

Metamorfismo



cambiamento

Variazioni significative di pressione, temperatura e composizione che caratterizzano un sistema roccioso disturbano l'equilibrio esistente. La restaurazione di un nuovo equilibrio – il metamorfismo – comporta trasformazioni della struttura e della composizione mineralogica e chimica di una roccia. Il metamorfismo avviene allo stato solido per reazioni chimiche tra i minerali, generalmente in presenza di fluidi acquosi e/o carbonici a pressioni e temperature comprese tra i sistemi sedimentari e quelli magmatici.

E' un processo endogeno: le condizioni favorevoli al metamorfismo si presentano solo all'interno della Terra.

La natura e le caratteristiche della roccia di partenza possono sopravvivere e preservarsi come strutture e minerali relitti



Le rocce metamorfiche

Fattori del metamorfismo

1) Temperatura

Possibili cause: a scala regionale → processi orogenetici
a scala locale → intrusione di fusi magmatici

2) Pressione

Pressione litostatica (dovuta al carico delle rocce soprastanti)
(non deforma ma si limita a ridurre i volumi)

- **Pressione orientata** (legata ai processi di deformazione concomitanti agli eventi orogenetici) → deforma minerali e rocce → **tessiture orientate delle rocce metamorfiche** → **deformazione**

la pressione orientata può portare alla deformazione plastica permanente dei cristalli e delle rocce

3) Fase fluida

Durante il processo metamorfico nelle rocce è generalmente presente una **fase fluida intergranulare**, prevalentemente **H₂O**

La fase fluida agisce come **CATALIZZATORE**, favorisce l'innescio e lo sviluppo delle reazioni metamorfiche

Esempio di rocce non deformate e di strutture relitte

Affioramento di basalti a pillows presso la cresta del Monte Chenaillet.

Questi basalti sono metamorfosati, ma preservano ancora la morfologia a pillow.

I basalti a pillows vengono eruttati in condizioni sottomarine e sono tipici di fondali oceanici attuali.

Questo fatto indica che i pillows metamorfosati attualmente esposti presso il M. Chenaillet derivano da un'originaria crosta oceanica che ha subito episodi di traslazione e metamorfismo durante la formazione della catena alpina.



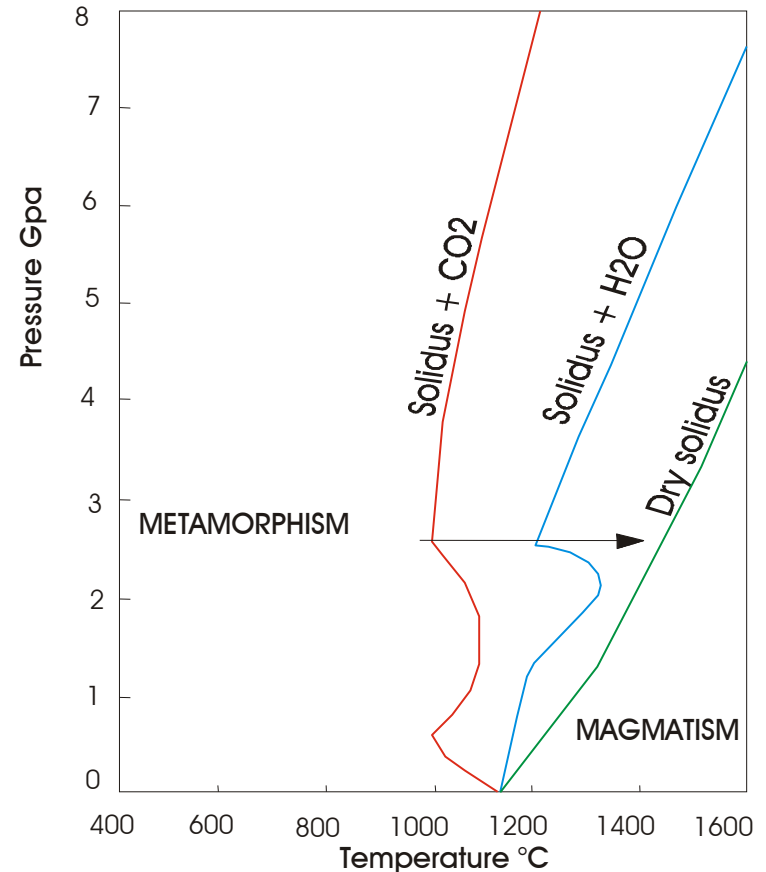
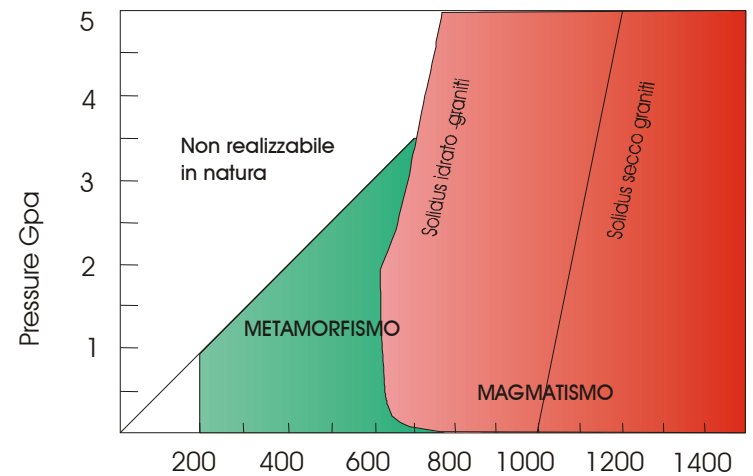
Fattori del metamorfismo

