



Karst wells. a: small (20 cm width), receiving the waters collected by a wall karren and by several solution flutes. Dolomitic limestone of S. Pietro dei Monti (400 m a.s.l., Ligurian Alps, I). b: middle (1 m width), in a dry valley at high altitude (2000 m a.s.l., Croix de l'Aquila, Durance Valley, F). c: big (5 m width), at 1200 m a.s.l. (Le Grand Garagai, Provence, F).

a: piccolo pozzo di lapiaz (diametro circa 20 cm) che raccoglie le acque convogliate da un solco di parete isolato (al centro) e da graffi. Calcare dolomitico micritico triassico. S. Pietro dei Monti (Liguria). b: a destra in primo piano un pozzo di lapiaz (collegato a crepacci carsici) in calcari dolomitici triassici presso la Croix de l'Aquila, Vallée de la Durance (F). c: Le Grand Garagai, grande pozzo a neve della Montagne Sainte-Victoire, Provenza (Francia). Da www.amisdesaintevictoire.asso.fr/ZOOM/garagai.html, 28.02.08

1.6) **Differential solution forms / Microforme da corrosione selettiva**

Formed by the rapid, differential solution of the surrounding rock.

Distribution: rock with important amount of insoluble minerals, or with a lack of homogeneity in solubility or porosity distribution.

Normal origin: inclusions more or less soluble, knob- or hollow-shaping.

Similar microforms: alveoli (3.7), tafoni (1.7.2).

Diffusione: in tutte le rocce carbonatiche impure, o con forti differenze interne di porosità e solubilità.

Genesi tipica: presenza di inclusioni più o meno solubili del resto della roccia, che sporgono in rilievo o formano buchi.

Forme convergenti: alveoli (3.7), tafoni (nel caso di buchi; 1.7.2).

1.6.1) **Fossils in relief / Fossili in rilievo / Fossiles en relief / Fossilien hervorstehend**

Distribution: abundant in every limestone with dolomitized or silicized fossils.

Diffusione: comunissimi in tutti i calcari con fossili dolomitizzati o silicizzati.

1.6.2) **Septaria^o, Chert or flint nodules^o, Knobs p.p. / Noduli di selce in rilievo, Septaria^o, Funghetti / Champignons / -**

Distribution: above all on pelagic limestone.

Normal origin: being very hard and relatively insoluble, chert and flint nodules tend to stand out from rock surface.

Diffusione: comunissimi in molti calcari pelagici. Francia, Appennino, Veneto. In calcari marmorei al Bauso della Fontana, Val Pennavaira (Alpi Liguri).

1.6.3) **Tabular sheets of flint^o (standing out from rock) / Livelli di selce in rilievo / Couches saillantes de silex / Feuersteinkalkstein^o**

Distribution: above all on pelagic limestone (e.g. European Dogger).

Diffusione: tipici dei calcari selciferi del Dogger europei. Devoluy (Francia).

1.6.4) *Palettes, Boxwork* p.p. / Livelli e riempimenti di diaclasi in rilievo / - / -

The palette is a protruding sheet of crystalline calcium carbonate spared during solution of the rock on each side of it.

The boxwork is a vein filling that protrudes from the rock, because of dissolution of the host limestone and consists mostly of calcite and quartz.

Distribution: in Europe above all on tectonic breccia and highly fractured dolomitic limestone of Trias.

Similar microforms: bedding grooves (1.5.2.2), widened bedding joints (1.5.5).

Diffusione: particolarmente comuni nelle breccie tettoniche e nei calcari dolomitici triassici molto fratturati. Capo Noli (Liguria), Briançonnais, Luberon (Francia). In Piemonte: Marguareis (Alpi Liguri), Foresto (Valle Susa).

Genesi tipica: corrosione selettiva che fa sporgere in rilievo livelli e riempimenti (generalmente di sparite o quarzo) di diaclasi.

Forme convergenti: bedding grooves (1.5.2.2), cavità d'interstrato (1.5.5).

1.6.5) *Knobs* p.p. / Cristalli di silicati in rilievo / **Bossettes** p.p. / -

Distribution: above all on marble.

Diffusione: comunissimi in marmi e calciferi. In Piemonte: Val Soana (granati).

1.6.6) *Silicate layers in relief* / Livelli di silicati in rilievo / Couches saillantes de silicates / **Hervorstehende Silikatschichten**

Distribution: above all on calcschist, also on marble and earthy limestone.

Diffusione: tipici dei calcescisti, presenti anche in calciferi, marmi e calcari marnosi. In Piemonte: tutte le zone d'affioramento delle facies più carbonatiche dei calcescisti mesozoici, Alpi Marittime per i marmi cipollini, alta Val Tanaro per i calcari marnosi.

1.6.7) - / Cariatute (calcari a gessi negativi°, dolomie cariate°, carniolo° l.s.) / **Tovières, Touvières (cargneules° l.s.)** / -

Distribution: in Europe above all on Triassic dolomite.

Diffusione: tipiche delle rocce dolomitiche triassiche, e dei loro derivati tettonici. In Piemonte: Vallone della Rbo, Ambin (Valle Susa), Demonte e Ferrere (Valle Stura), Canavese.

1.6.8) - / Karren a denti / - / -

Distribution: limestone or dolomitic limestone containing insoluble minerals. Western Alps (Briançon, F, Marguareis, I).

Possible origin: maybe the dissolution of limestone due to fresh meteoric water, when the rock contains little soluble minerals.

Similar microforms: Sub-parallel runnels (1.2.4).

Diffusione: superfici inclinate. In Piemonte: Conca delle Carsene, Piemonte.

Genesi tipica: probabilmente dovuta a inclusioni poco solubili in calcari quasi puri sottoposti al processo che normalmente forma le scannellature.

Forme convergenti: karren a denti di sega (1.2.4).



Dolomitized pseudo-shells of pelecypodes, on a Retic limestone (Ligurian Alps).

Fossili di bivalvi in rilievo (pseudogusci dolomitizzati). Calcare micritico retico. Castelbianco (Val Pennavaira, Liguria).



Chert nodules on pelagic limestone of Malm (Ligurian Alps, I).

Noduli di selce in rilievo. Calcare pelagico del Malm (Alpi Liguri).



Silicate layers in relief (500 m a.s.l., Susa Valley, Western Alps, I).

Livelli ricchi di silicati in rilievo. Marmo Bianco di Foresto, Valle Susa.



Hollows and grooves, on the more porous parts of a marble (500 m a.s.l., Susa Valley, Western Alps, I).
Cariatature e solchi derivanti dalla maggiore corrosione dei livelli più porosi. Marmo dolomitico (Bianco di Foresto). Valle Susa.



The less porous beds tend to protrude from this calcareous sandstone wall (Buoux, Luberon, F).
Livelli meno porosi di calcarenite miocenica in rilievo, simili a cavità d'interstrato. Buoux, Luberon (Francia).



Palettes on a Triassic limestone of S. Pietro dei Monti (400 m a.s.l., Ligurian Alps, I).
Livelli carbonatici meno porosi in rilievo. Calcare micritico triassico. S. Pietro dei Monti (Liguria).

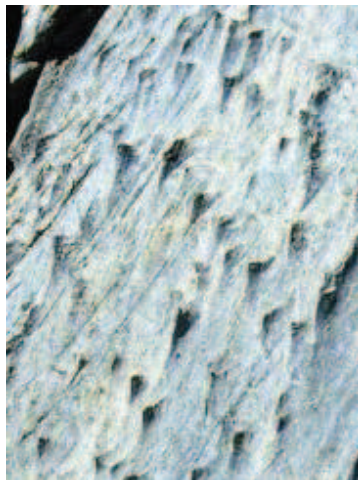


The silicate-rich layers tend to protrude from this marble wall polished by glaciers (800 m a.s.l., Aosta Valley, I).
Livelli di silicati in rilievo su parete rocciosa levigata dal ghiacciaio nell'ultima glaciazione. Marmo a silicati appartenente alla formazione dei Calcescisti della Zona Piemontese. Priorato di Saint-Pierre, Valle d'Aosta.



Kinds of hollows (“cariature”) on gypsum. 1900 m a.s.l., Moncenisio Pass, Western Alps.

Cariature in gessi. Colle del Moncenisio (F).



Karren a denti (2200 m a.s.l., Western Alps, I).

Karren a denti. Conca delle Carsene, Piemonte. Altezza della foto: circa 80 cm.

1.7) Salt weathering in conjunction to solutional disaggregation: / Forme miste da corrosione carsica e aloclastismo:

1.7.1) *Honeycombs, honeycomb karrens* p.p., *alveolar karrens* / Alveoli p.p. / **Karst à alvéoles** / **Wabenverwitterung***

Distribution: above all in arid climates and on the walls that are turned towards the sea (North Africa, Israel, Liguria).

Normal origin: preferential dissolution of cement around to larger calcite crystals (or lines of cleavage within individual calcite crystals), together to a growing of salt crystals (mirabilite, halite...).

Similar microforms: phytokarst forms.

Diffusione: tipici dei climi desertici, e delle pareti esposte a venti marini. Costa atlantica del Marocco, Sinai e Negev, Assoba (Mauritania), Capo Noli (Liguria), Valle Urta, Valle Sciusa (Finale Ligure), Lampedusa. In Piemonte probabilmente assenti.

Genesi tipica: distacco di granuli in rocce calcarenitiche, per soluzione del cemento e aloclastismo.

Forme convergenti: forme fitocarsiche (3.7, 3.8, 3.11, 4.2, 4.3, 5.2). Le forme analoghe costiere (4.2) prendono sovente impropriamente lo stesso nome.

1.7.2) *Tafoni* / Tafoni (sin. dialettale sacoce, ronchioni) / **Taffoni** / **Taffoni**

Distribution: the same of 1.7.1, above all at the foot of overhanging cliffs. In mountain environments: Ceuse, Chateauvert (F), Andonno (I). Smith (1978) says that they are rare in soluble rocks, except in North Africa.

Normal origin: disaggregation and / or flaking. The biological corrosion (see 1.7.1) may act in conjunction to salt weathering. Several writers attribute the development of tafoni to uneven case-hardening.

Similar microforms: tube-like holes (3.11), organ pipes (3.6).

Diffusione: presenti sia negli stessi ambienti del karst à alvéoles, sia nella parte inferiore delle pareti rocciose verticali, se strapiombanti (associati a nicchie di parete, 2.1.5). Località segnalate in ambiente alpino: Ceüse (F) in calcari pelagici; Finalese, Borgo Veruzzi (Liguria occidentale) in calcari arenacei; Chateauvert (F) in dolomie. In Piemonte Andonno (Valle Gesso), Gavi (alta Langa) in sabbie calcaree cementate. Sono considerati rari nelle rocce solubili, eccetto nel Nord Africa, da Smith (1978).

Genesi tipica: distacco di clasti e scagliette, per soluzione del cemento e aloclastismo. Diversi autori collegano lo sviluppo dei tafoni con l'indurimento superficiale per migrazioni di ioni.

Forme convergenti: fori carsici (3.11), organi geologici (3.6).



Honeycomb karrens on an overhanging wall of calcareous sandstone (110 m a.s.l., Ligurian Alps, I).

Honeycomb karrens. Calcarene miocenica del Membro di Base della Pietra di Finale. Perti Alta (Liguria). Larghezza foto: circa 2 m.



Tafoni on a pelagic limestone (2000 m a.s.l., Ceüse, Durance Valley, F).

Tafoni. Nel clima alpino si formano più facilmente sulla parte più strapiombante delle pareti, quando questa non è ricoperta dalle canne d'organo. Calcare pelagico giurassico. Ceüse, Vallée de la Durance (Francia).

2) Karren of half-exposed karst / *Forme del carso semilibero* / **Formes du karst sous petite couverture** / **Bodenkarren l.s.**

2.1) *Half-exposed karren s.s.* / **Forme del carso a copertura discontinua**

They are big microforms similar to 1.5.8, and small microforms under soil pockets, many times filled with soil or organic matter. The small microforms similar to 1.1.1, 1.1.2 are Humus-water grooves, special type of meandering karren, or wall karren in which the water comes from an humus cover; the forms similar to 1.3 are Solution pans or Panholes.

Forme di grandi dimensioni analoghe a 1.5.8, e microforme di dimensioni inferiori situate a valle di tasche di suolo, sovente colme di suolo o materiali organici, analoghe a 1.1.1 e 1.1.2 (detti generalmente Humus-water grooves, ing.), o analoghe a 1.3 (descritte generalmente come Solution pans o Panholes, ing).

Kinds of Humus-water grooves: / *Tipi di Humus-water grooves:*

2.1.1) *Semicircle*

2.1.2) *Channelled*

2.1.3) *Parabolic*

2.1.4) *Cylindrical*

Distribution: everywhere.

