

SOPRA E SOTTO IL CARSO

Rivista online del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer" aps - Gorizia

NUMERO SPECIALE

LUGLIO 2026



Manuale per speleologi Granulometria e morfometria dei sedimenti ghiaiosi-sabbiosi



SEDE SOCIALE: VIA ASCOLI, 7 - 34170 GORIZIA

seppenhofer@libero.it <http://www.seppenhofer.org>





SEDE SOCIALE:
VIA ASCOLI, 7
34170 GORIZIA

seppenhof@libero.it
<http://www.seppenhof.org>



SOPRA E SOTTO IL CARSO

Rivista online del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhof" aps - Gorizia

NUMERO SPECIALE

LUGLIO 2026

Classificare per capire: criteri rigorosi nello studio dei riempimenti carsici



A cura di Maurizio Tavagnutti

L'esperienza maturata consultando il **Catasto Grotte del Friuli Venezia Giulia** e numerose relazioni di esplorazioni speleologiche ha evidenziato un problema ricorrente: i **riempimenti delle cavità carsiche** vengono spesso descritti con **termini generici o impropri**, che possono alterare la reale interpretazione dei sedimenti. Parole come *argille*, *sabbie* o *limi* vengono talvolta utilizzate in modo approssimativo, sia nelle relazioni di grotta sia nelle descrizioni che accompagnano i rilievi topografici o alcuni articoli divulgativi.

Questa imprecisione terminologica comporta **errori di valutazione** e può compromettere la qualità degli studi scientifici dedicati alla dinamica dei sedimenti in ambiente carsico. Da questa esigenza di chiarezza nasce il presente volume: il **Manuale per speleologi – Granulometria e morfometria dei sedimenti ghiaiosi-sabbiosi**, ideato e realizzato dal geologo **Graziano Cancian**, al quale va il nostro sincero ringraziamento.

Questo numero speciale della rivista *Sopra e sotto il Carso* colma un vuoto informativo significativo, offrendo agli speleologi uno strumento rigoroso ma accessibile, pensato per chi desidera praticare la speleologia con un approccio **scientifico, consapevole e non superficiale**. L'autore affronta temi complessi con linguaggio chiaro, rivolgendosi a un pubblico di speleologi che, pur essendo pratici e abituati al lavoro sul campo, necessitano di riferimenti tecnici affidabili.

Il manuale ricorda innanzitutto che la **granulometria** descrive esclusivamente le **dimensioni dei grani** che compongono un sedimento sciolto, indipendentemente dalla loro composizione mineralogica. Le classi granulometriche fondamentali sono cinque: **blocchi, ghiaie, sabbie, limi e argille**.

Sorge quindi una domanda cruciale: *quali dimensioni separano una classe dall'altra e perché sono stati scelti proprio quei limiti?* Ad esempio: *a quale diametro termina la ghiaia e inizia la sabbia?*

I limiti tra le classi granulometriche sono **convenzionali** e, nel corso del tempo, sono state proposte **diverse classificazioni**, ciascuna con soglie differenti. Comprendere queste convenzioni è essenziale per evitare errori interpretativi e per garantire uniformità nelle descrizioni dei sedimenti.

Buona lettura!



Scintilla
Notizie speleologiche
in tempo reale



ISSN 2704-9159



9 772704 915904

Qui sotto i link della speleologia

Il notiziario **Sopra e sotto il Carso** esce ogni fine mese e viene distribuito esclusivamente online. Può essere scaricato nel formato PDF attraverso il sito del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhof" APS - www.seppenhof.org

Comitato di Redazione: M. Tavagnutti, I. Primosi, F. Bellio.

I firmatari degli articoli sono gli unici responsabili del contenuto degli articoli pubblicati.



SOPRA E SOTTO IL CARSO

Rivista online del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer"

Cod. ISSN 2704-9159

Redazione: via G. I. Ascoli, 7
34170 Gorizia - tel.: 3297468095

E-mail: seppenhofer@libero.it

Direttore responsabile: Maurizio Tavagnutti



Sommario



Classificare per capire: criteri rigorosi nello studio dei riempimenti carsici	2
Sommario	3
Manuale per speleologi - Granulometria e morfometria dei sedimenti ghiaiosi-sabbiosi	4
Granulometria: le prime basi per una corretta classificazione dei sedimenti sciolti	5
Granulometria: la curva granulometrica cumulativa	10
Granulometria: la scala Ø, il diametro medio, la mediana e la deviazione standard	13
Morfometria: l'arrotondamento dei grani di sabbia e dei ciottoli	18
Morfometria: lo studio della forma dei ciottoli	21
Un esempio di studio morfometrico: le ghiaie lungo il Vallone di Doberdò (Carso Goriziano)	24
Appendice	27
Perché studiare i sedimenti ghiaiosi e sabbiosi delle grotte	28
Le ghiaie e le sabbie della Grotta Pod Lanisce: nuove indagini granulometriche, morfometriche e mineralogiche	32
Osservazioni al microscopio di un campione di sabbia raccolto nella Grotta sopra il Rio Boncic 4603/2604 FR (Taipana – Prealpi Giulie)	35
Alcuni libri dove si possono trovare ampie informazioni sulle analisi granulometriche e morfometriche dei sedimenti	40
Chi siamo	41



Manuale per speleologi

* * *

Granulometria e morfometria dei sedimenti ghiaiosi-sabbiosi

Da un'idea di Graziano Cancian

- Testo e foto sono a cura di Graziano Cancian salvo diversa indicazione -



Graziano Cancian

Il geologo isontino **Graziano Cancian** è riconosciuto come uno dei principali specialisti nel campo della **geologia carsica**, dell'**idrogeologia** e della **mineralogia** del Carso. La sua attività scientifica, documentata da oltre cento pubblicazioni, si distingue per l'approccio rigoroso e sistematico allo studio dei processi che governano l'evoluzione del paesaggio sotterraneo, con contributi che spaziano dalla sedimentologia alle paleocavità, fino al monitoraggio dei gas e della radioattività naturale in ambiente ipogeo.

Il suo primo contributo, "Fenomeni carsici attorno alla città di Monfalcone (1968)", pubblicato su *Speleologia Emiliana*, segna l'inizio di una produzione continua che ha fornito basi interpretative tuttora utilizzate negli studi sul Carso goriziano triestino. Questo episodio, oggi quasi emblematico, testimonia la lungimiranza delle sue ricerche, che nel tempo si sono rivelate fondamentali per la comprensione dei fenomeni carsici dell'area goriziana e triestina.

Da allora Cancian ha sviluppato un percorso scientifico continuo e coerente, contribuendo in modo sostanziale alla definizione dei modelli interpretativi del Carso e alla diffusione di metodologie di indagine applicate allo studio delle cavità naturali.

Principali ambiti di attività

- **Idrogeologia carsica** — Ha condotto studi di riferimento sul sistema idrologico sotterraneo compreso tra il fiume Isonzo e le risorgive del Timavo, delineando con precisione le dinamiche di circolazione delle acque nel Carso goriziano-triestino.
- **Monitoraggio ambientale e radon** — È considerato un punto di riferimento per le ricerche sulla presenza e la dinamica del gas radon e della CO₂ in cavità naturali e strutture urbane, con campagne di monitoraggio condotte in diversi siti del Carso isontino, nelle valli del Natisone e nel Torrione di San Giorgio a Gradisca d'Isonzo.
- **Collaborazioni scientifiche** — Collabora stabilmente con il **Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer"**, contribuendo a progetti di ricerca, documentazione e divulgazione scientifica.



SOPRA E SOTTO IL CARSO



Granulometria: le prime basi per una corretta classificazione dei sedimenti sciolti

di Graziano Cancian



Graziano Cancian

Abstract:

The text points out the improper use of terms such as clays, sands, and silts during speleological inspections and in certain cave descriptions, leading to inaccuracies and confusion. It therefore clarifies that **granulometry** refers exclusively to the **grain-size distribution** of a sediment, irrespective of its mineralogical composition. The principal granulometric classes are: **blocks, gravels, sands, silts, and clays**.

Class boundaries are **arbitrary** and differ among various classification systems; the scheme most commonly adopted by geologists is the **Wentworth (1922) scale**. However, distinguishing silts from clays visually is impossible, as their grain sizes differ by only a few thousandths of a millimetre. For this reason, in field practice it is preferable to use the generic term **mud** (silt + clay).

To identify fine-grained sediments without laboratory support, one can rely on **cohesion**: clay-rich materials can be readily shaped into small cylinders when moist, whereas fine sands and coarse silts lack sufficient cohesion to maintain such forms.

A rigorous sedimentological analysis requires a **representative, abundant, and clean sample**. Gravels and sands are examined using **sieves**, coarse clasts with **callipers**, while mud fractions require **laboratory procedures**. Each size fraction is weighed to determine the **percentage distribution** of the granulometric classes.

These data allow classification of the sediment, for example: *gravel with sand, sandy gravel, or gravel with slightly silty-clayey sand*. Although more advanced classification methods exist, this approach already constitutes a significant improvement in the accurate description of cave sediments.

In più occasioni, partecipando a sopralluoghi di riempimenti di cavità carsiche, con altre persone, ho notato che certe parole come “argille”, “sabbie”, “limi” sono usate a caso, come capita. Lo stesso si può notare anche in alcune descrizioni che accompagnano i rilievi topografici delle grotte o in qualche articolo. Tutto ciò porta a errori e confusioni. Vediamo, pertanto, di fare chiarezza, ma in maniera comprensibile per tutti. Mi perdonino, perciò, i puristi ma questi articoli sono rivolti soprattutto agli speleologi, ossia a gente molto pratica. Innanzi tutto, si precisa che la granulometria descrive le dimensioni delle particelle (grani) che compongono un terreno sciolto o una roccia. Si prescinde, quindi, dalle caratteristiche mineralogiche. Le classi granulometriche sono cinque: bloc-

DIMENSIONI IN MILLIMETRI	CLASSI GRANULOMETRICHE
superiore a 256	blocchi (<i>boulders</i>)
da 2,0 a 256	ghiaia (<i>gravel</i>)
da 0,0625 a 2,0	sabbia (<i>sand</i>)
da 0,0039 a 0,0625	limo (<i>silt</i>)
inferiore a 0,0039	argilla (<i>clay</i>)

chi, ghiaie, sabbie, limi, argille. Nasce subito una domanda: Quali sono le dimensioni che separano una classe dall'altra e perché sono state scelte proprio quelle? Ad esempio: A quale dimensione finisce la ghiaia e inizia la sabbia? I limiti tra una classe e l'altra sono arbitrari, anzi sono stati proposti più limiti e quindi esistono più classificazioni.



SOPRA E SOTTO IL CARSO



Per questo motivo, bisogna sempre specificare quella che si sta usando. I geologi utilizzano spesso quella di Wentworth (1922), qui sotto riportata in maniera semplificata. Tra parentesi sono scritti i nomi in inglese, poiché ormai questi termini sono usati di frequente anche in studi italiani e quindi è meglio impararli subito.

Se guardiamo la tabella, bisogna porsi subito altre domande: Come posso sapere, a vista, se un sedimento è un limo o un'argilla, considerato che il limite che li separa si trova a soli 0,0039 mm? A vista è impossibile. Chi lo fa, sbaglia. Facciamo un esempio: secondo la classificazione di Wentworth, un sedimento formato da particelle di 45 millesimi di millimetro è un limo, mentre uno formato da particelle di 30 millesimi di millimetro è un'argilla. Chi è in grado di stimare, a occhio, una differenza di soli 15 millesimi di millimetro? Nessuno, ovviamente.



Fig. 1 – Prova manuale di realizzazione del cilindretto di plasticità. Nel primo caso (A) si tratta di un sedimento ad alta componente argillosa e si riesce a realizzare facilmente un cilindretto dal diametro di pochi millimetri. Nel secondo caso (B) si tratta di sabbia fine limosa e non si riesce a fare il cilindretto perché il materiale si sgretola subito. Con questa semplice prova, pertanto, si può avere una prima idea delle caratteristiche granulometriche del materiale esaminato.

In questi casi, si ricorre ad analisi di laboratorio, però, dato che nelle grotte i sedimenti fini sono formati spesso da associazioni di argilla e limo, in prima approssimazione possiamo usare il termine “fango” (mud in inglese) e così risolviamo il problema. In granulometria, infatti, “fango” significa limo+argilla in senso generico.

Altra domanda: Come posso capire se un sedimento è costituito prevalentemente da sabbia molto fine o da argilla? La domanda è molto più interessante di quanto sembri, infatti, nei territori carsici, le argille sono spesso il residuo della degradazione di rocce locali, mentre le sabbie possono provenire da più lontano, essere state trasportate dalle acque e magari derivare da rocce diverse dal posto in cui ci troviamo.



Fig. 2 - Setaccio usato per lo studio granulometrico di sabbie raccolte nella grotta “Norma Cossetto” 5410/5906VG (Studio pubblicato su TuttoCat, anno 2015).



In questi casi, se non si può ricorrere al laboratorio, si sfrutta una caratteristica tipica dei sedimenti argillosi: la coesione, che, in parole semplici, è la forza che tiene unite le singole particelle. Per questo motivo, se un sedimento è formato da alte quantità d'argilla, è facile lavorarlo con le dita, dandogli le forme che più desideriamo. Se lo strofiniamo su e giù, entro i palmi delle mani, riusciamo a fare dei cilindretti (spaghetti) fino al diametro di qualche millimetro. Se tentiamo di fare la stessa cosa con una sabbia fine o con un limo grossolano, vedremo che l'operazione è impossibile, perché, a un certo punto, il cilindretto si sgretola. Ovviamente i campioni usati per queste prove devono essere umidi. In caso contrario, bisogna aggiungere un po' d'acqua. Quindi, una banalissima prova manuale sul campo, senza strumenti, ci permette già di stabilire se un sedimento è una sabbia fine/limo grossolano o un fango argilloso. Non è poco. Però, come si studia in maniera più precisa un sedimento sciolto?

Innanzitutto, bisogna prelevare un campione che sia veramente rappresentativo della situazione e non il più appariscente, il più strano o il più facile. Sembra una considerazione banale, ma non è così. Quindi, prima di raccogliere, si dia sempre un'occhiata all'insieme.

Poi, è meglio prendere una quantità abbondante. Per dare un'idea di massima, se si tratta di ghiaie e sabbie, il campione dovrebbe superare il chilo. Per i limi, invece, basta la metà e per le argille ancora un po' meno.

Il campione, poi, deve essere asciugato e pulito da eventuali corpi estranei (ad esempio resti organici). I grani più grossi possono essere misurati con un calibro. Per quelli intermedi (sabbie e ghiaie) si usano dei setacci. Lo studio dei fanghi, invece, si fa in laboratorio ma, se questa frazione non è abbondante, può essere sufficientemente misurare soltanto la sua percentuale.

Il materiale trattenuto da ogni setaccio, compreso il passante all'ultimo, viene poi pesato. In questo modo, tutto il campione è diviso in varie frazioni, ognuna col suo peso.

Con i dati ottenuti è possibile calcolare, ora, le varie percentuali di ghiaia, sabbia, fango e quindi fare una classificazione. In prima approssimazione si considerano le prime due classi granulometriche, che chiameremo A e B. Il metodo è descritto nella tabella sottostante.

CONDIZIONE	SEDIMENTO		DENOMINAZIONE SEDIMENTO
	classe A	classe B	
A % superiore o uguale a B%	si	B% compreso tra 25% e 50%	<i>A con B</i>
A% superiore a B%	si	B% compreso tra 10% e 25%	<i>AB..... "oso"</i>
A% superiore a B%	si	B% compreso tra 5% e 10%	<i>A debolmente B.... "oso"</i>

Ad esempio, se il campione è costituito per il 60% da ghiaia e per il 40% da sabbia, sarà definito "ghiaia con sabbia".

Se, invece, il campione è costituito per il 78% da sabbia e per il 22% da ghiaia, sarà definito "sabbia ghiaiosa".

