

CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE SEDIMENTARIE

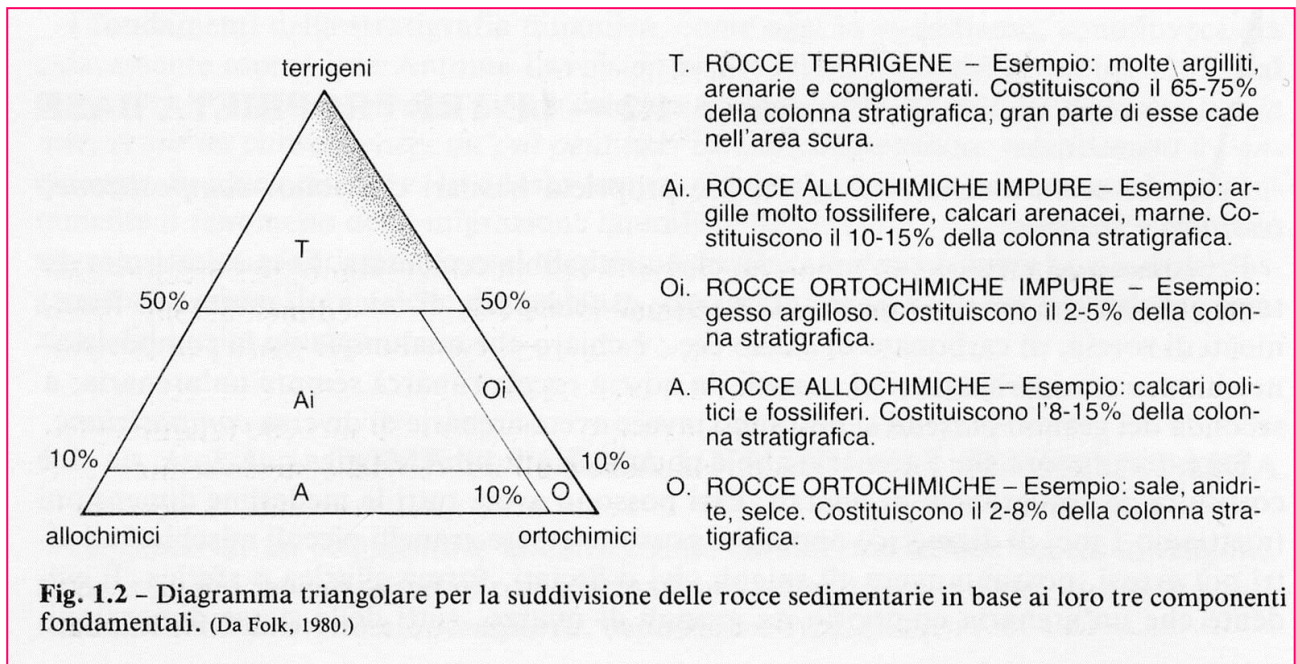
ASPETTO COMPOSIZIONALE: 3 componenti:

componente **TERRIGENA**: materiali generati dalla disgregazione e dalla frammentazione di rocce preesistenti, generalmente esposte in un'area continentale, e trasportati nel BACINO di SEDIMENTAZIONE come particelle singole (es: quarzo, feldspati, miche, etc)

componente **ALLOCHIMICA**: particelle che si originano per precipitazione chimica o secrezione organica direttamente nel bacino di sedimentazione entro il quale possono venir spostate ed accumulate (es gusci di organismi, cristalli di gesso, etc)

componente **ORTOCHIMICA**: precipitati chimici in senso stretto: vengono prodotti all'interno del bacino di sedimentazione o all'interno dello stesso sedimento. Non hanno subito trasporto (es: cementi, concrezioni, minerali di sostituzione)

le rocce sedimentarie possono essere suddivise in base ai loro 3 componenti fondamentali:



Ci sono però anche altre classificazioni di seguito riportate:

ASPETTO GRANULOMETRICO:

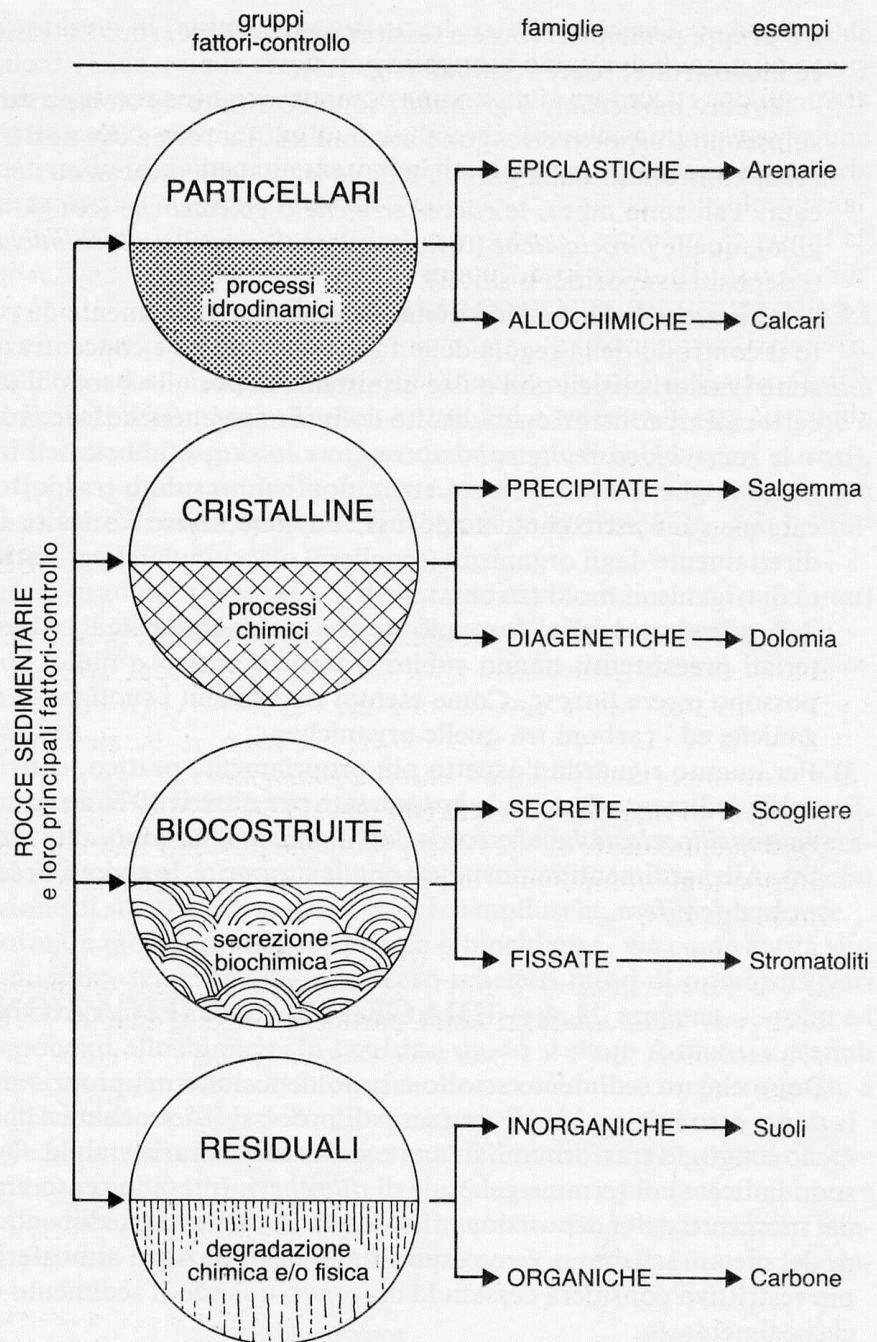
la granulometria è l'analisi delle dimensioni di un granulo