Normal origin: dissolution, due to subsoil solutions. The water originating from a humus cover has an excess of CO₂ and is therefore, very aggressive. Thus humus-water grooves can be very deep but after approximately 2–3 meters, the grooves flatten out and continue as normal meander or wall karren.

Diffusione: nei carsi a copertura discontinua di tutto il mondo. Polonia. In Piemonte: M. Fenera, Serre di Valle Stura, M. Cros (Valle Gesso).

Genesi tipica: corrosione ad opera di acqua arricchita di CO₂ e acidi umici dallo scorrimento in tasche di suolo.

2.1.5) *Solution notches, Recesses at foot* / *Nicchie di parete*⁵, *Incavi di corrosione* / **Encoches basales** / **Korrosion-hohlkehelen, Korrosionskehle**

They are wherever a soil borders a very steep or vertical limestone surface. The rock is corroded by water rich in biogenic CO₂. The cone karst of the humid tropics shows foot caves, which are over-sized enlargements of solution notches.

Distribution: zones of lateral dissolution, such as borders of polje and bottom of sinkholes, cone karst.

Normal origin: acceleration of ground-level corrosion produced by great aggressiveness of subsoil water; basal undercutting because of phytokarst, and sometimes small rockfalls or tafoni growing.

Similar microforms: relict sea notches (4.7), rock shelter of small size.

Diffusione: ovunque al piede di una parete ci sia una copertura di suolo in lenta erosione; progressivamente più ampie passando dai climi freddi e aridi ai climi caldi e umidi. In Italia particolarmente abbondanti nel Finalese (Liguria occidentale). In Piemonte: Ferriere (Valle Stura), Andonno (Valle Gesso), Chiusa Pesio, Bagnasco, in conglomerati calcarei (Valle Tanaro), Gavi, in calcarenite.

Genesi tipica: concentrazione della corrosione al piede di una parete rocciosa, a causa del maggiore potere corrosivo dell'acqua arricchita di acidi umici del suolo, delle azioni fitocarsiche e talvolta dello sviluppo di tafoni e di piccoli crolli.

Forme convergenti: nicchie di battente di antiche linee di riva (4.7), tracce di antichi condotti ipogei.

2.1.6) *Solution blades* / *Lame d'erosione* p.p.⁶ / **Lapiés saillants de bordure** / **Deckenkarren l.s.**

⁵ Formate da corrosione al piede (*basal undercutting*), diversamente dall'omonima forma ipogea, creata dallo scorrimento di acque; possono talvolta superare il limite dimensionale delle microforme

⁶ E' anche una comune forma ipogea.

Distribution: border of fluviokarst valleys.

Normal origin: Lack of homogeneity in lateral dissolution, because of a difference in fracturing or solubility.

Diffusione: tipica del bordo dei valloni fluvio carsici. Finalese (Liguria occidentale). Assenti in Piemonte.

Genesi tipica: irregolarità nel processo di corrosione marginale, per la presenza di fasce di rocce fratturate o livelli di differente solubilità.



Humus-water grooves on a Jurassic limestone (700 m a.s.l., Western Alps).

Carso a copertura discontinua: solchi irregolari a valle di tasche di suolo. Calcarea pelagico giurassico. Andonno, Valle Gesso. Larghezza foto: circa 3 m.



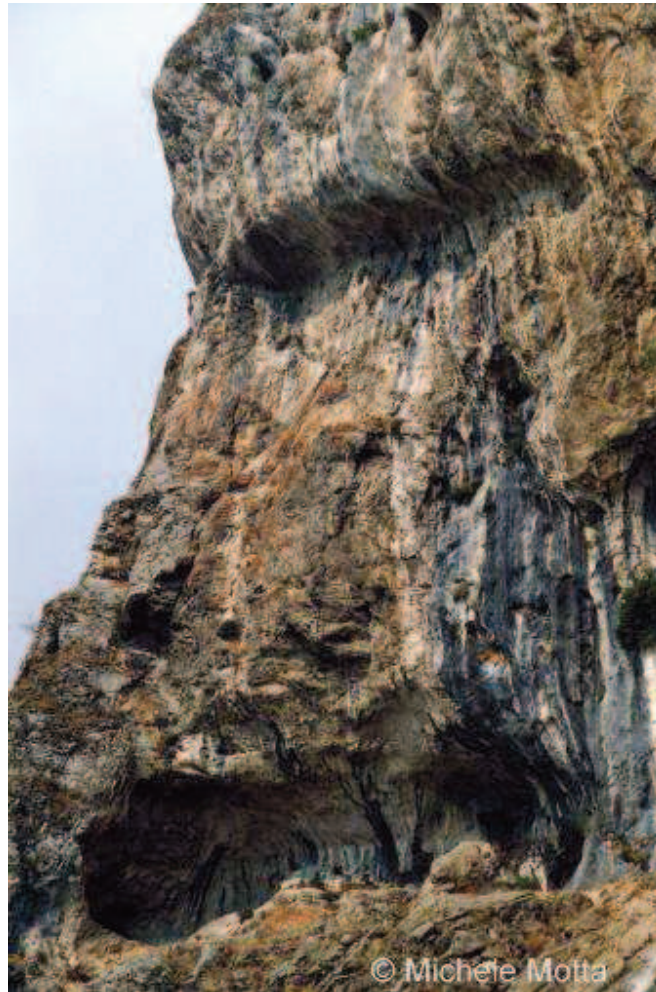
Rounded runnels (channelled) on a Jurassic limestone (700 m a.s.l., Western Alps).

Rounded runnels (channelled). Calcarea pelagico giurassico. Andonno, Valle Gesso. Larghezza foto: circa 45 cm



Recesses at foot are almost always at the foot of tropical mogotes and towers (10 m a.s.l., Okinawa, J).

Incavo di corrosione, quasi sempre presente nel carso a torri tropicale. Okinawa (Giappone).



Solution notches at foot and at half-height on a big wall (800 m a.s.l., pelagic limestone) of the Western Alps (Gesso Valley, I).

Nicchia di parete da corrosione al piede. Più in alto sulla parete è visibile un'altra nicchia, formata in un periodo in cui la copertura detritica giungeva sino a quell'altezza. Calcare pelagico giurassico. Parete di Andonno, Valle Gesso.

2.2) Karrens of gradually covered karst: / Forme del carso in via di copertura

2.2.1) Rainpits / Depressioni a conca / Kamenitzas p.p. / Napfkarren p.p.

Distribution: in Europe, on the slabs at the foot of vertical walls; in tropical climates, on the clint surface (e.g. Madagascar).

Normal origin: accumulation of soil and standing water at the foot of vertical walls, or in rock basins.

Diffusione: in Europa tipiche delle placche rocciose inclinate alla base delle pareti rocciose verticali; in climi tropicali umidi, sulla superficie dei clints; abbondanti in tutti i climi favorevoli alla pedogenesi. Loubière (Montecarlo), Caprazoppa (Liguria occidentale), Madagascar. In Piemonte: Andonno (Valle Gesso).

Genesi tipica: apporto colluviale di suolo e acqua a kamenitzze.

2.2.2) Cavern-like grikes / Diaclasi vuote sepolte / - / -

Distribution: all climates favorable to soil development.

Normal origin: preferential dissolution along joints.

Diffusione: abbondanti in tutti i climi favorevoli alla pedogenesi. In Piemonte: Il Forte (Valle Gesso).

Genesi tipica: speleogenesi in ambiente subsuperficiale.

2.2.3) *Grikes infilled with soil or regolith* / Diaclasi parzialmente intasate di sedimenti / - / -

Distribution: all climates favorable to soil development.

Diffusione: abbondanti in tutti i climi favorevoli alla pedogenesi. Località segnalate in Piemonte: M. Sotta (Valle Tanaro).

2.2.4) *Micropendants* / Figure di dissoluzione vermicolari (associato a 2.2.3) / - / **Deckenkarren l.s.** (p.p.; normalmente tale termine designa forme ipogee geneticamente analoghe, di dimensioni maggiori)

Microforms similar to cave pendants of small size.

Distribution: all climates favorable to soil development, especially on dolomitic limestone.

Normal origin: the deposition of insoluble sediment in a grike, protects the bottom of grike from corrosion and erosion, and forces the water to dissolve only along the roof, producing in the overhanging walls, several ceiling channels, whose dividing ridges are later destroyed by solution (Slabe, 1995).

Similar microforms: cave coral (1.4.2), 1.4.1.1.

Diffusione: tutti i climi favorevoli alla pedogenesi, particolarmente in rocce calcareo-dolomitiche piuttosto ricche di componenti insolubili. Capo Noli, Toiranese (Liguria occidentale). In Piemonte: M. Seguret, M. Furgon (Alta Valle di Susa), Alto (Val Pennavaira).

Genesi tipica: forme residuali tipiche del lato strapiombante della diaclase, derivanti da corrosione antigravitativa e successiva coalescenza di forme simili a graffi o alveoli, dopo il seppellimento della diaclase nel suolo.

Forme convergenti: concrezioni coralloidi (1.4.2), microrilievo a puntine aguzze (1.4.1.1).



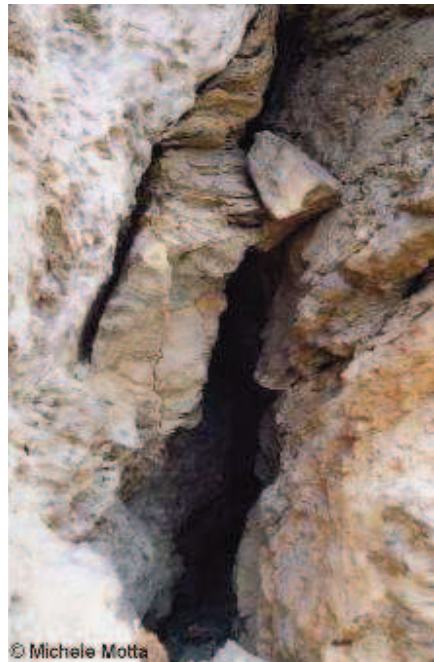
Surface of a cavern-like grike exhumed by man. Pelagic limestone, 200 m a.s.l., Ligurian Alps (I).

Forme di deposizione simili a minuscole canne d'organo sulla superficie di una diaclase portata alla luce da lavori stradali. Calcarea pelagica del Malm. Boissano (Liguria).



Rainpit, highlighted by the destruction of vegetation because of a recent fire. Pelagic limestone, 700 m a.s.l., Western Alps (I).

Depressione a conca. Normalmente è una forma poco appariscente perché colonizzata dalla vegetazione, ma in questo caso, un recente incendio ha distrutto la vegetazione. La conca è lunga un'ottantina di cm. Calcare pelagico giurassico. Andonno, Valle Gesso.



Cavern-like grike (height of 1.5 m) exhumed by erosion of slope (900 m a.s.l., Western Alps, I).

Diaclase (alta circa 1,5 m) portata alla luce dall'erosione del versante. Il Forte, Valle Gesso.



Typical surface of a cavern-like grike (exhumed). Pelagic limestone, 180 m a.s.l., Ligurian Alps (I).

Aspetto "marmorizzato" tipico delle superfici delle diaclasi. Superficie portata alla luce da lavori stradali. Calcare pelagico del Malm. Boissano (Liguria). Altezza della foto: circa 1 m.



a: grikes filled with soil on a shattered limestone pavement (Tauri Mts., Turkey). b: micropendants (1000 m a.s.l., Pennavaira Valley, Ligurian Alps, I).

a: campo carreggiato con diaclasi parzialmente intasate di sedimenti. Monti Tauri, Turchia. b: figure di dissoluzione vermicolari, sulla superficie di una grande diaclase messa alla luce dai lavori di sbancamento per la costruzione di una mulattiera. Alto, Val Pennavaira. Altezza della foto: circa 6 cm.

2.3) Karrens of denuded karst / Forme del carso denudato (in via di scopertura) / Formes du karst dénudé / Nackter Karst, Oberflächlicher Karst

Cold-temperate climate (typically glaciokarst): / In ambiente temperato freddo (tipicamente glaciocarsico):

2.3.1) Limestone pavements, Karren fields / Campi carreggiati s.s. o solcati (con questi termini si indicano anche in senso lato i versanti ricchi di karren di carso nudo) / Table de lapiés, Platières Plateformes calcaires / Kalk Plattform, Karrenfelder

A level, or gently inclined, bare limestone surface, parallel to the bedding, commonly divided into blocks by solutionally widened joints, and pitted by solution pans. The stripping of soil or cover rocks to expose the bare rock pavement is a glacial process, and the development of the karren — both the dissolutional enlargement of the joints and also the dissolutional carving of runnels — is largely post-glacial. Limestone pavements are characteristic features of glaciokarst. Limestone with two main directions of cracks, with an angle of about 90° in between, makes the typical limestone pavement, looking like an enormous chess board.