Se esiste anche la classe C, con percentuale superiore a 5%, si segue la stessa regola di B. Ad esempio, un campione formato da 60% di ghiaia, 32% di sabbia e 8% di fango (limo+argilla), sarà definito "ghiaia con sabbia debolmente limosa-argillosa".

In sedimentologia, esistono anche delle classificazioni più rigorose, ma se ora riusciamo a fare almeno questa, è già un bel passo in avanti.



MILLIMETRI	MICRON	CLASSI GRANULOMETRICHE	
> 256		massi (<i>boulder</i>)	
256 - 64		ciottoli (<i>cobble</i>)	GHIAIA
64 - 4		ghiaia (<i>pebble</i>)	
4 - 2		ghiaia molto fine (<i>granule</i>)	
2 - 1	2000 – 1000	sabbia molto grossolana (<i>very coarse sand</i>)	
1 – 0,5 mm	1000 – 500	sabbia grossolana (<i>coarse sand</i>)	SABBIA
0,5 – 0,25 mm	500 – 250	sabbia media (<i>medium sand</i>)	
0,25 – 0,125	250 – 125	sabbia fine (<i>fine sand grain</i>)	
0,125 – 0,0625	125 – 62,5	sabbia molto fine (<i>very fine sand grain</i>)	
0,0625 – 0,0039	62,5 – 3,9	limo (<i>silt</i>)	FANGO
< 0,0039	< 3,9	argilla (<i>clay</i>)	

Scala granulometrica di Wentworth, comunemente usata in geologia. Sono riportate le dimensioni in millimetri e in micron. Un micron (o micrometro) è un millesimo di millimetro.





In questa figura si vedono alcuni setacci professionali, di diversa calibratura, e il calibro da noi usati per le analisi granulometriche.

* * *



Granulometria: la curva granulometrica cumulativa

Abstract:

The text examines the use of the cumulative grain-size curve as a fundamental tool for the quantitative characterization of unconsolidated sediments, including those occurring in hypogean environments. The curve is constructed by plotting **sieve aperture sizes** on the x-axis and **cumulative percent passing** on the y-axis, derived from progressive sieving of the sample.

The example provided illustrates the analytical procedure: a 620-g sample is fractionated using a stack of six sieves with decreasing mesh sizes; for each sieve level, the **mass passing** and the **cumulative percentage** are calculated, supplying the data required to construct the curve. The text also notes the availability of dedicated software that automates both the calculations and the graphical output.

The grain-size curve allows rapid assessment of the **dominant granulometric classes**, the **median diameter (Md)** — 9.5 mm in the example — and the **degree of sorting**. The analysed sample is predominantly **gravel** ($\approx 76\% > 2$ mm, according to Wentworth), with a continuous distribution between gravel and sand, and can therefore be classified as **sandy gravel** and **well-sorted**.

The genetic implications are also highlighted: **well-sorted curves** typically indicate fluvial transport and deposition, whereas **poorly sorted curves** are characteristic of eolian or beach deposits. Two real examples — gravelly sediments from the Fontanon di Goriuda and the “yellow sands” of the Regina del Carso cave — clearly show how differences in sorting reflect distinct depositional processes.

Nell'articolo precedente abbiamo proposto una prima classificazione dei sedimenti sciolti, che si possono trovare anche in grotta. Quando si vuole approfondire l'argomento, però, è importante rappresentare in maniera grafica il campione esaminato, affinché, a un primo sguardo, si abbia subito un'idea di cosa si tratta.

Esistono vari metodi di rappresentazione, ma, uno dei più usati, è la “curva granulometrica cumulativa”. In pratica è un grafico, dove in ascisse si mettono le dimensioni e in ordinate le percentuali cumulative del passante ai vari setacci.

Non è assolutamente complicato, ma, per una facile comprensione, facciamo un esempio.

Ipotizziamo di esaminare un campione di 620 grammi e di usare una serie di 6 setacci, con maglie decrescenti. Mettiamoli uno sopra l'altro, in maniera da fare una pila e poi agitiAMO a lungo il tutto. Il sedimento scenderà, però ogni setaccio, in base alla sua maglia, lascerà passare gli elementi più piccoli e tratterrà quelli più grandi. A questo punto pesiamo il trattenuto a ogni setaccio, compreso il passante all'ultimo. Poi determiniamo le percentuali del passante per ogni setaccio, come nell'esempio qui riportato.

<i>setaccio (dimensioni delle maglie)</i>	<i>trattenuto al setaccio (in grammi)</i>	<i>passante al setaccio (in grammi)</i>	<i>passante al setaccio (in %)</i>
30 mm	82	538	86,8
15 mm	140	398	64,2
5 mm	182	216	34,8
1 mm	105	111	17,9
0,4 mm	64	47	7,6
0,1 mm	38	9	1,4
passante a 0,1 mm	9	-	



- Il passante al setaccio - in grammi - si calcola togliendo dal peso totale del campione il trattenuto (per il primo setaccio) o la somma dei trattenuti (per i setacci successivi). Ad esempio, per il primo setaccio si ha: $620 \text{ g} - 82 \text{ g} = 538 \text{ g}$. Per il secondo setaccio si ha $620 \text{ g} - (82 \text{ g} + 140 \text{ g}) = 398 \text{ g}$ e così via.
- Il passante al setaccio - in percentuale - si calcola ponendo il totale uguale a 100 e calcolando le proporzioni. In pratica, per il primo setaccio si ha: $(538 \cdot 100) / 620 = 86,8 \%$. Per il secondo: $(398 \cdot 100) / 620 = 64,2 \%$ e così via.

Mi rendo conto che qualcuno potrà trovare noioso mettersi a fare dei calcoli matematici e poi magari disegnare il grafico a mano. Ormai non lo fa quasi più nessuno. Per questo motivo informo che su internet si possono trovare dei software gratuiti per la costruzione della curva granulometrica.

Un programma è nel sito “geologi.it”. Bisogna registrarsi, ma è gratuito:

<https://geologi.it/download/granulometria/>

Esiste pure una app per cellulare, scaricabile da Google Play:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.jbtapps.granulometria&hl=it>

Diversi programmi riguardanti le analisi granulometriche si possono trovare tramite questo link:

<https://woodshole.er.usgs.gov/software/sediment-software.html>

Ci sono anche altri siti su internet, però talvolta rimangono attivi solo per qualche anno e poi scompaiono. Conviene, dunque, fare qualche ricerca, ad esempio tramite Google, scrivendo semplicemente “software curva granulometrica” o “grain size curve software”.

Torniamo ora al nostro esempio. Con i dati ottenuti si riesce a costruire la curva granulometrica qui di seguito riportata:

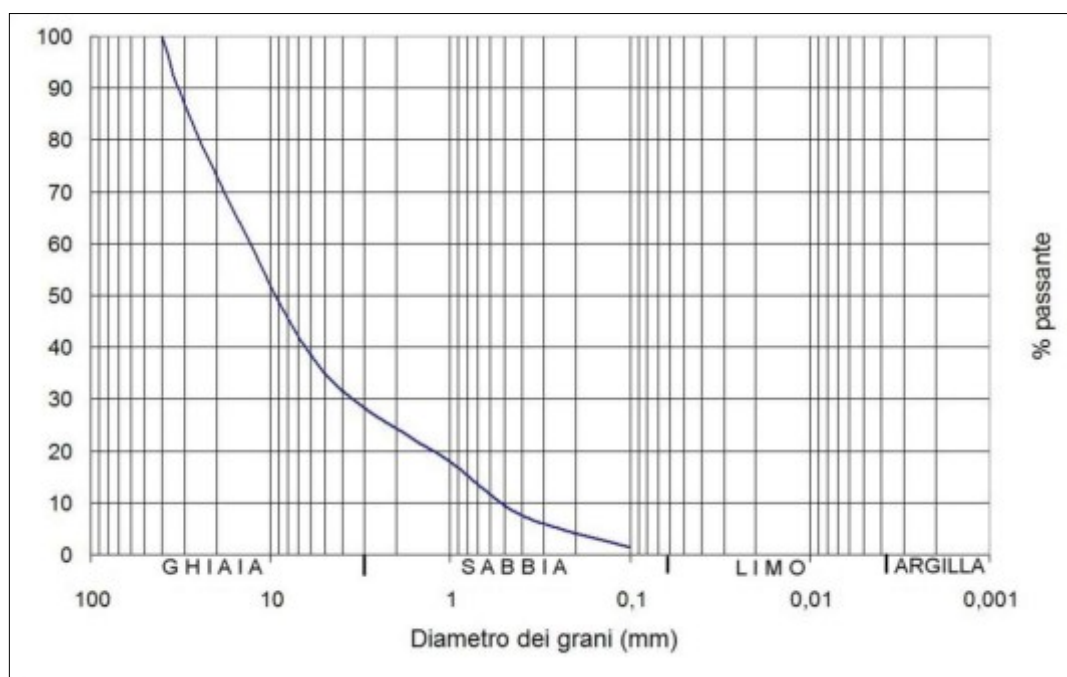


Fig. 1 - Esempio di curva granulometrica cumulativa. E' stata ottenuta utilizzando i dati riportati in quest'articolo. Da notare che la scala dei diametri è logaritmica.

Che informazioni si possono trarre da queste curve?

Innanzitutto si vede subito quali sono le frazioni granulometriche più importanti. Nell'esempio sopra riportato, considerato che la ghiaia inizia da 2 mm, secondo la classificazione di Wentworth, questo campione è prevalentemente ghiaioso (circa il 76%) e può essere definito “ghiaia sabbiosa”, considerato che il limo (inferiore a 0,06 mm) è quasi assente.

Si può calcolare poi la “mediana” (M_d) che è il diametro corrispondente al 50% della curva granulometrica. Nel nostro caso è pari a 9,5 mm.

Si nota, inoltre, una buona distribuzione granulometrica nel campo delle ghiaie e delle sabbie, perciò, in prima approssimazione, il sedimento può essere definito “bene assortito”. Per avere una classificazione esatta, comunque, esistono delle formule matematiche che vedremo nel prossimo articolo.



Aggiungiamo che le curve granulometriche bene assortite (cioè con più classi) sono tipiche di sedimenti trasportati e depositati da corsi d'acqua. Al contrario, le poco assortite (cioè con poche classi) sono tipiche dei sedimenti trasportati dal vento (eolici) o delle spiagge. Ovviamente, prima di trarre delle conclusioni, non bisogna mai limitarsi solo all'osservazione di una curva, che comunque resta un buon punto di partenza.

In figura 2 si riportano due esempi reali: una curva dei sedimenti ghiaiosi del Fontanon di Goriuda 20/1FR (Val Raccolana) e una delle "sabbie gialle" della grotta Regina del Carso 2328/4760VG (Carso Goriziano). Nel primo caso vi è un buon assortimento, nel secondo, invece, l'assortimento è più scarso, soprattutto nella frazione più grossa. È evidente, perciò, che i due materiali sono stati trasportati e depositati in maniera assai diversa.

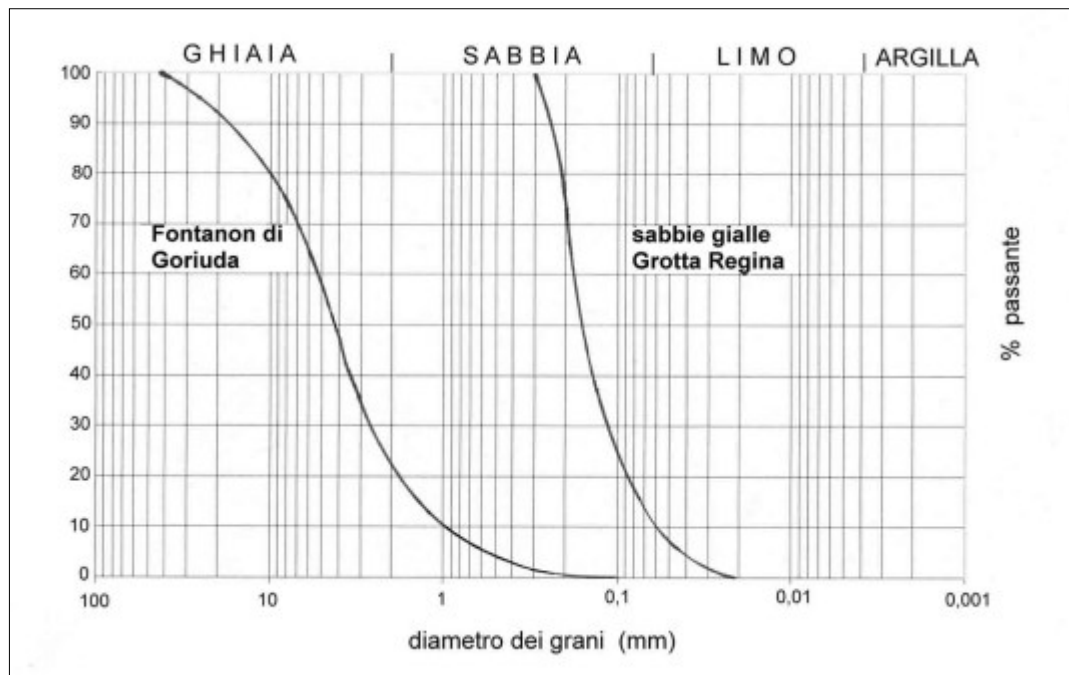


Fig. 2 - Curve granulometriche di ghiaie sabbiose del Fontanon di Goriuda 20/1FR e di sabbie limose della Grotta Regina del Carso 2328/4760VG. Nel primo caso vi è un buon assortimento granulometrico, indicativo di un trasporto per opera di acque correnti. Nel secondo, l'assortimento è più scarso e probabilmente è dovuto a un trasporto più complesso, magari prima eolico e poi tramite acque.

BIBLIOGRAFIA:

- BOSELLINI A., MUTTI A., RICCI LUCCHI F.** (1989) - Granulometria. In: Rocce e Successioni sedimentarie, pag. 14-22, Scienze della Terra, UTET:
- CANCIAN G., CANCIAN D.** (2010) – Le ghiaie del Fontanon di Goriuda (Val Raccolana, Friuli): granulometria, morfometria e mineralogia. Mondo Sotterraneo, n.s., a. XXXIV (1-2), pp. 11-20, CSIF Udine.
- CANCIAN G.** (2001) – The “yellow silty sands” in the cave-fill deposits of the Trieste Karst: granulometry, mineralogy and geochemistry. Ipogea, n. 3 (2000), pp. 39-55. Gr. Spel. S. Giusto, Trieste.



Granulometria: la scala ϕ , il diametro medio, la mediana e la deviazione standard

Abstract:

When describing a sediment inside a cave, saying that “the gravel is fine,” “the sand is coarse,” or that “there are grains of various sizes” is too vague. In scientific work, adjectives are not used—numbers are. Only numbers avoid ambiguity. For this reason, instead of relying on millimetres, a more convenient and standardized scale is used: the **phi scale (ϕ)**, which converts grain size into logarithmic values. There is no need for complicated calculations: tables and simple tools are available to obtain ϕ immediately.

Once the grain sizes have been converted into ϕ , the grain-size curve allows us to extract three key pieces of information:

- **Mean diameter:** indicates the “typical” grain size in the sample.
- **Median:** the diameter corresponding to 50% of the cumulative passing material.
- **Standard deviation (sorting):** measures how “sorted” the sediment is, meaning how similar the grain sizes are to one another.

Sorting is very useful for understanding how a deposit formed. **Well-sorted sediments** (grains all similar in size) are typical of **beaches** and **dunes**, where wind and waves naturally “clean” the material. **Poorly sorted sediments**, on the other hand, indicate more “turbulent” environments: **glacial moraines**, **fluvio-glacial deposits**, or materials transported by water with variable energy.

In the example discussed in the text, the calculated standard deviation is **1.58 ϕ** , which falls within the category of **poorly sorted sediments**. This suggests an origin linked to mixed transport or irregular water flow—conditions often found in cave deposits.

In short, using the ϕ scale and the grain-size curve allows speleologists to describe sediments in a **clear, objective, and useful** way, without relying on subjective impressions. It is a small step toward a more informed and scientifically solid speleology.