TABELLA 4.5 - Classificazione granulometrica di sedimenti (S) e rocce sedimentarie (R) secondo Udden - Wentworth (la scala ϕ indica i limiti tra le classi granulometriche ed è espressa in unità corrispondenti a $-\log_2$ mm).

R	S	Classi granulometriche	Millimetri	Micron	Scala ϕ		
Ruditi	Ghiaia	Blocchi	4096		- 12		
			256		- 8		
		Ciottoli					
		Ciottoletti	64		- 6		
		Granuli	4.00		- 2		
			3.36		- 1.75		
			2.83		- 1.50		
			2.38		- 1.25		
			2.00	2000	- 1		
		Areniti	Sabbia	Sabbia molto grossa	1.68		- 0.75
1.41					- 0.50		
2.19					- 0.25		
Sabbia grossa	1.00			1000	0		
	0.84				0.25		
	0.71				0.50		
	0.59				0.75		
	0.50			500	1		
	0.42			420	1.25		
Sabbia media	0.35			350	1.50		
	0.30			300	1.75		
	0.25			250	2		
	Sabbia fine			0.210	210	2.25	
				0.177	177	2.50	
				0.149	149	2.75	
Sabbia molto fine	0.125	125	3				
	0.105	105	3.25				
	0.088	88	3.50				
	0.074	74	3.75				
	0.0625	62.5	4				
	0.053	53	4.25				
Lutiti	Fango	Silt (limo)	Silt grosso	0.044	44	4.50	
				0.037	37	4.75	
			Silt medio	0.031	31	5	
				Silt fine	0.0156	15.6	6
					0.0078	7.8	7
		Silt molto fine	0.0039	3.9	8		
			Argilla	0.0020	2	9	
				0.00098	0.98	10	
				0.00049	0.49	11	
				0.00024	0.24	12	

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE CARATTERISTICHE GENETICO-TESSITURALI

Fig. 1.3 – Schema generale delle rocce sedimentarie in base alle loro caratteristiche genetico-tessiturali.



CLASSIFICAZIONE IN BASE AGLI ELEMENTI CLASTICI E NON CLASTICI

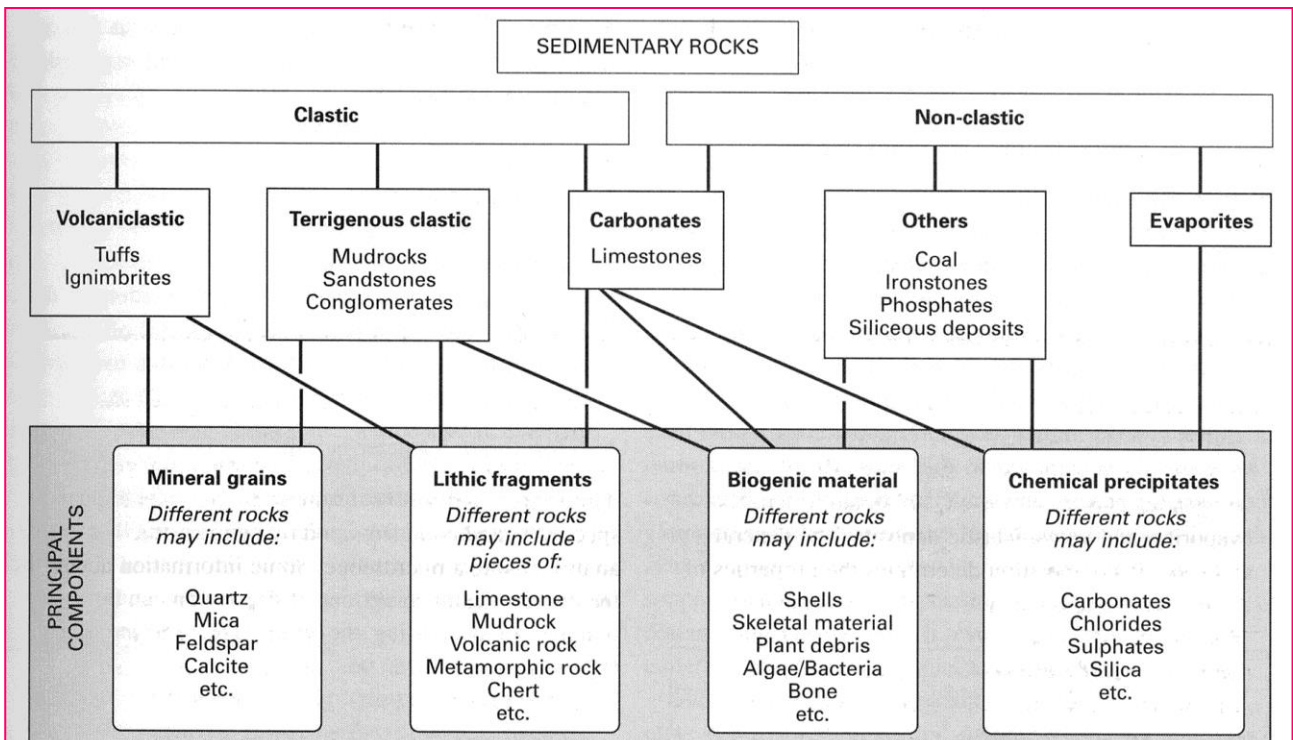


Fig. 2.1 Table of the principal constituents of sedimentary rocks.

