

LE FORME DI SOLUZIONE NEI GESSI

Tommaso Macaluso¹, Giuliana Madonna¹, Ugo Sauro²

Riassunto

In Italia, nonostante l'estensione degli affioramenti evaporitici sia limitata rispetto a quella dei calcari, i paesaggi carsici nei gessi mostrano una grande ricchezza di aspetti, in relazione ai diversi contesti geologici ed ambientali che contraddistinguono la penisola. Le forme carsiche di superficie mostrano una vasta gamma di tipologie aventi dimensioni comprese tra il micron e alcuni chilometri. Inoltre, se da un lato esistono molte analogie con le forme che si sviluppano nei calcari, dall'altro si possono rilevare anche numerose differenze, che conferiscono a tali paesaggi caratteristiche peculiari.

Parole chiave: Italia, evaporiti, forme carsiche superficiali, Karren.

Abstract

In Italy the outcropping surface of the evaporitic rocks is limited, if compared with that of the carbonate rocks. Notwithstanding the karst landscapes in gypsum rocks show a large variety of characters and forms, controlled both by the different geological settings and environmental situations along the Italian peninsula. A wide variety of surface landforms is recognizable, ranging in size between a few microns and more than one kilometre. Beside this, if between the types of landforms developed in the gypsum rock and those developed in the limestone many analogies exist, also significative differences are observable, which confer peculiar characters to these landscapes.

Key words: Italy, evaporitic rocks, surface karst landforms, Karren

Introduzione

In Italia i paesaggi carsici nelle evaporiti sono di estensione relativamente limitata rispetto a quelli nei calcari: infatti se si considerano solo gli affioramenti delle formazioni costituite da gessi o salgemma quasi puri, questi rappresentano meno dell'uno per cento del territorio nazionale. Questi paesaggi, tuttavia, presentano una grande ricchezza di aspetti

connessi con i contesti stratigrafici e morfologici, con le diverse situazioni climatiche e vegetazionali, con i paesaggi umani frutto di una lunga storia di uso delle risorse. Dal punto di vista altimetrico si trovano aree sia nell'alta montagna alpina come il Colle del Piccolo Moncenisio, sia nelle aree di bassa montagna, collinari e costiere. Straordinario dal punto di vista paesaggistico e geomorfologico è soprattutto il complesso degli affiora-

¹ Dipartimento di Geologia e Geodesia – Corso Tukory, 131 – 90134 Palermo

² Dipartimento di Geografia – Via del Santo, 26 – 35123 Padova

menti evaporitici della Sicilia.

Le forme superficiali connesse con i processi di soluzione sono distinguibili in macroforme (dimensioni chilometriche), mesoforme (dimensioni da decametriche ad ettometriche) e piccole forme, micro- e nanoforme (dimensioni da metriche a micrometriche). Nella descrizione che segue ci riferiremo prevalentemente alle forme nei gessi che sono quelle che più facilmente si prestano a confronti con le forme nei calcari da un lato e nel salgemma dall'altro.

Le macroforme

Fra le macroforme, le più comuni sono le valli cieche, incisioni vallive lunghe anche alcuni chilometri che terminano bruscamente con una contropendenza al cui piede si trova un inghiottitoio. Si tratta di forme di origine mista, fluviale e carsica che possono essere interamente intagliate in rocce gessose, assumendo spesso l'aspetto di forra, o possono essere incise in sedimenti non carsificabili e terminare cieche in corrispondenza di una soglia gessosa, oppure essere caratterizzate dalla parte a monte intagliata in terreni insolubili e dalla parte a valle incisa nelle rocce gessose. Casi particolari ma abbastanza comuni sono gli avvallamenti nei gessi, dati da catene di doline con caratteri di piccole valli cieche. Così nella Vena del Gesso dell'Appennino romagnolo valli incise nelle argille mioceniche terminano cieche in corrispondenza della formazione evaporitica. La valle cieca più celebre è quella del Rio Stella nel subappennino fra Bologna e Forlì, che è sbarrata da una spettacolare scarpata alta più di 50 metri. In Sicilia molto note sono le valli cieche del Biviere nell'area di Santa Ninfa (TP) e dello Sfondato vicino a Porto Empedocle (AG) (AGNESI *et al.*, 1987; AGNESI *et al.*, 1989). Quest'ultima è lunga circa 3 km, incisa prevalentemente nelle argille e termina bruscamente contro una parete di gessi al cui piede si apre un inghiottitoio.

Un altro tipo di grandi forme è rappresentato dai "polje", cioè da conche a fondo piatto, delimitate tutt'intorno da versanti (NICOD, 1976; 1993; GORBUNOVA, 1979). Si tratta di forme generalmente più rare e di dimensioni minori che nei calcari, e spesso semiaperte. Un bell'esempio è rappresentato da Il Pantano a Sud-Est di Montallegro (AG) in Sicilia.

