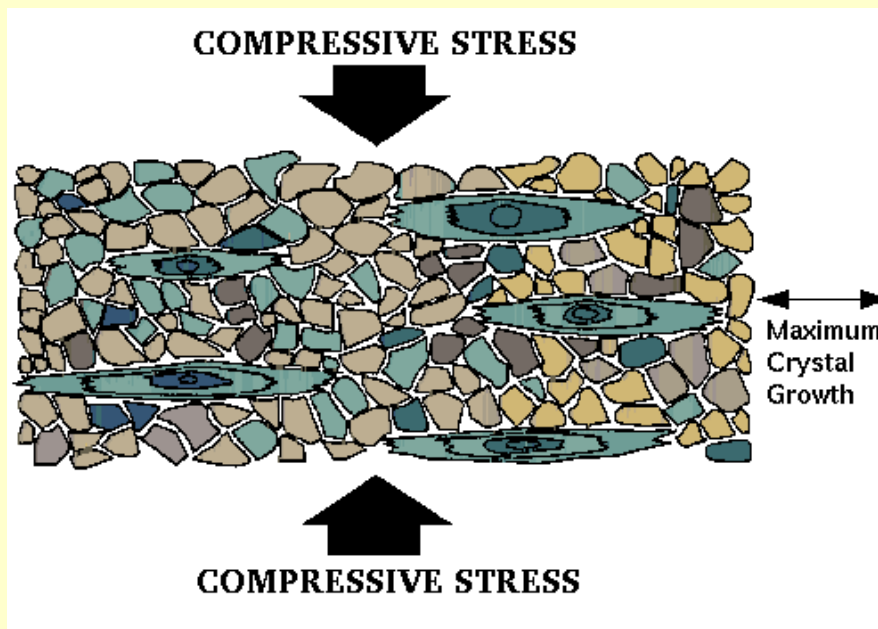


# Petrologie G3021

## 2. Úvod do metamorfních procesů



# Typy metamorfózy – genetické klasifikace

## 1) klasifikace podle převládajícího činitele

termální met. (T) - různá měřítka

dynamická met. (orientovaný tlak) – lokální, text. změny

dynamicko-termální met.

## 2) klasifikace podle geologické pozice

a) **regionální met.** – velké oblasti, L-HT/MP

### I) orogenní metamorfóza

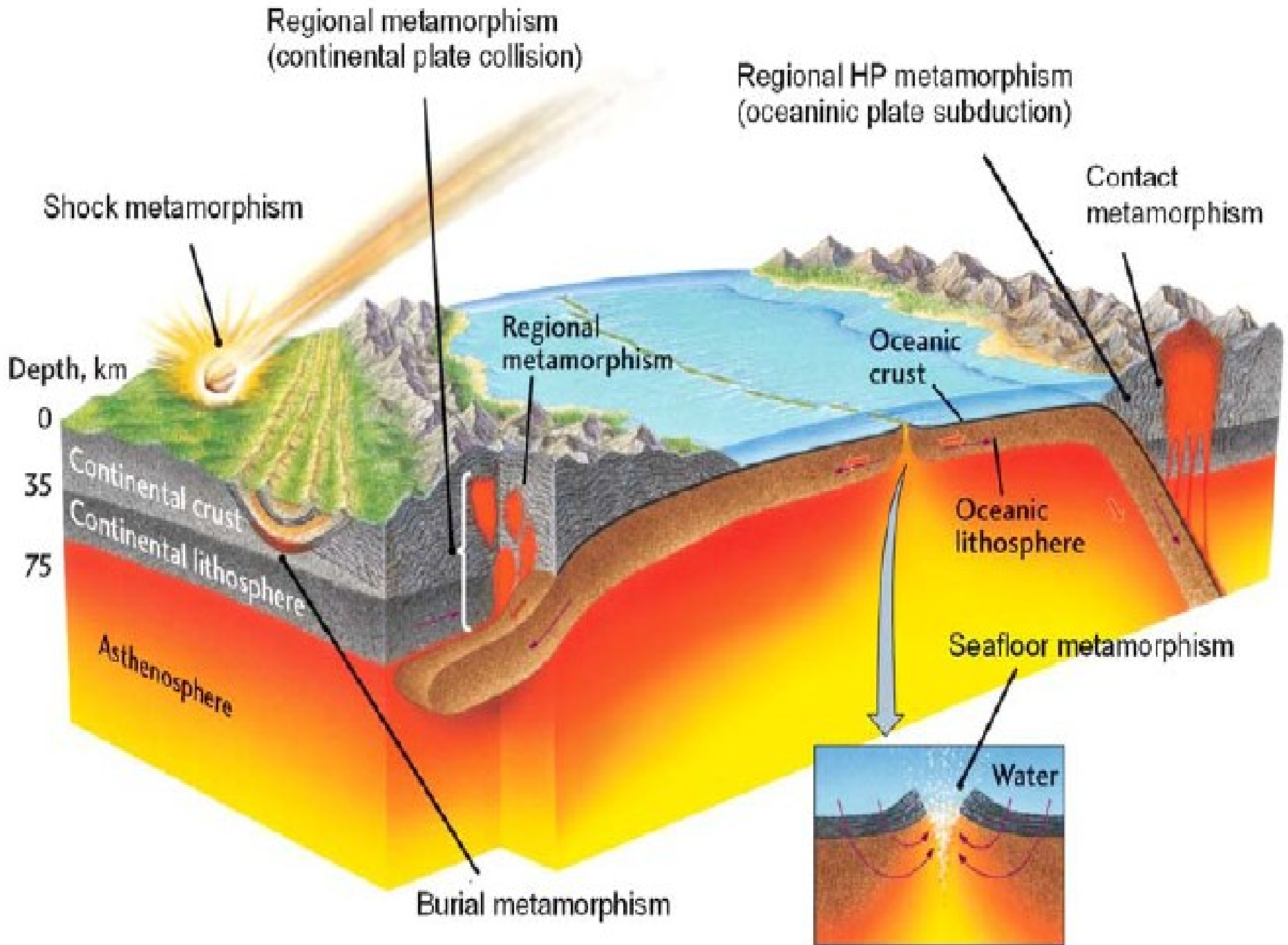
horská pásma, konvergentní hranice desek, vznikají horniny s foliací