COMPONENTI TESSITURALI

Osservando le varie classificazioni proposte, si vede che la maggior parte delle rocce sedimentarie è costituita da 3 componenti:

GRANULI (impalcatura granulare)

MATRICE (materiale detritico più fine di deposizione contemporanea o penecontemporanea)

CEMENTO (precipitato chimico penecontemporaneo alla sedimentazione e/o tardivo)

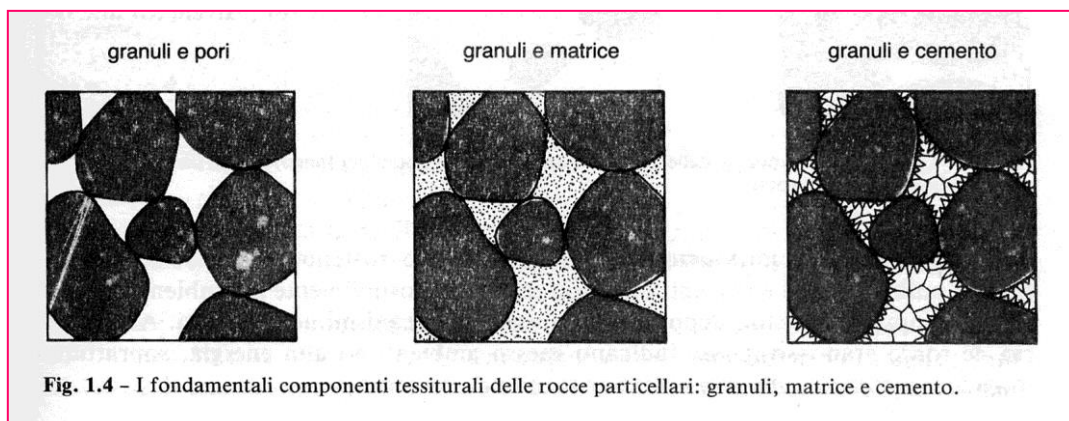
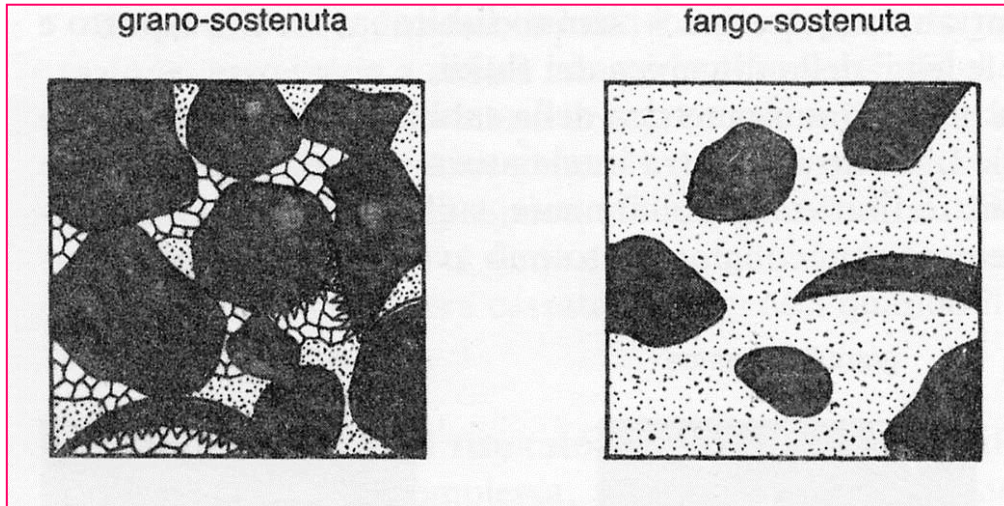


Fig. 1.4 - I fondamentali componenti tessiturali delle rocce particellari: granuli, matrice e cemento.

La matrice viene definita in rapporto alle dimensioni dell'impalcatura granulare. In generale, nelle rocce carbonati che la matrice ha dimensioni <20-30 um (fango carbonatico), mentre nelle rocce terrigene è <60 um (silt ed argilla).

In base alla matrice si parlerà di:



Il cemento va ad occludere parzialmente o totalmente i pori e le cavità. Nelle r. carbonati che generalmente è calcite, raramente dolomite, in quelle terrigene è calcite, quarzo.

METODI INDAGINE DIRETTI ED INDIRETTI

I metodi di indagine sui sedimenti nei corpi d'acqua sono diretti ed indiretti.

I **metodi diretti** si basano sul prelievo di campioni mediante diverse tecniche (benna, box corer, carotiere): questi possono limitarsi a carote/bennate di sedimenti prelevati fino a pochi metri di profondità sotto il fondo del mare, oppure possono raggiungere le migliaia di metri, come nel caso delle perforazioni petrolifere. Il prelievo dei campioni è molto costoso e quindi è necessario che i punti di prelievo siano accuratamente individuati in modo da fornire quante più informazioni possibili sull'area che si sta studiando. Inoltre i campioni forniscono una informazione puntuale e potrebbero essere influenzati da situazioni locali e quindi non essere rappresentativi.

I **metodi indiretti** sono costituiti dalle indagini geofisiche, finalizzate alla ricostruzione dell'andamento degli strati nel sottosuolo in funzione delle loro caratteristiche fisiche. Il metodo di gran lunga più diffuso si basa sulla propagazione delle onde elastiche ed è denominato sismica a riflessione. Una sorgente di energia trainata a rimorchio da una nave genera un impulso che si propaga attraverso l'acqua e raggiunge il fondo marino. Qui, una parte dell'energia viene riflessa in superficie ed una parte penetra nel sottosuolo fino ad incontrare una qualsiasi discontinuità dove verrà nuovamente in parte riflessa in parte trasmessa e così via per tutti gli strati sottostanti fino a profondità che possono arrivare ad alcuni km sotto il fondo del mare. L'energia riflessa dalle varie discontinuità ritorna in superficie dove viene rilevata e registrata per mezzo di sensori (idrofon) disposti in acqua lungo un cavo (streamer) trainato dalla nave stessa. Il cavo può superare i 3 km di lunghezza e contenere oltre mille sensori. Ripetendo ad intervalli regolari le energizzazioni lungo le rotte prestabilite ed elaborando opportunamente i dati registrati, si possono ricostruire delle vere e proprie sezioni del sottosuolo. La sismica a riflessione, oltre ad individuare la località da campionare, serve anche a studiare la distribuzione, le geometrie e gli spessori dei sedimenti.

