflusso superficiale (Fig. 3).

Le forme vallive più evidenti sono ubicate nelle zone a maggiore pendenza. In particolare il versante meridionale del colle è inciso da frequenti valli secche che partendo dall'altopiano sommitale raggiungono la pianura. Il loro andamento è quasi rettilineo, secondo il percorso di massima pendenza, ma spesso deviano o sono catturate da valli più larghe e profonde ad andamento parallelo all'asse del colle e ubicate nelle zone perimetrali del rilievo (SAURO, 1987).

L'analisi di dettaglio delle piccole forme fluviali locali (Fig. 3) ne consente una descrizione approfondita e fornisce elementi per una classificazione.

Appena ad est del punto più elevato del Montello (Collesel Val dell'Acqua) si scorgono dei motivi lineari dati dall'allineamento di alcuni solchi vallivi: la Val dell'Acqua di S. M. della Vittoria, a nord, e la Val Padovana a Sud, che sono poste sulla stessa direttrice ad andamento NW – SE; la Val Maor a Nord e un vallone a Sud e, circa quattrocento metri più a Ovest, il sistema fluviocarsico della Val del Bo di Gobbo e la Val della Murada. Questi ultimi due allineamenti sono intersecati dal primo a cavallo dell'anticlinale. La Val della Murada, la Val del Bo di Gobbo e la Val dell'Acqua risultano sospese e perdono individualità a quote superiori a 200 m.

Il versante settentrionale del colle si distingue, ad ovest, per la presenza di altre valli che incidono la fascia di quota più bassa mentre ad est si caratterizza per un complesso reticolo "a pettine" dove una depressione parallela al bordo del rilievo (Val dei Codoli) raccoglie alcuni solchi orientati N–S, tra cui spicca una valle relitta, Val Pomere, ora fortemente carsificata, che sbocca nei pressi di Croda della Spia.

I valloni fluvio carsici del versante centro-meridionale si possono distinguere in due gruppi:

- I) Ad Est della Val Padovana hanno andamento prevalente NW - SE (Val di Cal Traversa, etc.) e, spostandosi verso Est, assumono sempre più il carattere di successione di doline “a cascata”; nella parte meridionale del loro corso sono “catturati” da valli più incise con andamento parallelo alla scarpata delimitante il colle; la zona più ad est di questo versante presenta delle grandi e complesse depressioni fluvio carsiche (Val dell’Acqua di Busa delle Rane);
- II) Ad Ovest della Val Padovana i solchi vallivi hanno andamento prevalente N - S. Eccettuata la valle allineata con la Val Maor a Nord, hanno origine in una fascia altimetrica intorno ai 315 - 325 metri s.l.m., pur non mancando nella fascia periferica alcune valli minori.

Questi aspetti del reticolo idrografico stimolano alcune considerazioni. Le caratteristiche delle valli permettono di distinguere zone morfologiche caratterizzate da inclinazioni e da precisi motivi lineari fortemente ripetuti. È evidente che le incisioni di tipo “fluviale” sono influenzate da elementi strutturali (fratture, piccole faglie). Alcuni di questi elementi potrebbero essere l’espressione della deformazione tettonica in atto.

#### LA CORROSIONE CARSIKA: IL PROCESSO CHE GENERA FORME DI SOLUZIONE

Dove la roccia è solubile, l’acqua, che tende a penetrare all’interno della compagine rocciosa, allarga pian piano le fessure creandosi delle vie di penetrazione e di deflusso sotterraneo. Alcune di queste vie vengono allargate da vere e proprie correnti d’acqua e si evolvono come condotte o gallerie abbastanza ampie da poter essere penetrate dall’uomo.

È quello che è successo sull’altopiano e sui terrazzi del Montello dove la roccia è un conglomerato formato da ciottoli costituiti per la maggior parte da calcari e dolomie saldati da un cemento calcitico. I composti chimici prevalenti sono quindi il carbonato di Calcio e il carbonato di Magnesio i quali sono debolmente solubili in acqua e vengono attaccati con più facilità se nell’acqua c’è anidride carbonica che la acidifica. Nelle acque naturali c’è sempre dell’anidride carbonica e pertanto le rocce carbonatiche vengono gradualmente disciolte. Nel tempo l’acqua, che inizialmente scorre in superficie mo-

dellando delle vallecicole, si allarga una rete di cavità sotterranee che le permettono di penetrare in profondità e di accumularsi all’interno della compagine rocciosa a costituire dei particolari “serbatoi sotterranei” i quali alimentano le sorgenti.

Viene detta “epicarso” 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. In questa zona idrologica, l’acqua non si muove soltanto in senso verticale ma anche lateralmente in seguito al richiamo esercitato dalle principali vie di “penetrazione” verso il basso. Dove l’acqua penetra con maggiore facilità verso il basso, c’è richiamo di acqua dai lati e pertanto la roccia viene a contatto con maggiori quantità d’acqua e la quantità percentuale di roccia disciolta aumenta. In altre parole, dove all’interno della compagine rocciosa passano maggiori quantità d’acqua viene sciolta anche più roccia e quindi nella superficie immediatamente sovrastante tende a formarsi una depressione ad imbuto. Questa conca chiusa è l’espressione morfologica di un processo idrologico che caratterizza l’evoluzione dell’epicarso. Se riempissimo una vaschetta di sabbia e poi creassimo dei fori sul fondo del recipiente, nella superficie della sabbia, al di sopra dei fori, si formerebbero degli imbuti. Il processo che porta all’individuazione delle depressioni è detto di “corrosione accelerata”, in quanto consiste in un’asportazione relativamente veloce di roccia sotto forma di soluzione acquosa ionica a spese dei volumi rocciosi maggiormente interessati dal deflusso idrico.

Le conche chiuse che si formano in seguito a questo processo sono dette doline (si veda la scheda relativa), e precisamente doline di soluzione normale o anche doline di richiamo d’acqua (“draw-down dolines”, in Inglese). Queste doline costituiscono le strutture più caratteristiche dell’epicarso che è per la maggior parte invisibile (in realtà lo si può vedere in sezione nell’ambito di cave o di sbancamenti).