Grandi sono anche alcune depressioni chiuse che ospitano laghi. Si tratta di forme che risultano dalla subsidenza di rocce non solubili in seguito alla dissoluzione di rocce solubili sottostanti (AGNESI *et al.*, 1987; TREVISAN & DI NAPOLI, 1937). In Sicilia ci sono numerosi laghi di questo tipo, il più grande dei quali è il lago di Pergusa, della superficie di quasi 2 km².

Le mesoforme

Una famiglia di depressioni che presenta un'ampia gamma di dimensioni, talora con carattere di macroforme ma generalmente rientranti nelle mesoforme, sono le doline le quali hanno forme geometriche che variano fra quelle regolari coniche o troncoconiche o emisferiche, e quelle irregolari e asimmetriche che segnano la transizione a valli cieche (figg. 1 e 2). Queste ultime sono generalmente allungate secondo la pendenza regionale della superficie e mostrano una differenza significativa tra la massima profondità e la profondità minima. In questo modo la forma della conca risulta asimmetrica con un versante più esteso sul lato a monte e un versante più stretto e generalmente più ripido sul lato a valle. Esistono anche forme complesse derivanti dalla fusione di più forme semplici, dove si riconoscono più punti depressi sul fondo. Dal punto di vista delle dimensioni si va da diametri di pochi metri e profondità di pochi decimetri, a diametri di parecchie centinaia di metri e profondità di parecchie decine di metri.

Per quanto riguarda la genesi, in accordo



Fig. 1 – Grande dolina di forma tronco-conica nel piccolo altopiano di Monte Misciotto (Sicilia).
Large tronco-conical doline in the karst plateau of Monte Misciotto (Sicily).



Fig. 2 – Dolina asimmetrica che rappresenta una forma di transizione con una valle cieca nei gessi della Sicilia. Oltre la dolina, alla sua sinistra si riconosce un dosso a cupola.
Large asymmetrical doline representing a transition form with a blind valley in the gypsum rocks of Sicily. Beside the doline a dome-like hill is recognisable.

con la letteratura classica e in analogia con le forme che si sviluppano nei calcari, le doline possono essere: doline di soluzione normale, di crollo, doline alluvionali (che è più corretto chiamare “cover dolines” o doline nella copertura) e di subsidenza in roccia. In particolare, nei gessi della Sicilia si possono riconoscere vere e proprie catene di doline derivanti dall’incarsimento di valli a seguito di fenomeni di retrocessione degli inghiottitoi. In alcune di queste catene le doline più a monte hanno il fondo a quota più bassa (AGNESI *et al.*, 1989) (fig. 3).

In Italia, il maggior numero di doline si sviluppa naturalmente nelle regioni che presentano gli affioramenti di gesso più estesi: Sicilia, Calabria ed Emilia Romagna.

Nella Vena del Gesso della Romagna le doline hanno forma a ciotola con il fondo piatto o ad imbuto e possono essere interamente nei gessi o trovarsi al contatto tra formazioni diverse come gesso-sabbie marnose e

gesso-argilla. Molto spesso sul fondo o sui fianchi si trovano inghiottitoi che danno accesso ad importanti sistemi sotterranei. La dolina più nota è quella della Spipola di circa 500 m di diametro.

Negli altopiani nei gessi della Calabria e della Sicilia le doline si trovano sia isolate, sia raggruppate a formare dei carsi ad alveare, in cui i contorni di ciascuna dolina sono a contatto con quelli delle depressioni adiacenti formando un sistema di dorsali a maglie poligonali, o sono allineate lungo linee di frattura o preesistenti linee di fondovalle (AGNESI *et al.*, 1989; SAURO, 1996; MENEGHEL, 1998). Qui molte delle doline presentano caratteri intermedi tra semplici doline e piccole valli cieche. Anche nel caso della Sicilia le doline possono svilupparsi interamente sui litotipi gessosi, al contatto tra due unità come gesso-calcarei marnosi (Trubi), o su formazioni semi-permeabili sovrastanti i gessi.