Durante la lezione vengono illustrati alcuni esempi di strumenti ed il prodotto che si ottiene.

I due metodi si integrano!!

CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI

Ci sono alcune regole che vanno osservate quando si pianifica/o si fa un campionamento:

- 1) il campione NON va prelevato a caso (geometria dell'affioramento, litologia, strutture sedimentarie)
- 2) la quantità di campione da prelevare deve essere proporzionale alle dimensioni del granulo più grossolano

3) il campione da esaminare deve rappresentare una UNITA' di SEDIMENTAZIONE e deve essere costituito dal materiale deposto durante un medesimo episodio di sedimentazione

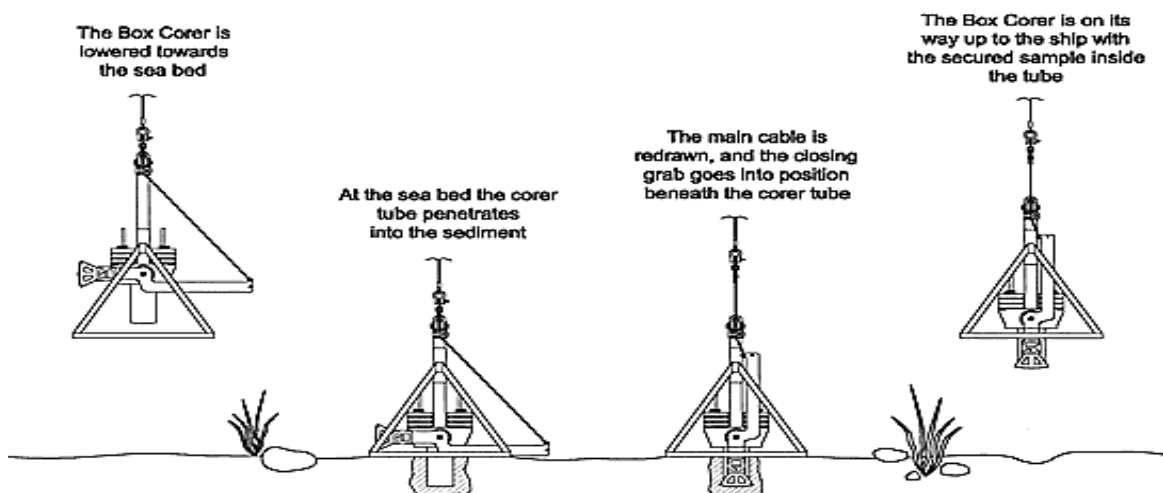
Attenzione: i campioni forniscono una informazione puntuale e potrebbero essere influenzati da situazioni locali e quindi non essere rappresentativi.

Durante la lezione vengono illustrati diversi tipi di indagini che vengono utilizzate per la caratterizzazione del corpo d'acqua e dei sedimenti: misure correntometriche, caratterizzazione del corpo d'acqua attraverso sonde multiparametriche, mooring, e trappole; sistemi di campionamento del corpo d'acqua; retino da plancton;

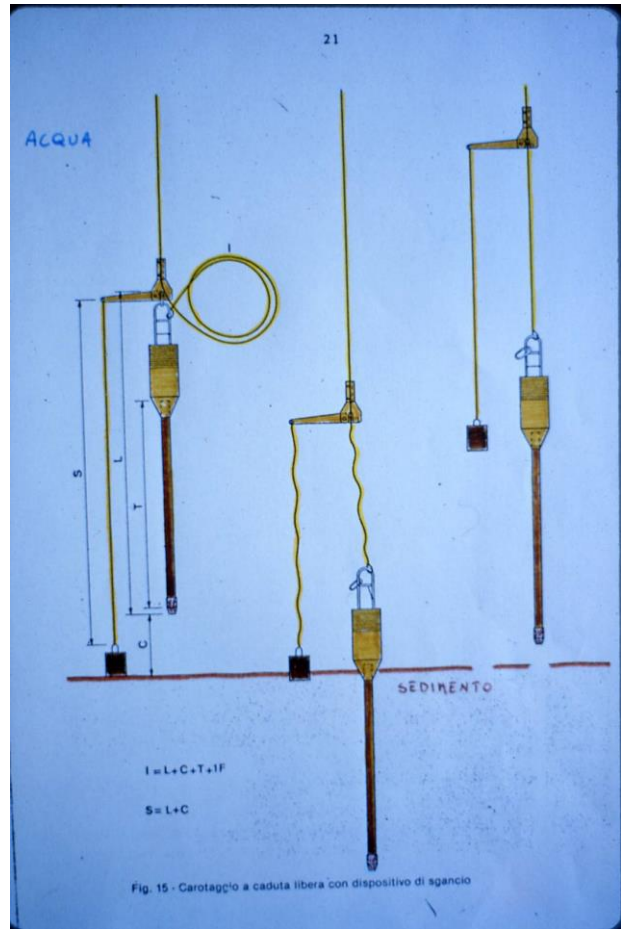
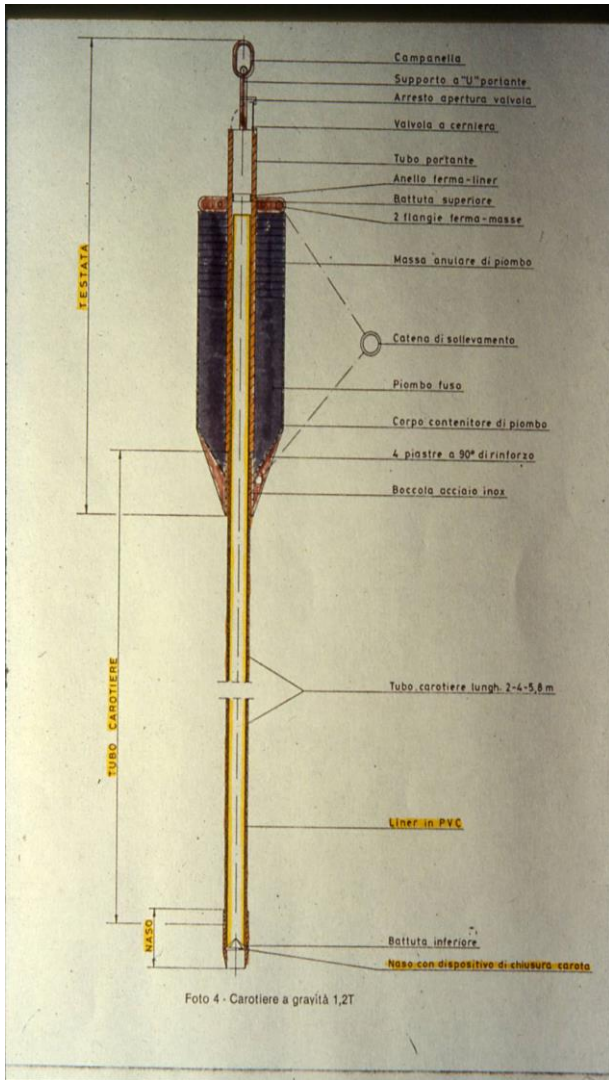
la strumentazione che viene utilizzata per la raccolta del sedimento di fondo deve avere alcune precise specifiche:

- appoggio dello strumento resistente all'erosione
- strumento ben robusto da resistere all'impatto sul fondo
- ben tollerato (come peso ed ingombro) sul ponte
- correttamente orientato prima del contatto con il fondo
- peso e potenza sufficiente per riuscire a penetrare alla profondità desiderata
- al ritiro, lo strumento non deve perdere campione ed una volta a bordo il campione deve essere facile da rimuovere

esempi di strumenti per la raccolta di sedimenti di fondo: draga, benna (Van Veen; Shippek; Pettersen); box corer; carotiere a gravità con leva e senza leva; carotiere a pistone (piston core); perforazione



Come funziona un box corer



Carotiere a gravità

Il campionamento a terra prevede attrezzatura e metodi diversi che vengono illustrati brevemente durante la lezione

ANALISI in LABORATORIO

I campioni una volta presi possono essere sottoposti “sul campo” ad alcune analisi, ma la gran parte delle analisi vengono fatte nei vari laboratori.

Di seguito uno schema su alcune tipiche analisi che si fanno su sedimenti sia coerenti che incoerenti. Ovviamente a seconda che siano rocce o sedimenti sciolti gli strumenti utilizzati sono diversi



ANALISI GRANULOMETRICHE

Scopo della misura dei grani nei sedimenti è di conoscere i processi che portano alla formazione dei sedimenti stessi.

Molte procedure di analisi dimensionali rappresentano il tentativo di studiare il comportamento delle particelle sotto condizioni volti a simulare processi naturali.

In genere gli esperimenti sono volti a misurare il tasso di sedimentazione delle particelle e, attraverso modelli – per es. la legge di Stokes –, a riferire la velocità di sedimentazione a una scala granulometrica.

**E' NELLE ROCCE DETRITICHE CHE LA DIMENSIONE
DA' INDICAZIONI SULLA CORRENTE DI TRASPORTO**

SCALA GRANULOMETRICA

MILLIMETRI	MICRON	SCALA Ø	CLASSI GRANULOMETRICHE (Wentworth)	
4096		- 12	Blocchi	GHIAIA
256		- 8	Ciottoli	
64		- 6	Ciottoletti	
4.00		- 2	Granuli	
3.36		- 1.75		SABBIA
2.83		- 1.50		
2.38		- 1.25		
2.00	2000	- 1	Sabbia molto grossa	
1.68		- 0.75		
1.41		- 0.50		
2.19	1000	- 0.25		
1.00		0		
0.84		0.25	Sabbia grossa	
0.71		0.50		
0.59		0.75		
0.50	500	1		
0.42	420	1.25	Sabbia media	
0.35	350	1.50		
0.30	300	1.75		
0.25	250	2		
0.210	210	2.25	Sabbia fine	
0.177	177	2.50		
0.149	149	2.75		
0.125	125	3		
0.105	105	3.25		
0.088	88	3.50	Sabbia molto fine	
0.074	74	3.75		
0.0625	62.5	4		
0.053	53	4.25		
0.044	44	4.50	Silt grosso	SILT (limo)
0.037	37	4.75		
0.031	31	5	Silt medio	
0.0156	15.6	6	Silt fine	
0.0078	7.8	7	Silt molto fine	FANGO
0.0039	3.9	8		
0.0020	2	9		
0.00098	0.98	10	ARGILLA	
0.00049	0.49	11		
0.00024	0.24	12		

Sedimenti incoerenti → separazione delle 3 grosse componenti mediante setacciatura

Metodi più comuni:

Ghiaia: calibri - crivelli - setacci

Sabbia: setacci - bilancia di sedimentazione

Fango: sedigrafo - laser

Sedimenti coerenti → Ghiaia: calibri
 → Sabbia - silt: osservazione al microscopio ottico

Per i sedimenti coerenti, operativamente sul terreno, la granulometria si stabilisce ad occhio nudo e con l'ausilio di una lente di terreno da 10X.

Le metodologie di laboratorio saranno approfondite nel corso di Geologia Stratigrafica e Sedimentologia

I dati ottenuti con le varie analisi vengono successivamente elaborati. Anche questo argomento sarà approfondito nel corso di Geologia Stratigrafica e Sedimentologia..
 Nell'ambito di questo corso si ricorda un parametro granulometrico molto importante: la classazione

CLASSAZIONE (SORTING): Indica il grado di uniformità granulometrica di un sedimento. dipende da:

- tipo e durata dei processi di trasporto e sedimentazione
- regolarità della corrente e della viscosità del mezzo

da ricordare che:

+ durano i processi, + è la selezione
 + la regolarità della corrente, + è la selezione
 - la viscosità del mezzo, + la selezione