Le doline sono quindi forme risultanti da processi idrologici, le quali hanno una parte visibile come forma superficiale e una parte non visibile, perché mascherata dai riempimenti, o di collegamento con l’epicarso, che con le doline è strettamente collegato (Fig. 4).

### LE DOLINE CARSICHE.

Le doline carsiche sono delle conche chiuse, generalmente con una forma in pianta circolare o ellittica, e una forma tridimensionale che può ricordare un imbuto, o una ciotola, o un piatto, o, in qualche caso, un bicchiere. Da un punto di vista geometrico si può anche parlare di doline coniche, emisferiche, troncoconiche e cilindriche. Le doline sono le forme più caratteristiche del rilievo carsico, nel cui ambito sostituiscono la rete di valli e di dorsali interposte tipiche del rilievo creato dai corsi d'acqua.

Il Carso di Trieste, detto anche Carso Classico in quanto è stato preso come termine di riferimento per le altre aree carsiche, si presenta come un sistema di altopiani dalle superfici più o meno ondulate ma tutte butterate da doline che mostrano diametri compresi fra pochi metri e oltre 500 m, e profondità fra meno di 1 metro e oltre 50 m. Nelle carte topografiche sono generalmente indicate le doline medie e grandi, con diametri superiori ai 20-30 m.

Il termine dolina è di origine slava e significa valle, oppure depressione, ed è stato introdotto nella letteratura scientifica con il significato di conca chiusa carsica da alcuni dei primi studiosi di morfologia carsica. Nella storia delle prime ricerche sugli ambienti carsici ci si è preoccupati di capire se le doline del Carso erano il risultato prevalentemente di fenomeni di soluzione, oppure di fenomeni di crollo del soffitto di cavità sotterranee. Erano infatti noti episodi di crolli improvvisi, che in qualche caso avevano coinvolto anche animali e persone. Si giunse ben presto alla conclusione che la maggior parte delle doline potevano essere spiegate con fenomeni di soluzione che avevano interessato i primi metri di spessore della roccia calcarea, e che pertanto il rischio di fenomeni di crollo non era particolarmente elevato. Queste doline vennero quindi definite doline normali o doline di soluzione normale. Studi successivi dimostrarono come queste doline di soluzione normale non si spiegano soltanto con la convergenza verso punti assorbenti delle acque superficiali, ma soprattutto con un richiamo delle acque sub-superficiali che nei periodi umidi tendono a saturare l'epicarso, cioè la porzione di roccia più vicina alla superficie, la quale, in seguito ai processi di soluzione favoriti dalla presenza del suolo, presenta una più elevata porosità secondaria. Le doline di soluzione normale sono state anche classificate come "doline di richiamo d'acqua" ("drawdown dolines", in Inglese).

Oltre alle doline di soluzione normale ci sono altri tipi di doline, come le doline di ricarica puntuale e le doline di crollo. Le doline di ricarica puntuale sono il risultato dell'assorbimento di un piccolissimo corso d'acqua, generalmente effimero, da parte di un inghiottitoio. Così, se sul fondo di una valletta si apre un inghiottitoio, il corso d'acqua effimero che vi finisce dentro tende ad allargarlo e ad approfondirlo, sinché questo assume le caratteristiche di una dolina asimmetrica. Si tratta spesso di forme di transizione tra valli cieche e doline che presentano un versante meno ripido con caratteri di vallecola percorsa sul fondo dal corso d'acqua effimero e un versante più ripido opposto al precedente.

Le doline di crollo si formano in seguito al crollo del soffitto di una sala vicina alla superficie topografica. Molto spesso queste doline presentano una forma a pozzo che tuttavia tende ad evolversi come un imbuto in seguito all'evoluzione dei versanti. Dove doline di crollo permettono di vedere parti di sistemi carsici sotterranei come sale, gallerie e corsi d'acqua che scorrono sul fondo di queste si parla di "finestre carsiche".

Esistono anche "doline nelle coperture" ("cover dolines" in inglese). Che si formano nell'ambito delle coperture sciolte (materiali alluvionali, morenici, colluviali, eolici, ecc.) in seguito all'assorbimento di questi da parte di cavità carsiche sottostanti. Doline di questo tipo si formano abbastanza frequentemente sul fondo di doline del Montello dove sono presenti riempimenti di materiali sciolti spessi molti metri.

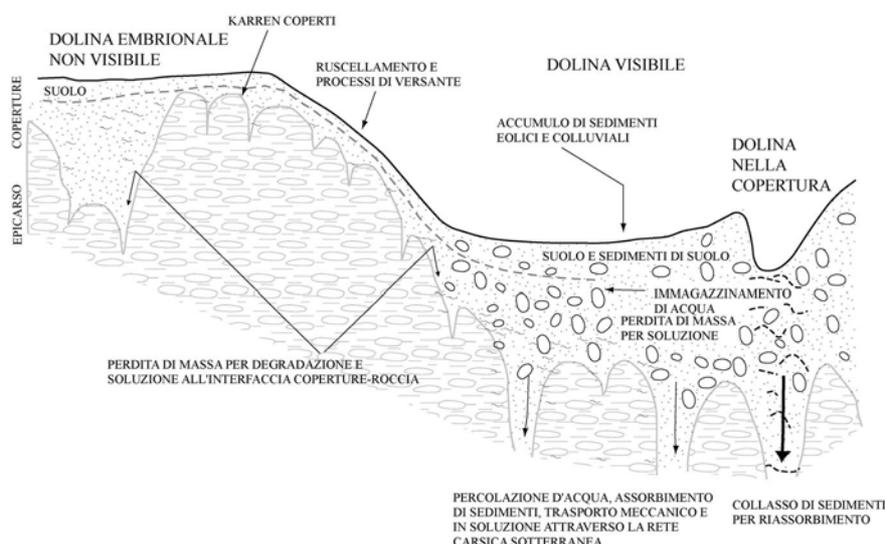


Fig. 4 - Modello di profilo di dolina del Montello con il relativo epicarso.

*Schematic model of the structure of a doline with its epikarstic zone.*

## IL MONTELLO: UNA “NURSERY” DI DOLINE

Il Montello rappresenta un laboratorio naturale ideale per comprendere come si evolvono le doline (Figg. 4, 5, 6).