Superfici di strato suddivise in blocchi dall'allargamento di giunti perpendicolari alla superficie.

Distribution: above all on pure limestone not greatly fractured. Limestone pavements occur extensively in the north of England, in the Burren of County Clare in Ireland and on many high alpine karstlands.

Normal origin: karstic processes on denuded karst, until few time ago covered by ice or snowfields. The formation of limestone pavements in the UK and Ireland began with the scouring of the limestone by glaciers during the last ice age. The glaciers eroded the soil that was over the limestone, and also fractured the limestone along bedding planes. Fractured rocks were stripped away leaving level platforms of limestone on which a thick layer of till was deposited, as the glaciers retreated. Loess was then deposited on top of the till. This external material is particularly important for soil formation, as limestone does not weather down into soil which would mean if there had been no glacial deposit, there would have been no soil development. From the flat limestone surfaces, the characteristic features of limestone pavement have been formed by water in the soil exploiting cracks and fissures in the rock such as bedding planes and joints.

Diffusione: Tipici dei climi temperati e dei calcari puri poco fratturati. Diffusi in molte parti del mondo, specie nelle isole britanniche, in Alpi e Appennini. Località segnalate: Malham (Yorkshire, GB), Clare Galway (Eire), Alpi francesi, Carso, M. Canin, Parco Sirente-Velino. In Piemonte: Marguareis, Conca delle Carsene (Alpi Marittime).

Genesi tipica: sviluppo del carsismo superficiale in aree un tempo ricoperte da ghiacci o neve perenne. Nei carsi attorno all'Adriatico si formano nelle aree dove sviluppo della vegetazione e pedogenesi sono ostacolati dalla bora.

The limestone pavements are made of these parts:

I campi carreggiati sono una macroforma composta dalle seguenti microforme:

2.3.1.1) Clints / Karren piatti, Rilievi dei campi carreggiati, Tavole carsiche / Dallages calcaires, Lapiés à plat / Karrenrippen, Flachkarren

2.3.1.2) Grikes p.p., Grykes / Corridoi carsici, Solchi carsici, Solchi dei campi carreggiati, Lapias s.s. / Lapiés s.s., Rascles (suisse) / Karrenfurchen, Schratten (particolarmente usato per le analoghe forme ipogee)

The grike separates two clints from one another.

I corridoi carsici separano i karren piatti l'uno dall'altro.

Normal origin: A vertical or sub-vertical cleft in a limestone pavement, developed by solution along a joint or system of crisscrossing joints.

Genesi tipica: allargamento di fessure ortogonali fra loro e con la superficie di strato.

2.3.1.3) - / - / - / Spitzkarren s.s.

These are isolated projections that may be of a beehive form or may be sharply pointed and tend to stay between grikes and the strike ribs of bedding grikes.

Warm temperate (e.g. Mediterranean) climate: / In ambiente temperato caldo:

2.3.2) *Round karrens, Rounded runnels* / Karren arrotondati p.p., Lapiaz coperti / **Lapiés émoussés** p.p. ou **ronds** / **Rundkarren** p.p.

Karren with rounded channels between rounded ridges, exhumed after a formation under soil or peat.

Karren a forma di larghi canali poco profondi, separati da creste arrotondate, riesumati dopo lo sviluppo sotto una copertura di suolo o torba.

Distribution: strongly eroded areas, because of excessive pasture or wood cut down, or because of fire. In natural environments are typical of polje sides.

Normal origin: Karstic processes on denuded karst, until few time ago covered by soil.

Diffusione: tipici delle aree in erosione accelerata per pascolo eccessivo, deforestazione o incendi. Per cause naturali si trovano sui terrazzi derivanti dal progressivo abbassamento di polje. In Piemonte: Cima Tabona (Valle Gesso), Bardineto (Valle Bormida), dove assumono grandi dimensioni e morfologia simile ai denti di drago.

Genesi tipica: sviluppo del carsismo superficiale in aree un tempo ricoperte da suolo.

Humid inter-tropical climate: / In ambiente tropicale e/o equatoriale⁷:

2.3.3) *Pinnacles, Spires, Vertical sided blades, Arête and pinnacle karst*^o / Pinnacoli (impropriamente Pilastrici carsici o Karren a punte) / **Lapiés en aiguilles, Pinacles** / **Spitzkarren** p.p.

They are naked, reticulated and raw-topped ridges, characterized by vertical sided blades of bare rock fretted by dissolution, having almost vertical slopes and a relief of as much as 120 meters. The ridges rise above forest-covered corridors and depressions. The side walls are grikes with Rinnenkarren cutting across one another to form sharp edges and peaks that can reach several meters in height. The Spitzkarren s.s. are large deep grooves extending down from steep spires or pinnacles.

Sono creste affilate di roccia alte sino a 120 m, separate da corridoi di roccia ingombri di vegetazione e depressioni.

Distribution: the pinnacle karst grows under equatorial rain forest cover. It is in New Guinea at elevations of 2,000 meters and more.

Normal origin: the increase of the water replacement because of high slope steepness. These are a particularly mature form of karren. Generally, the pinnacle development needs a long period time. They are common in the tropics and can attain great sizes³. Often, they are covered.

Diffusione: tipici delle aree montuose sottoposte a forte corrosione carsica in climi molto piovosi. Si formano anche al limite fra carso coperto e carso a cockpit, in aree di recente abbassamento del livello di base carsico. e sui rilievi equatoriali oltre i 2000 m di quota. Associati a conchette di corrosione, scannellature, crepacci a trincea. Altopiano delle Manie, Boragni (Liguria occidentale), Sicilia (in gessi). Assenti in Piemonte.

Genesi tipica: incremento della corrosione per il forte ricambio d'acqua conseguente un'alta acclività del versante.

Forme convergenti: solchi di parete paralleli (visti dal basso), versanti ruiformi. Forme analoghe si sviluppano sulle quartziti in Venezuela.

2.3.4) *Tsingi, Crevice karst*^o / Tsingy l.s. / **Stade des tsingy**^o / **Spitzkarren** p.p. / *Dientes de perro* (castigliano)

Distribution: above all on limestone not very fractured.

Normal origin: development of karstic processes on poorly jointed rocks covered by soil until some time ago, where the environment is very favourable to phytokarst processes.

Diffusione: esclusivo dei calcari puri, e tipico dei ripidi versanti fortemente erosi. Forma al limite dimensionale delle microforme, composta dalle forme. Plateau de Bemaraha, Ankarana (Madagascar), Isole Ryukyu (J), Shilin (Cina), Gunung Api e Gunung Benarat (Saravak, Borneo), Nuova Guinea presso i fiumi, Cuba. Assenti in Piemonte.

⁷ Nei paesaggi tropicali, Ford & Williams (1989, 2007) riconoscono tre associazioni di microforme: *karrenfeld*, *pinnacle karst* (suddiviso da diversi autori in *tsingy* o *crevice karst*, e *stone forest*), *corridor karst* (*labyrinth karst* secondo altri autori). Solo gli ultimi due sono considerabili tipici del clima tropicale umido, essendo i *karrenfeld* diffusi nelle regioni montane.

Genesi tipica: sviluppo del carsismo superficiale in aree un tempo ricoperte da suolo, in condizioni particolarmente favorevoli al fitocarsismo, su rocce poco fratturate.

Forme convergenti: differiscono dai pinnacoli perché molti crepacci carsici fra gli tsingy sono allargati rispetto alle diaclasi originarie, colmi di suolo e colonizzati dalla vegetazione; e dalle foreste di pietra (2.3.5) perché i crepacci sono ancora ben delineati.

Macroform made of microforms 2.3.4.1 or 2.3.4.2 associated with 2.3.4.3 or 2.3.4.4: /

Macroforma composta dalle microforme 2.3.4.1 o 2.3.4.2 associate a 2.3.4.3 o 2.3.4.4:

2.3.4.1) *Clint blocks* p.p. / - / - / -

Sono blocchi rocciosi limitati superiormente da superfici di stratificazione e ai lati da bogaz tropicali, caratterizzanti le zone di minore sviluppo dei tsingy.

2.3.4.2) *Blade ridges* / Denti di cane / **Lapiés aigus** / **Spitzkarren s.s.**

Sono creste affilate (ing. blade ridges, alte sino a 45 m sul Gunung Api, Sarawak), lavorate generalmente a scannellature e solchi a doccia nella parte sommitale emergente dalla vegetazione, a fitocarsismo nero e lapiés a fori (ing. rainpits, cups) nella parte immersa nella foresta, a graffi presso la base e a cortine stalattitiche, canne d'organo e vele alla base.

2.3.4.3) *Giant grikes* / Bogaz tropicali / **Bogaz p.p.** / **Bogaz p.p.**

Sono solchi profondi sino a 15-30 m (col termine bogaz si intendono in Italia vallecole fluviocarsiche di dimensioni > 10 m impostate lungo fratture della roccia).

2.3.4.4) *Tributary grikes* / - / **Crevasse** / -

Solchi secondari che si dipartono dai giant grikes.

2.3.5) *Dragon teeth, Stone forests, Spires* (spire frequently mean a similar big landform) / Denti di drago, Foreste di pietra, Tsingy residuali / **Dents de dragon, Forêts de pierres, Pitons** (forma appuntita), **Tourelles** (forma torreggiante; con questo termine e con *pitons* si intendono più frequentemente macroforme di analogo aspetto) / **Spitzkarren** p.p.

Distribution: Asia (shilin⁸: southern China), Cuba, Giamaica.

Normal origin: strong dissolution in areas covered by soil until some time ago, with almost complete demolition of outcrops.

Diffusione: tipici delle aree in erosione accelerata per pascolo eccessivo, deforestazione o incendi, o delle aree in cui il suolo è stato eroso per il progressivo abbassamento del livello carsico di base delle grandi depressioni carsiche tropicali (cockpits...). Si formano anche a scala regionale al limite fra carso coperto e carso a cockpit, in aree di recente abbassamento del livello di base carsico. Presentano generalmente i fianchi verticali a fitocarsismo nero, e incavi di corrosione al piede, ornati da cortine stalattitiche o canne d'organo. Cuba, Giamaica, Yunnan (Cina meridionale), Okinawa. Assenti in Piemonte.

Genesi tipica: forte sviluppo del carsismo superficiale in aree un tempo ricoperte da suolo, con demolizione quasi totale degli affioramenti rocciosi.



Limestone pavement. Burren (IE).

Karren piatti. Burren, Irlanda.

⁸ Shilin (translates as stone forest) is a type of pinnacle karst formed on low plateau of gently dipping limestone; it is distinguished by densely packed pinnacles up to 25m high, fluted by sharp solution flutes.



Karrenfield (Eggstock, Austrian Alps).

Campo carreggiato. Eggstock (AT).



Karrenfield of round karrens in tropical climate, due to recent uplift of the reef. 10 m a.s.l., Okinawa Island (J).

Campo carreggiato in clima tropicale, dovuto alla recente emersione della barriera corallina. Okinawa (Giappone).

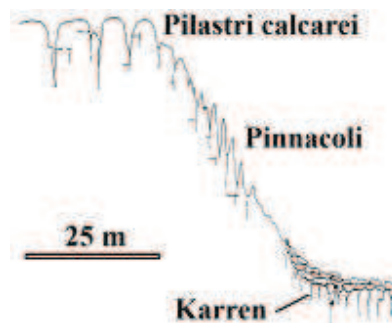


Bedding surface of bare limestone, known as “ciappo” (i.e. slab) in Ligurian. In warm climate the phytokarst morphologies prevail on grikes. Miocenic limestone, 300 m a.s.l., Finale Ligure (I).