In tutti gli articoli precedenti ci eravamo attenuti a una regola: essere semplici, molto semplici, a costo di far storcere il naso agli “addetti ai lavori”. Questa volta, però, dobbiamo addentrarci in un tema apparentemente più complicato, ma lo faremo con la consueta semplicità.

Partiamo da una premessa. Nel mondo scientifico, generalmente, i vari parametri che definiscono lo stato di una materia, non vengono definiti da “aggettivi” ma da “numeri”. Ad esempio, in una relazione scientifica, non posso scrivere che l’acqua di una sorgente è “fredda”. Che vuol dire “fredda?” Il termine è ambiguo, perché quello che è freddo per me, può essere magari gradevole per un’altra persona. Per questo motivo, misurerò la temperatura e poi magari scriverò che era di 14,2 gradi. In questa maniera, il dato è univoco, ossia non è influenzato dalle emozioni o dalle sensibilità individuali. Lo stesso vale in granulometria. Se in grotta vedo un deposito di ghiaiette, posso certamente dire che “sono di varie dimensioni”, ma, in questa maniera si rimane nel vago. Se si vuole essere rigorosi, allora, anche in questo caso bisogna “dare i numeri”. Stavolta, però, per ricavare questi benedetti numeri, al posto della scala granulometrica in millimetri, si usa la “scala ϕ ” (scala phi), proposta da Krumbein ancora nel 1934.

La relazione che lega il parametro ϕ ai millimetri è:

$$\phi(\text{phi}) = -\log_2 \text{ mm}$$

Una semplificazione, che permette di operare col più semplice logaritmo in base 10, facilmente presente nelle calcolatrici, è questa:

$$\phi(\text{phi}) = -3,3219 * \log_{10} D(\text{mm})$$



Fig. 1 - Ghiaiette trovate in una grotta del Carso Goriziano.



Esistono, tuttavia, anche delle tabelle, che permettono di stimare ϕ , senza fare dei calcoli. A fine articolo ne riportiamo un esempio, così si facilita subito il tutto.

Ora che sappiamo ricavare ϕ , possiamo calcolare tre parametri importanti dalla curva granulometrica: il diametro medio (D_m), la mediana (M_d) e la deviazione standard (σ).

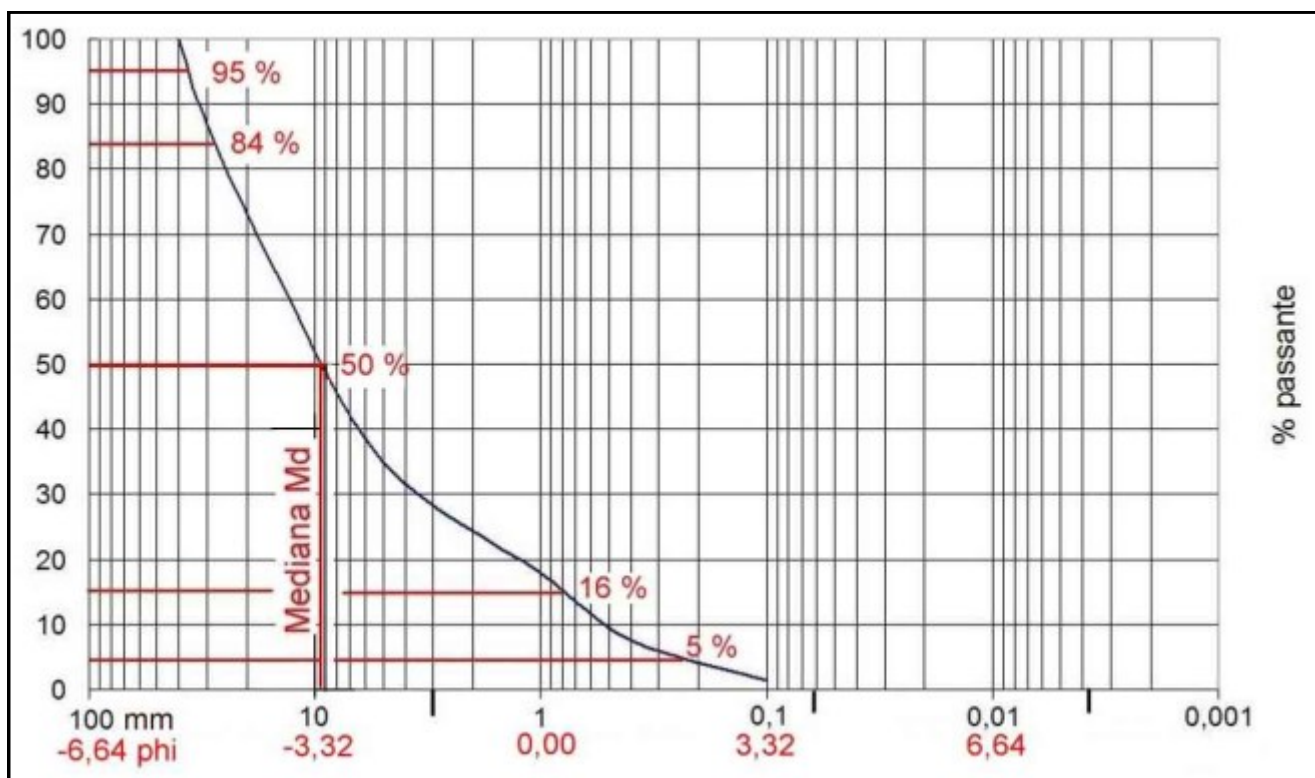


Fig. 2 - Esempio di curva cumulativa di un sedimento. La scala dei diametri è in millimetri e, in rosso, in unità ϕ (phi). Sono riportati, sempre in rosso, i percentili corrispondenti al 95% - 84% - 16% - 5%. Il 50% corrisponde alla mediana M_d ed è pari a 9,5 millimetri (o -3,25 in unità ϕ).

DIAMETRO MEDIO E MEDIANA:

Come dice il nome stesso, è il diametro medio dei grani. La formula per ricavarlo è:

$$D_m = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3$$

dove ϕ_{16} - ϕ_{50} e ϕ_{84} sono le dimensioni, convertite in ϕ , del passante al 16%, 50% e 84% nella curva granulometrica.

Dalla stessa curva si può ricavare anche la “mediana” (M_d) che è il diametro corrispondente al 50% del passante e che si può esprimere anche in millimetri.

Diametro medio e mediana possono essere vicini, come valori, ma di norma non coincidono.

SORTING O DEVIATION STANDARD (σ):

Esprime la variabilità delle dimensioni del campione, ossia la classazione (o la selezione). La formula è:

$$\sigma = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 4 + (\phi_{95} - \phi_{5}) / 6,6$$

Questo parametro è molto importante, perché può dare utili indicazioni sulla provenienza, sul grado di elaborazione cui è stato sottoposto il sedimento e sulle caratteristiche dell'eventuale trasporto per mezzo di acque. A seconda del valore trovato, il sedimento è così definito:

- Molto ben selezionato: inferiore a 0,35 ϕ
- Ben selezionato: da 0,35 a 0,50 ϕ
- Moderatamente ben selezionato: da 0,50 a 0,80 ϕ
- Moderatamente selezionato: da 0,80 a 1,40 ϕ
- Poco selezionato: da 1,40 a 2,00 ϕ
- Molto poco selezionato: da 2,00 a 4,00 ϕ
- Estremamente poco selezionato: superiore a 4,00 ϕ



millimetri	micron	scala Ø	classe granulometrica (Wentworth)
4096	-	- 12	blocchi
256	-	- 8	ciottoletti
64	.	- 6	
4,00	-	-2	
3,36	-	- 1,75	granuli
2,83	-	- 1,50	
2,38	-	- 1,25	
2,00	2000	- 1,00	sabbia molto grossa
1,68	1680	- 0,75	
1,41	1410	- 0,50	
1,19	1190	- 0,25	
1,00	1000	0,00	
0,84	840	0,25	sabbia grossa
0,71	710	0,50	
0,59	590	0,75	
0,50	500	1,00	sabbia media
0,42	420	1,25	
0,35	350	1,50	
0,30	300	1,75	
0,25	250	2,00	sabbia fine
0,210	210	2,25	
0,177	177	2,50	
0,149	149	2,75	
0,125	125	3,00	
0,105	105	3,24	sabbia molto fine
0,088	88	3,50	
0,074	74	3,75	
0,0625	62,5	4,00	
0,053	53	4,25	
0,044	44	4,50	silt grosso
0,037	37	4,75	
0,031	31	5,00	
0,0156	15,6	6,00	silt fine
0,078	7,8	7,00	silt molto fine
0,039	3,9	8,00	argilla

Tab. I - Scala granulometrica, con dimensioni in millimetri, micron e scala Ø. Da questa tabella si può fare una prima stima del parametro Ø, quando si conoscono le dimensioni in millimetri. Silt = limo.



In natura, i sedimenti *molto ben selezionati* sono tipici delle sabbie di duna e di spiaggia. All'altro estremo, i sedimenti *estremamente poco selezionati*, con deviazione standard di 5 – 8, sono tipici delle morene. Tra i sedimenti *poco selezionati*, invece, si trovano quelli fluvio-glaciali (trasportati prima dai ghiacciai e poi da corsi d'acqua) e quelli fluviali.

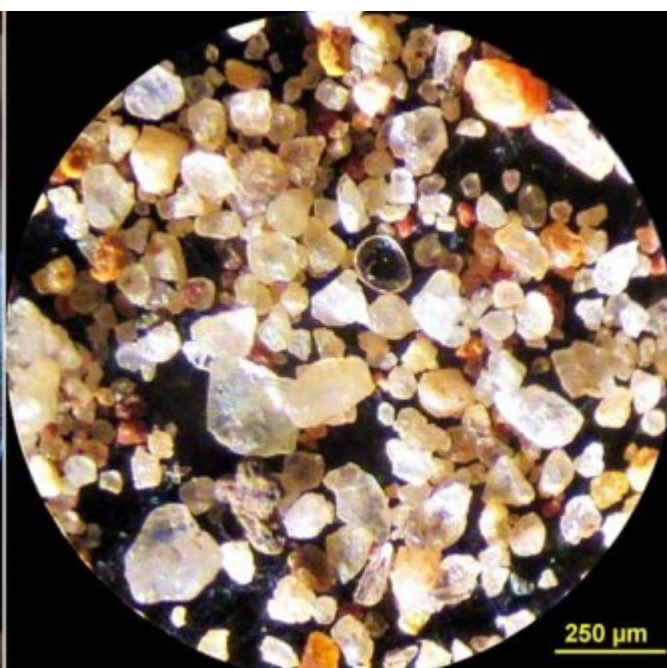
Nell'esempio di *figura 2*, la deviazione standard è:

$(28 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm}) / 4 + (38 \text{ mm} - 0,22 \text{ mm}) / 6,6$ che trasformato in unità Ø diventa:

$(4,80 - 0,32) / 4 + (5,24 - 2,18) / 6,6 = 1,12 + 0,46 = 1,58$

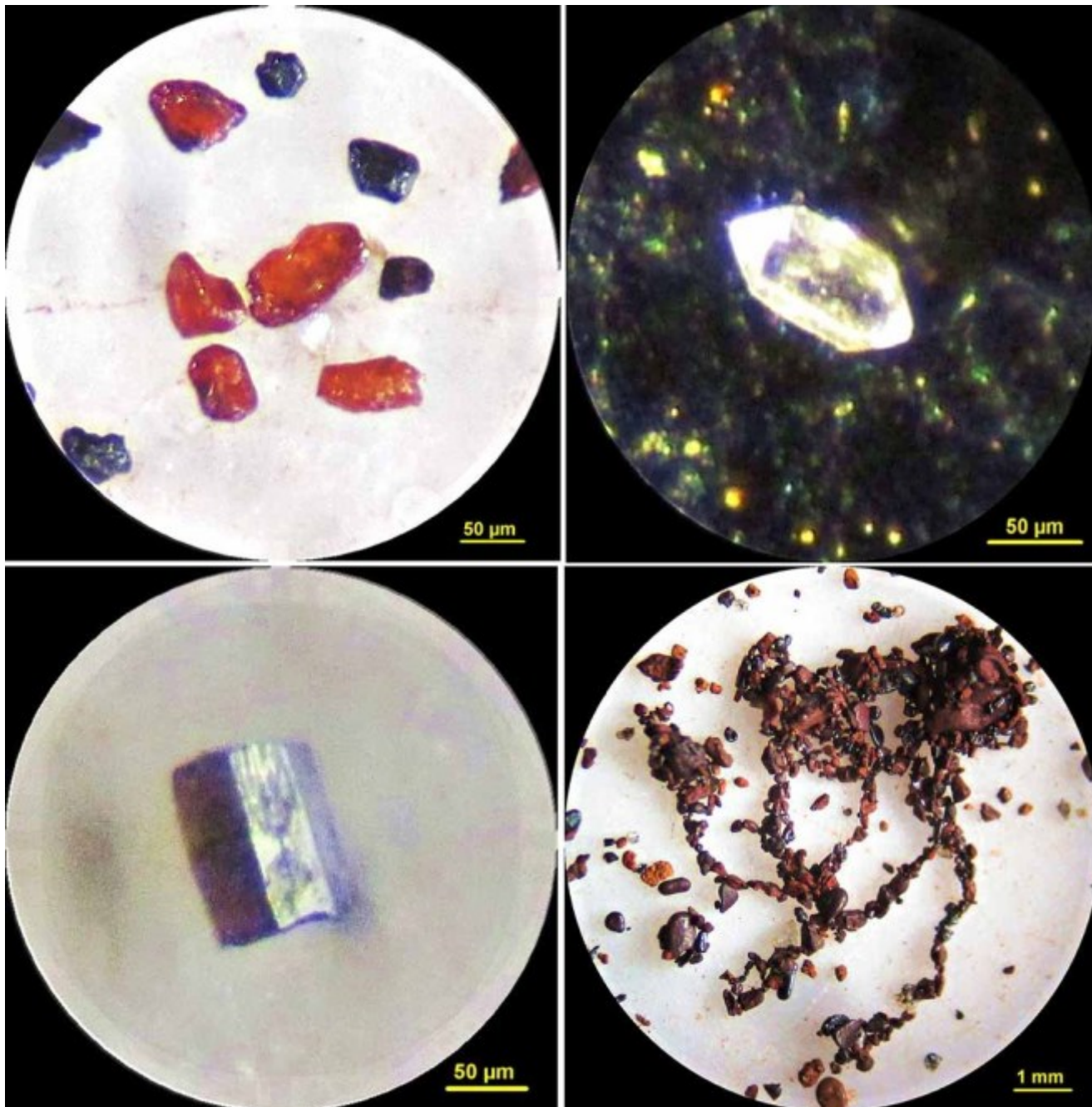
Il sedimento, dunque, può essere correttamente classificato come “*poco selezionato*”.

* * *



Nello studio delle sabbie è importante l'osservazione al microscopio. In quest'immagine si sta osservando un campione di sabbie silicee provenienti dalla Grotta Claudio Skilan 5070 / 5720 VG (Comune di Trieste).





Durante l'esame al microscopio delle sabbie, spesso si ha qualche sorpresa. Ad esempio, in sabbie di grotte del Carso, dopo trattamento con HCl diluito, per eliminare i carbonati, oltre al quarzo, sempre abbondante, possono apparire altri minuscoli cristalli o loro frammenti. In diversi casi sono stati osservati rutilo, zircone, tormalina e altri "minerali pesanti".

Nell'immagine in basso a destra, invece, si vedono dei granelli di maghemite, che è un ossido di ferro, magnetico. Per questo motivo i granelli si attirano tra di loro, come calamite, formando delle catene.

Tutti questi minerali possono dare indicazioni sull'origine delle rocce e dei sedimenti da cui sono derivati.



Morfometria: l'arrotondamento dei grani di sabbia e dei ciottoli

Abstract:

The text introduces **morphometry**, that is, the study of the shape of grains in unconsolidated sediments, as a fundamental element for completing grain-size analysis. In addition to particle size, the **shape** and **roundness** of clasts influence their transport and deposition within caves.