Infatti, esso si presenta butterato da un grande numero di queste conche chiuse: oltre 2000 (Figg. 3, 5, 6). Inoltre, vi si distinguono superfici di spianamento fluviale che sono esposte agli agenti meteorici da tempi diversi. Infatti, se si presuppone una migrazione del sollevamento da est verso ovest, come si può dedurre dalla combinazione fra le diverse forme di spianamento fluviale, le superfici più vecchie sono in ordine: l’altopiano orientale, l’altopiano centro-occidentale, i terrazzi del versante orientale del solco di Biadene, dal più alto al più basso, il fondo del solco di Biadene e, infine, le superfici di spianamento nell’ambito dell’alveo attivo del Piave.

Da uno sguardo alla morfologia del Montello si può rilevare come non siano riconoscibili doline nell’ambito delle tre superfici più recenti (alveo del Piave, fondo della paleovalle di Biadene e primo terrazzo ad est di questa), mentre le doline compaiono a partire dal secondo terrazzo.

I caratteri delle doline dei vari terrazzi permettono di definire una sequenza evolutiva di queste forme. Sui 6 terrazzi con doline (dal II al VII) ci



Fig. 5 - Doline tipiche del V terrazzo del Montello.  
*Typical dolines of the V terrace*

sono oltre 800 conche chiuse. Sono pertanto distinguibili 6 diverse popolazioni, una per ciascun terrazzo, con numeri di individui variabili tra un minimo di oltre 50 sul IV terrazzo e un massimo di oltre 300 sul V terrazzo. Da un confronto fra le popolazioni sulla base dei principali caratteri morfometrici (diametro medio e profondità media) risulta l’elevata variabilità di queste forme che nell’ambito di una medesima popolazione variano entro intervalli abbastanza ampi sia per quanto riguarda il diametro, sia per quanto riguarda la profondità. Tuttavia, il volume delle conche chiuse per unità di superficie sui diversi terrazzi

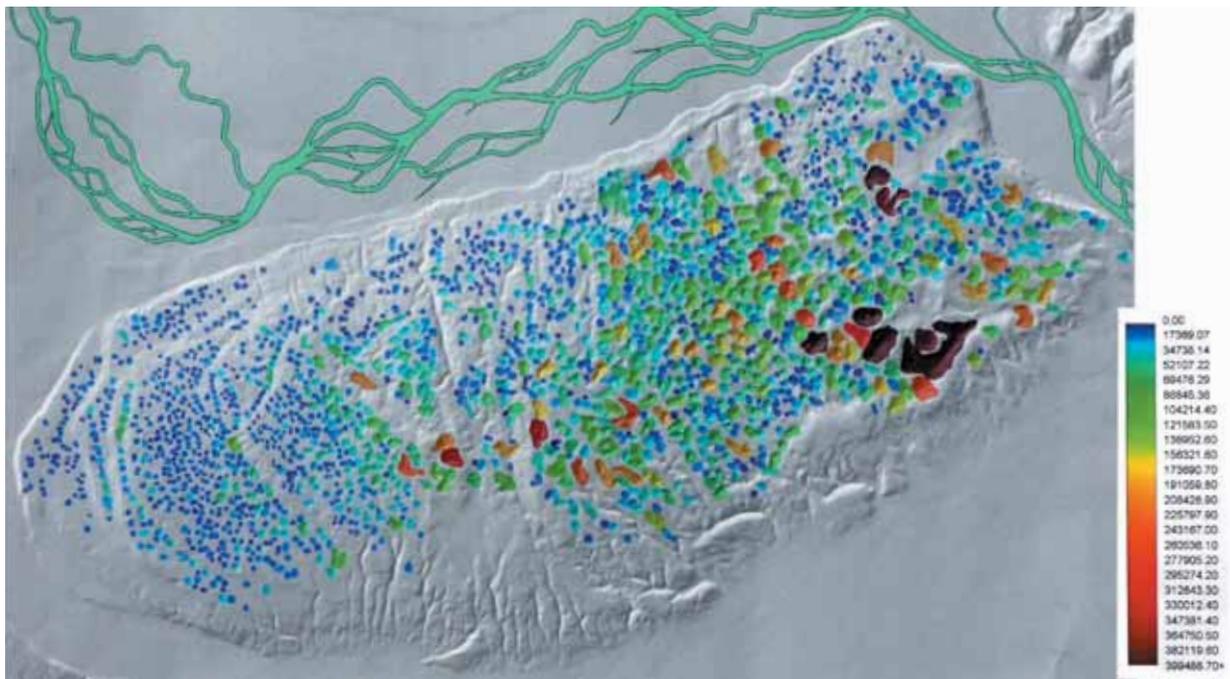


Fig. 6 - Distribuzione delle doline e forme carsiche del Montello con indicazione dei volumi.  
*The dolines of Montello evidenced with a scale of colours indicating the volumes of the closed depressions.*

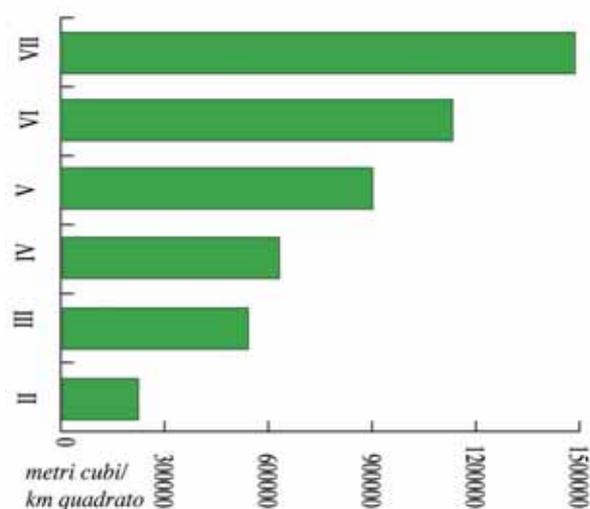


Fig. 7- Il grafico evidenzia il volume carsico (espresso come metri cubi/chilometro quadrato, nell'ambito dei diversi terrazzi dal II al VII.

*The karst volume (m<sup>3</sup> of closed depressions per km<sup>2</sup>) from the II to the VII terrace.*

(volume carsico/km<sup>2</sup>) aumenta in modo lineare pressoché perfetto dal secondo terrazzo al settimo terrazzo (Fig. 7).