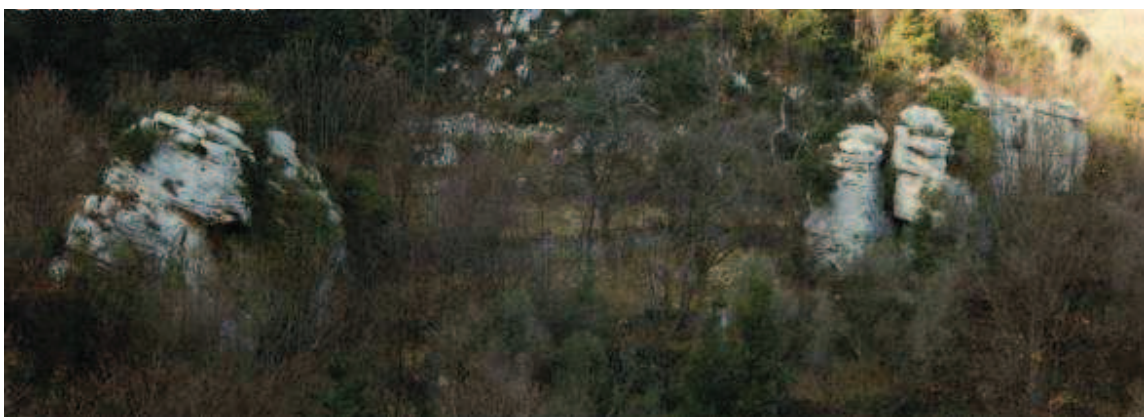
I campi carreggiati su superfici di strato in calcari bioclastici miocenici (in dialetto ligure “ciappi”) sono caratterizzati dalla prevalenza delle microforme fitocarsiche su quelle legate a fessure. Ciappo delle Conche, Finale Ligure.



Rounded channels and intervening rounded ridges, exhumed after a fire. 900 m a.s.l., Gesso Valley, Western Alps (I).
Karren arrotondati portati alla luce dall'erosione del suolo conseguente un incendio. Cima Tabona, Valle Gesso. Larghezza della foto: circa 3 m.



Microforms distribution on tropical mountains over 2000 m a.s.l. (Friederich, 1980).
Distribuzione delle microforme sui rilievi equatoriali oltre i 2000 m di quota. Schema da Friederich, 1980.



The development of these pinnacles of 3 m high was during a warm period of Pleistocene. Manie plateau, 300 m a.s.l., Liguria.
Resti di pinnacoli alti circa 3 m, formati in un clima più caldo e umido dell'attuale. Calcario bioclastico miocenico. Bordo dell'altopiano delle Manie (Liguria).



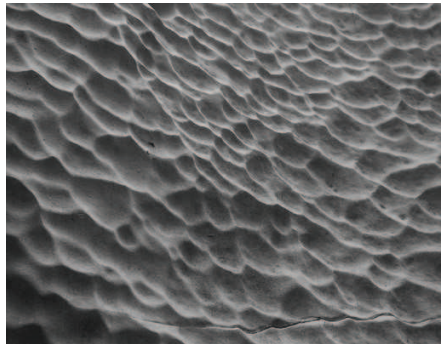
Big pinnacles (8-135 m high) similar to those of the fenglin karst. Cala Goloritzé, Sardinia.

Pinnacoli generalmente oltre il limite dimensionale delle microforme. Cala Goloritzé, Sardegna.



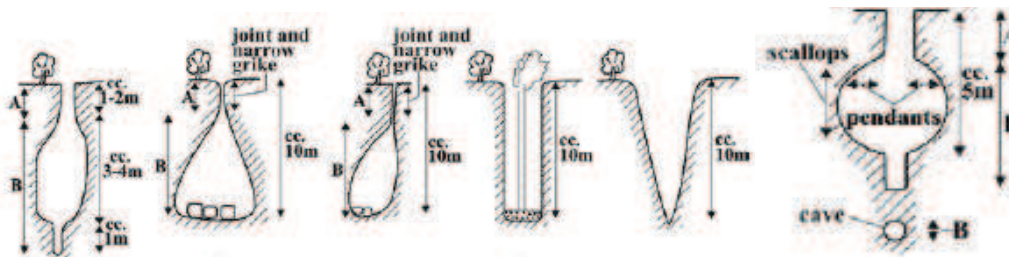
Pinnacle of 20 m high, with alveolization on the vertical sides and tafoni on the overhanging walls. Miocenic limestone, 100 m a.s.l., Liguria.

Pinnacolo leggermente oltre il limite dimensionale delle macroforme, lavorato a alveoli sui lati meno strapiombanti e tafoni su quelli più strapiombanti. Calcare bioclastico miocenico. Boragni (Liguria).



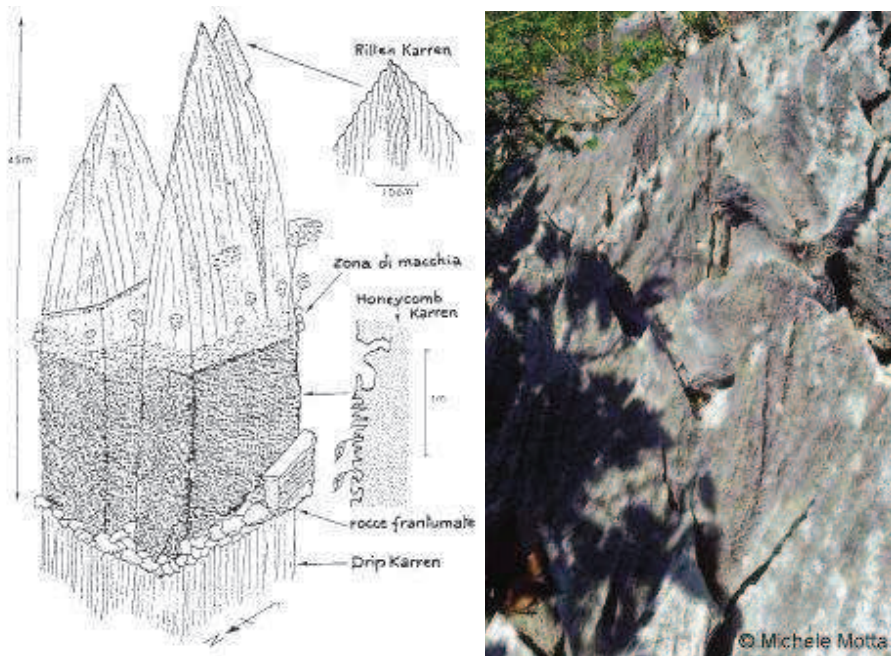
Scallops on a side of a giant grike (Veress *et al.*, 2008). Jurassic limestone, Great Tsingy, Madagascar.

Scallops sul fianco di un giant grike (da Veress et al., 2008). Gli scallops sono una microforma ipogea legata al flusso d'acqua in condizioni freatiche o epifreatiche. Calcare giurassico. Great Tsingy, W Madagascar.



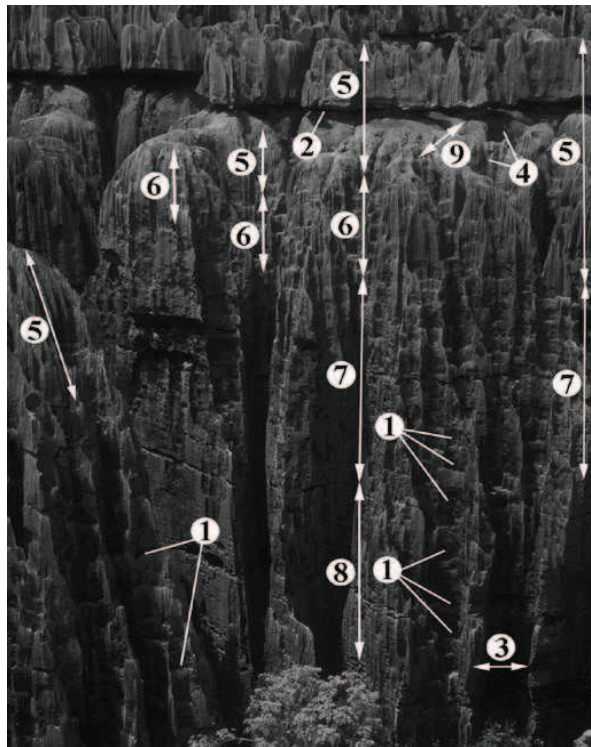
Cross-sections (I) and planforms (II) of grikes on the Bemaraha Little Tsingy (Veress *et al.*, 2008). Legend: A: grike section formed by rainfall, B: grike section formed under karst water table, 1. cave planform, 2. cave debris, 3. fine-grained sediment transported into the grike.

Sezioni di bogaz tropicali del Bemaraha Little Tsingy (da Veress et al., 2008). I due a sinistra sono definiti da tali autori downward widening grikes, e legati geneticamente allo scorrimento di acque in condizioni epifreatiche; quelli a destra, detti downward narrowing grikes, sono considerati tipici delle situazioni in cui è fondamentale il contributo del fitocarsismo.



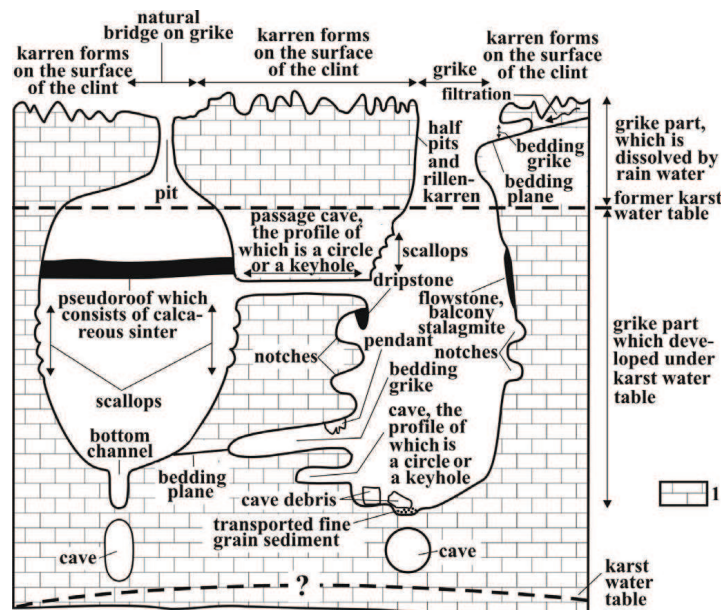
Left: Microforms in the crevice karst (Osmaston, 1980). Right: Upper part of tsingy 1 m high. The surface has firstkarrens. Limestone of a old reef, 100 m a.s.l., Okinawa (J).

A sinistra: Sommità di tsingy alti circa 1 m, lavorate a scannellature. Okinawa (Giappone). A destra: Tipica associazione delle microforme nel carso a tsingy. Schema da Osmaston, 1980.



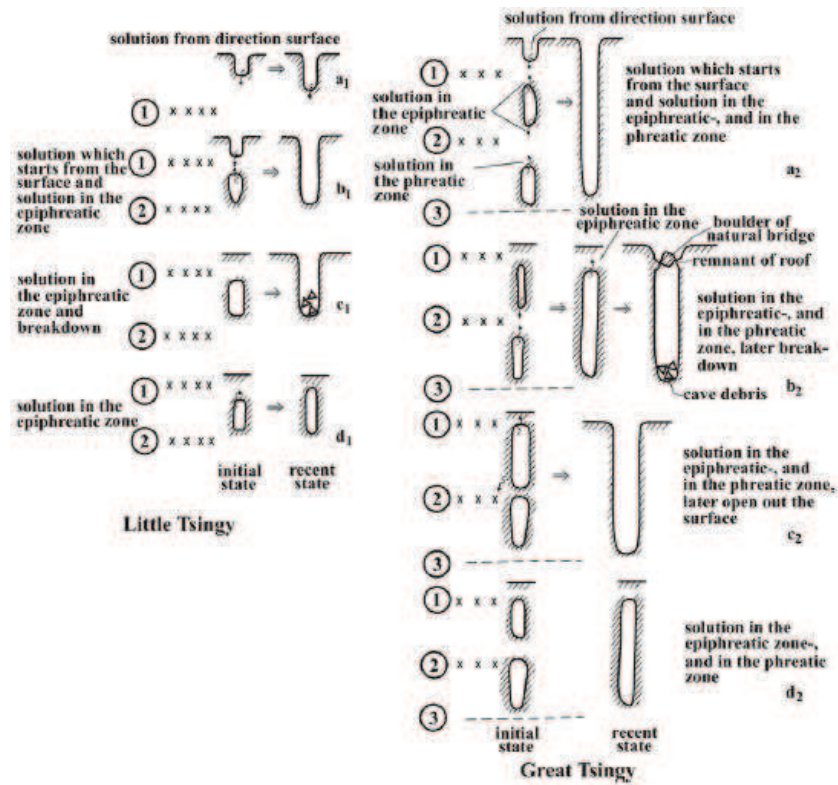
Microforms in the crevice karst, from Veress *et al.*, 2008. Legend: 1. cups, 2. bedding plane grike formed by percolating waters, 3. half pit or grike, 4. pit, 5. zone of rillenkarren, 6. zone of rillenkarren and cups, 7. zone of cups, 8. zone of rillenkarren (with scallops) and cups, 9. bedding plane developed through bed scarp retreat. Jurassic limestone, Bemaraha Great Tsingy, Madagascar.