1. Temperatura e Pressione

Il campo del metamorfismo

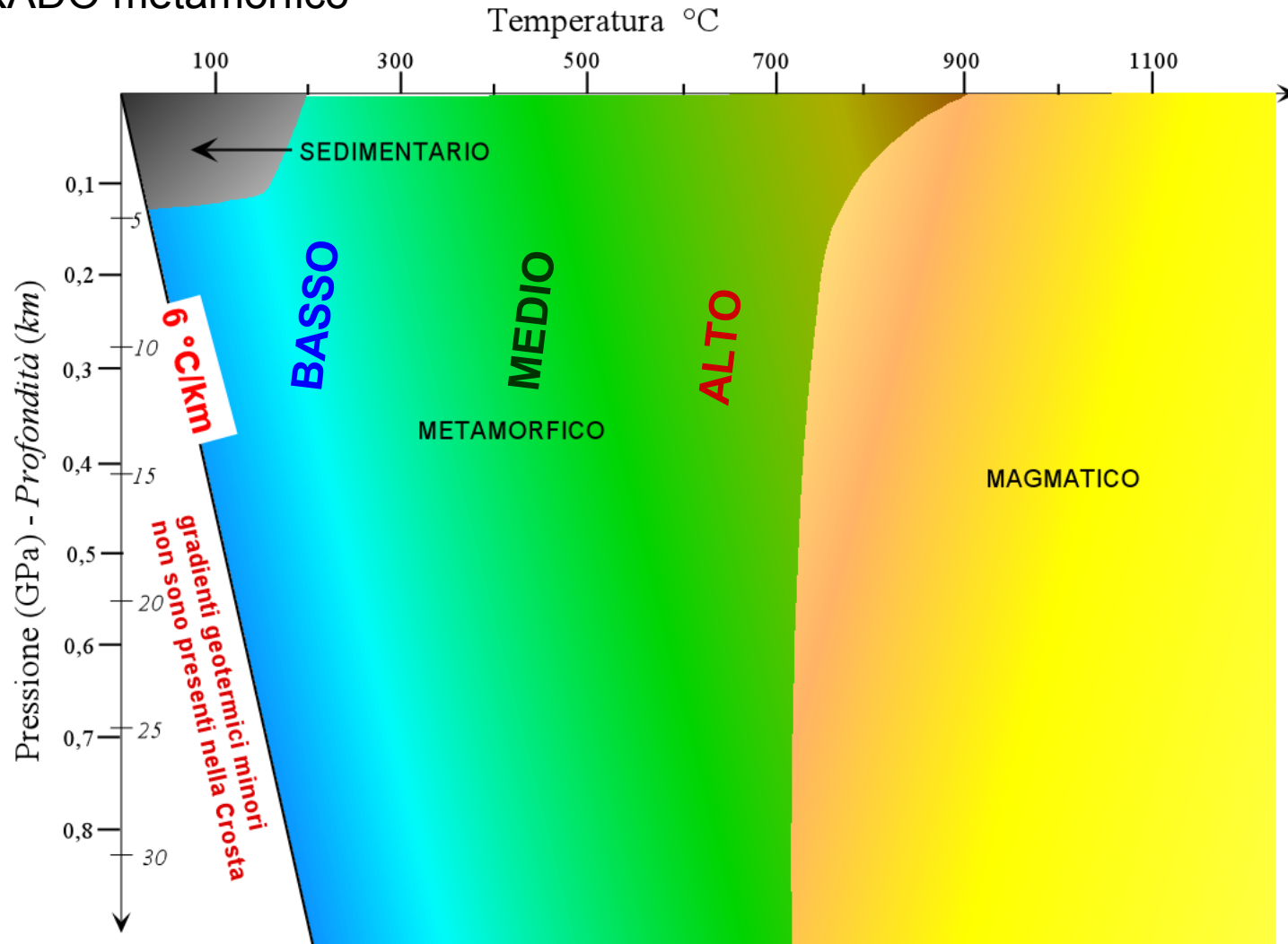
Compreso tra il campo caratteristico dei processi sedimentari e diagenetici e l'inizio della fusione parziale delle rocce. Varia in funzione della composizione delle rocce e in funzione della presenza di fluidi acquosi e fluidi misti (H₂O e CO₂), che abbassano il solidus dei sistemi secchi.

Nelle rocce cristalline (graniti) il campo del metamorfismo è più ristretto rispetto al campo del subsolidus nelle rocce ultrafemiche del mantello terrestre.