Se sulla base dei caratteri morfometrici medi delle sei popolazioni si individua la forma "media" o "tipo" di dolina per ciascun terrazzo si ottengono i modelli illustrati in Fig. 8. Da questi modelli si può notare come essi non esprimano una sequenza evolutiva semplice (Figg. 8, 11). Infatti, non si verifica né un ingrandimento progressivo delle dimensioni (diametro e profondità), né una costanza nella modifica di alcuni caratteri della forma (es.: dimensioni del fondo piatto). In ogni caso, trend riconoscibili sono sia un aumento progressivo del diametro, sia la comparsa e l'allargamento del fondo piatto.

È evidente che il grado di evoluzione delle doline non dipende soltanto dall'età della superficie ma anche da fattori locali legati ai vari terrazzi o a porzioni di questi, fattori che non sono sempre facilmente riconoscibili. Fra questi fattori, certamente importante è la fatturazione della roccia e lo stato di rilascio tensionale dei sistemi di fratture. Le dimensioni relativamente grandi delle doline del IV terrazzo si spiegano con il fatto che questo terrazzo è molto stretto e che la sua scarpata a monte ha certamente influenzato la dinamica della maggior parte delle doline che vi si sono formate; è come se qui le doline avessero una superficie dei versanti più ampia (versanti della dolina + porzio-

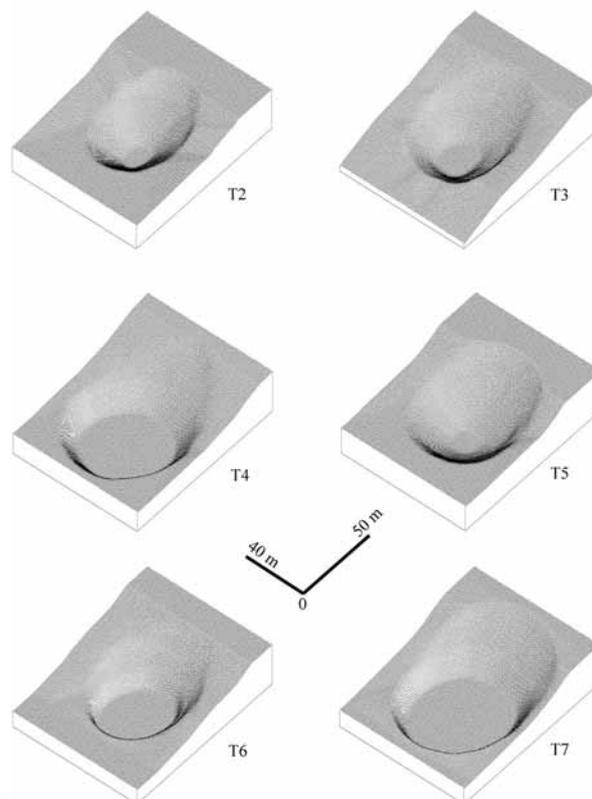


Fig. 8 - Doline tipo dei terrazzi dal II al VII ricavate dai dati morfometrici delle rispettive popolazioni.

*Standard dolines of the terraces, from the II to the VII, extrapolated from the morphometrical data of the relative populations.*

ne del versante della scarpata del terrazzo), e quindi un bacino di alimentazione maggiore. Più problematica risulta la quasi assenza di fondo piatto nella dolina tipo del V terrazzo.

A proposito di questa caratteristica presente in alcune doline tipo, si può ipotizzare che il fondo piatto sia il risultato di un parziale riempimento delle doline ad opera di sedimenti di suolo, sedimenti eolici di tipo loess e, soprattutto, da parte di argilla e di ciottoli derivanti dal conglomerato in seguito alla dissoluzione del suo cemento. Purtroppo nessuna dolina è stata sezionata da lavori di sbancamento e pertanto non sono visibili spaccati dell'epicarso del Montello. In doline nei calcari a fondo piatto il riempimento, dello spessore di parecchi metri, è in genere costituito da sedimenti di suolo, sedimenti eolici di tipo loess e da frammenti di calcare derivanti dalla degradazione dei versanti. I riempimenti delle doline tendono a rallentare l'approfondimento in quanto parte della capacità solvente delle acque di infiltrazione viene consumata nella dissoluzione della compo-



Fig. 9 - Una dolina a ciotola nell'ambito del V terrazzo con terra rossa scavata in seguito ai lavori per la messa a coltura di viti.  
*A bowl shaped doline of the V terrace. Terra rossa soil are evidenced by agricultural works.*

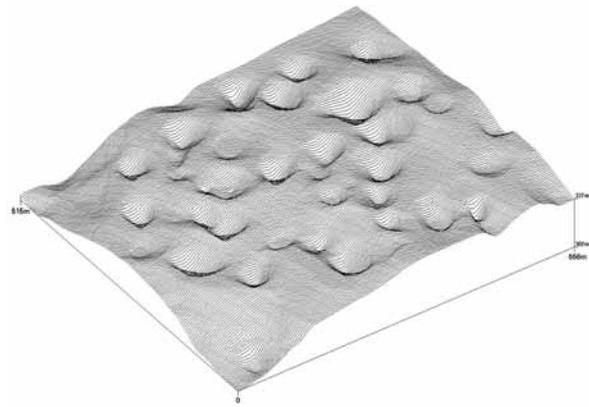


Fig. 10 - Modello digitale di un'area a doline del VII terrazzo.  
*Digital model of an area of the VII terrace with a well developed honeycomb karst type.*

nente carbonatica degli stessi riempimenti. Più facile risulta invece l'allargamento delle depressioni per effetto sia dei processi di soluzione della roccia che costituisce i versanti, sia di altri processi della degradazione che favoriscono l'individuazione di uno spesso mantello di regolite, il quale rende poi possibile un lento movimento del materiale disgregato verso il basso.

Sulle superfici più antiche, come sull'altopiano sommitale ed in particolare nel suo settore orientale, il progressivo allargamento delle doline ha spesso portato alla fusione di più depressioni semplici a costituire forme complesse. Queste conche carsiche più grandi sono state chiamate "doline multiple" (TONIOLO, 1907), nei casi ove si riconoscono ancora parti delle doline originarie. Tuttavia, in alcune delle conche più grandi e profonde le doline iniziali non sono più riconoscibili.