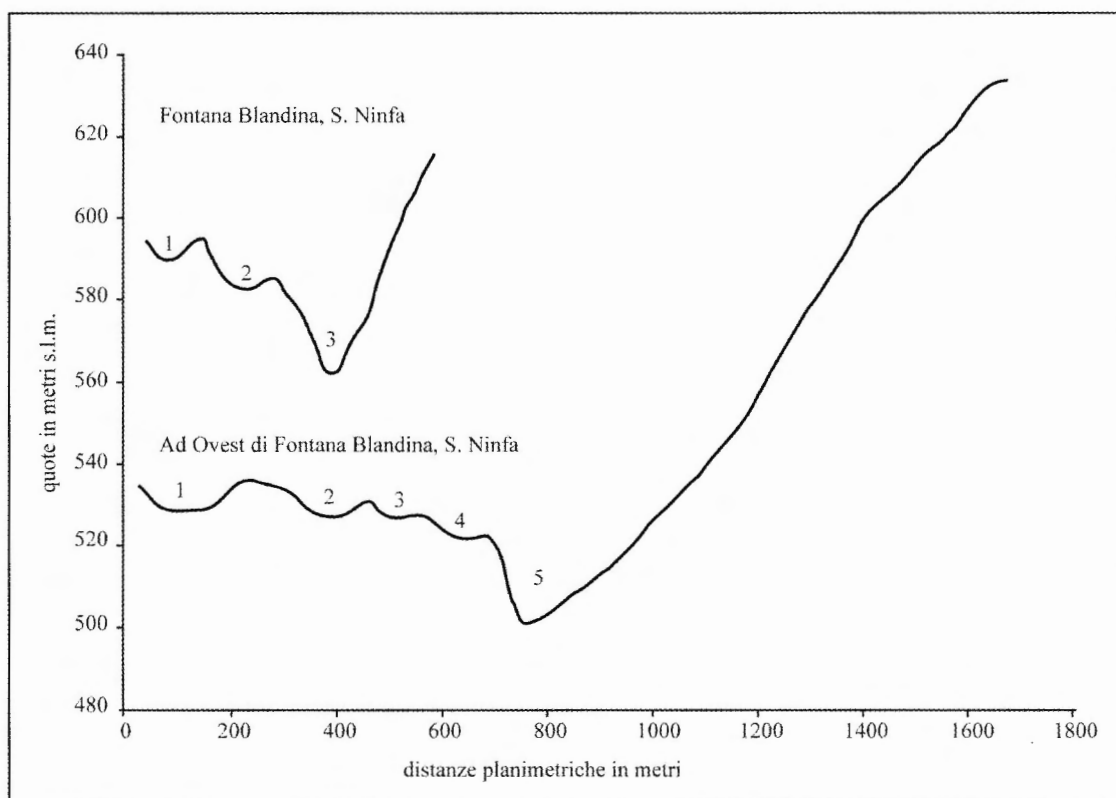


Fig. 3 – Profili longitudinali di catene di doline sviluppate lungo valli morte nell’altopiano di Santa Ninfa (Sicilia) (da FERRARESE & SAURO, 2001).

Longitudinal profiles of “chains” of dolines along dead valleys of the Plateau of Santa Ninfa (Sicily). (from FERRARESE & SAURO, 2001).

Le forme di soluzione piccole, micro- e nano-

La categoria che presenta una maggior varietà di forme è senza dubbio quella delle forme di soluzione piccole, micro- e nano-, che consistono prevalentemente in Karren. Karren sono le complesse sculture in roccia operate dai processi della soluzione connessi con lo scorrimento o l'infiltrazione dell'acqua. Al processo della soluzione possono, nelle rocce gessose, combinarsi anche altri processi di degradazione quali la carbonatazione (sostituzione del radicale SO_4^{--} con il radicale CO_3^{--} nella molecola del gesso) (FORTI, 1983), il termo-crio- ed alo-clastismo, l'azione di spinta e quindi di frantumazione della roccia da parte dei cristalli che si formano a partire da soluzioni sovrassature, e varie azioni biologiche.

I Karren possono essere distinti sulla base delle dimensioni, dell'ambiente di formazione, dei processi idrodinamici, dei condizionamenti litostrutturali e di specifiche azioni biologiche.

Dal punto di vista delle dimensioni sono distinguibili in forme di medie dimensioni o "mesoforme", che sono quei Karren o complessi di Karren che si estendono su superfici di almeno alcuni metri quadrati, in forme di piccole dimensioni o "piccole forme", in cui almeno due dei parametri dimensionali sono dell'ordine del centimetro o del decimetro, ma generalmente inferiori al metro, in forme molto piccole o "microforme", aventi dimensioni comprese tra uno e pochi millimetri, e in forme microscopiche o "nanoforme", in cui i parametri dimensionali variano tra pochi micron e 1 mm. Nei cristalli di gesso di grandi dimensioni si possono sviluppare delle microforme che sono direttamente controllate dal reticolo cristallino e che possono derivare dall'evoluzione di alcune tipologie di nanoforme (FORTI, 1996).