### II) metamorfóza pohřbením

anorogenní, tlakem nadloží, sed. pánve

### III) metamorfóza oceánského dna

horká hydrotermální fluida, diverg. r., metasomatóza  
obohacení Mg-Na, ochuzení Ca-Si



# Typy metamorfózy – genetické klasifikace

## 2) klasifikace podle geologické pozice

b) lokální metamorfóza – omezený rozsah

I) kontaktní aureoly (HT/LP)

II) regionální kontaktní met. (mnohačetné intruze)

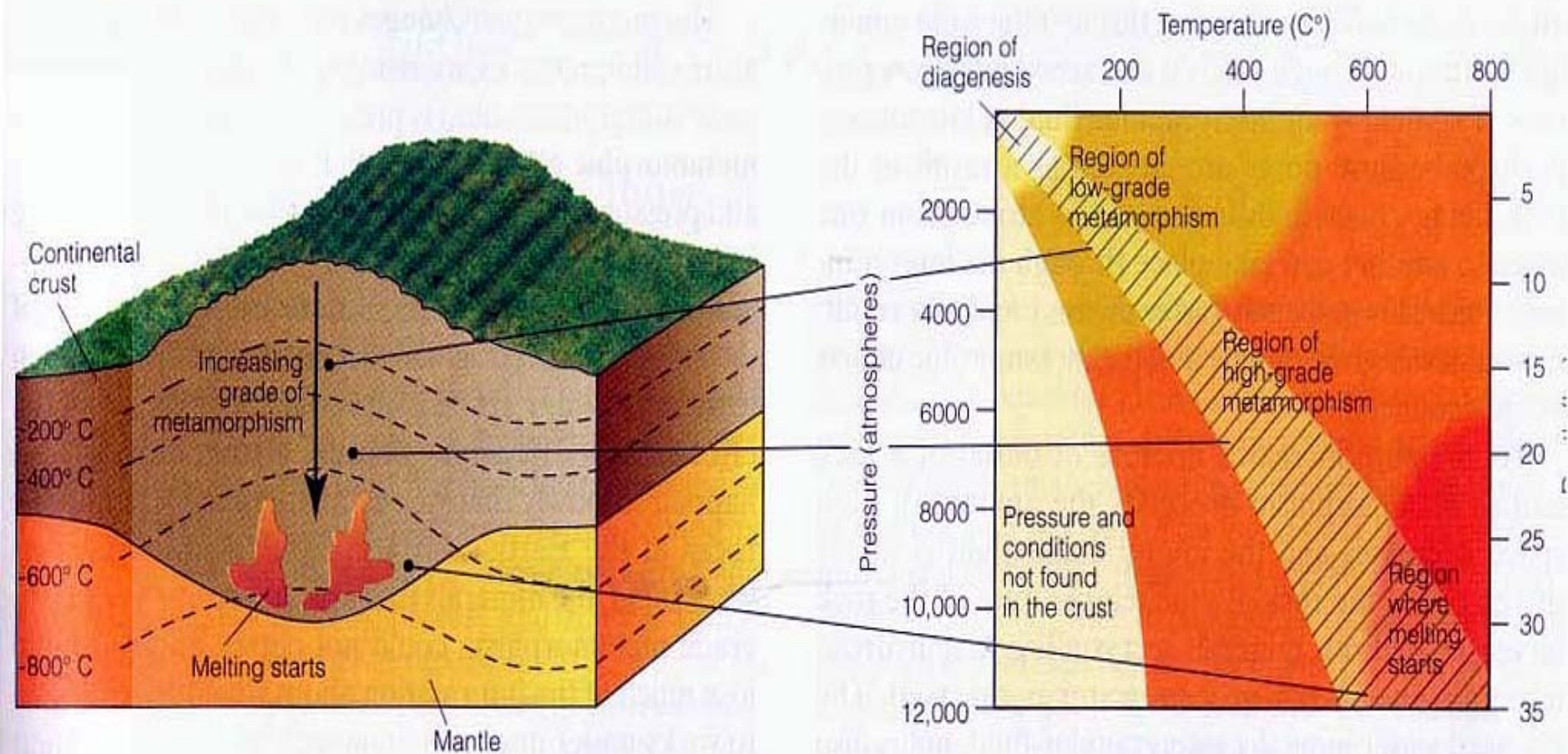
III) kataklastická metamorfóza mylonitizace