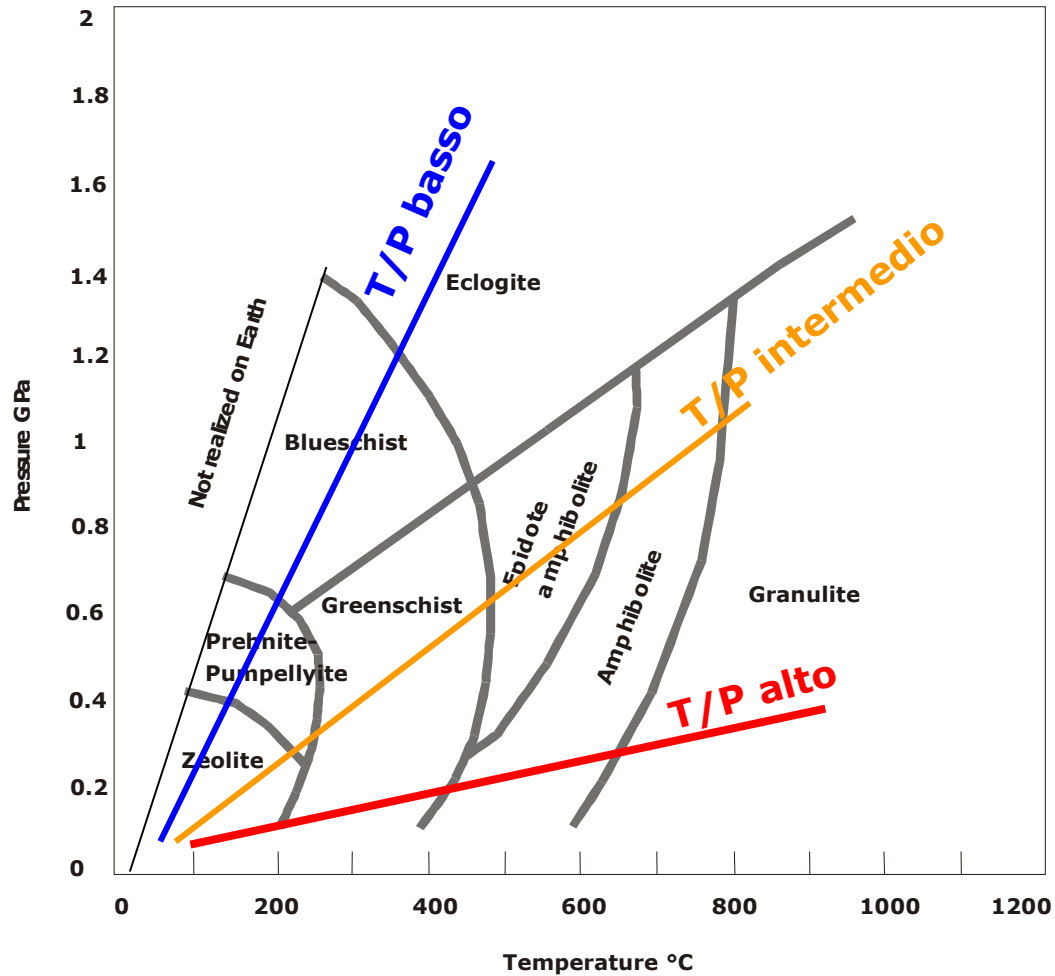


Il campo pressione- temperatura del metamorfismo

Temperature superiori a quelle della diagenesi (>200 °C) e inferiori a quelle della fusione parziale delle rocce. Pressione e temperatura definiscono il GRADO metamorfico