Dal punto di vista dell'ambiente di formazione alcuni tipi di Karren si formano all'interfaccia suolo-roccia, in relazione al lento

movimento dell'acqua di deflusso sub-superficiale in corrispondenza di questa interfaccia. Si tratta dei cosiddetti "Karren di tipo coperto", che nei calcari vengono detti "Rundkarren" (o Karren arrotondati) a causa delle loro forme "smussate", cioè prive di spigoli netti. Anche nei gessi le forme coperte che si sviluppano soltanto se le coperture hanno una buona permeabilità, una volta esposte in seguito all'erosione dei suoli, presentano forme smussate e possono essere quindi considerate dei Rundkarren (esempi molto belli di questo tipo si trovano sul rilievo delle Serre di Ciminna in provincia di Palermo). Altri Karren si formano sulla roccia nuda, priva di qualsiasi tipo di copertura (di suolo, di vegetazione, ecc.): si tratta dei Karren liberi, che esprimono la popolazione di forme con le tipologie meglio definite. Esistono anche Karren di tipo "semi-libero", che si formano dove esistono coperture discontinue di suoli, sedimenti sciolti, acqua e vegetazione. Vi sono infine Karren di ambiente fluviale (alvei in roccia), di ambiente costiero (piattaforme di erosione e falesie), di ambienti artificiali o semi-artificiali come cave, discariche di miniere e muretti a secco, di ambiente di grotta e di galleria mineraria.

Dal punto di vista delle azioni biologiche, alcuni particolari Karren si formano per l'azione protettiva esercitata da colonie circolari di licheni, che espandendosi in senso radiale proteggono la roccia sottostante determinando l'individuazione di una piccola cupola. La parte centrale della piccola cupola può essere poi scoperta, in seguito alla morte della parte più vecchia della colonia, favorendo la formazione di una depressione chiusa circondata da un recinto anulare.

La tabella 1 che illustra i principali tipi di Karren ha come primo criterio distintivo le dimensioni, ma ne sottolinea alcuni caratteri ed i meccanismi genetici. La classificazione si basa su lavori specifici (MACALUSO & SAURO, 1996; 1998b; MACALUSO *et al.*, 2001), nei quali sono stati analizzati i Karren nei gessi e

Taglia	Nomenclatura	Rilievo	Dimensioni (lxPxL)mm	Litologia	Geometria	Processi	Controllo	Ambiente
microforme	microsolchi	negativo	1x1x50-200	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte	lineare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
microforme	microerestine	positivo	0.5-2x1x5	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte	lineare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
microforme	micromeandri	negativo	1-4x2x50-400	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte, sale	lineare	soluzione	idrodinamico, decantazione	roccia semicoperta
microforme	microanse	negativo	0.2x0.2x2-5	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte, sale	lineare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
microforme	micropozzi	negativo	3-10x3-6 (diametro; profondità)	diversi litotipi gessosi	circolare planare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
microforme	microcondotte	negativo	1-5x1 variabile	gesso balatino	circolare planare	soluzione	strutturale	vario
piccole forme	minicrateri	negativo	10-20x5-30	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte, sale	circolare planare	soluzione	idrodinamico	vario
piccole forme	scannelature	negativo	3-30x2-20x200-1000	diversi litotipi gessosi	lineare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
piccole forme	minispuntoni	positivo	20x10-30	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte, sale	lineare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
piccole forme	spianate di soluzione	negativo	ampia variabilità	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte, sale	circolare planare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
piccole forme	impronte	negativo	50-200x5-30x50-200	diversi litotipi gessosi	circolare planare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
piccole forme	scallop	negativo	10-80x5-20x20-100	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte	lineare	soluzione	idrodinamico	roccia nuda
piccole forme	scannelature meandriiformi	negativo	ampia variabilità	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte	lineare	soluzione	idrodinamico, decantazione	roccia semicoperta
piccole forme	solchi	negativo	30-300x30-150x200-40 m	diversi litotipi gessosi	lineare	erosione meccanica, soluzione	idrodinamico, decantazione	roccia semicoperta
piccole forme	solchi meandriiformi	negativo	4-20x5-15x50-700	alabastrino, balatino, gessarenite, gessopelitte	lineare	soluzione	idrodinamico, decantazione	roccia semicoperta
piccole forme	solchi a profilo svasato	negativo	100-800x100-1 mx100-3 m	diversi litotipi gessosi	circolare planare	erosione meccanica, soluzione	complesso	roccia semicoperta
piccole forme	"montagnole" da licheni	positivo	5-30x10-200	diversi litotipi gessosi	circolare planare	controllo biologico, soluzione differenziale	complesso	vario
piccole forme	recinti anulari da licheni	negativo	10-500x20-200	diversi litotipi gessosi	circolare planare	controllo biologico	complesso	vario
piccole forme	vasche in boxwork (recinti da vene alcitiche)	negativo	10-200x5-30x10-300	diversi litotipi gessosi, sale	circolare planare	soluzione differenziale	complesso	vario
piccole forme e mesoforme	crepacci	negativo	ampia variabilità	diversi litotipi gessosi	lineare	rilascio tensionale, soluzione	strutturale	vario
piccole forme e mesoforme	pozzi	negativo	30-500 (diametro)	diversi litotipi gessosi	circolare planare	soluzione, erosione meccanica	strutturale	vario
mesoforme	rundkarren	positivo	ampia variabilità	diversi litotipi gessosi	areale	soluzione, degradazione	strutturale	roccia coperta e semicoperta
mesoforme	pavimenti	positivo	ampia variabilità	diversi litotipi gessosi	areale	soluzione, degradazione	complesso	vario
mesoforme	carso a pinnacoli	positivo	ampia variabilità	diversi litotipi gessosi	areale	soluzione, rilascio tensionale, degradazione	complesso	superficie coperta