Morphometry mainly concerns **pebbles**, which are easier to measure, but it can also be applied to **sand grains** using comparative charts. Roundness measures how smoothed the edges and corners of a particle are; it must not be confused with sphericity, since even a flattened grain can be highly rounded. This parameter helps determine whether a clast is **fresh** (recently detached from the parent rock) or **mature**, meaning transported and abraded over long periods.

Mineralogical composition affects the degree of roundness: soft rocks become rounded more quickly than hard rocks. Bosellini (1989) notes that the rounding of sand grains is an extremely slow process: quartz sand loses less than 1% of its weight after **20,000 km** of transport. For this reason, highly rounded sands often result from **multiple sedimentary cycles**. Consequently, studying the roundness of **pebbles** is more informative, as they respond more readily to transport, even over short distances.

To obtain statistically reliable results, Bosellini suggests analyzing at least **50 clasts** of the same lithology and size. Although formulas exist for calculating the roundness index, in practice **visual comparison charts** are used, with values ranging from **0.1** (very angular) to **1.0** (fully rounded).

The text concludes by noting that **gravel deposits** are common in alpine and pre-alpine caves of Friuli, while **quartz sand deposits** are found in many caves of the Karst, especially in subhorizontal passages. This provides abundant and easily accessible material for anyone wishing to practice morphometric analysis.

Finora, abbiamo imparato a classificare i sedimenti sciolti in base alle diverse percentuali delle loro dimensioni ed a ricavare alcuni parametri importanti. Se si vuole studiare questi materiali in maniera ancora più completa, manca un dato essenziale: la loro forma!

La morfometria è la scienza che si occupa, appunto, di quest'aspetto. Riguarda soprattutto i ciottoli, perché sono facili da misurare, però si possono studiare anche i granuli delle sabbie tramite apposite tabelle comparative.

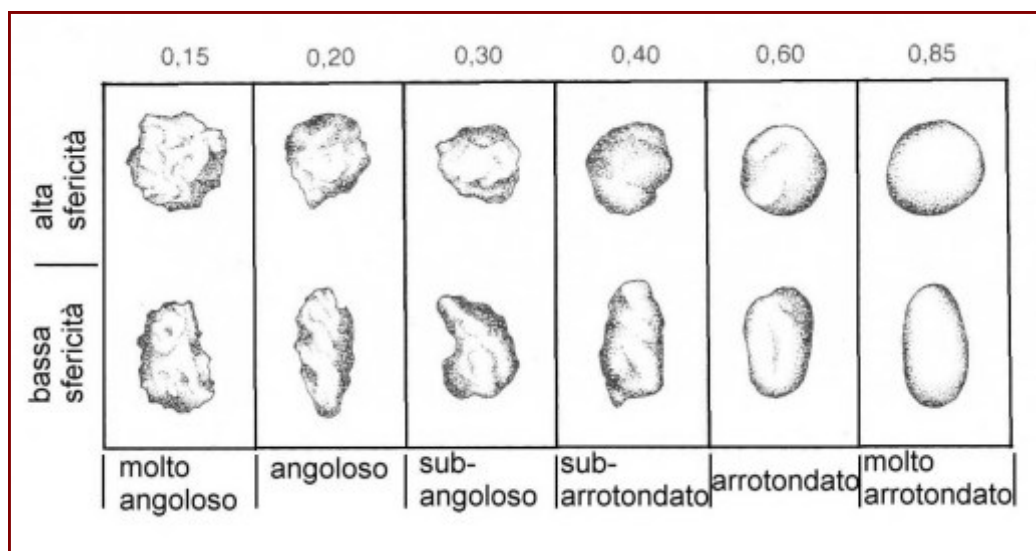


Fig. 1 - Carta di comparazione visiva per la stima dell'arrotondamento dei grani di sabbia (da Powers 1953).

Il trasporto, da parte delle acque, di un frammento di roccia e la sua deposizione sono condizionati soprattutto dal peso e dalla forma. Vi sono, infatti, grani rotondeggianti, appiattiti, allungati, ma di questo ci occuperemo in seguito. Un secondo parametro, importantissimo, è l'arrotondamento, che in pratica è la misura dell'acutezza o meno dei bordi e degli spigoli di una particella. Attenzione: questo parametro non



va confuso con la sfericità. Ad esempio, anche una particella appiattita può essere arrotondata. L'arrotondamento, in pratica, ci serve per capire se un granulo è fresco, cioè staccato da poco dalla roccia madre o se è maturo e magari se ha effettuato un percorso lungo. Il tempo e l'usura, infatti, tendono ad arrotondare i grani.

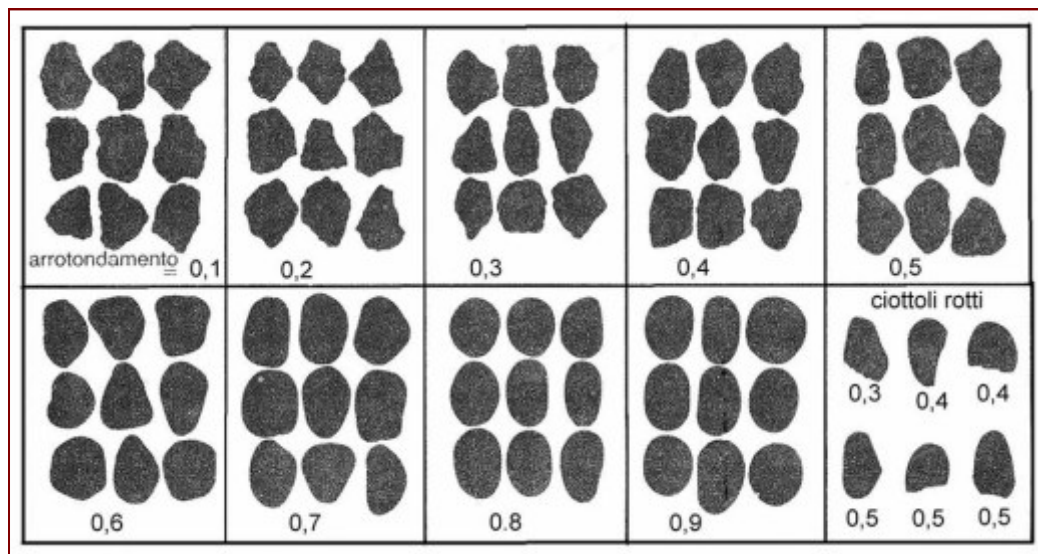


Fig. 2 - Carta di comparazione visiva per la stima dell'ar-rotondamento dei ciottoli (da Pettijohn 1975).

Ovviamente, lo smussamento delle asperità, che porta a un loro graduale arrotondamento, dipende anche dalla composizione mineralogica, infatti, è intuitivo che una roccia tenera si arrotonda prima di una roccia dura.

A questo proposito, Bosellini (1989) ricorda che l'arrotondamento dei grani di sabbia è un processo estremamente lento e alcuni esperimenti hanno dimostrato che la perdita di peso che subisce una sabbia quarzosa non supera l'1% dopo 20.000 km di trasporto. Per questo motivo, le sabbie con granuli molto arrotondati sono spesso il risultato di più cicli sedimentari. Da tutto ciò ne consegue che è più utile lo studio dell'arrotondamento dei ciottoli, che sono più sensibili al trasporto, anche su distanze brevi.

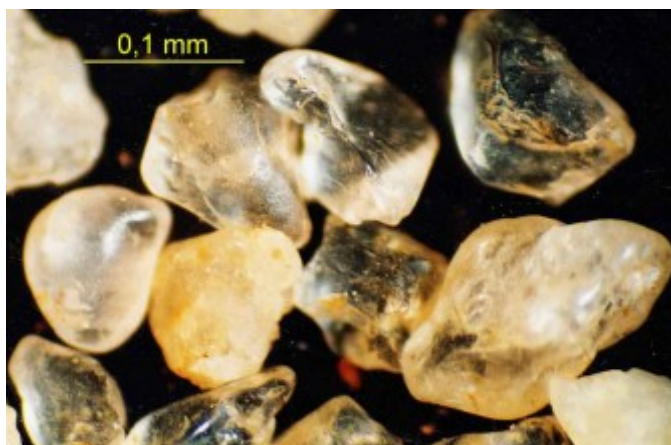
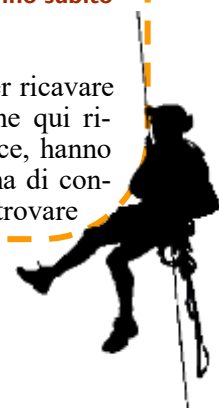


Fig. 3 - Grani di sabbia silicea della Grotta Regina 2328/4760VG (Carso Goriziano), vista al microscopio. In questo campione, l'arrotondamento dei grani è compreso tra il sub-arrotondato e l'arrotondato.



Fig. 4 - Conglomerato di ghiaiette e sabbie quarzose in matrice argillosa-calcitica (riempimento di un relitto di cavità nel Carso Monfalconese). Il grado di arrotondamento delle ghiaiette è buono (stimato tra 0,7 e 0,9). Con tutta probabilità sono antiche e hanno subito un lungo trasporto e più cicli sedimentari.

Bosellini suggerisce poi che, per ottenere risultati validi dal punto di vista statistico, occorre esaminare almeno 50 elementi della stessa composizione litologica e della stessa grandezza. Esistono delle formule per ricavare l'indice di arrotondamento, ma in pratica si preferisce usare delle tabelle di confronto visivo, che qui riportiamo. Il massimo teorico dell'arrotondamento ha indice 1,0. Gli elementi molto angolosi, invece, hanno indice attorno a 0,1. Le classi intermedie hanno valori compresi tra questi estremi. Prima di concludere, si ricorda che in diverse grotte delle zone alpine e prealpine del Friuli si possono trovare



depositi di ghiaie, mentre in diverse grotte del Carso, soprattutto in quelle suborizzontali, si possono trovare dei depositi di sabbie quarzose. Il materiale di studio, pertanto, non manca ed è a disposizione di tutti.

BIBLIOGRAFIA:

BOSELLINI A., MUTTI A., RICCI LUCCHI F. (1989) - *Morfometria*. In: Rocce e Successioni sedimentarie, pag. 22-26, Scienze della Terra, UTET:

RICCI LUCCHI F. (1980).- *Forma dei granuli*. In: Sedimentologia, parte I, pp. 149-166, Coop. Libr. Univ. Ed. Bologna.

* * *



L'immagine a sinistra mostra il letto del fiume Isonzo in un periodo di magra (aprile 2026). È bene evidente il grande ed esteso deposito ghiaioso. Dal punto di vista mineralogico questi materiali sono costituiti in netta prevalenza dai vari litotipi carbonatici compresi tra i calcari e le dolomie.

Anche la città di Gorizia sorge in buona parte sopra le ghiaie isontine, di età tardo-pleistocenica. Gli scavi geognostici, infatti, spesso incontrano un primo strato di terreno agrario, limoso-argilloso, di colore marrone, per uno spessore generalmente variabile tra qualche decimetro e qualche metro, al quale segue il potente deposito ghiaioso-sabbioso isontino.



Morfometria: lo studio della forma dei ciottoli

Abstract:

The text examines the study of pebble shape in gravelly sediments, a fundamental aspect of morphometry because it allows the interpretation of transport processes and depositional modes. Each clast is described using three principal dimensions: the long axis (L), the intermediate axis (I), and the short axis (S), measurable with a calliper and conventionally indicated as a, b, and c.

Based on these axes, pebbles can be classified into four main morphological categories (flattened, equidimensional, bladed, and rod-shaped), although this subdivision is overly simplified. For a more precise classification, the **Sneed & Folk triangular diagram** is used, which distinguishes **10 morphological classes**. The parameters required by the diagram are: c/a , b/a , and $(a-b)/(a-c)$.

The complexity of the calculations is resolved thanks to the free software **TriPlot**, which automatically generates the diagram and provides the percentage distribution of the various morphological classes, provided that at least **50 pebbles** of the same lithology and size are analysed to ensure statistical reliability.

An example shows that a pebble with dimensions $a = 42 \text{ mm}$, $b = 34 \text{ mm}$, $c = 24 \text{ mm}$ falls into the **CB – compact bladed** class according to Sneed & Folk. Statistically, **spherical and bladed forms** dominate in fluvial gravels, whereas **discoidal forms** are more common in beach gravels.

The text concludes by encouraging the extension of these analyses to gravelly cave sediments, where morphometry is still poorly studied—a research field accessible to everyone, since the only tool required is a simple calliper.

Abbiamo lasciato per ultimo quest'argomento, però, in realtà, è uno dei più importanti e quindi richiede una certa attenzione.

Gli studi della “forma” si eseguono generalmente sui ciottoli, ossia sulle ghiaie e sono utili perché, oltre che permettere una classificazione, danno indicazioni sugli agenti e sui modi di trasporto.

Se i ciottoli fossero tutti sferici, basterebbe misurare il loro diametro. In realtà, non è così, perciò ogni particella viene espressa da tre dimensioni:

L = asse lungo (long)

I = asse intermedio (intermediate)

S = asse corto (short)

Le misure si possono fare comodamente con un calibro. Ovviamente, L è maggiore di I e I è maggiore di S, cioè: $L > I > S$.

Gli assi L, I, S sono chiamati anche a,b,c (vedi fig. 1).

In base a queste dimensioni, i ciottoli possono essere catalogati in quattro categorie: schiacciati (tabulari o discoidali), equidimensionali (cubici o sferici), a lama (allungati e piatti), a bastone (allungati e sottili). Ovviamente esistono tutti i termini di passaggio.

La suddivisione in quattro classi, però, è troppo rigida, perciò si preferisce usare il diagramma triangolare di Sneed e Folk, che permette di distinguere 10 classi.

In questo caso si riportano tre parametri per ogni ciottolo: c/a b/a $(a-b)/(a-c)$.

Complicato? Assolutamente no, perché, per fortuna, i calcoli e i disegni li fa un software gratuito, chiamato TriPlot, che si può scaricare da internet a questi indirizzi:

<http://www.lboro.ac.uk/microsites/research/phys-geog/tri-plot/index.html>

<http://tripplot.software.informer.com/Scarica/>

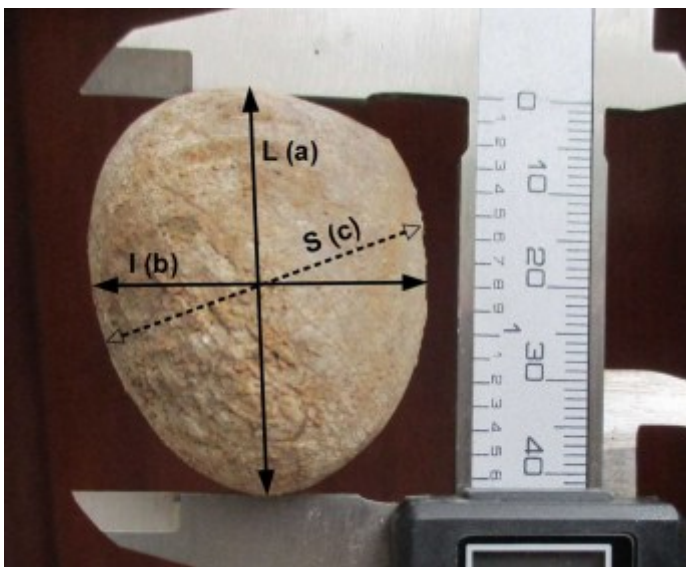


Fig. 1 - Per lo studio delle dimensioni e della forma dei ciottoli, bisogna misurare i tre assi principali di ogni singolo elemento. L è l'asse maggiore, I è l'asse intermedio e S è l'asse corto. Gli assi L,I,S sono chiamati anche a,b,c.



In alternativa basta andare nel motore di ricerca Google e scrivere le parole: triplot software.

Compariranno diversi indirizzi dai quali si può scaricare il programma. Il software funziona su Excel e in pratica è un diagramma triangolare, adatto anche a diversi altri usi. Per lo studio della forma, noi sceglieremo l'opzione Shape (Sneed e Folk).