Nella figura 4 è illustrato un modello ipotetico di una dolina del Montello e del relativo epicarso.

### ALTRE FORME CARSICHE E FLUVIOCARSICHE

Oltre alle doline nel Montello esistono forme fluviocarsiche come valli secche, valli cieche e valli chiuse. Esse costituiscono, per la maggior parte, elementi del reticolo idrografico precedentemente descritto. Se il Montello fosse costituito da rocce non carsificabili, il reticolo idrografico sarebbe molto più esteso e tenderebbe a conquistare anche le superfici poco inclinate dei terrazzi.

Una valle secca si presenta generalmente poco

profonda e a fondo arrotondato e priva di un corso d'acqua sul fondo. La sua evoluzione è determinata da un fenomeno di corrosione accelerata del fondovalle connesso con la dinamica dell'epicarso. Valli secche si trovano nell'ambito del versante meridionale del Montello.

Una valle cieca consiste in un solco percorso da un torrentello, anche effimero, il quale finisce in un inghiottitoio a monte del quale c'è una contropendenza; la genesi di questo fenomeno è dovuta allo sviluppo di una cavità carsica sotterranea, in grado di assorbire le acque in corrispondenza dell'inghiottitoio; a monte di questo la valle ha continua-

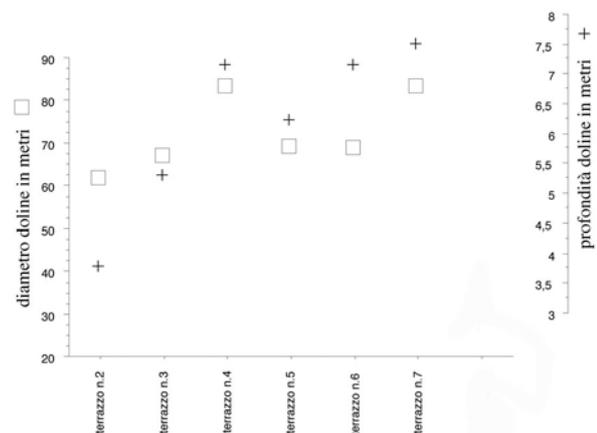


Fig. 11 - Diametri e profondità medi delle doline dei diversi terrazzi. Dal grafico si nota come la popolazione del IV terrazzo rappresenti un'anomalia e come la profondità aumenti più rapidamente del diametro.

*Averages diameters and depths of the dolines of the different terraces. It is evident how the increase of the depths is faster than that of the diameters and how dolines of the IV terrace represent an anomaly.*

to ad approfondirsi – mentre il tratto di fondovalle situato oltre l'inghiottitoio, non più sottoposto ad erosione fluviale, è rimasto sopraelevato. Queste forme sono più frequenti nella zona centro – orientale del versante meridionale. Esempio di valletta cieca è quella sul cui fondo si apre la grotta più nota del Montello: la Busa di Castel Sotterra. Abbiamo già visto come le doline di ricarica puntuale presentino analogie con le valli cieche.

Una valle è chiusa se, per chi la risale, presenta un netto gradino alla cui base scaturisce una sorgente, che alimenta il corso d'acqua che percorre il fondovalle. Nel Montello un bell'esempio di valle chiusa è quello della Valle dell'Acqua presso Giavera del Montello, alla cui testata c'è la sorgente perenne del Forame, alimentata dal serbatoio carsico della zona satura.

In seguito al procedere della carsificazione alcune valli secche possono assumere il carattere di allineamenti di doline, come per molti dei valloni fluvio-carsici del versante meridionale del Montello.

#### CENNI SUI RAPPORTI TRA LE FORME SUPERFICIALI E LE GROTTI CARSICHE

L'evoluzione delle grotte del Montello ha risentito del progressivo sollevamento del colle e del conseguente abbassamento della tavola d'acqua che separa la zona satura da quella vadosa. Pur risultando influenzate da fattori locali, quali presenza di lenti e banchi di rocce impermeabili, molte grotte a sviluppo orizzontale si sono dapprima evolute in prossimità della tavola d'acqua anche in relazione alle oscillazioni di questa. Una delle grotte di più recente formazione è certamente il "Tavaran Grando", il quale ha rappresentato sino al Pleistocene superiore una cavità della zona episatura che alimentava una sorgente di tipo valclusiano situata in corrispondenza dell'ingresso superiore della grotta. Il successivo abbassamento relativo del livello di base ha determinato l'instaurarsi di condizioni di tipo vadoso e l'apertura dell'ingresso inferiore del sistema.

#### IL CLIMA E L'EVOLUZIONE DELLE FORME

L'evoluzione delle forme del Montello è stata condizionata anche dalle oscillazioni climatiche del Quaternario nel corso del quale si sono alternate fasi fredde con fasi temperato calde.

Durante le fasi fredde le lingue glaciali delle Alpi hanno occupato le valli alpine e prealpine e si sono affacciate con alcune fronti sin nell'alta pianura. Non ci sono tuttavia prove che lingue glaciali abbiano raggiunto l'area del Montello. I presunti depositi glaciali del Montello descritti da alcuni autori (VENZO *et al.*, 1977) non hanno né evidenze geomorfologiche (dorsali o altre forme di deposito glaciale), né evidenze sedimentologiche (depositi con caratteristiche tipiche delle morene).

Durante le fasi fredde il vento depositava nelle doline, che si comportavano come trappole sedimentarie, limi di tipo loess prelevati dalle aree glaciali e periglaciali delle Alpi. Inoltre i processi della gelivazione determinavano la disgregazione delle rocce vicine alla superficie, per effetto delle variazioni di volume connesse al ciclo di congelamento dell'acqua. La fusione della neve favoriva fenomeni di soliflusso periglaciale sui versanti. Le doline tendevano a riempirsi di materiali provenienti sia dai versanti che dall'esterno. Nelle fasi temperato-calde e particolarmente in quelle umide invece le doline si approfondivano per l'efficacia dei processi di carsificazione e la relativa stabilità dei versanti sui quali era insediato suolo ricoperto da vegetazione arborea. Pertanto, nel corso del Quaternario le doline sono state interessate da un'alternanza di fasi favorevoli e di fasi sfavorevoli al loro approfondimento.