Tab. 1. Schema di classificazione dei Karren nelle evaporiti (modificato da MACALUSO & SAURO, 1996).
Karren in evaporitic rocks: sketch of classification (modified from MACALUSO & SAURO, 1996).

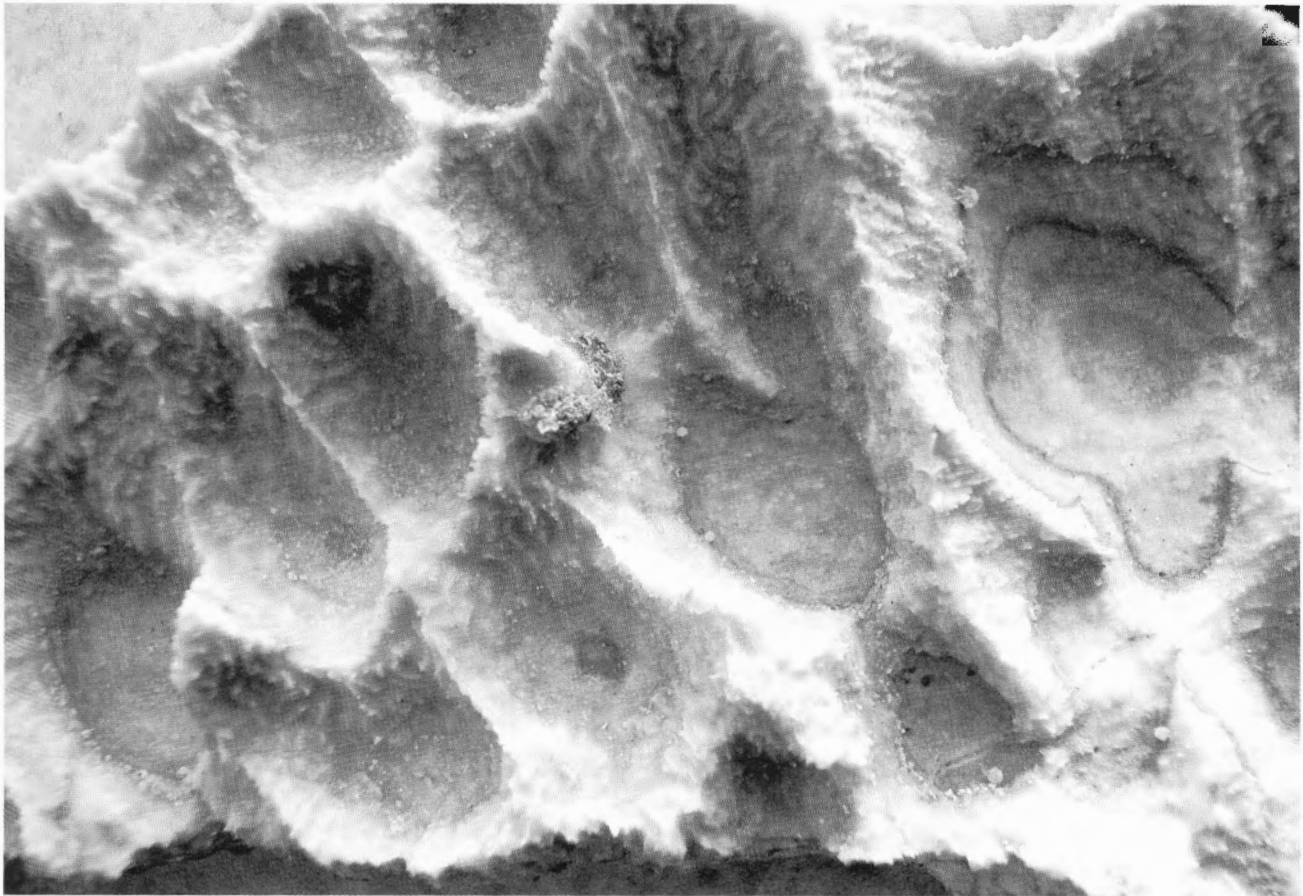


Fig. 4 - I crateri da pioggia sono un tipo di piccola forma di soluzione ben sviluppata sui gessi. Sui relativi microversanti sono presenti numerose microforme, soprattutto dei microrill. La foto è stata scattata su gessi della Calabria.