Dopo aver inserito le tre dimensioni (a, b, c) per ogni elemento (mi raccomando: non meno di 50 ciottoli), alla fine il software darà le percentuali per ogni classe. In questa maniera, il sedimento ghiaioso sarà correttamente classificato.

Facciamo un esempio. Poniamo che il ciottolo di fig. 1 abbia queste dimensioni: $a = 42$ mm, $b = 34$ mm, $c = 24$ mm. Se inseriamo questi valori nel grafico di Sneed e Folk, ossia nel diagramma triangolare TriPlot che abbiamo scaricato da internet, il ciottolo ricade nell'area CB - compact bladed (sferico lamellare). Vedi figure 2 e 3.

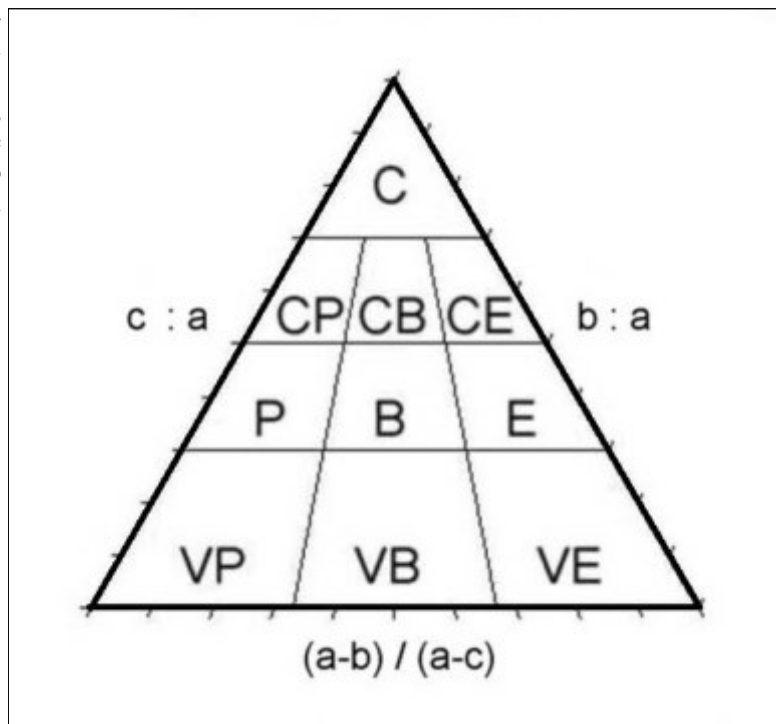


Fig. 2 - Diagramma di Sneed e Folk per la classificazione della forma. C: compact (sferica o compatta), CP: compact platy (sferico discoidale), CB: compact bladed (sferico lamellare), CE: compact elongate (sferico allungata), P: platy (discoidale o appiattita), B: bladed (lamellare), E: elongate (allungata), VP: very platy (molto appiattita), VB: very bladed (molto lamellare), VE: very elongate (molto allungata).

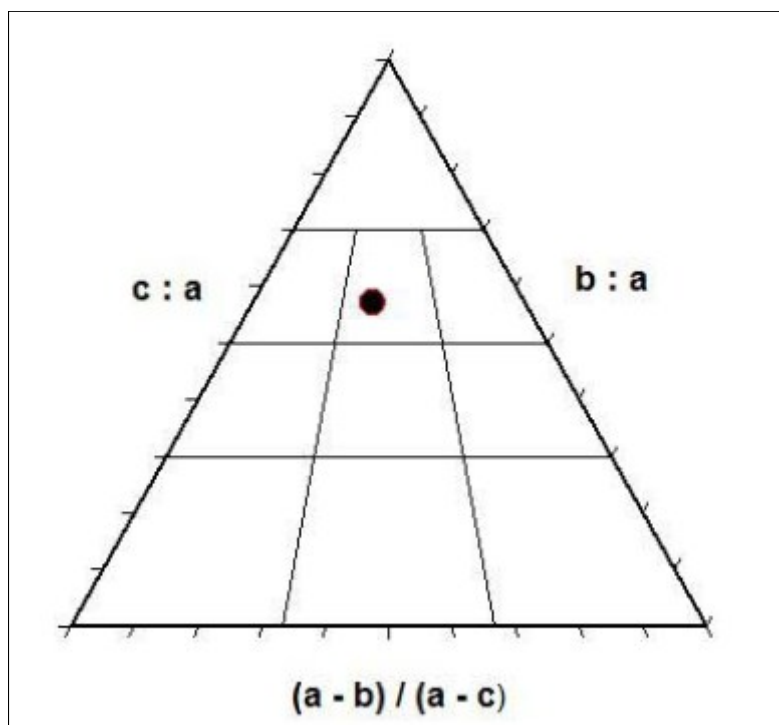


Fig. 3 - Esempio di inserimento dei parametri di un ciottolo ($a = 42$ mm, $b = 34$ mm, $c = 24$ mm). La classificazione è: CB, ossia "sferico lamellare" (vedi fig. 2).

Dal punto di vista statistico, nelle ghiaie di fiume predominano le forme sferiche (C – CP – CB – CE) e quelle lamellari (B – VB), mentre in quelle di spiaggia predominano le forme discoidali (P – VP).

A questo punto diventa interessante chiedersi: quali forme prevalgono nei sedimenti ghiaiosi delle grotte che visitiamo? Se volete dare una risposta, iniziate anche voi a fare delle ricerche, perché



qualcosa si sa, ma è ancora poco. Questo tipo di ricerche sono alla portata di tutti, perché, come attrezzatura, serve solo un calibro.

BIBLIOGRAFIA:

SNEED E., FOLK R., (1958) – Pebbles in the lower Colorado River, Texas, a study of particle morphogenesis. *Journal of Geology* 66(2), pp. 114-150.

* * *



Nel parco dell'Isonzo (Campagnuzza, S. Andrea) a Gorizia, si aprono delle caverne entro un conglomerato di ghiaie sabbiose dell'Isonzo. Sono state studiate anche dal punto di vista granulometrico.

Una relazione dettagliata la si può trovare anche su: "Aspetti geologici del Parco naturale di Campagnuzza - S. Andrea (Gorizia)", di Graziano Cancian pubblicato sul numero speciale della rivista online "Sopra e sotto il Carso" di aprile 2022 (<https://www.seppenhofer.org/sopra-e-sotto-il-carso/#>).



Un esempio di studio morfometrico: le ghiaie lungo il Vallone di Doberdò (Carso Goriziano)

Abstract:

The study described applies morphometric principles directly to the gravel sediments of the Vallone di Doberdò, in the Gorizia Karst. The investigation stems from a historical-geological issue: many scholars have suggested that the Vallone is an ancient fluvial channel of the Isonzo or the Vipacco, yet along the paleochannels of the Trieste and Gorizia Karst **gravel and sand are absent**, even though a river would normally deposit such materials. One explanation proposed by D'Ambrosi (1963) is that the calcareous gravels were completely dissolved by karst processes; however, in the case of the Vallone, many clasts are **dolomitic or calcareous-dolomitic**, thus more resistant, and also contain **flint**, which should not disappear.

To verify the presence of ancient sediments, surveys were carried out in ploughed agricultural fields near **Gabria** and **Micoli**, where 50 and 52 pebbles were collected respectively. Their average sizes (about 3.7–3.8 cm) and good roundness (0.6–0.8) indicate mature clasts. The petrographic characteristics are homogeneous: grey limestones, cherty limestones, occasional dark limestones and rare sandstones, along with fragments of flint. Clast shape was analysed by measuring the a-b-c axes with a **calliper** and classifying them using the **Sneed & Folk diagram**. The resulting shapes match those typical of **Isonzo gravels**, suggesting a possible fluvial origin.

Nevertheless, the Vallone was heavily altered during the **First World War** and by later agricultural and civil works, making it difficult to determine whether these gravels are natural or were brought in by human activity. To resolve this issue, the text encourages speleologists to search for **natural gravel or sand deposits inside caves, cavities, and wider fissures** of the Vallone: any such findings would provide crucial scientific evidence and help clarify the origin and evolution of the Doberdò Karst system.

Finora ci siamo occupati delle basi teoriche della morfometria applicata ai sedimenti sciolti. E' giunto, perciò, il momento di mettere in pratica le nozioni fornite dagli articoli precedenti. Stavolta, pertanto, descriviamo una ricerca riguardante delle ghiaie trovate lungo il Vallone di Doberdò (Carso Goriziano).

Per comprendere bene l'argomento, è necessaria una premessa. Molti ritengono che questo solco sia stato formato dallo scorrimento di un antico corso d'acqua, identificabile nell'Isonzo o nel Vipacco o entrambi. Però, come sappiamo, di norma un corso d'acqua trasporta e deposita ghiaie e sabbie. Come mai questi sedimenti non ci sono lungo i paleosolchi del Carso Triestino e Goriziano? Queste perplessità sono sempre esistite, perciò, ancora nel 1963, D'Ambrosi affermò che la loro assenza è dovuta al fatto che questi materiali, essendo calcarei, sono stati completamente "consumati" dalla dissoluzione carsica.

Pur accettando quest'ipotesi, va detto, però, che nel caso del Vallone di Doberdò qualche dubbio rimane ancora, infatti, le ghiaie dell'Isonzo non sono costituite totalmente da calcari puri, facilmente attaccabili dalla dissoluzione, ma anche da calcari-dolomitici, dolomitici-calcarei e dolomie, cioè rocce con un grado di resistenza un po' più elevata ai processi dissolutivi. Inoltre, diversi ciottoli, contengo-



Fig. 1 - Indicazione dei punti di prelievo dei campioni (Gabria e Micoli).



no inclusioni di selce, che sono assai resistenti alla degradazione e quindi, non dovrebbero scomparire.

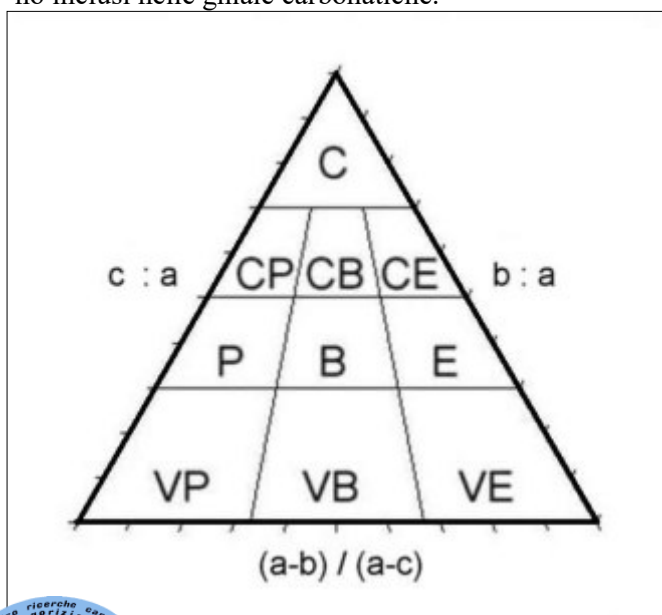
Spinti da queste considerazioni, sono state effettuate delle ricognizioni lungo il Vallone, con particolare attenzione ai campi coltivati, dissodati da mezzi agricoli, poiché, in questa maniera è venuto alla luce il terreno sottostante. Ciò è stato possibile in due punti: presso Gabria, quindi all'inizio settentrionale del Vallone e poi a Micoli, circa 6 Km più a Sud.

In queste due località sono stati raccolti 50 elementi a Gabria (dimensioni tra 1,8 e 7,1 cm, con media di 3,7 cm) e 52 a Micoli (dimensioni tra 1,3 e 8,7 cm, con media di 3,8 cm). Si precisa che questi ciottoli erano sparsi in ampie porzioni di terreno. In entrambi i casi, il grado di arrotondamento è abbastanza buono, stimato tra 0,6 e 0,8.



Fig. 2 - Ciottoli di ghiaie carbonatiche trovate lungo il Vallone di Doberdò (Carso Goriziano).

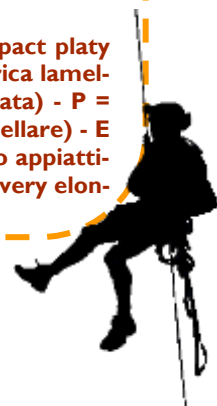
Le caratteristiche petrografiche, inoltre, sono le stesse, infatti, i ciottoli sono carbonatici, di colore grigio scuro o grigio chiaro, talora con vene di calcite bianca. Sono frequenti anche i calcari selciferi. Più rari sono i calcari scuri e ancora più rare le arenarie. Sono stati trovati pure dei frammenti di selce che, con tutta probabilità, erano inclusi nelle ghiaie carbonatiche.



È seguito lo studio della forma, misurando con un calibro i tre assi dei singoli ciottoli e utilizzando poi la classificazione di Sneed e Folk, descritta nel precedente articolo e che, per comodità, riportiamo nuovamente in fig. 3.

Fig. 3 - Diagramma di classificazione della forma di Sneed e Folk

C = compact (sferica o compatta) - CP = compact platy (sferica discoidale) - CB = compact bladed (sferica lamellare) - CE = compact elongated (sferica allungata) - P = platy (discoidale o appiattita) - B = bladed (lamellare) - E = elongated (allungata) - VP = very platy (molto appiattita) - VB = very bladed (molto lamellare) - VE = very elongate (molto allungata).



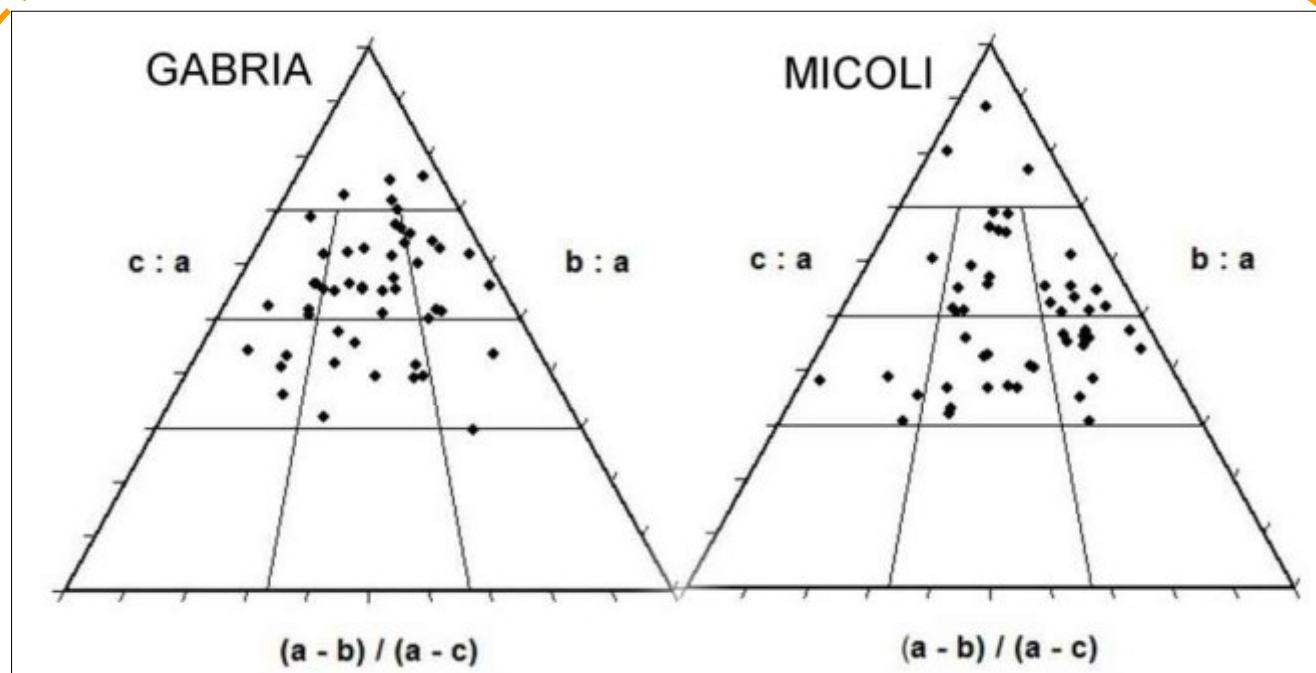


Fig. 4 - Classificazione morfometrica delle ghiaie trovate presso Gabria e presso Micoli.