#### UN RILIEVO IN CONTINUA EVOLUZIONE

Il Montello è un piccolo monte vivo, in continua evoluzione, che è il risultato di una combinazione di processi di tipo endogeno, che modificano i caratteri della crosta terrestre, e di tipo esogeno, in grado di scolpire le forme del rilievo. Man mano che la tettonica tende a sollevare la dorsale i processi dell'erosione tendono, invece, a smantellarla. Le sculture create dai processi dell'erosione sono distinguibili in due categorie principali: sculture di tipo fluviale e sculture di tipo carsico. Mentre le prime hanno dimensioni dell'ordine di uno o più chilometri, le seconde hanno dimensioni fra le decine e le centinaia di metri. L'erosione non è soltanto responsabile della genesi di forme ma comporta una perdita di massa di tutto il rilievo e quindi un relativo abbassamento dell'intera superficie topografica. La composizione chimica dell'acqua delle sorgenti, e in particolare del Forame che è la principale sorgente alimentata dall'acquifero carsi-

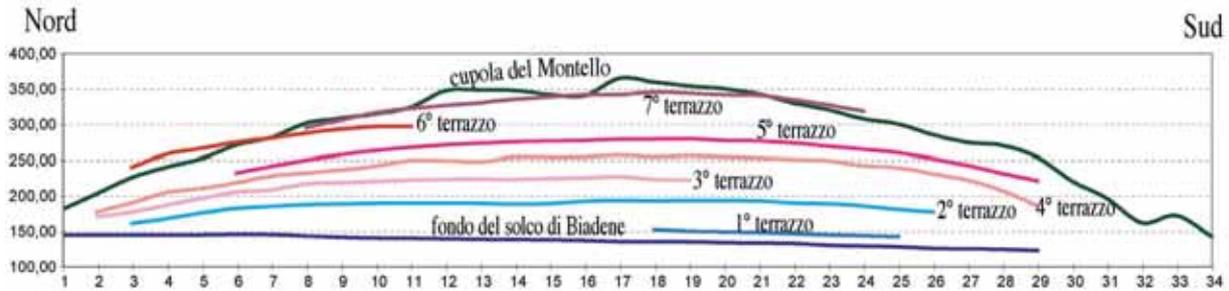


Fig. 12 - I profili "longitudinali "medi" dei terrazzi, della "cupola" principale del Montello e del fondo del solco di Biadene evidenziano come le superfici di spianamento fluviale siano state deformate dalla tettonica a formare degli "archi", espressione del ripiegamento ad anticlinale della parte più superficiale della morfostruttura. Le superfici più antiche appaiono maggiormente deformate.

*The averages longitudinal profiles of the western terraces, the bottom of the Biadene furrow and the main "dome" of the Montello hill. It is possible to recognize a bending of the erosional surfaces: the oldest ones have been more deformed by the tectonic processes than the youngest.*

co, ci dice che ogni litro d'acqua asporta mediamente circa 255 g di carbonato di calcio in soluzione. Sulla base del bilancio idrologico, cioè del calcolo della quantità d'acqua che defluisce nell'area del Montello, si può stimare che ogni anno vengano asportati circa 38 m<sup>3</sup> di roccia per ogni chilometro quadrato, equivalenti ad uno spessore di 38 mm di roccia per ogni mille anni (MENEGHEL *et al.*, 1986). Se questo valore di erosione chimica fosse rimasto costante nel tempo equivarrebbe a uno spessore di roccia di 38 m per ogni milione di anni, e pertanto ad un abbassamento erosivo dello stesso ordine di grandezza. Va tuttavia precisato che quest'erosione chimica non si è esercitata soltanto in superficie ma anche in profondità e che sono state le sue variazioni spaziali nell'ambito della zona superficiale che hanno determinato la formazione delle doline, le quali identificano i luoghi di corrosione accelerata, cioè più rapida rispetto alle superfici rilevate circostanti. È probabile che durante le fasi fredde del Pleistocene l'entità dell'erosione chimica sia stata minore di quella attuale. Pertanto, data l'età recente del Montello, l'erosione carsica ha comportato un abbassamento della superficie topografica relativamente modesto forse non superiore a un centinaio di metri. Più significativa è stata invece l'erosione fluviale se il dislivello tra l'altopiano sommitale e l'alveo del Piave a nord è di oltre 200 m e pertanto l'erosione fluviale differenziale è stata di almeno 200 m e probabilmente dell'ordine di 400 m, per uno spessore totale di conglomerato eroso che potrebbe aggirarsi intorno ai 500 m, o forse più.

Una domanda che sorge spontanea da un'osservazione del Montello nel suo contesto geografico è perché il Montello si distingue in modo così evi-

dente rispetto agli altri rilievi circostanti, rappresentando un unicum nell'ambito delle colline subalpine? La spiegazione sta probabilmente nella sua costituzione litologica e strutturale: è infatti modellato in una formazione conglomeratica potente, massiccia e poco fratturata, con intercalazioni argillose lentiformi, e con grado di cementazione forse decrescente con la profondità. Il comportamento di questa formazione nei confronti degli stress tettonici è certamente diverso rispetto a quello della formazioni sedimentarie marine del Cenozoico che costituiscono le altre colline subalpine. Il comportamento del cuneo tettonico delimitato da due faglie inverse antitetiche sarebbe abbastanza omogeneo e relativamente rigido. Tuttavia, nella parte superiore del cuneo la situazione di rilascio tensionale combinata alla presenza di lenti argillose favorirebbe un comportamento più plastico, instaurando condizioni di distensione nella zona più superficiale della piega anticlinale in formazione, le quali sono favorevoli alla carsificazione, e quindi allo sviluppo di vie di penetrazione verticale dell'acqua.