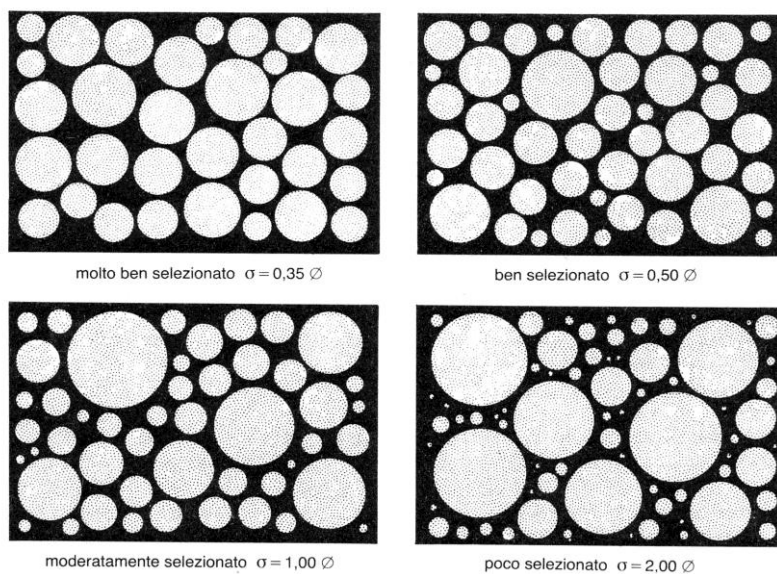


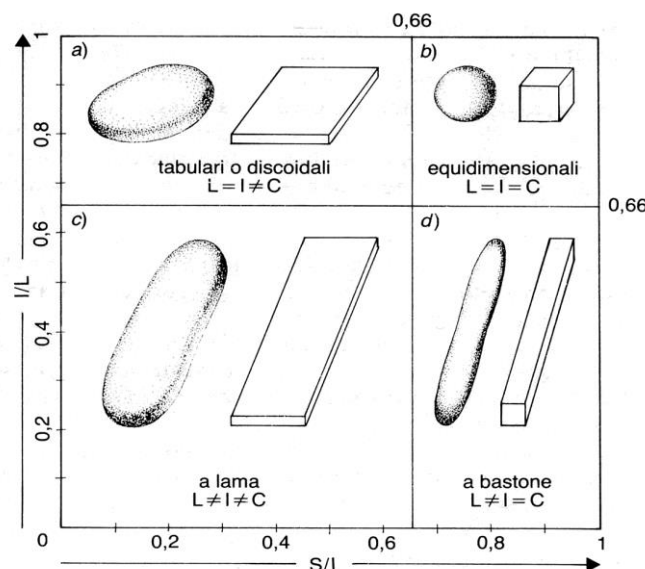
Fig. 2.7 - Carta di comparazione per la stima visiva del selezionamento (σ).

Oltre alle dimensioni, anche altri aspetti vengono considerati:

La forma dei granuli

MORFOMETRIA = ASPETTI GEOMETRICI DELLA FORMA DEI GRANULI.

Fig. 2.10 - Le quattro principali classi della forma dei ciottoli, basate sui rapporti dei tre assi: lungo (L), intermedio (I) e corto (C).
 (Da Zingg, 1935.)



1. FORMA:
 relazione fra le 3 dimensioni di un oggetto (clasto):
 L= asse lungo; I= asse intermedio; C= asse corto

Su ciottoli di stessa natura e stesse dimensioni

2. **Indici di APPIATTIMENTO** (Cailleux 1945) (sempre su ciottoli di stessa natura e stesse dimensioni)
3. **SFERICITA'**: indica quanto un clasto si avvicina alla forma sferica (è il grado di uguaglianza delle tre dimensioni dei clasti)
4. **ARROTONDAMENTO**: indica il grado di angolosità del contorno dei clasti. E' indipendente da forma e sfericità

L'arrotondamento dipende dalla litologia del granulo, dalle sue dimensioni (a parità di litologia, maggiore è la dimensione del granulo, maggiore è il suo potenziale di arrotondamento) e dal tipo e durata dei processi di trasporto

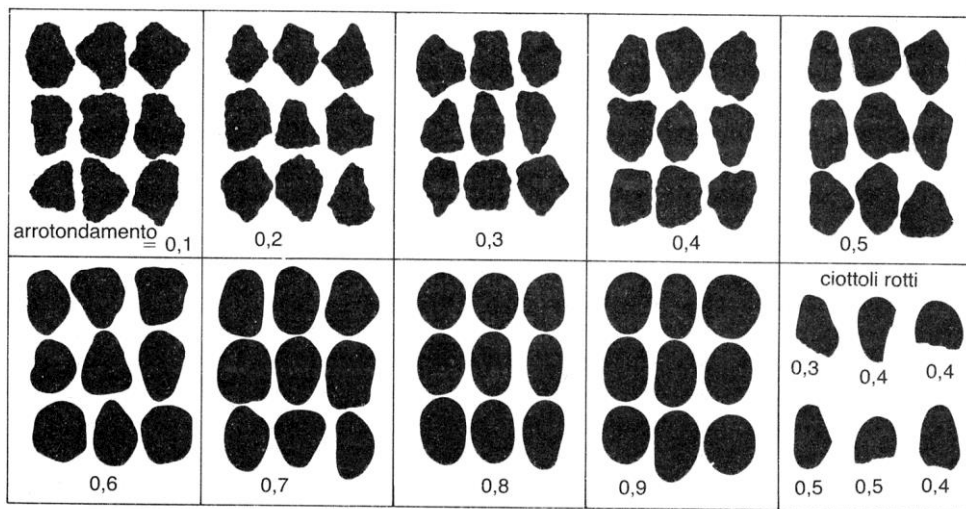


Fig. 2.12 – Carta di comparazione visiva per la stima dell'arrotondamento dei ciottoli. (Da Pettijohn, 1975.)

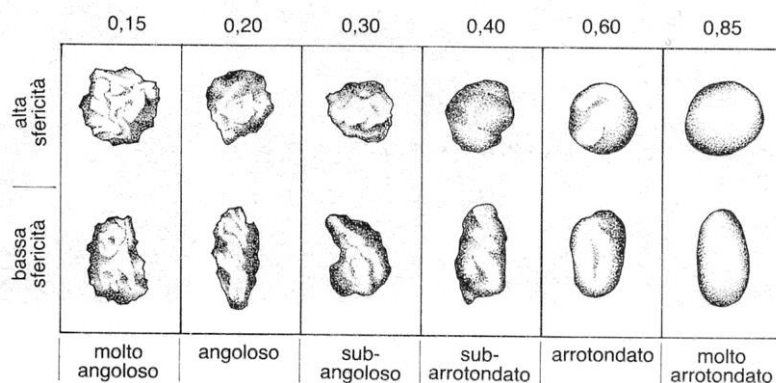
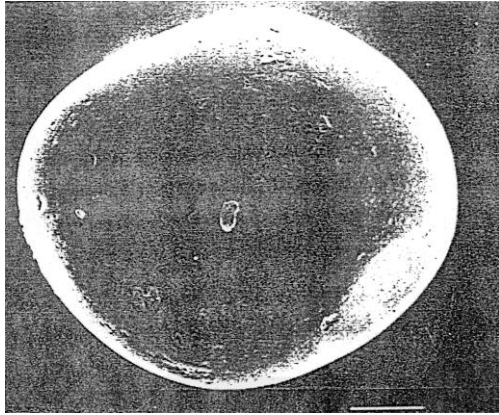


Fig. 2.13 – Carta di comparazione visiva per la stima dell'arrotondamento dei granuli di sabbia. Per ogni categoria, è mostrato un granulo di bassa e alta sfericità. (Da Powers, 1953, ridisegnato.)