Si è visto così che le forme più frequenti sono le seguenti:

	Gabria %	Micoli %
CP (<i>sferica</i>)	14,3	1,9
CB (<i>sferica lamellare</i>)	30,6	23,1
CE (<i>sferica allungata</i>)	16,3	17,3
B (<i>lamellare</i>)	16,3	21,1
E (<i>allungata</i>)	4,1	23,1

In definitiva questi elementi hanno le stesse caratteristiche petrografiche e morfometriche delle ghiaie dell'Isonzo.

A questo punto il lettore potrà chiedersi come mai non è stato ancora pubblicato, su qualche rivista qualificata, uno studio su quest'argomento così importante. Il motivo è semplice: tutto il vallone di Doberdò è stato sconvolto durante la prima guerra mondiale, con la costruzione di varie opere e poi ci sono stati rimaneggiamenti e riporti di terreno anche in epoche successive, fino ai giorni nostri. Risulta, pertanto, difficile stabilire con sicurezza se queste ghiaie sono state trasportate qui da un antico corso d'acqua o a se sono state portate dall'uomo, per vari lavori. Sta dunque agli speleologi risolvere questo dubbio. Come? Cercando entro le grotte, le cavernosità e le fessure più ampie della roccia, eventuali depositi ghiaiosi e sabbiosi depositati in maniera naturale. Eventuali ritrovamenti di simili sedimenti sarebbero di grande importanza scientifica e permetterebbero di fare luce sull'origine e l'evoluzione del Vallone di Doberdò.

BIBLIOGRAFIA:

D'AMBROSI C. (1963) - In merito all'assenza di depositi ghiaiosi paleofluviali sulle superfici carsiche della Venezia Giulia. Atti Museo Civ. di St. Nat. - vol. XXIII, fasc. 2, n° 2-3, Trieste.



Appendice

Approfondimenti sul tema la granulometria e morfometria dei
sedimenti ghiaiosi-sabbiosi

A cura di Maurizio Tavagnutti

* * *



Perché studiare i sedimenti ghiaiosi e sabbiosi delle grotte

Abstract:

The “C. Seppenhofer” Karst Research Center, encouraged by geologist **Graziano Cancian**, recognized from the very beginning that the geological study of the **Campo di Bonis** and **Monteprato** areas could not overlook a careful analysis of the **gravelly and sandy sediments** found in the local caves. These deposits, widely distributed in karst cavities, are closely linked to **underground water circulation**, which varies depending on whether the caves function as springs, swallow holes, or fossil passages.

Despite their importance for understanding the evolution of **regional karst processes**, granulometric and morphometric studies in the caves of Friuli Venezia Giulia remain scarce. Descriptions found in speleological reports or cadastral records often rely on generic and sometimes inaccurate labels such as “gravel” or “sand.” Among the few comprehensive studies available, the works on the **Risorgiva del Ghiro**, the **Fontanon di Goriuda**, and the **Caverna Pocala** are noteworthy.

The text emphasizes that proper analyses cannot be carried out “by eye”: they require sampling, drying, **sieving with progressively finer meshes**, weighing the retained fractions, and constructing the **cumulative grain-size curve**, along with studying grain shape using calipers or microscopes. Following these methods, Seppenhofer members conducted the first systematic analyses on samples from the **Pod Lanisce Cave**, initially hosted at member Žarko Furlan’s home and later at the association’s headquarters.

These activities enabled members to acquire technical skills, use specialized software, and establish a true **internal training program**, with the goal of becoming autonomous in future analyses. The initiative also aims to promote a more attentive speleological mindset, encouraging careful observation of the underground environment and the collection of samples for study—always with full respect for the subterranean world.

Intraprendendo lo studio geologico, sia di Campo di Bonis (Taipana) sia della zona di Monteprato (Nimis), il Centro Ricerche Carsiche “C. Seppenhofer”, incalzato dal geologo Graziano Cancian, ha compreso, fin da subito, che gli studi intrapresi non potevano escludere delle accurate analisi dei sedimenti ghiaiosi e sabbiosi presenti nelle grotte della zona. Già dalle prime battute si era visto infatti che le grotte presenti in queste aree carsiche, presentavano delle caratteristiche legate alla circolazione delle acque sotterranee. Caratteristiche che potevano variare a seconda che le cavità fossero delle risorgive o delle cavità assorbenti o semplicemente cavità fossili.



Gorizia sede “Seppenhofer”. Dapprima viene fatta una separazione visiva delle ghiaie più grossolane.



Gorizia sede “Seppenhofer”. Le ghiaie e le sabbie vengono quindi passate ai setacci.

La presenza di ghiaie e sabbie praticamente poteva essere un comune denominatore presente in quasi tutte le grotte dell’area. Lo studio di questi depositi poteva essere quindi molto importante per conoscere l’evoluzione del carsismo locale. L’unico neo era rappresentato dalla scarsità di studi in questo campo!

Gli studi granulometrici e morfometrici nelle grotte della nostra Regione, comprensivi di analisi mineralogiche, sono ancora molto scarsi, nonostante la diffusa presenza di ghiaie e di sabbie, soprattutto nelle



grotte alpine e prealpine. Spesso, infatti, se andiamo a leggere diverse relazioni o descrizioni fatte in passato, o andando a consultare schede catastali, si parla genericamente di “ghiaie” o di “sabbie” ma senza dettagli e talvolta, incorrendo pure in qualche errore. Tra gli studi più completi, riteniamo che valga la pena di segnalarne tre, anche se qualche dato lo possiamo trovare in altri articoli: il primo riguarda la Risorgiva del Ghiro 6643/3873FR (S. Rossi e A. Mocchiutti 2000), il secondo il Fontanon di Goriuda 20/1FR (G. Cancian e D.



Bilje (Slovenia). Le ghiaie e le sabbie vengono accuratamente setacciate.



Bilje (Slovenia). I ciottoli più grossi vengono accuratamente misurati con il calibro.



Gorizia sede “Seppenhofer”. Per fare una accurata analisi è importante il lavoro di gruppo.

pesa il trattenuto. Con questi dati, si costruisce, poi, in maniera molto semplice, la “curva granulometrica cumulativa”. Ciò permette la classificazione precisa del sedimento.

Cancian 2010) e il terzo la Caverna Pocala 173/91VG (A. Petronio 2015).

Solamente dopo aver letto gli articoli sopra menzionati ci si renderà conto che gli studi dei sedimenti ghiaiosi e sabbiosi di grotta possono dare utili informazioni sull’evoluzione del carsismo e sulle caratteristiche, spesso mutevoli nel tempo, degli scorrimenti idrici sotterranei. Inoltre, con questi studi, si possono formulare ipotesi più attendibili riguardo la provenienza e la storia evolutiva di questi materiali.

Tutto ciò, però, non si può fare “ad occhio” o con metodi improvvisati, cioè dando solo uno sguardo, magari attento, ai sedimenti. Per fare una classificazione più precisa, bisogna raccogliere del materiale, lasciarlo asciugare bene e poi setacciarlo tramite setacci a maglie di dimensioni decrescenti. Per ogni setaccio, si



Gorizia sede “Seppenhofer”. Una volta appreso il metodo di lavoro si passa ad inserire i dati nell’apposito programma informatico, lavoro molto semplice che i soci hanno appreso molto velocemente.



Tutto questo, però, non è sufficiente, infatti, bisogna studiare anche la “forma” dei singoli grani. Lo si fa misurando con un calibro gli assi di un buon numero di ciottoli (non meno di 75), mentre per i grani più piccoli, come quelli della sabbia fine, si ricorre alle osservazioni al microscopio e uso di tabelle comparative. Una descrizione precisa dei metodi di lavoro era già stata ampiamente descritta sui numeri passati della nostra rivista che consigliamo di andarseli a rivedere. Pertanto allo scopo di affinare le nostre ricerche, nel corso dei nostri rilevamenti in campo, sono stati raccolti alcuni campioni di ghiaie e sabbie dalla Grotta Pod Lanisce (vedi il numero 6/2017 di Sopra e sotto il Carso) e successivamente, sotto la guida di Graziano Cancian, sono stati analizzati, sempre dai soci del C.R.C. “C. Seppenhofen”, analisi per inciso, che non erano mai state fatte prima d’ora. Questo a testimonianza che queste si possono fare anche con un minimo di attrezzatura e tanta buona volontà! Naturalmente per eseguire queste analisi bisogna avere uno spazio sufficiente e fare attenzione perché la setacciatura delle sabbie può comportare un bel po’ di polvere. Per questo motivo ci siamo avvalsi per la prima esperienza dell’ospitalità della casa del nostro socio Žarko Furlan a Bilje in Slovenia e poi della nostra sede sociale.

In questo modo, attraverso dei semplici step i nostri soci hanno imparato, abbastanza rapidamente, oltre a dare una giusta interpretazione ai sedimenti ghiaiosi e sabbiosi delle grotte, anche, a gestire i dati al computer, utilizzando appositi software specialistici. E’ importante sottolineare che, in questa maniera, oltre che ricavare dei dati molto utili, si è fatta anche una specie di “scuola interna” con lo scopo di arricchire la preparazione culturale dei soci, che, in futuro, saranno in grado di eseguire da soli questo tipo di analisi.

Infine, con queste iniziative, si è voluto creare una mentalità speleologica più completa, che consiste nel guardare bene l’ambiente circostante, quando si va in grotta e portare fuori qualche campione da analizzare, ovviamente, sempre nel pieno rispetto di questo meraviglioso mondo sotterraneo. L’uscita in grotta, infatti, dovrebbe essere sempre utile.

BIBLIOGRAFIA:

ROSSI S. & MOCCHIUTTI A., (2000) – *Studio mineralogico e granulometrico dei sedimenti sabbiosi della sorgente del ghiro (Massiccio del M. Canin, Alpi Giulie, Italia)*. Mondo Sotterraneo, n.s., a. XXIV (1-2), pp. 35-45, Udine

CANCIAN G. & CANCIAN D., (2010) – *Le ghiaie del Fontanon di Goriuda (Val Raccolana, Friuli): granulometria, morfometria e mineralogia*. Mondo Sotterraneo, n.s., anno XXXIV, n° 1-2, pp. 11-20, Udine.

CANCIAN G., (2025) – *Le ghiaie e le sabbie nella “Grotta sopra il Rio Boncic (4603, 2604 Fr, Prealpi Giulie): granulometria, morfometria e mineralogia*. Mondo Sotterraneo, n.s., a. XLIX (1-2). 2025, pp. 55-62, Udine.

PETRONIO A., (2015) – *Datazione U/Th di speleotemi della Caverna Pocala (Carso triestino)*. Atti e Memorie della Comm. Grotte E. Boegan, v. 45 (2014), pp 25-38, Trieste.

* * *





Nelle analisi dei sedimenti è utile dare informazioni sulla mineralogia. Un semplice trattamento con acido cloridrico diluito - che è l'acido muriatico che si trova nei supermercati e nelle drogherie - può già dare qualche indizio. Nella foto, un elemento calcareo provoca una forte ed immediata effervescenza, mentre uno dolomitico produce effervescenza decisamente più scarsa. Non avvengono reazioni, invece, quando si analizza un elemento siliceo che, in questo caso, è un frammento di quarzo.



Le ghiaie e le sabbie della Grotta Pod Lanisce: nuove indagini granulometriche, morfometriche e mineralogiche

Abstract:

The **Pod Lanisce Cave**, located in the municipality of Taipana, is one of the best-known and most significant karst cavities in Friuli: a sub-horizontal system approximately two kilometres long, with a continuous water flow throughout its extent. Over time, it has been the subject of various studies, including **Maurizio Ponton's** work on morphogenesis (1984) and **Paolo Forti's** detailed research on iron nodules (1987). The **CRC Seppenhofer** also contributed to the cave's scientific understanding with a mineralogical analysis of its silty-clayey sediments (Cancian and Princivalle, 2012), which revealed a surprising result: **high percentages of dolomite**. This raised an intriguing question about its origin—whether it was linked to the host rock, to specific sectors of the cave, or to the nearby **Gran Monte range**, largely composed of Dolomia Principale and toward which the cave appears to extend, possibly with unexplored continuations.

To investigate these questions further, the CRC recently resumed research, collecting three substantial samples of **gravels and sands**. Two of them were manually analysed by members of the association, through sieving, construction of the **cumulative grain-size curve**, and material classification: one sample proved to be a *gravel with slightly silty-clayey sand, very poorly sorted*, and the other a *sandy gravel, poorly sorted*. The morphometric analysis, carried out on 75–80 pebbles using calipers and the **Sneed & Folk** diagram, showed a predominant **B-type (bladed, lamellar)** shape, along with parameters such as sorting, skewness, and kurtosis. Finally, mineralogical analyses performed at the University of Trieste using **X-ray diffractometry** on the 300-micron and 100-micron fractions confirmed once again the presence of **high percentages of dolomite**, as already observed in 2012. This finding further strengthens scientific interest in the provenance and dynamics of the sediments within the Pod Lanisce Cave.

La grotta Pod Lanisce è senza dubbio una delle più note e più interessanti del Friuli. Di essa è apparsa un'esauriente descrizione nel precedente numero di Sopra e Sotto il Carso, perciò ora non ci soffermeremo di nuovo su questi aspetti. Diciamo soltanto che è una lunga cavità, ad andamento suborizzontale o in leggera salita, dallo sviluppo di circa due chilometri, sempre percorsa dall'acqua. Si apre in comune di Taipana (UD). In passato è stata oggetto di ricerche e osservazioni scientifiche e tra queste ne ricordiamo soprattutto due: un ottimo studio sulla morfogenesi, a cura di Maurizio Ponton (1984), che fornisce anche importanti dettagli geologici ed uno studio molto dettagliato sui noduli ferrosi, a cura di Paolo Forti (1987). Anche il CRC Seppenhofer, però, diede un piccolo contributo alla conoscenza di questa grotta, caratterizzando, dal punto di vista mineralogico, alcuni sedimenti limosi-argillosi (Cancian e Princivalle 2012). In quell'occasione si fece una scoperta piuttosto interessante, ossia si accertò che i campioni contenevano alte e inaspettate percentuali di dolomite. Sorse, pertanto, un interessante interrogativo. Da dove proveniva tutta questa dolomite? Forse era solo un fatto localizzato in alcuni punti della grotta? Forse derivava dalla stessa roccia in cui si sviluppa la grotta? O forse proveniva dalla catena del Gran Monte che è costituita in buona parte dalla Dolomia Principale e verso cui la grotta si dirige con



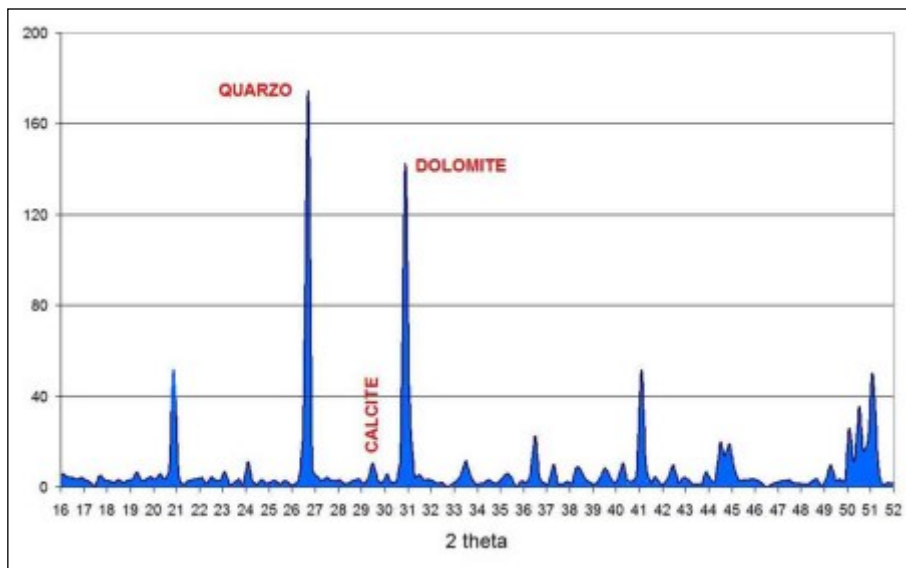
Nelle ghiaie sono presenti forme bene arrotondate (in terza riga) assieme a forme poco o mediamente arrotondate. Le forme meglio arrotondate sono costituite spesso da selce. Le altre sono dolomitiche e calcaree.