Gradi metamorfici



Fattori del metamorfismo

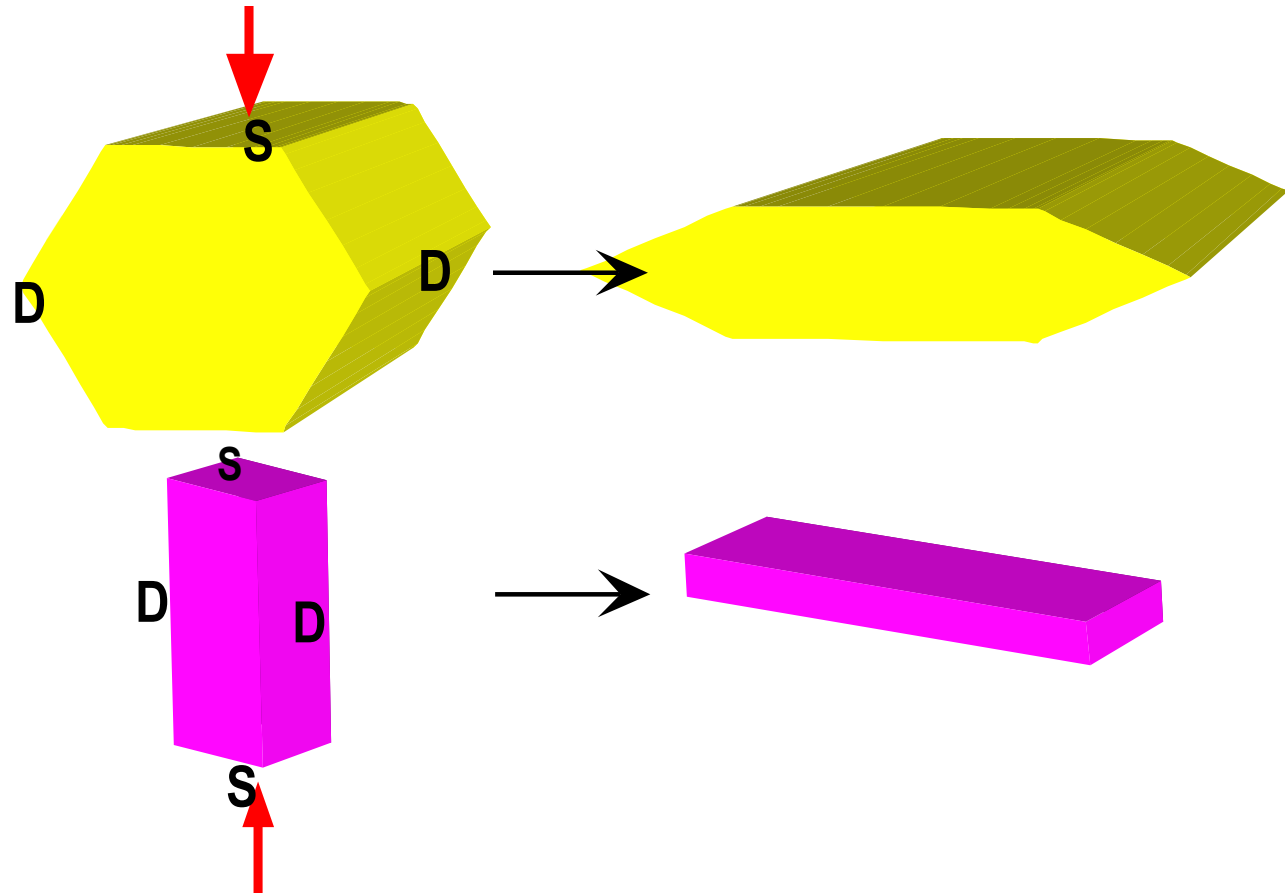
2. Deformazione

Effetti della Pressione Orientata sui minerali

- I cristalli tendono ad appiattirsi

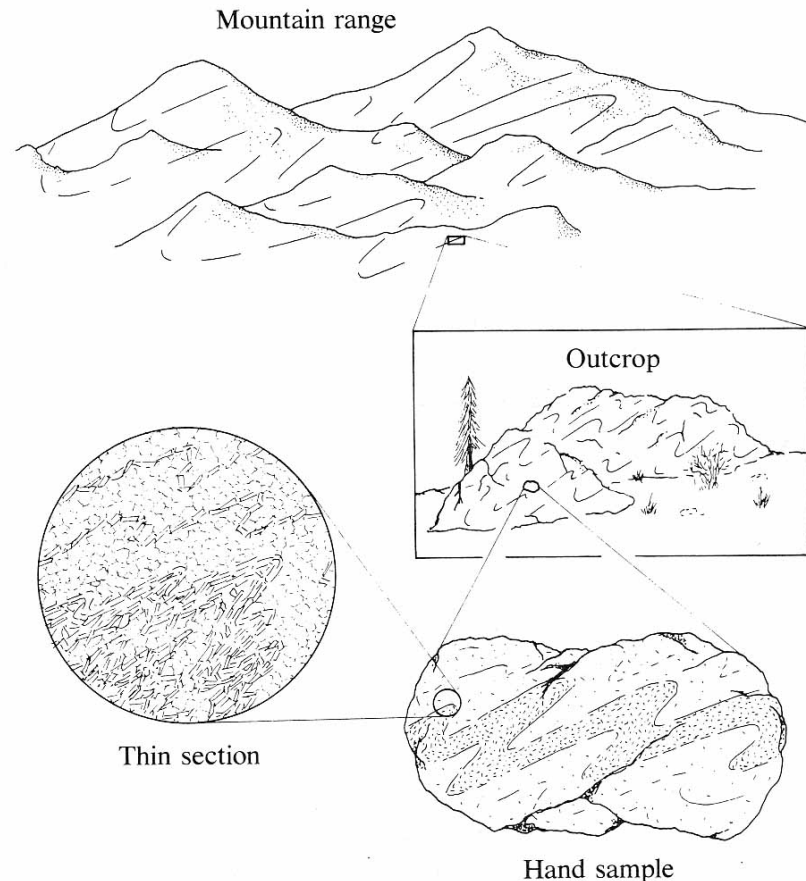
(la maggiore energia libera, presente nelle aree (S) sottoposte a maggior pressione, ne facilita la dissoluzione; il materiale viene depositato in quelle (D) in cui la pressione è minore)

- L'asse maggiore si dispone in un piano perpendicolare alla direzione di massima intensità della pressione orientata.



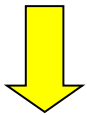
Deformazione o meno determinano la **struttura** di una roccia metamorfica

Per **struttura** si intende l'organizzazione di parti di un volume di roccia, incluse le relazioni geometriche tra le varie parti, le forme e le caratteristiche interne alle varie parti. Il termine struttura si applica sia a corpi deformati che indeformati ed è indipendente dalla scala: si usano i prefissi micro, meso e macro per indicare la scala di riferimento.