Associazione tipica di microforme in un carso a tsingy (da Veress et al., 2008). 1. conchette di corrosione, 2. cavità d'interstrato formata dall'acqua di percolazione, 3. "mezzo pozzo" (pozzo carsico portato alla luce dall'erosione di un fianco) o grike, 4. pozzi, 5. zone di solchi a doccia, 6. zone di solchi a doccia e conchette di corrosione, 7. zone di conchette di corrosione, 8. zone di solchi a doccia con scallops e conchette di corrosione, 9. superficie di stratificazione denudata dall'arretramento della testata dello strato superiore. Calcarea giurassico. Bemaraha Great Tsingy, Madagascar.



Morphological section of the grike walls of the Bemaraha tsingy (Veress *et al.*, 2008).

Sezioni idealizzate di bogaz tropicali del Bemaraha tsingy (Veress et al., 2008).



Types of grike development (Veress *et al.*, 2008).

Sviluppo dei bogaz tropicali (Veress et al., 2008).



The grikes of tsingy are meander-like and filled by soil. 30 m a.s.l., Ryukyu Islands (J).

Tsingy dal caratteristico colore nero-azzurro. Al contrario che nei pinnacoli, i crepacci carsici fra gli tsingy non ricalcano più le diaclasi originarie, ma sono sinuosi e colmi di suolo. Isole Ryukyu (Giappone).



Tsingy of 6 m high. These landforms are common on the coast of Ryukyu Islands (J).

Tsingy residuali alti circa 6 m. Tipici delle coste delle Isole Ryukyu (Giappone).



Piton of 7 m high (a) and tourelles 2-3 m high (b). Southern Japan.

I pitons (a; torrione alto circa 6-7 m) sono tsingy residuali appuntiti; le tourelles (b; torri alte circa 2-3 m) sono di forma torreggiante. Giappone meridionale.

3) Forms of Covered Karst, Crypto Karst*⁹, Covered karrens / *Forme del carso coperto* / *Formes du karst couvert (cryptokarst*)* / **Bedeckter Karren**

Subsoil karst, Soil-covered karst, Soddy karst, Subcutaneous karst: / Carsismo sotto copertura di suolo: / **Karst subcutané:** / **Bodenbedeckter Karst, Subkutan Karst:**

Forms evolving below soil cover, an environment commonly very acid. They are not on gypsum rocks.

Forme sviluppate sotto il suolo; se l'acqua prima di arrivare a livello della roccia attraversa del suolo, aumenta grandemente la propria aggressività per il concomitante aumento nella concentrazione di CO₂. Viceversa queste forme sono assenti nei gessi, perché il meccanismo prevalente è quello della dissoluzione semplice, per nulla influenzata dall'attraversamento di un suolo.

3.1) *Buried karrens, Subsoil karrens, Cutter* / Cripto-lapiaz / **Cripto-lapiés** / **Bodenkarren, Subkutane Karren**

Distribution: all areas with soils.

⁹ Termine in disuso, per i numerosi significati che ha via via assunto.

Normal origin: dissolution, because of a lowering of pH that is caused by plant litter, and enhanced by the presence of a temporary water table after the heavy rains.

Diffusione: abbondanti in tutti i climi favorevoli alla pedogenesi. In Piemonte: abbondanti ovunque.

Genesi tipica: corrosione ad opera delle acque aggressive contenute dal suolo, periodicamente ricambiate per la formazione di una falda idrica temporanea dopo le forti precipitazioni.

3.1.1) *Wave karrens* / - / - / -

Wavy surfaces that appear similar to corrugated tin.

Superfici ondulate simili a stagno ondulato.

3.2) *Root grooves or karren* / Solchi o Impronte di radici / **Lapiés vermiculeux** / **Wurzelkarren**

Distribution: all areas with soils.

Normal origin: Alveolization, i.e. the pitting of the rock surface produced by CO₂ emissions from the plant roots. These are small, relatively flat karrens that are formed beneath compact soils where roots have corroded the soluble rock.

Diffusione: abbondanti in tutti i climi favorevoli alla pedogenesi. In Piemonte: abbondanti ovunque.

Genesi tipica: emissione di CO₂ dalle radici.

3.3) *Round karren* / Solchi meandriiformi, Solchi o Karren arrotondati / **Lapiés émoussés** / **Subkutane Mäanderkarren, Rundkarren s.s.**

Rounded channels, commonly of 50–500mm of depth and width, and separated by (intervening) rounded ridges.

Distribution: all areas with soils.

Normal origin: strong interflow after heavy rains. These karrens are formed by soil water that cannot flow freely due to the tightness of soil pores and thus corrodes away all edges and points. The small karren forms disappear, grooves and grikes are widened and deepened. One or two centuries after being laid bare, the earlier rounded edge is only just recognizable, so round karrens and their remains provide evidence of an earlier soil covering. Round karren is the characteristic dissolutional morphology developed beneath superficial material such as sandy till, peat or other soil, or beneath a cover of plants or lichen.

Diffusione: abbondanti in tutti i climi favorevoli alla pedogenesi. In Piemonte: abbondanti ovunque.

Genesi tipica: scorrimento lento della falda idrica temporanea che si forma dopo le forti precipitazioni.

Forme convergenti: Solchi a doccia (1.1.2) e solchi a doccia meandriiformi (1.1.1), quando i solchi meandriiformi sono in aree denudate dal suolo. Comunemente hanno sezione di relativamente maggiore diametro (5 – 50 cm).

3.4) *Cutter, Karren-like groove* / Crepacci sepolti / - / -

Diffusione: Tennessee (USA). Non segnalati in Piemonte.

3.5) *Gnamma-like depressions* / Depressioni a conca, Tasche / **Trous amiboïdes** / **Rundkarren l.s.**

Distribution: all areas with soils, on less fractured bedrock.

Distribution: abundant in all climates conducive to pedogenesis on massive rocks.

Normal origin: rising of acidity (caused by plant litter) in the underground standing water that is stopped by bedrock.

Diffusione: abbondanti in tutti i climi favorevoli alla pedogenesi su rocce poco fratturate. In Piemonte: abbondanti ovunque.

Genesi tipica: ristagno d'acqua sul substrato roccioso del suolo, e aumento della sua aggressività per la concentrazione di acidi umici.

3.6) *Solution pipes, Geological organ / Organi geologici* (profonde cavità a imbuto o emiimbuto), Fori chiusi in roccia / **Poches de dissolution, Orgues géologiques, Abannets / Geologische Orgeln, Verwitterungssacken**

Vertical cylindrical holes attributable to solution, often without surface expression, filled with debris.

Buchi cilindrici verticali dovuti a processi di soluzione, generalmente interni alla roccia, o riempiti di detriti.

Distribution: porous and not fractured bedrock, such as the Chalk of England and France.

Normal origin: dissolution of porous rock, rich in corrosive components (organic matter, sulphides).

Similar microforms: alveoli (3.7), tafoni (1.7.2), half-pits (exhumed form of hypogean environment).

Diffusione: tipici delle rocce poco fratturate e molto porose, come la Craie del bacino anglo-parigino. Francia, Inghilterra; in Italia nel Finalese (Liguria occidentale).

Genesi tipica: dissoluzione di nuclei di roccia più porosa o ricca di sostanze corrosive (resti organici, solfuri).

Forme convergenti: alveoli carsici (3.7), tafoni (1.7.2), half-pits.

*Green karst, Phytokarst / Fitocarsismo / Karst vert / Grūkarst**

by cryptoendolithic lichens and algae / per licheni e alghe cryptoendolitiche (in ordine crescente di sviluppo)

3.7) *Alveoli p.p. / Alveoli carsici o di corrosione / Alvéoles p.p. / Lochkarren, Fließfazetten*

Distribution: wet walls, common in warm climates, abundant in tropical climates.

Normal origin: Alveolization, i.e. the pitting of the rock surface due to CO₂ emissions from cryptoendolithic (i.e. living in hollows within the rock) algae and lichens.

Similar microforms: honeycombs (1.7.1).

Diffusione: pareti rocciose umide, a causa del clima o della posizione ombreggiata; poco comuni in clima temperato freddo, progressivamente più comuni verso climi caldi, sino a costituire la forma predominante in climi caldi umidi. In Italia sono rari sulle Alpi (segnalati nel Gruppo del Civetta e sull'Altopiano delle Manie) a eccezione del Finalese (Liguria occidentale), comuni sugli Appennini. In Piemonte: Stalla Rossa (Valle Ellero), Curnalet (Val Vermentagna).

Genesi tipica: emissione di CO₂ ad opera di alghe e licheni cryptoendolitici. /

Forme convergenti: honeycombs (1.7.1).

3.8) *Black phytokarst*, Cavernous karrens p.p., Honeycomb karrens p.p. / Fitocarsismo nero* / Lapiés caverneux p.p. / Kavernöse Karren p.p.*

An holes arrangement, with holes that have 1-5 cm width, and 1-2 cm depth; the colour differs from the true color of the rock. *Diametro tipico delle cavità del fitocarsismo nero 1 – 5 cm, profondità 1 – 2 cm; superficie sempre di colore diverso dalla roccia inalterata.*

Distribution: most commonly on Tertiary (relatively recent) limestone, in warm climates.

Normal origin: strong alveolization because of high humidity and biological corrosion (cryptoendolithic lichens and algae as *Pynerocollerna* spp. and *Glaeocapsa* spp.).

Similar microforms: honeycombs (1.7.1); spongework, an arrangement of partitioned depressions, that is in ceilings and walls of caves; it is attributed to differential solution of limestone, in submerged karst.

Diffusione: superfici molto favorevoli al fitocarsismo di ogni inclinazione, in climi caldi umidi, specie sui calcari bioclastici. Tipici in Thailandia. In Italia presente sugli altopiani del Finalese (Liguria occidentale), nell'Iglesiente, presso Otranto. In Piemonte forse assente.

*Genesi tipica: grande sviluppo di alveoli di corrosione per le condizioni particolarmente umide e la presenza di licheni e alghe cryptoendolitiche (*Pynerocollerna* spp., *Glaeocapsa* spp.).*

Forme convergenti: in ambiente epigeo honeycombs (1.7.1).

under peat / sotto coperture di sfagni o muschi

3.9) *Solution pits p.p., Cavernous karrens p.p.* / - / **Lapiés à puits et trous / Höhlkarren** s.s.

Distribution: cold temperate climates (British Islands, Germany).

Normal origin: peat decomposition, with production of acids.

Diffusione: tipico delle piane torbose, in climi temperati freddi. Yorkshire, Franconie. Assenti in Piemonte.

Genesi tipica: acidificazione dell'acqua per decomposizione della torba.

by plant roots / per radici di piante

3.10) *Pockets p.p., Wall pockets, Alveolization* p.p., Karst holes, Honeycomb karrens p.p.* / Fori carsici, Fori di dissoluzione, Ronchie, Lapiés a fori / **Trous, Lapiés caverneux / Höhlkarren** l.s., **Löchern, Kavernöse Karren p.p.**

They are solution cavity in walls, similar to the interior of a round-bottomed kettle; unrelated from the arrangement of joints and bedding planes.

Fori in pareti rocciose, in posizione indipendente dalla disposizione di giunti e piani di stratificazione.

Distribution: walls colonized by plants.

Normal origin: CO₂ emissions from the roots, or corrosion because of acids that come out from small pockets of soil.

Similar microforms: tafoni (1.7.2). Pocket is also the name of large hollows of limestone rocks of submerged karst, attributed to differential solution.

Diffusione: in tutti i climi adatti all'insediamento di piante superiori epilitiche (saxifraghe, campanule, felci...). Government Canyon (USA), Bregai (Moncodeno, Lombardia), M. Baldo. In Piemonte: Andonno (Valle Gesso), Stalla Rossa (Valle Ellero), calcari cretacei e giurassici del Marguareis (Alpi Liguri), calcari nummulitici del Bec Curnalet (Val Vermenagna), dolomie triassiche della Val Grana (Montemale), calcari dolomitici della Valle Pesio.

Genesi tipica: emissione di CO₂ dalle radici, e accumulo di piccole tasche di suolo che favoriscono la corrosione.

Forme convergenti: tafoni (1.7.2).

3.11) *Tube-like holes / Terebrazioni di radici, terebrazioni canalicolari / Lapiés perforants / Röhrenkarren* p.p.

Distribution: every rocky surface colonized by plants, especially at the foot of the crags.

Normal origin: CO₂ emissions from the roots.

Diffusione: in tutti i climi adatti allo sviluppo di una copertura di suolo e alla crescita di alberi o arbusti. Alpi (Altopiano delle Manie, Toirano, M. Lessini). In Piemonte: abbondanti ovunque.