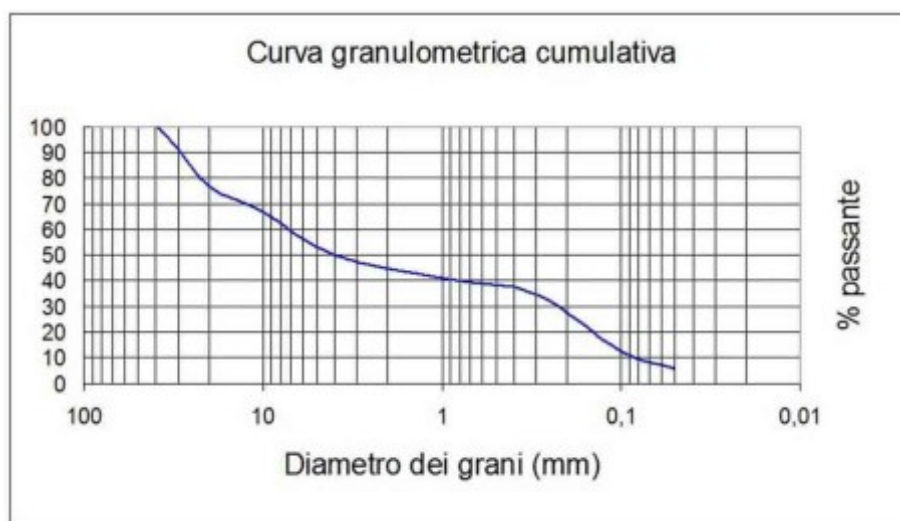
probabili proseguimenti ancora non esplorati?

La fantasia volava ...

Passò del tempo, ma certi pensieri e certe domande restavano nella mente. Anche per questo motivo, recentemente, il CRC Seppenhofen ha voluto riprendere e continuare le ricerche sui sedimenti della Pod Lanisce. In quest'occasione sono stati raccolti tre abbondanti campioni di ghiaie e sabbie che poi sono stati studiati dal punto di vista granulometrico, morfometrico e mineralogico.



Diffrattoگرام (raggi X) di un campione di sabbia fine raccolto nella grotta Pod Lanisce. Sono evidenziati i riflessi principali dei tre minerali trovati: quarzo, dolomite, calcite. Da notare l'abbondanza della dolomite rispetto alla calcite.



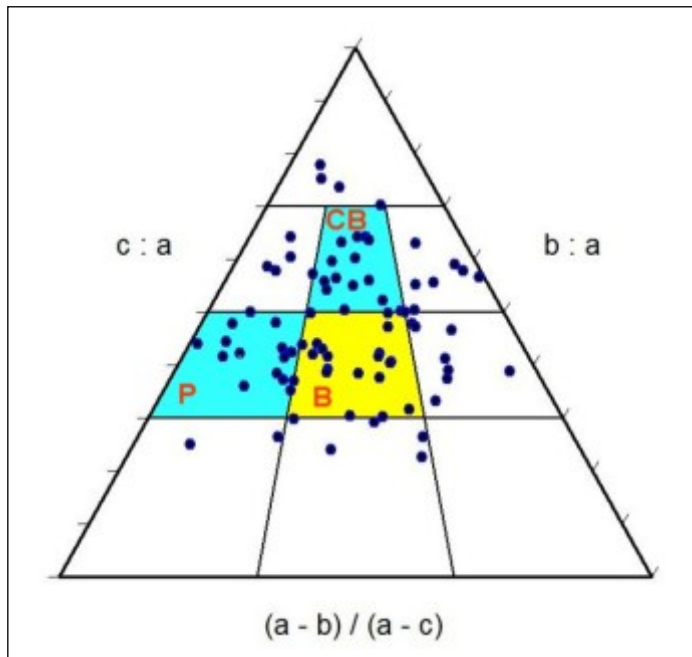
Curva granulometrica cumulativa del primo campione esaminato.

Ci fa piacere ricordare che due campioni sono stati esaminati manualmente proprio da alcuni soci del CRC Seppenhofen, sotto la guida dello scrivente. In quest'occasione è stata eseguita l'analisi granulometrica tramite setacciatura e poi, al computer, è stata tracciata la curva cumulativa. Ciò ha permesso la corretta classificazione del materiale. Il primo è risultato una *"ghiaia con sabbia debolmente limosa-argillosa, molto poco selezionata"* e il secondo una *"ghiaia sabbiosa, poco selezionata"*.

È seguita poi l'analisi morfometrica, misurando col calibro le tre dimensioni "a, b, c" di 75 – 80 ciottoli ed elaborando nuovamente i dati al computer. Tramite il diagramma di Sneed e Folk, si è visto che la forma prevalente è la B (*bladed, lamellare*). I dati raccolti hanno permesso di determinare anche altri parametri: mediana, coefficiente di cernita (sorting), coefficiente di asimmetria (skewness) e appuntamento (kurtosis).



Infine, sono state eseguite delle analisi mineralogiche nell'Università di Trieste, tramite la diffrazione a raggi X. Per ognuno dei tre campioni, è stato analizzato il "passante a 300 micron" e poi il "passante a 100 micron". Si è scelto di esaminare la sabbia fine e molto fine proprio perché queste frazioni sono costituite da un grandissimo numero di grani e quindi si ottiene un buon dato statistico della situazione mineralogica. Ebbene, anche stavolta, com'era risultato per i sedimenti limosi-argillosi, studiati nel 2012, si è riscontrata un'alta percentuale di dolomite.



Studio della forma tramite il diagramma di Sneed e Folk. La principale è risultata la B (bladed, lamellare). Nel diagramma, questo campo è distinto col colore giallo. Seguono le forme CB (compact bladed, sferica lamellare) e P (platy, discoidale o appiattita). I loro campi sono in azzurro.

N.B.: Va segnalato che sul tema delle indagini granulometriche, morfometriche e mineralogiche della Grotta Pod Lanisce è stato pubblicato uno studio molto dettagliato nella rivista "Mondo Sotterraneo", edita dal Circolo Speleologico e Idrologico Friulano (CSIF) di Udine.

BIBLIOGRAFIA:

- CANCIAN G., PRINCIVALLE F. (2012) – *Caratterizzazione mineralogica dei sedimenti pelitico delle grotte "Presso Stalla Scurc", "Taipana" e "Pod Lanisce" (Prealpi Giulie)*. Il territorio carsico di Taipana, pp.157-163. Centro Ric. Carsiche "C. Seppenhof", Gorizia.
- CANCIAN G., (2018) – *I sedimenti ghiaiosi e sabbiosi nella grotta Pod Lanisce (1456/573 Fr, Prealpi Giulie): mineralogia, granulometria, morfometria*. Mondo Sotterraneo, n.s., a. XLII (1-2), pp. 22-34.
- FORTI P. (1987) – *Studio mineralogico ed evolutivo dei noduli ferrosi della Grotta Pod Lanisce (Friuli)*. Mondo Sotterraneo, n.s., a. XI (1-2), pp. 15-29, Circ. Spel. Idr. Friulano.
- PONTON M. (1984) – *Morfogenesi di una cavità in flysch carbonatico (Grotta Pod Lanisce, FR. 573 – Friuli Orientale)*. Gortania – Atti del Museo Friulano di St. Naturale, v. 6, pp. 59-82, Udine.



Osservazioni al microscopio di un campione di sabbia raccolto nella Grotta sopra il Rio Boncic 4603/2604 FR (Taipana – Prealpi Giulie)

Abstract:

During these months of the public-health emergency (the report refers to 2020, in the midst of the Covid crisis), none of us were able to carry out our usual speleological or outdoor research activities. Nevertheless, many still managed to do useful work at home. During previous excursions, in fact, those who had taken photographs, measurements, notes, or collected samples finally had the chance to study and process them. In this regard, I like to recall a sentence—one I fully agree with—written by our friend Rino Semeraro in an article published in the March issue: “...anyone who has no backlog of data simply means they have not been doing speleology, but rather taking pleasant walks underground...”

During past investigations in the Grotta sopra il Rio Boncic (municipality of Taipana), Pamela Pegoraro, Tommaso Montanari, and Stefano Rejc had the foresight to collect a sand sample and hand it over to me. Some analyses began immediately in the laboratory, but once movement restrictions were introduced, most of the work shifted to binocular-microscope observations carried out at home.

The cave is still the subject of ongoing hydrological and geological investigations, whose results will be provided in due course. For now, we present here a few images of the most “elegant” or curious grains. This article makes no scientific claims; rather, it aims to show that even in an apparently ordinary sand sample, the microscope reveals a fascinating world.

Every piece of data is valuable for research, because any cave sediment can offer useful information about the evolution of local karst processes, as well as many other geological aspects.

In questi mesi di emergenza sanitaria (*la relazione si riferisce al 2020 in piena emergenza Covid, N.d.R.*), per tutti noi non è stato possibile svolgere le consuete attività speleologiche o di ricerca all'aperto, però, molti hanno fatto ugualmente delle cose utili a casa. Durante le escursioni precedenti, infatti, chi ha scattato foto, fatto delle misure, raccolto appunti e prelevato campioni, ha avuto l'occasione per studiarli ed elaborarli. A questo proposito, mi piace ricordare una frase – che condivido – scritta dall'amico Rino Semeraro, in un articolo pubblicato nel numero di marzo: “...chi non avesse dati in arretrato significa che non ha fatto speleologia bensì gite in grotta...”

Ebbene, durante le passate ricerche nella Grotta sopra il Rio Boncic (comune di Taipana), Pamela Pegoraro, Tommaso Montanari e Stefano Rejc avevano avuto l'accortezza di raccogliere un campione di sabbia e di con-



Fig. 1: La Grotta sopra il Rio Boncic. Tratto da Catasto Speleologico Regionale del FVG. Lo sviluppo è di 103 metri ed il campione è stato raccolto nella parte terminale.

segnarmelo. In laboratorio era iniziata subito qualche analisi, ma poi, sopraggiunto il divieto di spostamenti, sono state eseguite soprattutto delle osservazioni al microscopio binoculare a casa.



La grotta è tuttora oggetto di indagini idrologiche e geologiche, in cui risultati saranno forniti a tempo debito. Adesso, invece, riportiamo qui alcune immagini dei granelli più “eleganti” o più curiosi. L’articolo non ha pretese scientifiche, però vuole dimostrare che, anche in un campione di sabbia, apparentemente banale, al microscopio si può scoprire un mondo affascinante.

Ogni dato, comunque, è sempre prezioso per le ricerche, perché qualsiasi sedimento di grotta può dare utili informazioni sull’evoluzione del carsismo locale, nonché su tanti altri aspetti geologici.

BIBLIOGRAFIA

BOSELLINI A., MUTTI E., RICCI LUCCHI F., 1989. – *Composizione e tessitura delle rocce terrigene silicoclastiche*. In: *Rocce e Successioni Sedimentarie*, pag. 11-47, UTET, Torino.

SEMERARO R., 2020 – *Coronavirus e speleologia*. Sopra e Sotto il Carso, rivista on-line del CRC Seppenhof, pag. 12- 14.



Fig. 2 - Le prime osservazioni sono state eseguite su un campione lavato, in maniera da eliminare la frazione limosa-argillosa. E’ interessante notare che i singoli elementi sono abbastanza diversi tra di loro, soprattutto come colore, anche se l’analisi mineralogica ha dimostrato che sono costituiti in netta prevalenza da SiO_2 (quarzo e selce).

Da questo punto di partenza, poi sono state effettuate delle separazioni in più classi granulometriche, tramite setacci. Infine, con calma, sono stati esaminati i singoli granelli.

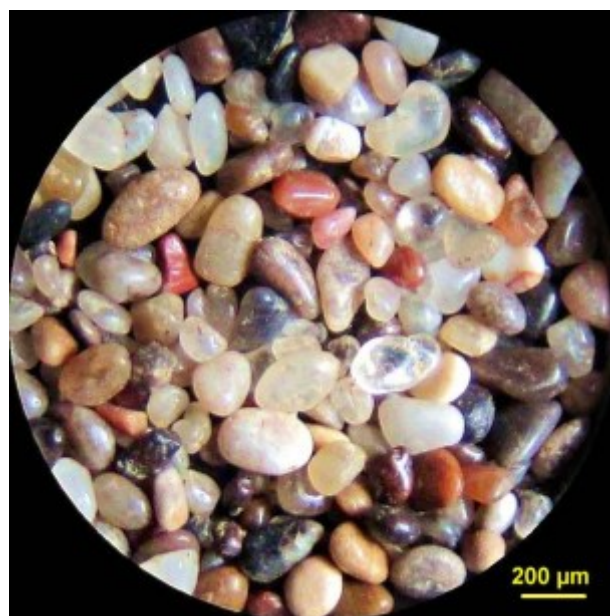


Fig. 3 - In questo caso, sono stati separati solo i grani con le superfici lucide. Sono tutti costituiti da selce e da alcune varietà del quarzo. Gli esperimenti di Kuenen (1959) hanno dimostrato che la perdita di peso che subisce una sabbia con grani di quarzo angolosi non supera l’1% dopo 20.000 km di trasporto (Bosellini et al. 1989). Di solito, le sabbie con granuli così arrotondati e con superficie lisce provengono da lontano e hanno subito più cicli sedimentari. In questo caso derivano dal disfacimento del Flysch, perciò, con tutta probabilità, i cicli sedimentari sono iniziati ancora prima della formazione di questi litotipi e poi sono proseguiti fino ai giorni nostri.



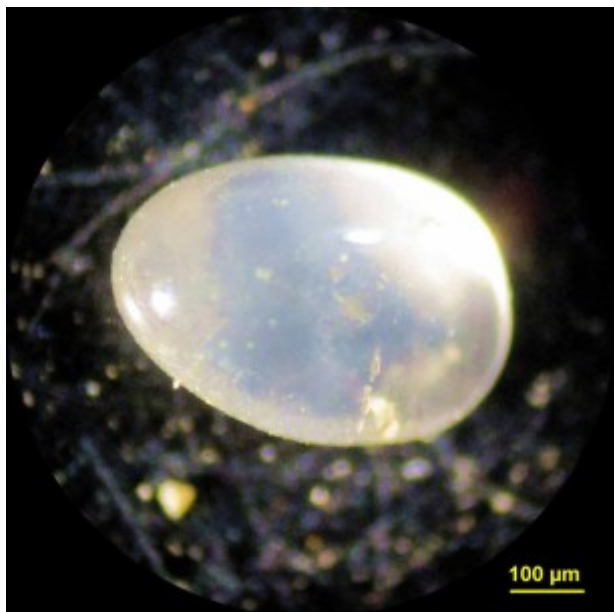


Fig. 4 - Fenomeno dell'adularescenza, col tipico aspetto lattiginoso e con riflessi madreperlacei e azzurrini. Tale effetto è dovuto a fenomeni di interferenza, riflessione e rifrazione della luce su minuscoli cristalli isoorientati. È tipico dell'ortoclasio (un feldspato) e soprattutto della varietà "pietra di luna". In effetti, le nostre analisi della sabbia, tramite la diffrattometria a raggi X, hanno dimostrato la presenza di feldspati.