Un aspetto interessante dell'evoluzione del rilievo del Montello è che si riesce a cogliere le interrelazioni tra la deformazione tettonica e l'evoluzione delle forme erosive. Se ci fosse stato semplice sollevamento senza deformazione tettonica della morfostruttura, i vari terrazzi del versante orientale della depressione di Biadene dovrebbero presentare un'inclinazione verso sud e risultare convergenti pure verso sud. Invece le superfici dei terrazzi si presentano inarcate con curvatura più accentuata per i terrazzi più alti (Figg. 12,13).

Problema fondamentale per la comprensione della storia morfologica del Montello è quello della de-

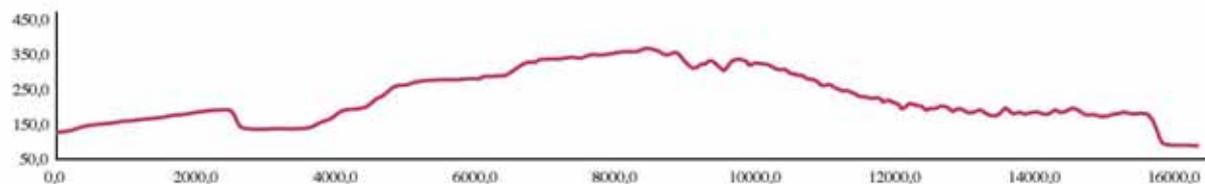


Fig. 13 - Profilo longitudinale del Montello in senso est-ovest.  
West-east longitudinal profile of the Montello.

finizione del modello evolutivo della morfostuttura. La prima impressione che si ricava dall'analisi di questa è che il sollevamento sia avvenuto a "scatti", nei quali si sarebbero alternate fasi di relativa quiete tettonica con fasi di deformazione parossistica. Così, gli episodi di spianamento delle superfici dei sette terrazzi, più il fondo del solco di Biadene e l'alveo del Piave attuale, potrebbero corrispondere a 9 fasi di relativa quiete tettonica separate da 8 fasi di più rapido sollevamento e deformazione. Tuttavia, le importanti oscillazioni climatiche del Pleistocene hanno certamente influenzato le fasi di spianamento controllando il trasporto solido e la capacità di erosione e di incisione dei fiumi. È presumibile che la capacità di spianamento fosse maggiore quando il fiume era in grado di far transitare nell'ambito di un ampio alveo elevate quantità di sedimenti, senza tuttavia eccedere nella deposizione di questi.

Secondo un modello presentato da autori francesi (BENEDETTI *et al.*, 2000) nell'ambito di un "colle" in sollevamento pressoché costante, le fasi di spianamento dei terrazzi sarebbero correlabili con i momenti in cui il livello del mare era relativamente alto (simile all'attuale), mentre le fasi di incisione sarebbero avvenute in momenti in cui il livello

del mare era più basso (fasi fredde in cui, in seguito alla formazione di grandi ghiacciai continentali, il livello dei mari si abbassò di molte decine di metri; sino ad oltre 100 m durante l'ultima espansione glaciale). Questo modello non tiene tuttavia conto del fatto che la dinamica dell'alta pianura veneta non sembra aver risentito in modo significativo delle oscillazioni del livello del mare, ma piuttosto delle vicende che hanno caratterizzato le valli alpine che stanno a monte, tanto che i grandi cono pedemontani sono stati costruiti soprattutto durante le fasi fredde quando i ghiacciai fornivano ai corsi d'acqua grandi quantità di detrito. Il fondo del solco di Biadene trovandosi in corrispondenza dell'apice di un grande cono inattivo potrebbe quindi essersi evoluto durante o alla fine di una fase fredda.

Pertanto, dato il contesto geodinamico complesso, definire il quadro evolutivo del Montello non è semplice e richiede ulteriori approfondimenti relativi a molti degli aspetti strutturali e morfologici di questa morfostuttura. In ogni caso, il Montello presenta una serie di caratteri che stimolano riflessioni e che lo rendono importante laboratorio naturale di ricerca e di confronto interdisciplinare fra studiosi di scienze della Terra.

## REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- ABRAMI G., MASSARI F. (1968) – La morfologia carsica nel colle del Montello. Riv. Geogr. It. 75: 1-45.
- BENEDETTI L., TAPPONNIER P., KING G.C.P., MEYER B., MANIGHETTI I. (2000) - Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. J. Geophys. Res. 105: 739-766.
- BONDESAN A., MENEGHEL M. & SAURO U. (1992) - Morphometric Analysis of Dolines. International Journal of Speleology, 21 (1-4), 1-55.
- CUCCHI F., MIHEVC A., FERRARESE F. & SAURO U. (1997) - Guide for the excursion: Classical Karst. Fourth Int. Conference on Geomorphology - Guide for the excursion, Geogr. Fis. Din. Quat. suppl. III - t.2, 1997, 167-180.
- 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.
- MENEGHEL M. , SAURO U., BACIGA M. L., FILECCIA A., FRIGO G., TONIELLO V. & ZAMPIERI D. (1986) - Sorgenti carsiche ed erosione chimica nelle Prealpi Venete. Studi Trentini di Scienze Nat. , 62, A.G. 145-172.
- 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
- 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.
- TONIOLO A.R. (1907) - *Il Colle del Montello*. Riv. Geogr. It., Memorie Geografiche, 1, 257-393.
- VENZO S., CARRARO F. E PETRUCCI F. (1977) - I depositi quaternari e del Neogene superiore nella bassa Valle del Piave da Quero al Montello e del Paleo-Piave nella Valle del Soligo. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 30/7, 62pp.

## LONG ABSTRACT

### GEOMORPHOLOGY OF THE MONTELLO HILL

The Montello is a peculiar relief emerging from the alluvial deposits of the high Venetian Plain. It is different than the other sub alpine hills of the region, consisting mostly in articulated ridges. The Montello hill is more massive, with an elliptical plain figure, elongated for 13 km in a

WSW-ENE direction and a width of about 5 km. For its shape, it may be compared to a turtle carapace or to the back of a whale. The surface area is of about 60 km<sup>2</sup>, the maximum elevation point is 369 m a.s.l., the average elevation 208 m, the mean high above the surrounding plain is

nearly 100 m, the volume of the relief is about 6 billion m<sup>3</sup> (6 cubic kilometres). The gradients are in general moderate with the exception of some narrow scarps.