Per la sabbia si utilizzano i granuli di quarzo.

MORFOSCOPIA-ESOMETRIA: CIOE' L'ASPETTO DELLA SUPERFICIE DEI GRANULI

Viene utilizzato il microscopio elettronico a scansione (SEM). I granuli sono di quarzo.
ESEMPI:

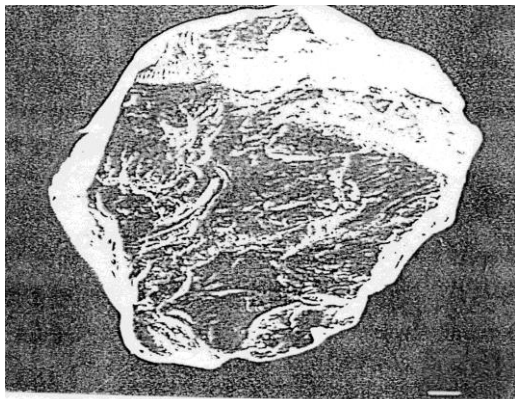
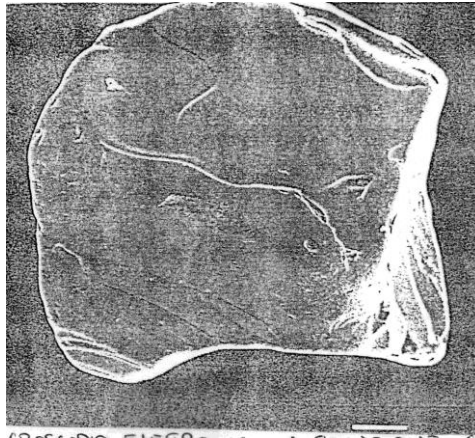


AMBIENTE EOLICO

- molto ben arrotondato
- forma sferica
- superficie smerigliata

AMBIENTE GLACIALE

- granulo angoloso
- numerose fratture concoidi e strie



AMBIENTE MARINO

- bordi smussati
- piccole impronte di percussione a V

concetto di **FABRIC**: orientazione e disposizione spaziale degli elementi che compongono una roccia

Fig. 2.15 - Orientazione spaziale (in sezione) di elementi discoidali depositati sotto il controllo della sola gravità (a) e della gravità più una corrente unidirezionale (b). In questo secondo caso i ciottoli risultano embriicati (si veda anche fig. 2.17). (Ridisegnato da Potter e Pettijohn, 1963.)

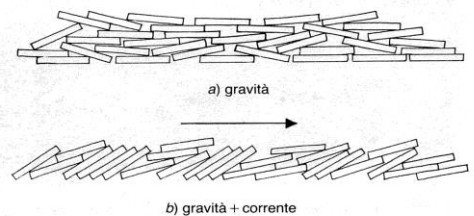
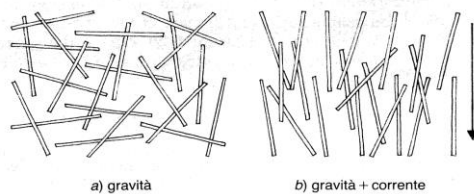


Fig. 2.16 - Orientazione areale di elementi allungati depositati sotto il controllo della gravità (a) e della gravità più corrente (b). (Ridisegnato da Potter e Pettijohn, 1963.)



NOTE SUL MICROSCOPIO OTTICO sulle OSSERVAZIONI AL MICROSCOPIO utili per il laboratorio di Geologia 1

Il microscopio è uno strumento ottico che, attraverso l'ingrandimento del preparato consente di vederne i particolari non visibili ad occhio nudo.

Esistono microscopi ottici a luce riflessa e a luce trasmessa.

Luce riflessa: la luce viene dall'alto, colpisce il piatto porta oggetti e quindi il preparato e viene riflessa (si usa per esempio per i sedimenti sciolti).

Luce trasmessa: la luce viene da sotto e intercetta il preparato costituito da "sezioni sottili".

Le sezioni sottili sono dei campioni preparati in lamine sottili (20-50 μm): con questi spessori la più parte dei corpi cristallini e non è trasparente.

Per l'osservazione dei minerali, si utilizzano microscopi monoculari (da mineralogia) dotati di lenti che consentono osservazioni particolari: sono monoculari perché alcune osservazioni vanno fatte con un occhio solo (la lente è legata ad un solo oculare).

Per i nostri scopi si utilizza il microscopio binoculare a luce riflessa per sedimenti incoerenti e binoculare a luce trasmessa per i sedimenti coerenti.

Le osservazioni su minerali in sezione sottile sono molteplici e tutte insieme concorrono a dare "nome e cognome" ad ogni minerale che osserviamo. Per i nostri scopi però bastano poche informazioni deducibili dalle osservazioni permesse dalla presenza di due elementi nel microscopio: l'analizzatore e il polarizzatore. Nella figura allegata è riportato uno schema delle parti costituenti un microscopio da mineralogia.

Quando si fa l'analisi al microscopio, il fascio di raggi luminosi che attraversano la sezione sottile sono paralleli (osservazione a luce parallela) quindi i fenomeni ottici che si riscontrano sono riferibili ad onde piane vibranti nel piano della sezione sottile. Al di sopra ed al di sotto della piattaforma porta sezione sottile vengono inseriti due strumenti che trasmettono solo raggi luminosi polarizzati in un solo piano (vibrazione su un solo piano): il **polarizzatore**, che invia la luce alla sezione sottile ed è inamovibile (contenuto nel condensatore) e l'**analizzatore**, che riceve la luce trasmessa attraverso la sezione sottile (in genere sono "Nichols", polarizzatori che sfruttano la birifrangenza della calcite) e può inserirsi o togliersi dal cammino dei raggi con rapida manipolazione. Se inserito, è orientato con la propria direzione di vibrazione a 90° rispetto a quella del polarizzatore. Quindi si può passare facilmente da osservazioni a luce parallela senza Nichol analizzatore (solo con il polarizzatore, si dice "osservazioni a Nichol parallelo") ad osservazioni a luce parallela con l'inserimento del Nichol ("osservazioni a Nichol incrociati").