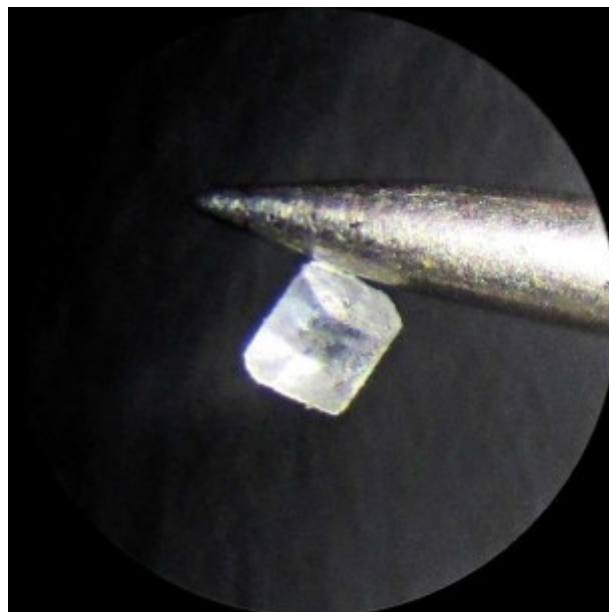


Fig. 5 - Un minuscolo cristallo sulla punta di un ago. Per ora non è possibile una classificazione sicura.



Fig. 6 - Due tuorli d'uova? No... sono due granelli silicei di sabbia.

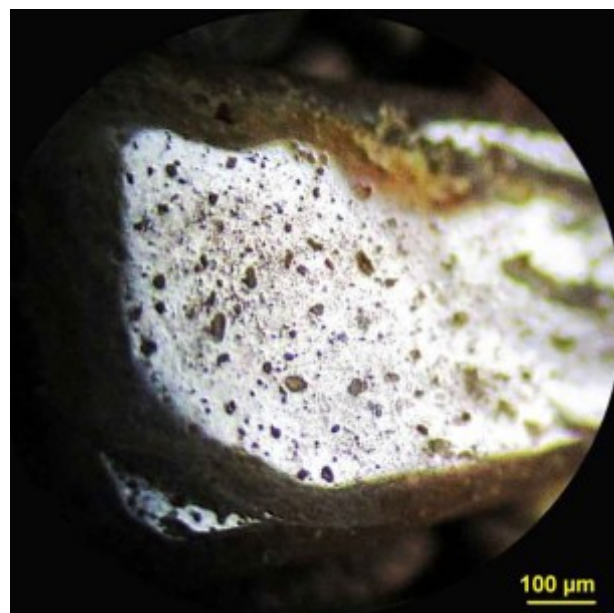


Fig. 7 - Lo studio delle impronte sulle superfici dei grani di sabbia, soprattutto su quelli più resistenti all'alterazione, è molto importante in sedimentologia. La loro forma, infatti, dipende, in buona parte, dalle azioni fisiche e chimiche che hanno subito durante il trasporto. Ad esempio, le impronte di percussione a forma di V sono tipiche dei granuli fluviali o di spiaggia, mentre le superfici smerigliate e butterate sono tipiche di ambienti desertici.



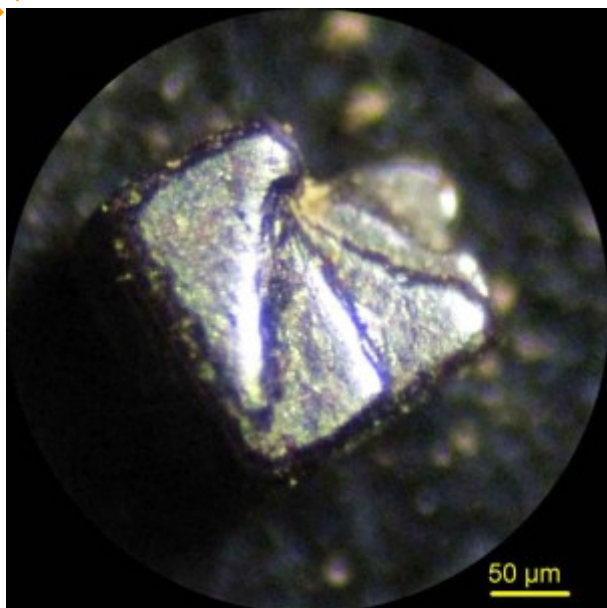


Fig. 8 - Un ingrandimento di un cristallo di habitus cubico. Da notare il riflesso metallico.

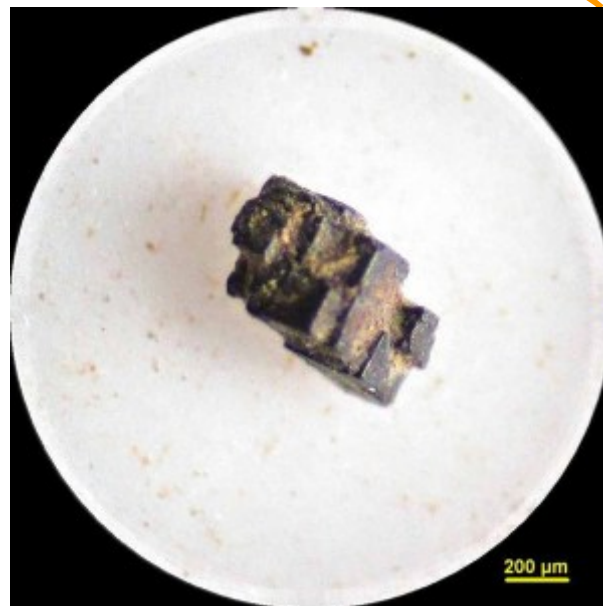


Fig. 10 - Cristalli scuri di aspetto cubico. Probabilmente si tratta di pirite limonitizzata. E' interessante notare che, a differenza dei granuli precedenti, questi hanno conservato il loro aspetto spigoloso. Si presume, quindi, che abbiano subito un trasporto limitato. Con tutta probabilità derivano dal Flysch circostante. E' noto, infatti, che nel Flysch delle Prealpi Giulie, in certe situazioni localizzate, sono presenti anche cristalli o masserelle di pirite.



Fig. 9 - Granellini silicei, arrotondati e dalla superficie bene levigata.



Fig. 12 - Un granulo siliceo di sabbia, dalla forma un po' bizzarra.



Fig. 11 - Un bizzarro aggregato di cristalli scuri, probabilmente ferrosi. Anche in questo caso, il particolare habitus indica che l'aggregato ha subito un trasporto limitato, in un ambiente a bassa energia, che ha permesso lasciarlo intatto.



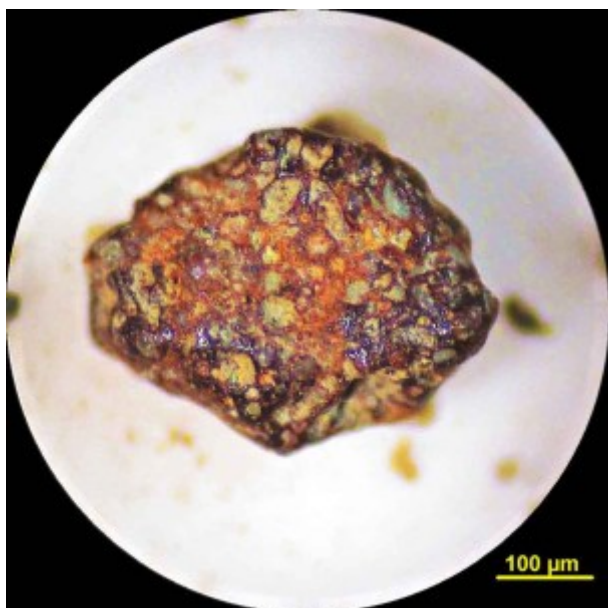


Fig. 13 - Un granellino multicolore. E' formato da vari minuti frammenti di roccia, di diversa origine, cementati da materiale argilloso e ferruginoso.



Fig. 14 - Un granello di arenaria a forma di cuore.

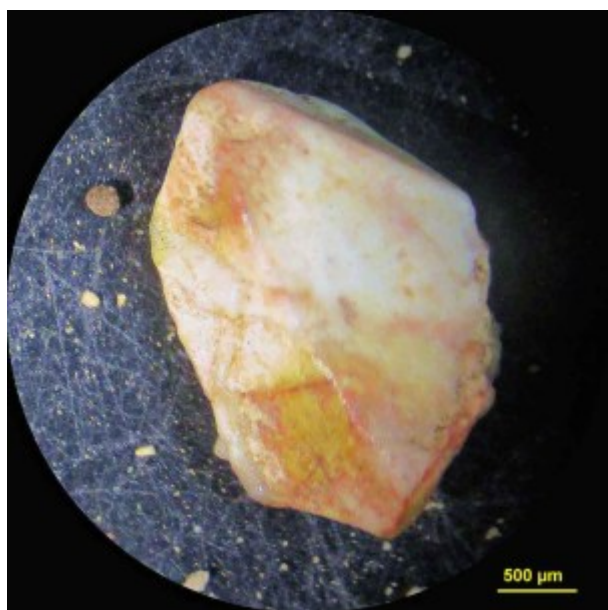


Fig. 15 - Un cristallo di probabile feldspato.

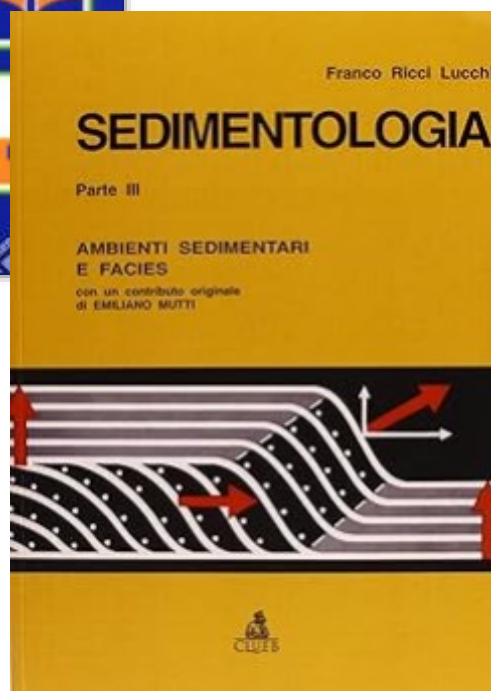
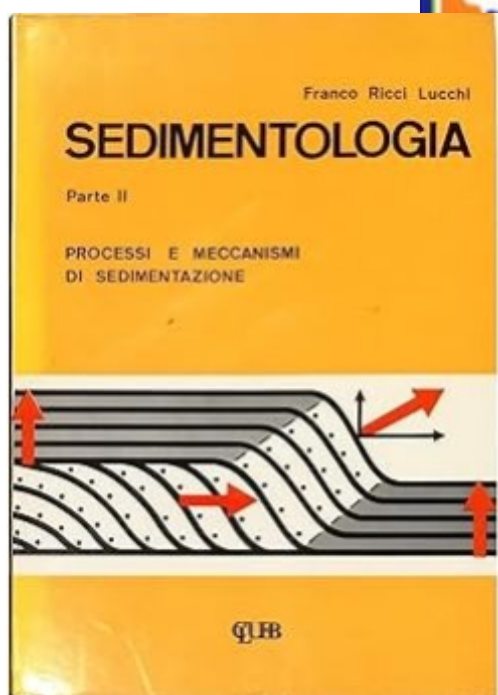
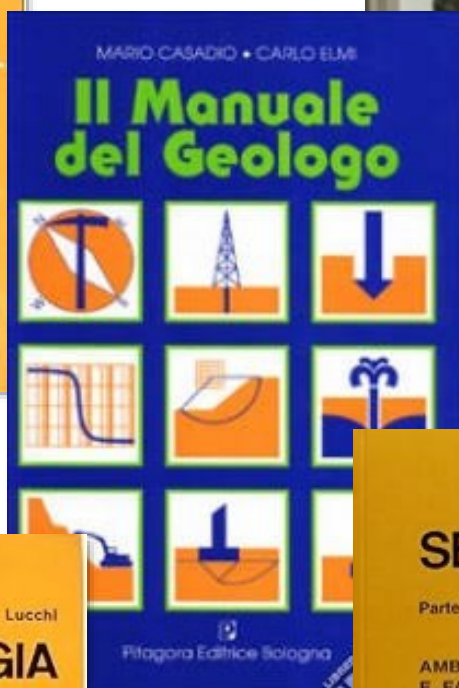
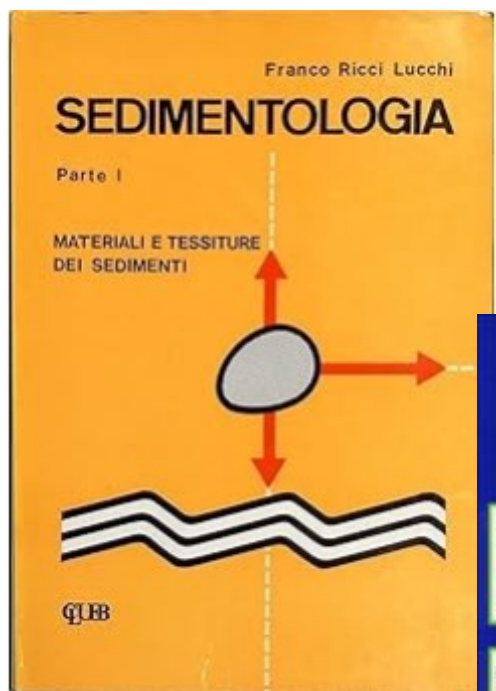


Fig. 16 - Questi granelli non sono "eleganti" come aspetto, però sono interessanti perché, a differenza degli altri, sono facilmente attirati dalla calamita.

* * *



Alcuni libri dove si possono trovare ampie informazioni sulle analisi granulometriche e morfometriche dei sedimenti



SOPRA E SOTTO IL CORSO



SOPRA E SOTTO IL CARSO

**Rivista on line del
C.R.C. "C. Seppenhofer" aps**

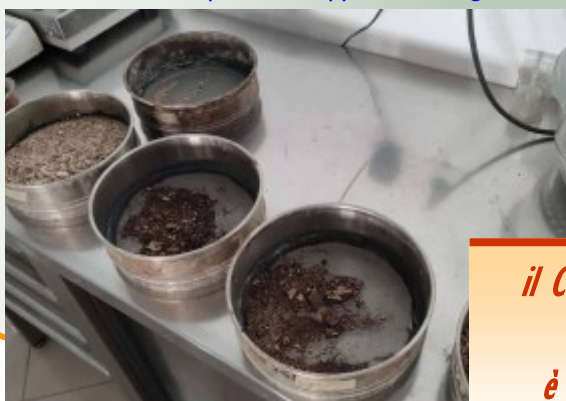
via Ascoli, 7

34170 GORIZIA

Tel.: 3297468095

E-mail: seppenhofer@libero.it

Sito web: <http://www.seppenhofer.org>



*il Centro Ricerche Carsiche
"C. Seppenhofer" aps
è un'associazione senza
fini di lucro*

Chi siamo



Il Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer" aps (www.seppenhofer.org) è un'associazione senza fini di lucro, ufficialmente fondato a Gorizia il 25 novembre 1978. Si interessa di speleologia, nelle sue molteplici forme: dall'esplorazione di una grotta, fino alla protezione dell'ambiente carsico e alla sua valorizzazione naturalistica. È socio fondatore della [Federazione Speleologica Isontina](#), collabora attivamente con diverse associazioni speleologiche e naturalistiche del Friuli Venezia Giulia. Ha svolto il ruolo di socio fondatore anche della [Federazione Speleologica Regionale del Friuli Venezia Giulia](#), ed è iscritto alla Società Speleologica Italiana. La nostra sede si trova a [Gorizia in via Ascoli, 7](#).



Il C.R.C. "C. Seppenhofer" aps ha al suo attivo numerose pubblicazioni, fra cui alcuni volumi monografici a tema fra i quali "Le gallerie cannoniere di Monte Fortin", "Le gallerie cannoniere del M. Sabotino", "La valle dello Judrio", "ALCADI 2002", "Il territorio carsico di Taipana", "Monteprato di Nimis", cura inoltre la presente rivista online "Sopra e sotto il Carso". Negli anni ha organizzato a Gorizia diversi simposi speleologici a carattere internazionale.



SOPRA E SOTTO IL CARSO