orientovaný tlak, vysoká rychlost deformace

pseudotachylity, kataklazity, mylonity, fylonity

IV) šoková met. – impaktní krátery (coesit, stishovit, suevity)

V) hydrotermální metamorfóza (horká fluida, LT/LP)

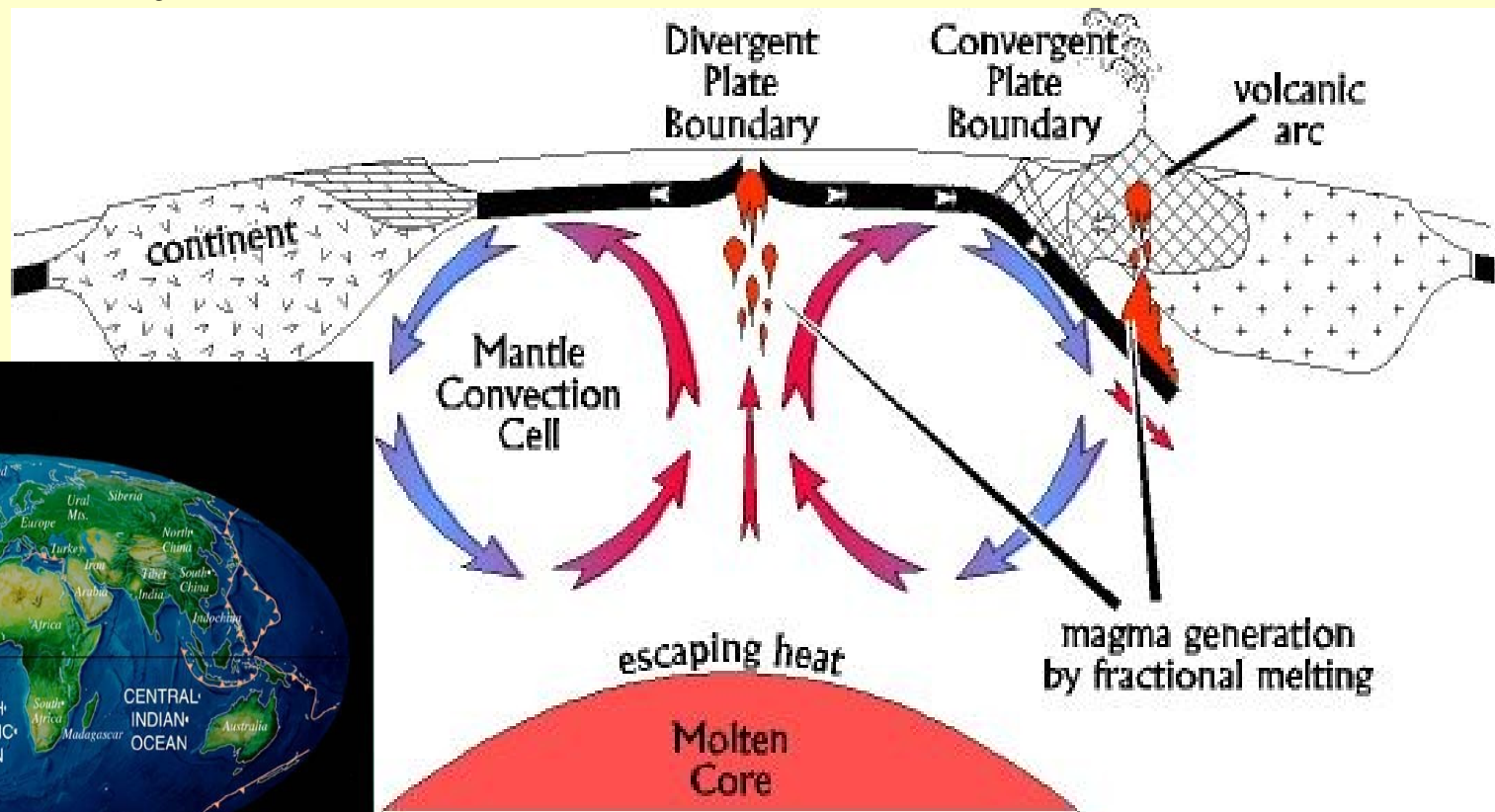


**Figure 7.1 Temperature and Pressure Conditions of Metamorphism** This diagram shows the conditions of pressure and temperature in which diagenesis, metamorphism, and melting occur. On the left is a sketch showing where in the