From a structural point of view, this relief, situated at the margin of the alpine chain, is a broad and short anticlinal ridge, rising and bending at the same time. It corresponds to a tectonic wedge delimited both southward and northward by overthrust faults caused by the shortening of the lithospheric crust. Therefore the Montello may be considered a very young relief, a still living tectonic form.

While the tectonic processes cause the uplifting of Montello the erosional processes tend to strike it. In accordance with the fluvial environment of the high plain, the first rival is the river. A large river (a "Paleo-Piave") has left its mark on the Montello.

In the high plain the rivers transport large quantities of sands and gravels. These sediments are utilized as instruments to perform erosion of the riverbed. In this way planation of hard rocks may be carried out. In accordance with the interplay of episodes of tectonic uplifting, planation and river incision, different types of fluvial erosion forms have been generated and in particular:

- planation plateau,
- planation rock cut terrace,
- entrenched antecedent valley,
- flat bottoms of abandoned valley
- planation surface in an active riverbed.

On the Montello the main central and eastern tableland may be considered a planation plateau abraded by the river during the first phases of tectonic uplift. An entrenched antecedent valley is the Biadene furrow, a depression between the main Montello hill and the Montebelluna hill. The Biadene furrow is a dead segment of the Piave paleovalley incised by the river before its diversion to the east along the northern margin of the Montello. This segment of a paleovalley is strongly asymmetrical: while its western slope is a simple scarp about 60 m high, its east slope is made up of a flight of seven rock cut terraces extending in an elevation range of about 190 m.

The bottom of the furrow is an erosional flat surface.

The erosional surfaces, once abandoned by the river, are shaped by weathering and soil forming processes. The overland flow tends to create a network of small valleys. In the Montello, small valleys without permanent watercourses are evident especially in the southern and northern belts. Most of the small valleys are nearly perpendicular to the relief margin, but some are parallel. Local combination of both types gives origin to comb like hydrographic structures. Most of the local valleys seem to be controlled by the tectonic structure and in particular by the fracture systems and the bedding. Alignments of valleys crossing the highest part of the hill could correspond with active faults with both NW-SE and NNW-SSE directions.

Water from precipitation, as well as being the origin of overland flow, saturates the soil and seeks to penetrate the rock mass. The rock is mostly made up of calcium carbonate and is soluble in the water rendered acidic by the carbon dioxide. In time, the water is able to enlarge the discontinuities and to create an underground network of cavities.

During the wet periods the water stored inside the epikarstic zone moves towards the most important drain systems. In this way the rock surrounding the drain systems comes into contact with larger quantities of water and is subjected to an accelerated corrosion. In time the areas of fastest solution evolve as surface depressions called dolines. A doline is a closed depression, often circular when seen from above and with a funnel or a cup shape. The most common dolines are originated as hydro-structures of the epikarst and are called drawdown dolines. Dolines may also be created in correspondence of the absorbing point of small creeks (point recharge depressions) or as a consequence of the collapse of the roofs of caves (collapse dolines), or, also, by the piping of loose covers through karst conduits (cover dolines).

The Montello is a natural laboratory very favourable to the development of dolines. More than 2000 dolines are present in the Montello hill.

In accordance with the age of the surfaces, the degree of development of dolines is irregular. The most evolved forms are in the eastern part, the youngest in the western.

The seven terraces of the left slope of the Biadene furrow show different degrees of development of dolines. In each terrace, with the exception of the lowest one, a peculiar population of dolines is present, varying in number between a minimum of about 50 and a maximum of more than 300 individuals (in the six terraces from 2 to 7 there are more than 800 dolines). The relative variability inside each population is large but a general trend to the enlargement of the forms with the increasing of the terrace order is evident. In any case, the models of the average form of each terrace show how the trend is not linear. This may be explained with the influence of local factors, i.e.: the large dimensions of the average doline of the fourth terrace may be explained by the narrowness of its surface and the influence on the evolution of most dolines of the terrace scarp.

The largest dolines tend to have a wide flat bottom determined by the accumulation of soil and loess like sediments, loose pebbles and conglomerate fragments.

Even though the dolines' characters present a large variability, the karst volumes (the volumes of the closed depressions) for surface units of each terrace grow linearly from the second to the seventh terrace.

On the Montello there are also other karst and fluviokarstic forms as large karst depressions originated by the fusion of more dolines, blind valleys consisting in small valleys ending in a karst swallow hole, dry valleys drained by many small karst cavities, pocket valleys beginning with a spring cave feeding a water course (Valle dell'Acqua near Giavera del Montello fed by the spring cave of Forame).

On the Montello there are also many caves, mostly with horizontal development. Most caves probably developed as water table caves and are now situated at different elevations corresponding with old base levels. One recent cave is Tavarano Grandino very near to the present day base level.

The climatic changes of the Pleistocene era have determined dramatic environmental changes, which have influenced the evolution of the forms. Consequently, during the warm and wet periods when the Montello was covered by soil and a forest, the development of dolines was facilitated; during the cold periods the solifluction, the loess deposition and the production of large amounts of frost shatters favoured the fillings of the dolines and the disappearance of some of them.

While the Montello is pushed up by tectonic phenomena the erosional processes tend to attack it causing a mass waste of the relief. On the base of both the framework of the fluvial planation surfaces and the present day intensity of the karst denudation it is possible to evaluate an indicative erosional loss of a thickness of about 500 m of rock.

The different morphotectonic style of the Montello hill in comparison with the surrounding subalpine ridges is probably the consequence of the relatively plastic behaviour of the conglomerate, which is relatively massive but presents lenses of clays.

However, for a better understanding of the evolution of Montello it is necessary to discuss and improve models based on the available data. The flight of seven rock cut terraces could, for example, suggest that in the tectonic evolution, relatively quiet phases have alternated with paroxysmal periods. But the case is complicated by the climatic alternations.

The planation surfaces of the rock cut terraces have probably been moulded when the river was able to transport large amounts of gravels neither depositing them permanently nor incising the riverbed. French Authors have correlated the terraces with the high sea level stages of the late Middle and Upper Pleistocene era, but the terraces' genesis has surely been influenced more by the dynamic of the river in the valley upstream, than by the sea level changes.

So the definition and improvement of a well-based evolution model is an important challenge for future research work.