Genesi tipica: emissione di CO₂ dalle radici.

by lichens and grazing / per licheni e molluschi

3.12) *Fruiting body pits or grooves / - / - / -*

Distribution: surfaces colonized by lichens.

Normal origin: chemical attack by lichens + grazing by snails.

Diffusione: sulle superfici ricoperte da licheni. Gerusalemme, Roma, Negev, Grand Cayman Island, England. In Piemonte probabilmente abbondanti.

Genesi tipica: biocorrosione da attacco chimico di licheni e abrasione operata da radule di chioccioline (in Italia tipicamente Cbondrina).



Subsoil karrens exhumed by anthropic erosion (border of a trail). 900 m a.s.l., Ligurian Alps.

Cripto-lapiaz esumati dall'erosione accelerata (ciglio di mulattiera). Larghi e irregolari solchi, che quasi isolano una prominenzza rocciosa dalla caratteristica forma a incudine, a sua volta con solchi arrotondati alla sommità. Alto, Val Pennavaira. Larghezza della foto: circa 2 m..



Root grooves that form a polygonal network on a bedding plane of a Miocene limestone. 300 m a.s.l., Liguria.

Solchi di radici su superficie di strato orizzontale, che formano un disegno poligonale. Questo tipo di disegno è comunemente detto "impronte di radici". Calcare bioclastico miocenico (Pietra di Finale). Liguria. Larghezza della foto: circa 1,2 m.



Network of root grooves (of 1-2 cm deep), at the foot of a crag. The erosion has lowered the soil surface, so the root grooves are well visible. Jurassic limestone of Gesso Valley, 800 m a.s.l., Western Alps.

Solchi di radici che formano un reticolo di solchi profondi 1-2 cm, al piede di una parete rocciosa modellata a onde di roccia. L'erosione del versante ha asportato parte della copertura di suolo, scoprendo i solchi. Calcarea pelagico giurassico. Andonno (Valle Gesso).



Root grooves (of 1-2 cm deep), at the foot of a crag. The erosion has lowered the soil surface, so the root grooves are well visible. 80 m a.s.l., Paklenica (HR).

Solchi di radici al piede di una parete rocciosa. L'erosione del versante ha asportato parte della copertura di suolo, scoprendo i solchi. Paklenica (HR).



a: Root karrens on a flat surface of Jurassic limestone (800 m a.s.l., Gesso Valley, Western Alps). b: Round karrens on a subsoil karst uncovered by anthropic erosion (trail). Miocene limestone, 250 m a.s.l., Liguria. c: the same as b, by natural erosion.

a: Solchi di radici su superficie pianeggiante (larghezza foto 20 cm). Calcare pelagico giurassico. Andonno, Valle Gesso. b: Solchi meandriformi in carso coperto venuto alla luce per erosione accelerata da pedonamento. Pietra di Finale. Monte Cucco (Finale Ligure). c: idem b, per erosione naturale.



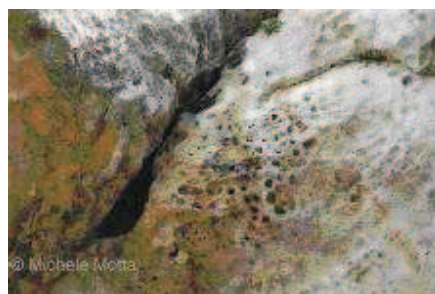
Solution pipes, on the same surface of preceding photo.

Depressioni a conca lunghe in media 20 cm, dai fianchi marcatamente verticali o sovraescavati, formate su tavole rocciose simili a karren piatti, derivanti dall'esumazione di un carso coperto a seguito dell'erosione accelerata da pedonamento. Pietra di Finale. Monte Cucco, Finale Ligure.



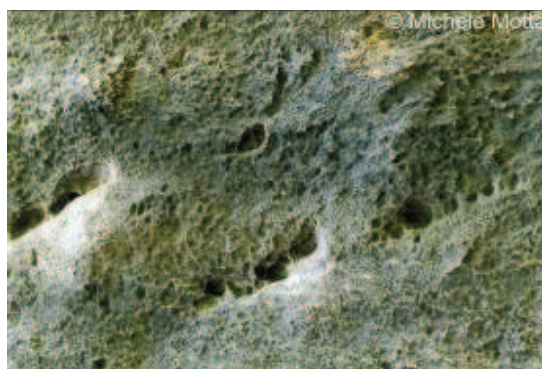
Left: Interior of a solution pipe empty, because of the slope erosion. Miocenic limestone, 150 m a.s.l., Liguria. Right: Alveoli on dolomitic limestone. 100 m a.s.l., Liguria.

A sinistra: Interno di organo geologico portato alla luce dall'erosione del versante. Pietra di Finale. Parete dell'Orso, Rian Cornei (Valle Sciusa, Liguria). Larghezza della foto: circa 1 m. A destra: Alveoli carsici. Calcari dolomitici triassici. Pietra Grossa, Varigotti (Liguria). Larghezza della foto: circa 1,5 m.



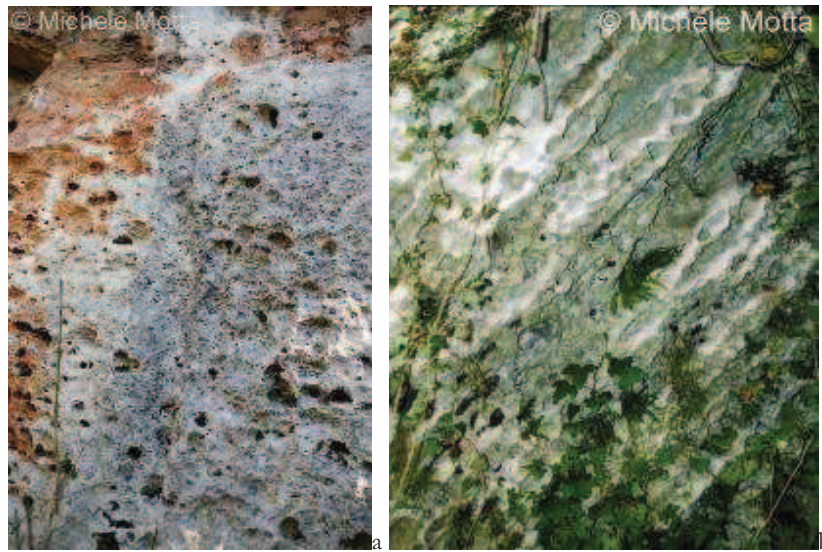
Alveoli on Miocenic limestone, Liguria.

Alveoli carsici. Pietra di Finale. Val Cornei (Liguria).



Alveoli of 0.2 – 3 cm wide, with the typical blue-gray colour of the cryptoendolithic algae. 1000 m a.s.l., Paleocenic limestone of Vermenagna Valley, Western Alps.

Alveoli di corrosione (larghezza 0,2 – 3 cm) col caratteristico colore grigio azzurro delle alghe endolitiche. Calcere nummulitico. Bec Curnalet, Valle Vermenagna.



Black phytokarst on Miocenic limestone, Liguria.

Fitocarsismo nero. Pietra di Finale presso il Ciappo delle Conche (a) e a Rian Cornei (b), altopiani del Finalese ligure.



Black phytokarst developed downstream of some wall karrens. Miocenic limestone, Liguria.

Fitocarsismo nero sviluppato dove l'acqua è convogliata da solchi di parete soprastanti. Questa associazione di forme, vista dal basso, può essere confusa con i pinnacoli (2.3.3). Pietra di Finale. Val Cornei (parete inferiore del Ciappo delle Conche), Finale Ligure.



Cavernous karrens on reef limestone of Central Alps.

Lapiés à puits et trous. Calcare bioermale. Moncodeno (Lombardia). Da Bini & Pellegrini (1998).



Wall pockets on Miocenic limestone (Liguria).

*Fori di dissoluzione derivati dall'insediamento in alveoli di corrosione di piante casmofite (a sinistra *Campanula isophylla*). Pietra di Finale. In alto, a Rocca di Perti, in basso a Rian Cornei (Liguria).*



The soil erosion has exhumed the karst holes. So, firstkarrens are developing downstream. Jurassic limestone, 800 m a.s.l., Gesso Valley.

Il mutamento delle condizioni ambientali ha causato l'erosione del suolo e lo sviluppo di scannellature a partire dal bordo inferiore delle ronchie (fori di dissoluzione). Calcare pelagico giurassico. Andonno (Valle Gesso). Larghezza della foto: circa 2 m.



Deep tube-like holes abandoned by roots, because of complete soil erosion.

Profonde terebrazioni larghe una decina di cm, abbandonate dalle radici per l'erosione totale del suolo che le riempiva. Calcare pelagico. Andonno, Valle Gesso.



Wall of Miocenic limestone full of wall pockets. 200 m a.s.l., Liguria.
Parete di Pietra di Finale (Miocene medio) ricoperta di fori carsici. Rian Cornei, Liguria.



Tube-like holes in a rock that is exhumed by erosion of lower slopes. Dolomitic limestone, 400 m a.s.l., Ulivo Rock, Liguria.

Terebrazioni canalicolari in ex carso coperto, denudato dall'erosione del versante sottostante. Calcere dolomitico triassico. Sommità della Rocca dell'Ulivo, San Pietro dei Monti (Liguria)



Fruiting body pits, of 0.5 mm wide. Rhetic limestone, Liguria.

Fruiting body pits. Diametro dei fori: circa 0,5 mm. Calcare micritico retico. Castellbianco (Val Pennavaira, Liguria).

4) Sea-shore karrens and Lake-shore karrens (Coastal karst*) / *Lapiés marini e lacustri* (Carso costiero*) / **Karst littoral* / **Seekarren****

Microforms created by the action of the phytokarst in conjunction with the salt weathering / *Azione mista fitocarsica - aloclastica*

4.1) *Solution pans, Panholes, Marine solution basins* / Kamenitze marine e lacustri, Vasche marine p.p. e lacustri / **Cuvettes de dissolution littorales / *Opferkessel***

Distribution: everywhere, more abundant in warm climates.

Normal origin: biochemical dissolution is important in their formation, both indirectly, at night, when the filling waters become undersaturated (with respect to CaCO₃), and directly, as a result of biological corrosion by blue-green algae. Algae are concentrated in the bottom of the solution pans which provides a moister microenvironment with the presence of occasional standing water. In seacoasts, also the salt carried by strong onshore winds, and concentrated (by runoff) into the pans, plays its action.

Diffusione: su tutte le coste impostate su rocce carbonatiche, particolarmente nei climi caldi. Tipiche del settore della piattaforma d'abrasione marina più lontano dalle onde; nei laghi, superfici suborizzontali sopra la splash zone (alcuni decimetri sopra il livello dell'acqua nei grandi laghi). Fra le località lacustri italiane, il Lago di Garda.

Genesi tipica: corrosione fitocarsica ad opera di alghe unicellulari, favorita dall'acqua portata dagli spruzzi delle onde. Nelle forme marine può agire anche l'aloclastismo, specie ai bordi.

4.2) *Alveoli* p.p. / Alveoli di corrosione / **Alvéoles littorales** p.p. / **Lochkarren**

Holes of 1-5 cm wide, 1-2 cm deep. / *Diametro tipico 10-50 mm, profondità 10-20 mm.*

Distribution: everywhere, both in splash zone, as in spray zone. In Lake Environment, up to few decimetres above water level, on flat surfaces.

Normal origin: according Moses & Smith (1994), it is unlikely that the algae play a major role in the formation of alveoli as suggested by Mustoe (1982). It is possible that in the spray zone, salts may more readily crystallise in such dissected surfaces, so the biological corrosion, and the (mechanical) salt weathering can act in conjunction.

Similar microforms: honeycombs (1.7.1).

Diffusione: su tutte le coste carbonatiche rocciose, particolarmente nei climi caldi, specie nella splash zone e nella spray zone; superfici sub orizzontali sopra la splash zone nei laghi (sino a alcuni decimetri sopra il livello dell'acqua). Marocco, Isole Ryukyu (Giappone), Thailandia, Vietnam, Calanques (F), Capo Noli (Liguria occidentale), Lampedusa, Lago di Garda.

Genesi tipica: normalmente gli alveoli della spray zone derivano dall'aloclastismo (Moses & Smith, 1994); più raramente derivano da corrosione fitocarsica ad opera di alghe criptoendolitiche, favorita dall'umidità della spray zone (Mustoe, 1982). /

Forme convergenti: honeycombs (1.7.1).

4.3) *Solution pits, Spongework* p.p. / Fitocarsismo nero* p.p. / **Lapiés caverneux p.p., Pitons lapiésés (crêtes inter-cuvette)/ Kavernös karren** p.p.