The rain crater represents a well developed type of small solution form in the gypsum outcrops. On the relative slopes microforms develop, especially micro-rills. This photo is made on gypsum of Calabria.

nel salgemma della Sicilia e della Calabria, dove si riscontra una notevole varietà sia di tipi litologici che di microambienti.

Nei gessi sono meno comuni che nei calcari i campi di Karren, cioè estese superfici in roccia denudate dal suolo. Più frequenti sono invece gli affioramenti rocciosi di dimensioni limitate, molto spesso spuntoni isolati. Tuttavia in Sicilia esistono anche campi solcati molto estesi (ad es.: Serra Balate a Marina di Palma di Montechiaro - AG) come conseguenza dell'erosione del suolo provocata dall'impatto umano e facilitata dalle particolari condizioni climatico-ambientali. Nella maggior parte degli affioramenti di questa origine si riconosce una sovraimposizione di Karren di tipo libero su preesistenti Karren di tipo coperto. In molti dei campi solcati in gessi microcristallini o detritici prevalgono i Karren spigolosi, come le scannellature.

In confronto con i Karren nei calcari, i Karren nei gessi e nel salgemma e in partico-

lare le forme piccole e le micro- e nanoforme sono generalmente meglio espresse. Su affioramenti anche minuti, e persino su clasti "galleggianti" sul suolo, si trova un'alta densità di forme che spesso disegnano suggestive e complesse miniature (fig. 4). Ciò può essere imputabile sia alla maggior velocità dei processi di soluzione, sia al diverso ruolo che hanno i processi di colonizzazione biologica della superficie rocciosa. Nel salgemma e nei gessi la soluzione è così rapida che per la maggior parte degli organismi pionieri non c'è tempo sufficiente per insediarsi. Sui gessi riescono ad attecchire certi licheni.

La varietà di litologie nei gessi, che vanno dai gessi macrocristallini, agli alabastrini, alle gessareniti e gessopeliti con molteplicità di aspetti, colori, e strutture, conferisce ai relativi Karren una grande suggestività.

Le forme legate alla dinamica della crosta superficiale

Sulle superfici di gessi prive di una copertura di suolo e quindi direttamente esposte alla radiazione solare ed agli agenti esogeni, oltre alle forme di soluzione si notano forme di tipo diverso che sono il risultato dei processi di dinamica della “crosta gessosa superficiale”, nell’ambito di uno spessore variabile, a seconda delle condizioni locali, fra pochi centimetri ed alcuni metri (MACALUSO & SAURO, 1996; 1998a; FERRARESE *et al.*, 2002). Le più note di queste forme sono le bolle, dette anche tumuli o bolle di scollamento, rigonfiamenti domiformi di uno straterello di roccia dello spessore variabile fra pochi centimetri e qualche decimetro a racchiudere un vuoto sottostante. Il diametro delle bolle varia da pochi decimetri ad oltre 10 metri.

Meno note ma comuni nei gessi della Sicilia

sono altre forme ed in particolare: le dorsali da compressione, le montagnole da compressione, i piatti con i bordi rialzati, le vasche e le mezze vasche da compressione, i gradini (fig. 5). Le dorsali da compressione si sviluppano secondo schemi reticolari, determinando l’individuazione nell’ambito della crosta di figure poligonali con i margini leggermente rialzati. L’altezza di queste dorsali varia fra pochi millimetri e alcuni decimetri in relazione alle influenze litologiche e morfologiche e allo stadio di sviluppo delle forme.

Le montagnole di compressione sono rilievi all’incirca piramidali o conici, alti fra pochi decimetri e più di un metro. Essi si sviluppano in corrispondenza delle giunzioni dei bordi di tre o più poligoni.