La ricristallizzazione di una roccia metamorfica può essere essenzialmente di due tipi:

La ricristallizzazione dell'aggregato si sviluppa sotto l'effetto della sola pressione litostatica



Tessitura granoblastica

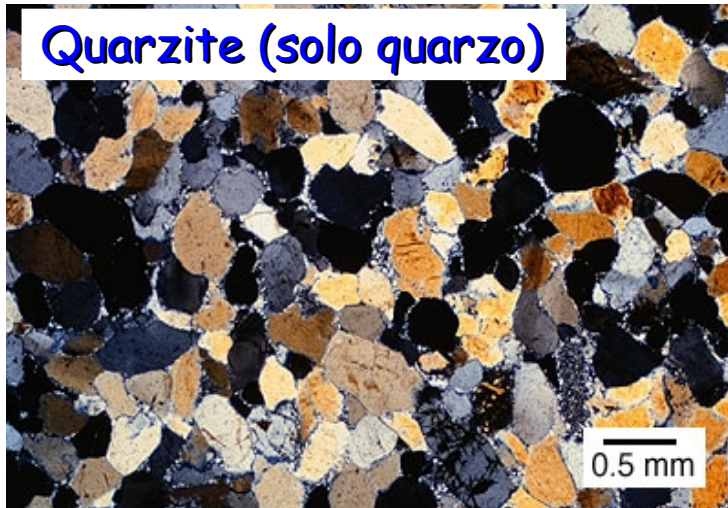
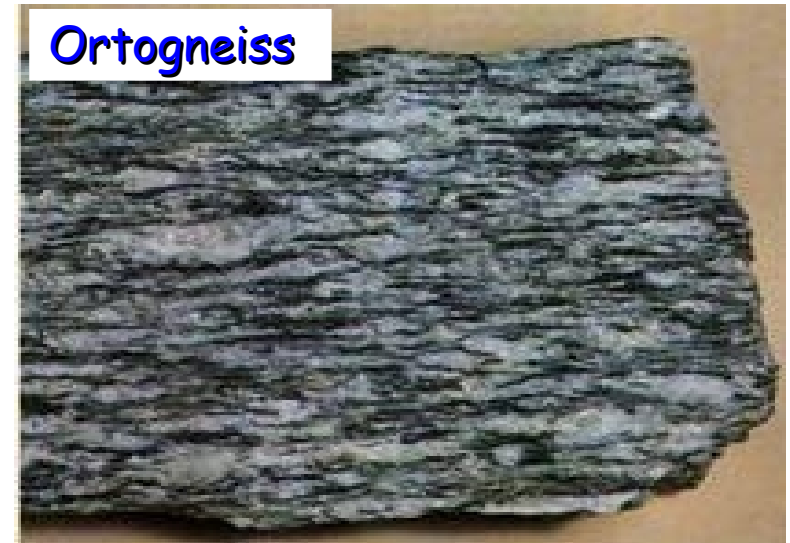


Foto di sezione sottile, con polarizzatore
Cristalli non orientati con giunti tripli a 120° (tensione sup. uguale su tutte le facce)

La ricristallizzazione dell'aggregato si sviluppa sotto l'effetto della pressione litostatica e di quella orientata



Tessitura gneissica, foliata, scistosa



Foliazione. Struttura planare che si presenta in modo ripetitivo in una roccia. Alcuni esempi di foliazione:

Layering regolare a scala centimetrica e millimetrica

Orientazione preferenziale planare di minerali tabulari e/o di forma allungata

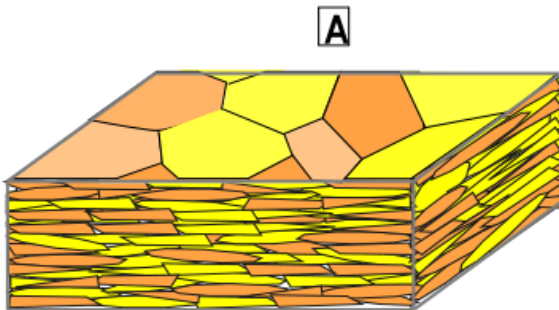
Orientazione preferenziale planare di minerali lenticolari (shape preferred orientation)

Scistosità. Un tipo di foliazione costituita da granuli a grana relativamente grossa con orientazione preferenziale. Normalmente nelle rocce fillosilicatiche al posto del termine scistosità si usa il termine clivaggio ardesiaco (slaty cleavage) per indicare una struttura costituita dall'isorientazione di granuli di taglia finissima difficilmente distinguibili a occhio nudo.

Clivaggio (cleavage). Un tipo di foliazione che consiste di un set di superfici parallelele fittamente spaziate tra loro lungo cui la roccia si spacca preferenzialmente (fissilità). Ci sono più tipi di clivaggio:

clivaggio ardesiaco (slaty cleavage): clivaggio costituito dall'isorientazione di fillosilicati a grana finissima

clivaggio di frattura: definito da un insieme di fratture finemente spaziate tra loro.