Distribution: coast with minor tides, above the spray zone, warm climates. Gran Cayman, Somaly, Thailand, Okinawa, Southern Mediterranean Sea.

Normal origin: biological colonisation (mainly by lichens *Caloplaca* ssp., *Lecanora* ssp. in the supra-tidal, seaward zone; *Diplotomina*, *Prolobysteria*, *Verrucaria*, *Placynthium* in the supra-tidal, landward zone) and corrosion of the intervening areas between pans, more arid. According Moses & Smith (1994), the dissolution seems to be the dominant process, and the salt weathering has little or no importance.

Similar microforms: black phytokarst (3.8), honeycombs (1.7.1), alveolization microforms.

Diffusione: coste a scarsa ampiezza di marea, specie nella zona a monte della spray zone, e in climi caldi. Gran Cayman, Somalia, Thailandia, Okinawa. In Italia presente a Lampedusa.

Genesi tipica: corrosione fitocarsica, principalmente da licheni adattati al microambiente relativamente arido.

Forme convergenti: fitocarsismo nero (3.8) continentale, generalmente meno spugnoso; honeycombs (1.7.1), alveoli sia di corrosione (4.2) sia originati dall'aloclastismo.

4.4) *Surf karrens* / Lapiés marini, Lapiaz littorali o costieri / - / -

Distribution: surf karrens are along calcareous and dolomitic seacoasts, where marine spray falls onto abrasion surfaces that lie slightly above the normal sea level.

Normal origin: the biological corrosion, mainly by chasmolithic lichens (Moses & Smith, 1994), in conjunction with the mechanical weathering due to growth of salt crystals, acts along the joints. These microforms are a result of corrosion caused by the mixing of sea- and rainwater, but they do not exist under the sea surface, because the seawater is not limestone-corrosive. Beyond the splashwater zone the karrens are much less sharp.

Diffusione: su tutte le coste carbonatiche rocciose, particolarmente estese sulle piattaforme d'abrasione marina, sulle coste a notevole ampiezza di marea.

Genesi tipica: sinergia di aloclastismo e concentrazione del fitocarsismo lungo le fratture (Motta, ined.) ad opera di licheni chasmolitici (Moses & Smith, 1994), secondariamente di alghe epilitiche e endolitiche.

4.5) *Vasques, Fretted hollows* / Vasche marine p.p., Vaschette a fondo arrotondato / - / -

Large, and shallow solution pans in the intertidal zone. / *Vasche larghe e poco profonde della zona intertidale.*

Distribution: warm seas, Mediterranean Sea.

Normal origin: action of brine, and marine organisms. The hollows are fed with a fairly constant supply of salts in the form of spray. Because of evaporation of standing water, these ions reach concentrations greater than those of sea water itself. According Moses & Smith (1994), the mechanical disaggregation, due to growth of salt crystals, appears to be the dominant process.

Similar microforms: solution pans (4.1) that have a flat bottom, regular contour and undercut sides.

Diffusione: su tutte le coste carbonatiche rocciose a scarsa ampiezza di marea, particolarmente estese sulle falesie nella spray zone. Sulla splash zone dei grandi laghi (sino a qualche decimetro sopra il livello dell'acqua). Mallorca (Spagna), Capo Noli (Liguria).

Genesi tipica: simile a quella delle kamenitzje marine, ma con una predominante azione dell'aloclastismo (Moses & Smith, 1994), a causa della posizione geomorfologica più prossima alle onde, comportante più frequenti apporti di spray salino e ricambi d'acqua.

Forme convergenti: kamenitzje marine (4.1), di norma a fondo piatto, contorno regolare e fianchi sovraescavati.

Corrosion in splash zone / Corrosione legata all'azione delle onde

4.6) ? / Vaschette-marmitta / **Cuvette – puits** / -

Distribution: splash zone.

Normal origin: enlargement of fretted hollows made by strong waves.

Diffusione: nel settore più prossimo alle onde delle piattaforme d'abrasione marina. Madagascar, costa Salentina.

Genesi tipica: derivano da fretted hollows, dove periodicamente giunge l'azione delle onde, rendendo continuo e vorticoso il ricambio d'acqua.

4.7) *Intertidal notches, Nips* / Solchi di battente (da biocorrosione) / **Encoches marines** / **Halbhöhle l.s., Brandungsmarke**

An undercutting notch in rock, particularly limestone, along a seacoast between levels of high and low tide, and produced by the solution together to erosion.

Distribution: most common along coasts with minor tides.

Normal origin: the waves (normally the main shaping force) act in conjunction with the biological abrasion (see 4.9) as well as the biological corrosion (epilithic and endolithic algae, cyanobacteria).

Similar microforms: continental notches (2.1.5), notches that are due only to wave action.

Diffusione: comunissimi al piede delle falesie (zona intertidale), particolarmente nei climi caldi (riguardo alle forme originate da biocorrosione).

Genesi tipica: all'azione delle onde (normalmente prevalente) si somma l'azione di biocorrosione ad opera di organismi produttori di CO₂ (alghe, pellicole di batteri...).

Forme convergenti: incavi di corrosione (2.1.5), solco di battente dovuto unicamente all'azione delle onde.

4.8) *Blowholes* / Buchi soffianti / **Trous souffleurs** / **Windhöhle, Blasloch**

Opening in an intertidal notch through which air is expelled vigorously.

Distribution: crags with notches and sea caves.

Normal origin: merge of cuvette-puits and notch, enhanced because of strong wind caused by turnout of waves in the notch. This is usually due to strong compression of air within the cave because of incoming tides or waves.

Diffusione: nelle falesie, in comunicazione con nicchie di battente o grotte marine, specie in coste soggette al moto ondoso. Calanques (Provenza), Capo Noli (Liguria).

Genesi tipica: unione di vaschetta-marmitta con un solco di battente, spesso enfatizzata dalla corrente d'aria generata dalla compressione del flutto montante nel solco di battente.

Biocorrosion (by animals) / *Biocorrosione (dovuta a animali)*

4.9) *Lithofagous borings, dwelling burrows* / Fori di litofagi / **Biokarst marin*** (**trous des organismes perforants**) / ?

Distribution: littoral zone, Mediterranean Sea.

Normal origin: the lithofagous excavates the rock in order to take shelter from waves and predators.

Diffusione: zona litorale, in particolare ove siano presenti molluschi litofagi che impiegano secrezioni acide nella perforazione (nel Mediterraneo generi Lithophaga, Patellastra), e probabilmente echinidi (nel Mediterraneo genere Arbacia). Gabicce (Pesaro), Riviera del Conero, Riviera Ligure.

Genesi tipica: gli organismi litofagi perforano la roccia per scavarsi nicchie in cui resistere più agevolmente alle onde e proteggersi dai predatori.

Condensation corrosion / *Corrosione da condensazione*

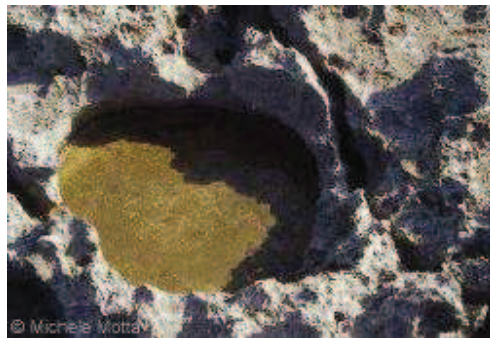
4.10) *Tube-karren* / - / - / **Röhrenkarren p.p.**

Distribution: “only on the underside of limestone boulders and overhanging ledges in a narrow band a few metres high between low water level of summer and high water level of winter” (Simms, 2003). Mask, Corrib, Carra, Ennel, Ree and Derg Lake, Ulster.

Normal origin: see the figure.

Diffusione: laghi in clima temperato freddo (Ulster).

Genesi tipica: vedi schema.



Solution pan (30 cm long) that lies above the spray zone. The bottom shows the typical green-yellow colour. Reef limestone of Okinawa (J).

Kamenitza marina a monte della spray zone (lunga circa 30 cm). Si noti il tipico colore verde-giallastro del fondo. Calcari bioermali. Okinawa (Giappone).



Solution pan. Pelagic limestone, Sardinia (I).

Kamenitza marina. Si noti il fondo piatto e la sovraescavazione dei bordi. Cala Goloritzé, Sardegna.



Solution pan and spongework. Cala Gonone, Sardinia (I).
Kamenitzga marina. Cala Gonone, Sardegna.



Solution pans. Splash zone of Cala Gonone, Sardinia (I). Left: Solution pan (2 m long), with a solution groove in entering and one solution groove coming out. Right: The water of waves returns to sea along several solution grooves.

Kamenitzga marina. Cala Gonone, Sardegna. A sinistra: lunga circa 2 m, con solchi a doccia immissari e emissario, nella splash zone. A destra: L'acqua degli spruzzi delle onde ritorna in mare attraverso alcuni solchi a doccia sovraescavati.



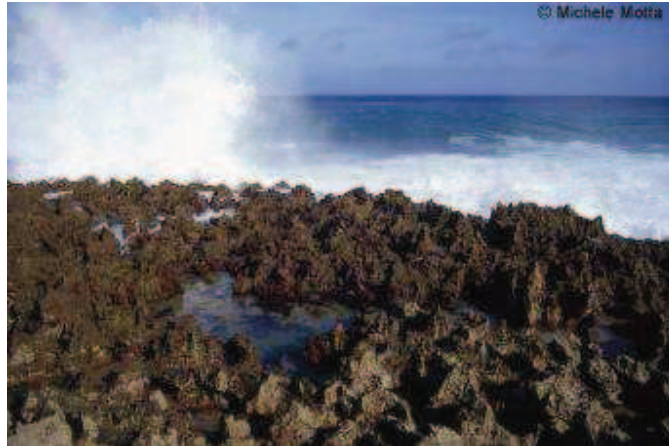
Alveoli associated to surf karrens similar to solution flutes, which are maybe due to action of chasmolithic lichens. Spray zone, Jurassic limestone of Capo Noli, Liguria (I).

Alveoli poco profondi (generati unicamente o quasi dall'aloclastismo), associati a lapieés marini simili a graffi (probabilmente formati dall'azione di licheni casmolitici, ovvero insediati in fratture) nella spray zone. Calcari marmorei pelagici del Malm. Capo Noli (Liguria). Larghezza della foto: circa 50 cm.



Alveoli changed in solution pits because of coastal uplift and plants growth. Reef limestone of Okinawa (J).

Solution pits derivanti probabilmente dagli alveoli tipici della spray zone a causa del sollevamento tettonico della costa, parzialmente colonizzati da piante alofite. Calcari bioermali. Okinawa (J).



Spongework and surf karrens in spray zone. Reef limestone of Okinawa (J).

Calcari bioermali derivanti dall'emersione recente di una barriera corallina, lavorati a spongework e lapiés marini, nella spray zone. Okinawa (J).



Spongework and solution pans, above the spray zone. Reef limestone of Okinawa (J).

Superfici a spongework, inframmezzate da kamenitzje marine, a monte della spray zone (b). Okinawa (J).



Pitons lapiésés similar to small tsingy, at the foot of a true (and big) tsingy of 3 m high. Reef limestone of Okinawa (J).

Pitons lapiésés simili a minuscoli tsingy al limite superiore della zona tidale, alla base di tsingy residuali tipo "tourelles" alti circa 3 m. Calcari bioermali. Okinawa (J).



Surf karrens similar to solution flutes. Spray zone, on a gently dipping surface. Jurassic limestone of Capo Noli (Liguria, I).

Lapiés marini simili a graffi sinuosi nella spray zone, su superficie poco inclinata, impostati su microfratture. Calcari marmorei pelagici del Malm. Capo Noli (Liguria). Larghezza della foto: circa 1 m.



Surf karrens and fretted hollows. Pelagic limestone, Sardinia (I).

Karren marini e vaschette a fondo arrotondato. Cala Goloritzé, Sardegna.



Surf karrens similar to solution grooves. Splash zone, Cala Gonone (Sardinia, I)
Surf karren simili a solchi a doccia, nella splash zone. Cala Gonone, Sardegna.



Rounded surf karrens. Splash zone, Cala Gonone (Sardinia, I)
Surf karren arrotondati, nella splash zone. Cala Gonone, Sardegna.



Solution pan (1 m long), with two wall karren in entering and one solution groove coming out. Jurassic limestone. Splash zone of Capo Noli (Liguria, I).

Kamenitzza marina (lunga circa 1 m) con due solchi a doccia immissari e un solco a doccia emissario, nella splash zone. Calcari marmorei pelagici del Malm. Capo Noli (Liguria).



Line of fretted hollows, like to a wall karren. Upper part of tidal zone. Dolomitic limestone of Bergoggi (Liguria, I).