I piatti e le vasche di compressione sono depressioni chiuse o semichiuse, ciascuna sviluppata all’interno di un poligono con i margini ripiegati verso l’alto. Mentre nei piatti i

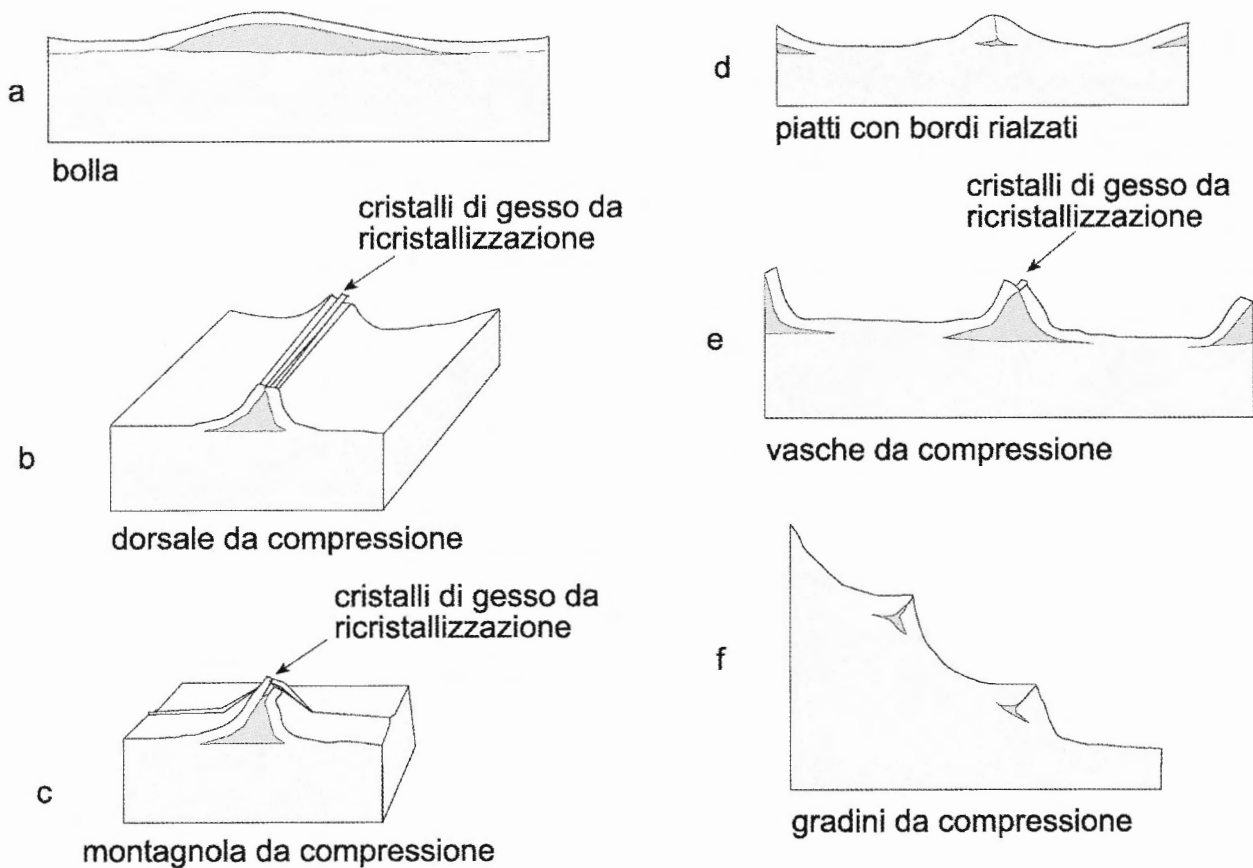


Fig. 5 – Strutture di compressione sviluppate nell’ambito della “crosta di alterazione” delle superfici di gessi esposte nella Sicilia. (modificato da MACALUSO & SAURO, 1996).

Main types of pressure morpho-structures developed in the weathering crust of the exposed gypsum surfaces of Sicily. (modified from MACALUSO & SAURO, 1996).

bordi fra due depressioni contigue consistono in una cresta singola, nelle vasche essi sono generalmente staccati a formare coppie di creste parallele. L'altezza varia fra pochi millimetri e alcuni decimetri. Piatti e vasche possono essere interpretati come forme speculari delle bolle, con la concavità verso l'alto. I gradini sono simili a mezze vasche ma sono sviluppati in serie su versanti ripidi, dando origine a gradinate.

Considerazioni conclusive

Nell'insieme le forme di soluzione di tipo carsico nei gessi e nel salgemma non hanno nulla da invidiare rispetto a quelle dei calcari. Se da un lato esiste una sostanziale analogia fra i principali morfotipi, fatto che dimostra come i caratteri di queste forme siano in primo luogo connessi con meccanismi idrodinamici, si possono riconoscere anche delle peculiarità nello stile evolutivo.

Probabilmente le forme meglio espresse sono i Karren che si presentano particolarmente suggestivi a causa delle variazioni di colore e di grana dei diversi litotipi. La maggior parte dei Karren nei gessi e nel salgemma è particolarmente fotogenica. Karren suggestivi sono sovrapposti anche sulle opere dell'uomo come i muri dei rustici, i muretti a secco e i muri di sostegno dei terrazzi.