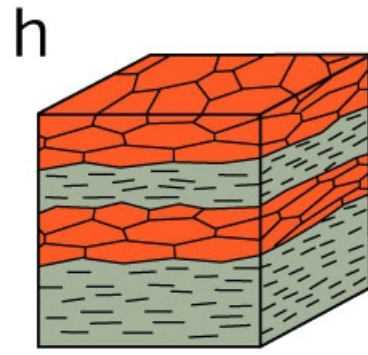
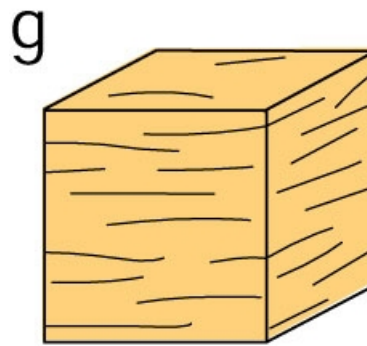
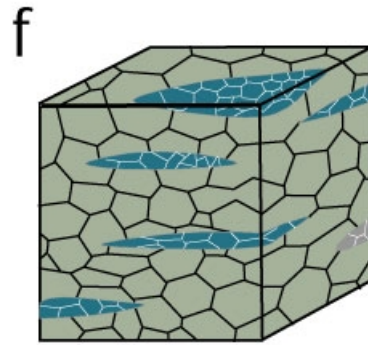
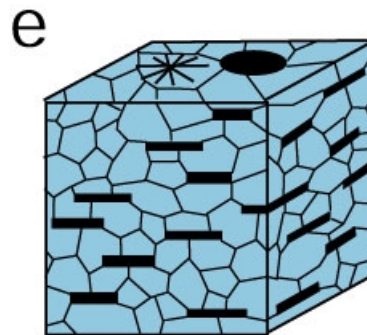
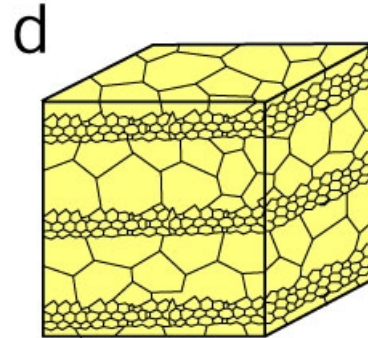
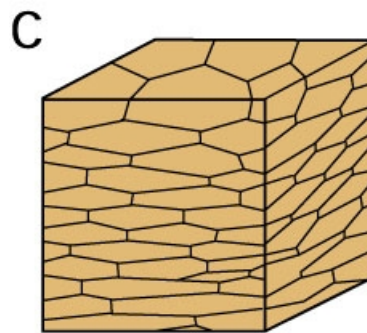
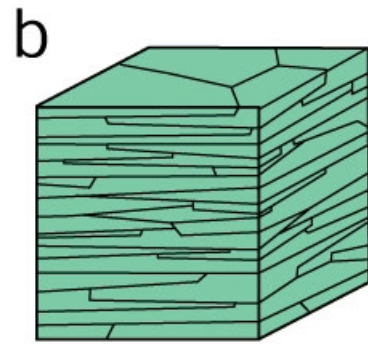
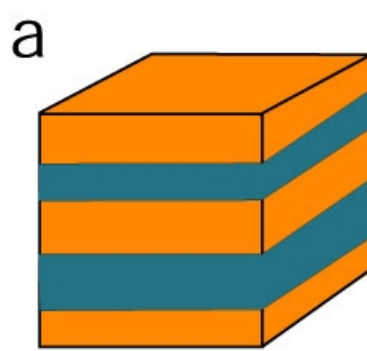


Layer (letto; espressioni equivalenti bands o bande). Parte di una sequenza di corpi paralleli e di forma tabulare. I layers sono caratterizzati da composizione mineralogica differente alternati tra loro (layering e banding). La scala può essere da millimetrica a centimetrica e può essere sia ereditato, sia di origine metamorfica (metamorphic layering). Il processo metamorfico può portare a una ridistribuzione dei granuli e/o dei componenti chimici sino a differenziare la roccia. I minerali e/o i componenti sono ridistribuiti in modo tale da creare l'anisotropia modale e/o chimica di una roccia, senza cambiarne la composizione totale

Struttura gneissica: un tipo di foliazione definita da un layering irregolare, spesso definito dall'alternanza di letti micacei e fillosilicatici e letti quarzo feldspatici; la presenza di granuli di forma lenticolare detti augen (dal tedesco: occhi) costituiti generalmente da minerali rigidi quali feldspati e quarzo; la presenza di minerali orientati a grana relativamente grossa. Talora l'isoorientazione dei minerali non è particolarmente marcata. Tipica di rocce metamorfiche di grado medio-alto derivanti da protoliti granitoidi (**ORTOGNEISS**) o protoliti sedimentari (**PARAGNEISS**)