Successione di vaschette a fondo arrotondato, con aspetto simile a un solco di parete (lungo circa 40 cm), al limite superiore della zona tidale. Calcari dolomitici triassici. Bergoggi (Liguria).

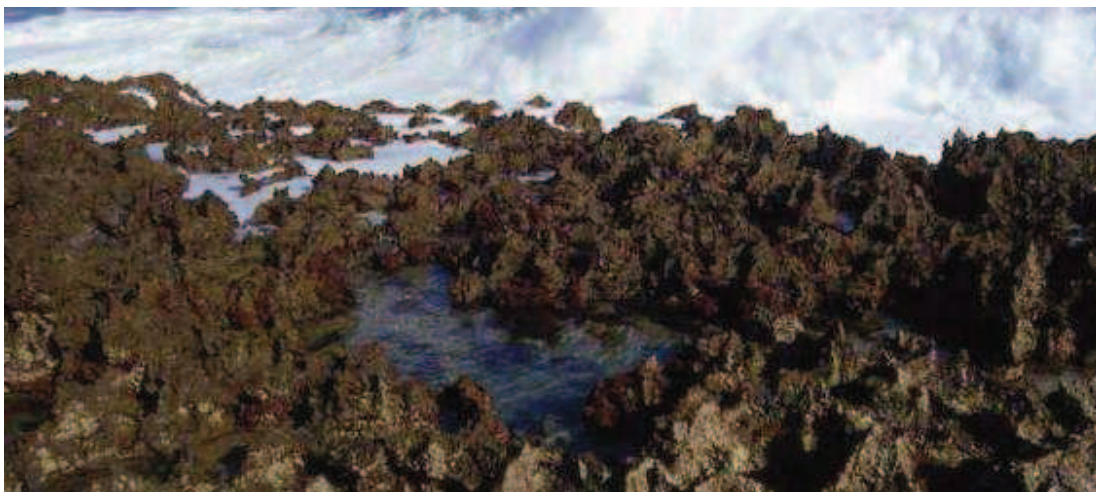


a

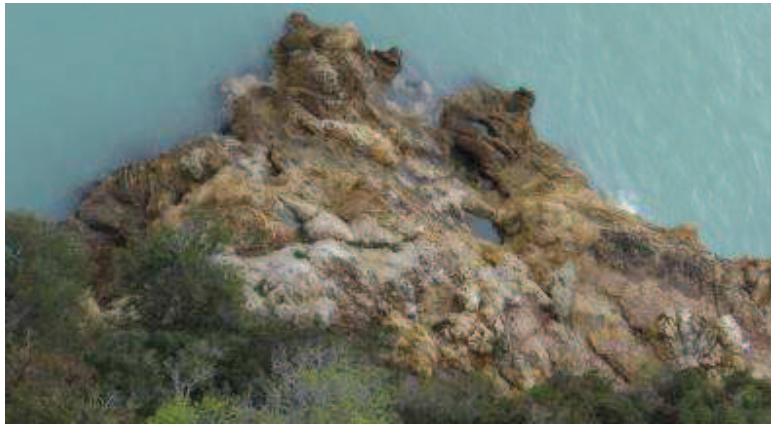


b

Intertidal notches. a: in Miocenic limestone, Lampedusa Island (Sicily, I); b: in Jurassic limestone, Sardinia (I).
Solchi di battente. a: in calcari mioceni, Isola di Lampedusa. b in Sardegna orientale.



Cuvette-puits in tidal zone. Obviously, the wave action is very important. Reef limestone of Okinawa (J).
Vaschette-marmitta lobate, in cui l'azione delle onde è evidentemente predominante. Calcari bioermali. Okinawa (J).



Cuvette-puits. Dolomitic limestone of Lerici (Liguria, I).

Vaschette – marmitta viste dall'alto. Calcari di Lerici (SP).



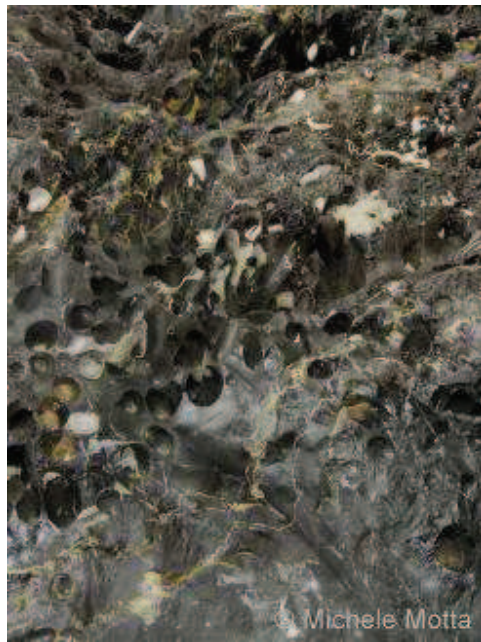
Blowholes. Jurassic limestone of Capo Noli (Liguria, I).

I buchi soffianti si formano frequentemente sopra a solchi di battente, come in questo caso. Calcari pelagici del Malm. Malpasso, Capo Noli (Liguria). Larghezza della foto a lato: circa 2 m.



The boring of holes made by the action of *Cliona* sponge is a mechanical action, not biocorrosion (Bergeggi, Liguria, I).

Caratteristici alveoli derivanti dall'azione delle spugne Cliona. Questo tipo di forme non è dovuto a biocorrosione, ma a un'azione di abrasione mediante spicole silicee. Scoglio calcareo presso il bordo dell'acqua, Bergeggi (Liguria). Larghezza della foto: circa 1 m.



Holes by lithofagous in dolomitic limestone (Lerici, Liguria, I).

Fori di litodomi Lithophaga lithophaga. Calcare triassico "Portoro dorato". Lerici (Liguria).



The tube-karren formation, and its appearance from several points of view (Simms, 2003).

a: Schema di formazione dei tube-karren (da Simms, 2003): il vapore che condensa sulle pareti della cavità, e scivola in basso, corrode più efficacemente dell'acqua lacustre. b: regular tube-like holes dell'Ulster (da Simms, 2003). c: lato inferiore di un blocco, con tube-karren svasati nella parte terminale, probabilmente per l'azione corrosiva dell'acqua lacustre. d: area a tube-karren. e: tube-karren visti di fianco.

References / *Bibliografia delle forme meno note*

- Balbiano d'Aramengo C., Casale A., Lana E., Villa G., 2004 – *Dizionario italiano di Speleologia*. AGSP, Torino, 273 pp.
- Bini A., Pellegrini A., 1998 – *Il carsismo del Moncodeno*. Geol. Insubrica, 3 (2), 296 pp.
- Bögli A., 1960. *Kalklösung und Karrenbildung*. Int. Beiträge z. Karstmorph., 2, Zeitschr. für Geomorph., 4-21, Göttingen.
- Cancian G., 1970. *Osservazioni morfologiche sulle "Grize" presenti nel Carso di Monfalcone in rapporto alla litologia ed alla tettonica*. Speleologia Emiliana., s.2, 2(7), 49-64, Bologna.
- Cancian G., 1983. *Suddivisione geomorfologica in carsi di bassa, media ed alta quota nelle Alpi e Prealpi Orientali*. Atti Conv. Int. Carso di alta montagna, 30/04-4/05/1982, 67-78, Imperia.
- Cancian G., Zocchi L., 1984. *I "solchi di dissoluzione" (Rinnenkarren) negli alti e bassi carsi del Friuli-Venezia Giulia*. Studi Trentini Sc. Nat. Acta Geol., 61, 101-112, Trento.
- Comar M., 1986. *Carsismo nei sedimenti arenaceo-marnosi del Cividalese*. Sopra e sotto il Carso, notiz. del C.R.C. "C. Seppenhof", 3(3):21-34, Gorizia.
- Cucchi F., Radovich N., Sauro U., 1989 – *Carta geomorfologia di alcuni campi solcati di Borgo Grotta Gigante (Carso di Trieste)*. Int. J. Speleol., 18 (3-4).
- Cvijic J., 1924 – *The evolution of Lapiés. A study in karst Physiography*. Geogr. Rev., 14, 26-49.
- D'Ambrosi C., Forti F., 1967. *Prime osservazioni discriminatorie tra fenomeni carsici e paracarsici nella regione Friuli-Venezia Giulia*. Le Grotte d'Italia, 4(1), 109-129, Castellana Grotte (BA).
- Danin A, Garty J. , 1983 – *Distribution of cyanobacteria and lichens on hillsides of the Negev Highlands and their impact on biogenic weathering*. Zeit. F. Geomorphologie NF 27, 423-444.
- Field S. M., 2002 - *A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology*. Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency US EPA/600/R-02/003, Washington DC, 221 pp.
- Ford D. C. & Williams P. W., 1989 - *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, London, 601 pp.
- Ford D. C. & Williams P. W., 2007 - *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons, Chichester, 562 pp.
- Forti F., 1967. *La geomorfologia nei dintorni di Slivia (Carso Triestino) in rapporto alla litologia ed alla tettonica*. Atti e Memorie, Comm. Grotte "E. Boegan", 7, 23-61, Trieste.
- Forti F., 1972. *Le "vaschette di corrosione". Rapporti tra geomorfologia carsica e condizioni geolitologiche delle carbonatiti affioranti sul Carso Triestino*. Atti e Memorie, Comm. Grotte "E. Boegan", 11, 37-65, Trieste.
- Forti F., 1973. *Studio geomorfologico dei "fori di dissoluzione" nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*. Atti e Memorie, Comm. Grotte "E. Boegan", 12, 19-28.
- Franchino A., 1991 – *Sarawak: i pinnacoli calcarei del Gunung Mulu National Park*. Il Bollettino, Ann. Comitato Scientifico Centrale Club Alpino Italiano, 92, 52-54.
- Friederich H., 1980 – *The water chemistry of the unsaturated zone in the Melinau Limestone*. Geogr. J., 146 (2), 246-258.
- Melegari G.E., 1984 – *Speleologia scientifica e esplorativa*. Calderoni, 474 pp.
- Moses C.A., Smith B.J., 1994 – *Limestone Weathering in the Supra-Tidal Zone: An Example from Mallorca*. In: Robinson D.A. & Williams R.B.G. Rock Weathering and Landform Evolution. Wiley.
- Motta M., unpublished - *Geomorfologia climatica e strutturale dell'altopiano carsico delle Manie e dei bacini idrografici limitrofi*. Tesi in Scienze Geologiche presso Univ. Torino, A.A.1986-1987.
- Mustoe G.E., 1982 – *The origin of honeycomb weathering*. Geol. Soc. Of America Bull., 93, 108-115.
- Osmaston H., 1980 – *Patterns in trees, rivers and rocks in the Mulu Park, Sarawak*. Geogr. J., 146 (1), 33-50.
- Perna G., Sauro U., 1976 – *Karren, Grize e Kamenitzje*. Economia Trentina, 25 (1), 41-56.
- Perna G., Sauro U., 1978 – *Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Veneto*. Mem. Museo Tridentino di Scienze Naturali, 22, 1-176.
- Simms M. J., 2003 - *The origin of enigmatic, tubular, lake-shore karren: A mechanism for rapid dissolution of limestone in carbonate-saturated waters*. Physical Geography, 23 (1), 1-20.
- Slabe T., 1995 - *Cave Rocky Relief*. Znanstvenaraziskovalni Center Sazu, Ljubljana: 128 pp.

- Smith B.J., 1978 – *The origin and geomorphic implications of cliff foot recesses and tafoni on limestone hamadas in the northern Sahara*. Zeit. f. Geomorphologie, NF22, 21-43.
- Toussaint B., 1980 - Der Karstformenschatz des Tonnengebirges. Schützenswerte Wunder der Natur. - In: Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt e.V., 45. Jg., 81-88.
- Veress M., Lóczy D., Zentai Z., Tóth G. & Schláffer R., 2008 - *The origin of the Bemaraha tsingy (Madagascar)*. International Journal of Speleology, 37 (2), 131-142.
- Wilford G. E. & Wall J. R., 1965 - *Karst topography in Sarawak*. The Journal of Tropical Geography, **21**: 44-70.
- Wilhelmy H., 1992 - *Geomorphologie in Stichworten- III exogene Morphodynamik*. Berlin-Stuttgart: 17-23.
- Zhang D.D., Zhang Y., Zhu A. & Cheng X., 2001 – *Physical mechanism of river waterfall tufa (travertine) formation*. Journal of Sedimentary Res., 71 (1), 205-216.

Websites

<http://home.mira.net/~gnb/caving/glossary/K.html>

<http://public.srce.hr/speleo/hindex/html>

<https://www.serviziweb.unito.it/blog/>