Questi ambienti rappresentano laboratori naturali potenziali molto promettenti per la ricerca sui processi naturali, data anche l'elevata velocità con cui operano i processi morfodinamici che producono risultati percepibili anche alla scala dei tempi della vita dell'uomo. È quindi opportuno promuovere esperienze di geomorfologia sperimentale in queste aree.

Per queste caratteristiche, l'osservazione sul terreno può rivestire un notevole valore didattico anche a livello scolastico, in quanto aiuta a capire i meccanismi evolutivi delle forme.

Oltre a fornire spunti significativi per la

ricerca e la didattica, questi Karren posseggono, per il loro carattere di micro-paesaggi, un elevato contenuto estetico, e sono un campo ideale di sperimentazione per gli appassionati di fotografia naturalistica.

Bibliografia

- AGNESI V., MACALUSO T., PIPITONE G., 1987 - *Fenomeni carsici epigei nelle evaporiti della Sicilia*. Atti del Simposio Internazionale sul carsismo delle evaporiti, Palermo 27-30 ottobre 1985. Le Grotte d'Italia. Bologna, s. 4, vol. XIII, 1986, pp. 123-161.
- AGNESI V., MACALUSO T., MENEGHEL M., SAURO U., 1989 - *Geomorfologia dell'area carsica di S. Ninfa (Sicilia occidentale)*. I gessi di Santa Ninfa (Trapani). Studio multidisciplinare di un'area carsica. Mem. Ist. It. Spel., s. 2, n. 3, pp. 23-48.
- FORTI P., 1983 - *Un caso di biocarsismo nei gessi: le infiorescenze sopra i massi affioranti*. Sottoterra, n. 66, Bologna, pp. 21-25.
- FORTI P., 1996 - *Erosion rate, crystal size and exokarst microforms*. Karren landforms, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, pp. 261-276.
- GORBUNOVA K. A., 1979 - *Morphology and hydrogeology of gypsum karst*. Univ. Perm. All-Union Karst and Speleology Institute, 95 pp.
- FERRARESE F., SAURO U., 2001 - *Le doline: aspetti evolutivi*. Le Grotte d'Italia. Frasassi., s. 5, vol. 2, pp. 25-38.
- FERRARESE F., MACALUSO T., MADONIA G., PALMERI A., SAURO U., 2002 - *Solution and re-crystallization processes and associated landforms in gypsum outcrops of Sicily*. Geomorphology, vol. 49, pp. 25-43.
- FORD D., WILLIAMS P., 1989 - *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, London, 601 pp.
- NICOD J., 1976 - *Karst des Gypses et des évaporites associées*. Annales de Géographie, n. 471, pp. 513-554.
- NICOD J., 1993 - *Recherches nouvelles sur les karsts des gypses et des évaporites associées. (Seconde partie: géomorphologie, hydrologie et impact anthropique)*. Karstologia, n. 21, pp. 15-30.
- MACALUSO T., SAURO U., 1996 - *The Karren in evaporite rocks: a proposal of classification*. Karren landforms, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, pp. 277-293.
- MACALUSO T., SAURO U., 1997 - *Weathering crust and Karren on exposed gypsum surfaces*. Gypsum Karst of the World. Int. J. Speleol., s. 3-4, vol. 25, pp. 115-126.
- MACALUSO T., SAURO U., 1998a - *Aspects of weathering and landforms evolution on gypsum slopes and ridges*

- of Sicily*. Suppl. Geogr. Fis. e Dinam. Quat., vol. III, T. 4, pp. 91-99.
- MACALUSO T., SAURO U., 1998b - *I Karren nei gessi di Verzino (KR)*. L'area carsica delle Vigne (Verzino-Crotone). Studio multidisciplinare. Mem. Ist. It. Spel., s. 2, vol. 10, pp. 35-45.
- MACALUSO T., MADONIA G., PALMERI A., SAURO U., 2001 - *Atlante dei Karren nelle evaporiti della Sicilia*. Quaderni del Museo "G.G. Gemmellaro", n. 5, Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo, 143 pp.
- MENEGHEL M., 1998 - *Morfologia epigea*. L'area carsica delle Vigne (Verzino-Crotone). Studio multidisciplinare. Mem. Ist. It. Spel., s. 2, vol. 10, pp. 29-34.
- SAURO U., 1996 - *Geomorphological aspects of gypsum karst area with special emphasis on exposed karst*. Gypsum Karst of the World. Int. J. Speleol., s. 3-4, vol. 25, pp.105-114.
- TREVISAN L., DI NAPOLI E., 1937 - *Tirreniano, Siciliano e Calabriano nella Sicilia sud-occidentale*. *Note di Stratigrafia, Paleontologia e Morfologia*. Giornale di Scienze Naturali ed Economiche, v. 39, memoria n. 8, 38 pp.