Osservazioni a luce polarizzata (1 Nicol) :

abito, fratture, sfaldature, geminazioni, arrotondamento, sfericità, colore e pleocroismo
indici di rifrazione (determinabili con liquidi d'immersione a vario indice di rifrazione)

Osservazioni a Nicol incrociati (2 Nicol):

isotropo (=monorifrangente): gruppo monometrico

anisotropo (=birifrangente): gruppo dimetrico e trimetrico

valore della birifrazione

estinzione: parallela (monometrico, dimetrico, trimetrico)

obliqua (trimetrico: sistema mono e triclinico)

allungamento (determinazione col compensatore-lamina di gesso): positivo

negativo

Osservazioni a luce convergente:

figure di interferenza (conoscopiche)

SCHEDA DESCRITTIVA PER ROCCE SEDIMENTARIE

COLORE

rosso, giallo, bianco, verde, grigio, nero, policromo, altro

COMPOSIZIONE CHIMICA

reazione ad HCl: forte, media, nulla

NATURA DEI COMPONENTI

quarzo, mica muscovite, mica biotite, frammenti di rocce metamorfiche, frammenti di rocce magmatiche, frammenti di rocce sedimentarie, frammenti di rocce indeterminabili, feldspati, altro (specificare)
ooidi, oncoidi, pisoidi, pellets,
grani aggregati, intraclasti, bioclasti (specificare se possibile)

TESSITURA

grano sostenuta, matrice (fango) sostenuta

CARATTERISTICHE DEI GRANI

Forma: tabulari, a lama, equidimensionali, a bastone

Selezione: alta, buona, moderata, bassa

Arrotondamento: ottimo, buono, moderato, scarso

Sfericità: alta, buona, moderata, bassa

Embricazione: presente, assente

MATURITA' MINERALOGICA

alta, moderata, bassa

MATURITA' TESSITURALE

immatura, submatura, matura, supermatura

STRUTTURE SEDIMENTARIE

gradazione, laminazioni parallele, laminazioni incrociate, laminazioni convolute, stiloliti, fenestrae, riempimenti geopetali, altro (specificare)

CLASSIFICAZIONE

Rocce particellari:

classificazione su base puramente granulometrica (dare il nome alla roccia in base alla frazione granulometrica che supera il 50% del volume della roccia), **oppure** su base granulometrico-tessiturale

Rocce non particellari:

Biolite, dolomia, selce, gesso, anidrite, salgemma, altro (specificare)

IPOTESI SU AMBIENTE SEDIMENTARIO

conoide torrentizio, fiume, delta, spiaggia, piattaforma continentale, scarpata (torbide prossimali), rialzo (torbide distali), piana abissale (torbide distali/emipelagiti), ambiente tidale, laguna, reef, barre, pendio antistante al reef, piana abissale (carbonatica), piana abissale (silicea), evaporitico, desertico, altro (specificare)

Note

Un altro schema che potete seguire è quello riportato nella tabella sottostante (tratto dal libro “Geologia del Sedimentario” – M.E.Tucker)

Tabella 1.2. Schema per l'identificazione e la descrizione delle rocce sedimentarie su campione a mano

<p>Esaminare la roccia in base a colore, tessitura, composizione, strutture sedimentarie e fossili e alla fine identificare il tipo di roccia sedimentaria. Se possibile, dare una interpretazione dell'ambiente deposizionale e sulla diagenesi del sedimento.</p>
<p>Colore</p> <p>Dovrebbe essere abbastanza facile descrivere il colore. Il colore di solito riflette il contenuto in materia organica (da grigio a nero al crescere del contenuto organico) e lo stato di ossidazione del ferro: il ferro ferroso Fe^{+2} presente nei minerali argillosi (per esempio la clorite) e nei minerali del ferro (per esempio nella serie berthierina-chamosite) dà un colore verde; il Ferro ferrico Fe^{+3} dà un colore rosso (nell'ematite) e giallo-bruno (nella goethite-limonite). Alcuni minerali sedimentari possono avere un colore particolare come ad esempio il bianco per l'anidrite pura e il gesso.</p>
<p>Tessitura</p> <p>Determinare la taglia dei granuli della roccia con una lente di ingrandimento: guardare la forma dei granuli (è arrotondata o spigolosa?) e il grado di assortimento dei granuli. È poco o ben classata? Controllare la natura dei contatti tra i granuli (se visibili) e verificare se i granuli presentano una orientazione preferenziale (<i>fabric</i>).</p>
<p>Composizione</p> <p>Identificare la composizione del sedimento usando una lente di ingrandimento.</p> <p>È una arenaria? – fatta di quarzo, feldspato, frammenti di roccia. Se è così, è una quarzoarenite, una litoarenite, un'arcose o una grovacca (i quattro tipi principali)?</p> <p>È un calcare (reagisce con l'acido)? – fatto di bioclasti (fossili), ooidi, peloidi. Se è così, è un <i>grainstone</i>, un <i>packstone</i>, un <i>wackestone</i>, un <i>mudstone</i> o un <i>bounstone</i>?</p> <p>È una dolomia (o un calcare dolomitizzato, reagisce poco con l'acido?) – cristallina, con fossili e strutture poco preservate, colore bruno pallido o beige.</p> <p>È una pelite? Se lo è presenta una fissilità (è quindi una <i>shale</i>) o no (è un <i>mudstone</i>)? Ci sono dei noduli? Composizione?</p> <p>È un conglomerato? Determinare se è monolitico o polimitico (in base alla composizione dei clasti), ortoconglomerato o paraconglomerato (dalla tessitura).</p> <p>Rocce sedimentarie meno comuni sono le evaporiti (possono essere saline o tenere), le selci (dure e scheggiate) e le <i>ironstone</i> (rosse o verdi, pesanti, oolitiche).</p>
<p>Strutture sedimentarie</p> <p>Cercare strutture come la stratificazione, la laminazione, la stratificazione incrociata, la laminazione incrociata, le lineeazioni primarie da corrente, le impronte/controlimpronte basali o <i>sole structure</i>, le gallerie di bioturbazione – <i>burrow</i> –, le stiloliti, ecc.</p>
<p>Fossili</p> <p>Se presenti (una lente di ingrandimento può essere necessaria per vederli), cercare di identificarli almeno a livello di <i>phylum</i> (di più se possibile). Valutarne lo stato di conservazione (conchiglie a valve unite o rotte, perforate, dissolte, ecc.).</p>
<p>Interpretazione</p> <p>Da tutti gli elementi raccolti proporre un litotipo e un possibile ambiente deposizionale. Ci possono essere diverse alternative. Fare commenti sulla diagenesi della roccia sui processi di cementazione, compattazione, sostituzione, ecc. e sugli effetti della diagenesi di superficie in rapporto con quella più profonda.</p>