Types of foliations

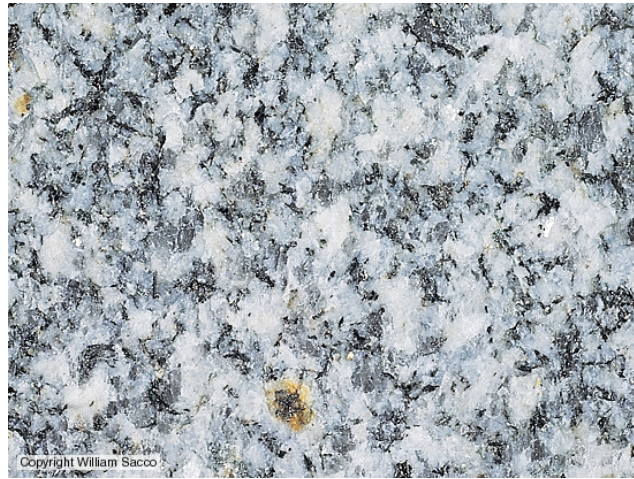
- a.** Compositional layering
- b.** Preferred orientation of platy minerals
- c.** Shape of deformed grains
- d.** Grain size variation
- e.** Preferred orientation of platy minerals in a matrix without preferred orientation
- f.** Preferred orientation of lenticular mineral aggregates
- g.** Preferred orientation of fractures
- h.** Combinations of the above



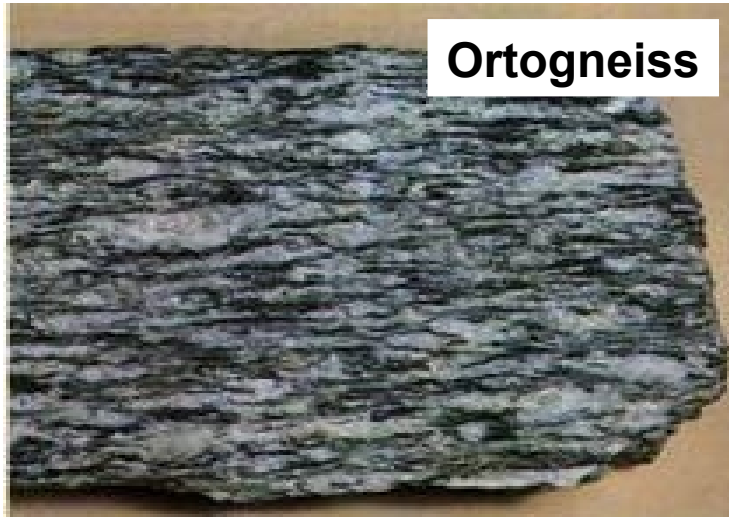
Tessiture orientate delle rocce metamorfiche

Sono il risultato di una **ricristallizzazione dinamica** (con pressioni orientate), per cui i minerali nelle rocce si dispongono lungo andamenti planari

Esempio: la ricristallizzazione dinamica di un granito potrebbe generare uno gneiss, con una foliazione molto sviluppata.



TESSITURE DELLE ROCCE METAMORFICHE



Ortogneiss

Tessitura foliata, gneissica



Eclogite

Tessitura granoblastica, non orientata

La classificazione delle rocce metamorfiche

Non c'è un unico principio classificativo per descrivere le rocce metamorfiche, il che comporta che tutte le rocce metamorfiche possono avere una serie di nomi perfettamente corretti e accettati. Comunque, i criteri guida per la classificazione sono la composizione mineralogica e la struttura. In aggiunta, la composizione e la natura del protolita sono altri importanti criteri classificativi. Esiste quindi una serie di nomi speciali.

I nomi delle rocce metamorfiche consistono di una radice e di una serie di caratteristiche aggiuntive (opzionali). La radice può essere un nome speciale (e.g. anfibolite), o un nome che descrive la struttura della roccia (e.g. gneiss). La radice generalmente sottintende alcuni minerali dominanti nella roccia (plagioclasio e anfibolo nell'anfibolite; feldspati e quarzo nello gneiss). La roccia può quindi essere classificata aggiungendo alcune caratteristiche, che possono specificare alcune importanti peculiarità strutturali o mineralogiche (anfibolite a granato ed epidoto a bande; paragneiss a granato e staurolite; eclogite a cianite; eclogite milonitica; metagabbro a cloritoide etc.)

Nomi definiti su base strutturale

Gneiss: roccia metamorfica con struttura gneissica. Usato prevalentemente per rocce che contengono abbondante feldspato e quarzo, che possono mostrare occhi di feldspato (es gneiss a biotite e granato; ortogneiss; gneiss migmatitico; gneiss a bande);

Scisto: una roccia metamorfica che mostra una scistosità pervasiva e ben sviluppata definita dall'orientazione di numerosi minerali quali fillosilicati, anfiboli (Fig. 3). Per le rocce ricche in fillosilicati, il termine scisto è applicato alle rocce a grana relativamente grossa, mentre le rocce a grana più fine sono nominate ardesie (slates) o falliti (phyllites). Il termine scisto è anche usato per rocce con una struttura lineare dominante. Esempi: scisto femico; scisto cloritico-attinolitico a epidoto (scisto verde, greenschist); micascisto; scisto a granato e biotite; micascisto calcareo; scisto ad antigorite (serpentinite); scisto a talco e cianite (scisto bianco, whiteschist).

Slate (ardesia): scisto a grana finissima di basso grado, dominato da fillosilicati associati a quarzo e/o carbonato lenticolari, con clivaggio ardesiaco.

Fillite (phyllite): roccia a grana fine di basso grado metamorfico con una scistosità pervasiva definita dall'isoorientazione di fillosilicati (Fig 3).

Granofels: roccia isotropa (senza orientazione preferenziale) che non mostra effetti della deformazione. Tempo fa, veniva impiegato il termine granulite, per indicare rocce isotrope a struttura granoblastica per indicare questo tipo di rocce, ma ora questo termine è impiegato per definire rocce metamorfiche di alto grado. Gli hornfels (cornubianiti) sono tipi di granofels a grana fine e compatti che si formano nelle aureole metamorfiche di contatto attorno ai corpi intrusivi.

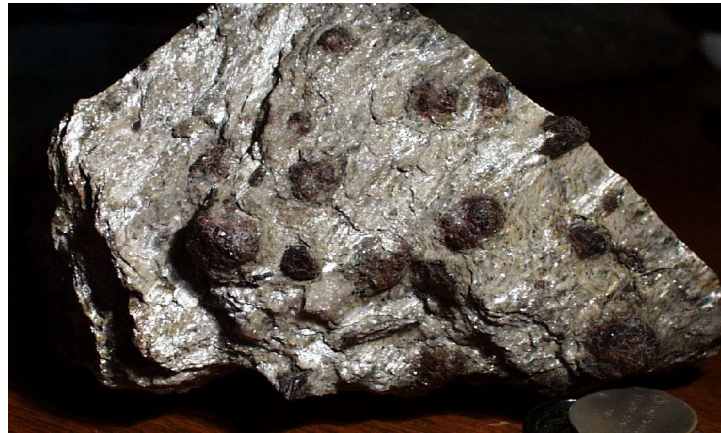


Figura 3. A: gneiss. B: scisto. C: fillite

Le trasformazioni metamorfiche

Esempio delle peliti. La **ricristallizzazione** delle peliti forma prima le ardesie (basso grado) e poi micascisti e paragneiss



pelite



ardesia



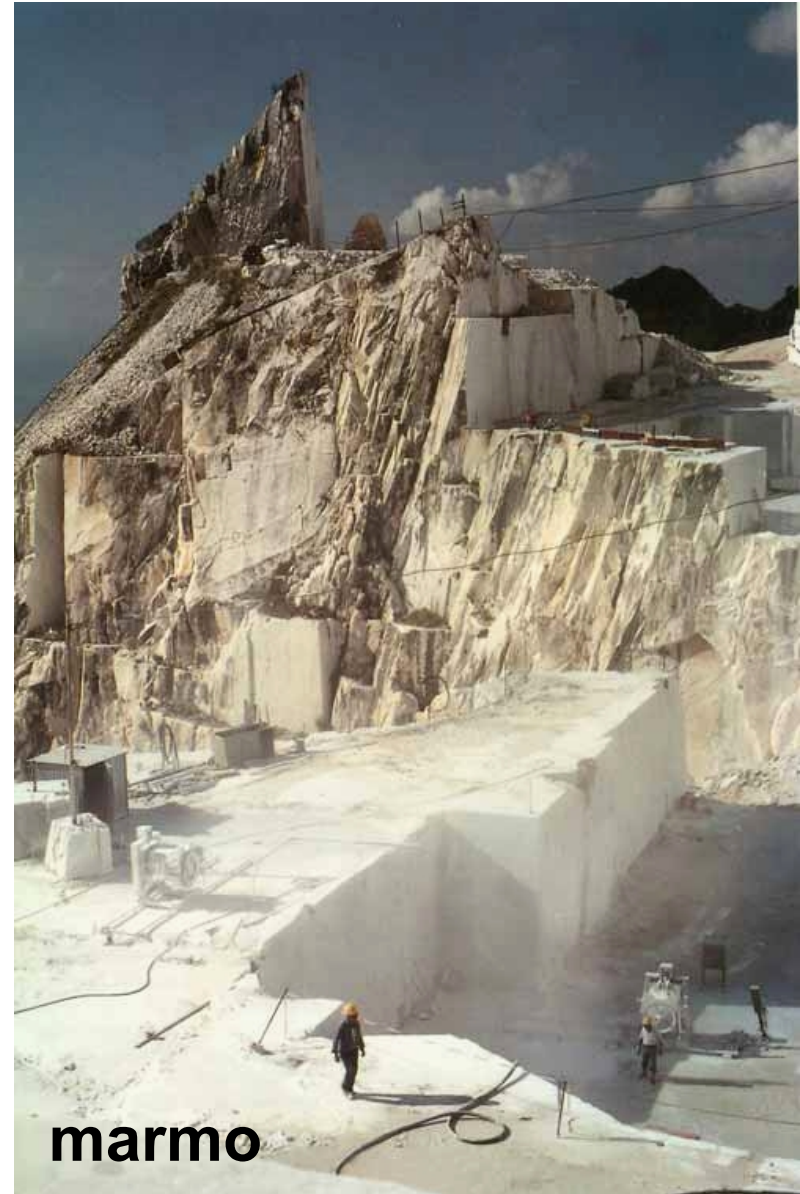
micascisto

Le trasformazioni metamorfiche

Esempio dei calcari peliti. La **ricristallizzazione** dei calcari forma i marmi



calcare



marmo

Esempio delle rocce femiche. La **ricristallizzazione metamorfica** di un gabbro forma le anfiboliti e le eclogiti