crust metamorphism and melting occur. On the right is a plot of pressure versus temperature, with the pressure-temperature regimes of metamorphism indicated. The broad, curved band shows how pressure and temperature increase with depth through much of the continental crust. Pressure is shown along the lefthand side of the diagram, equivalent to pressure in the crust, is shown on the righthand side.



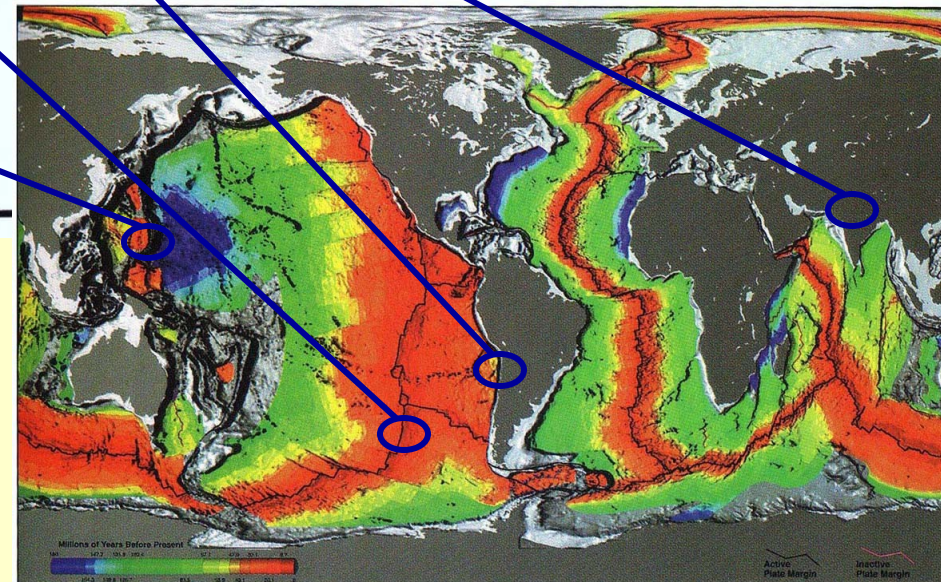
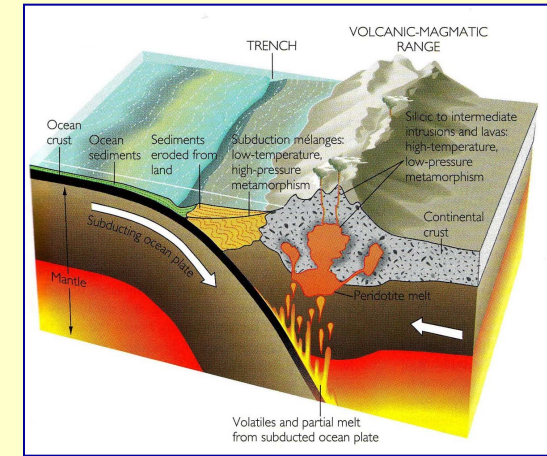
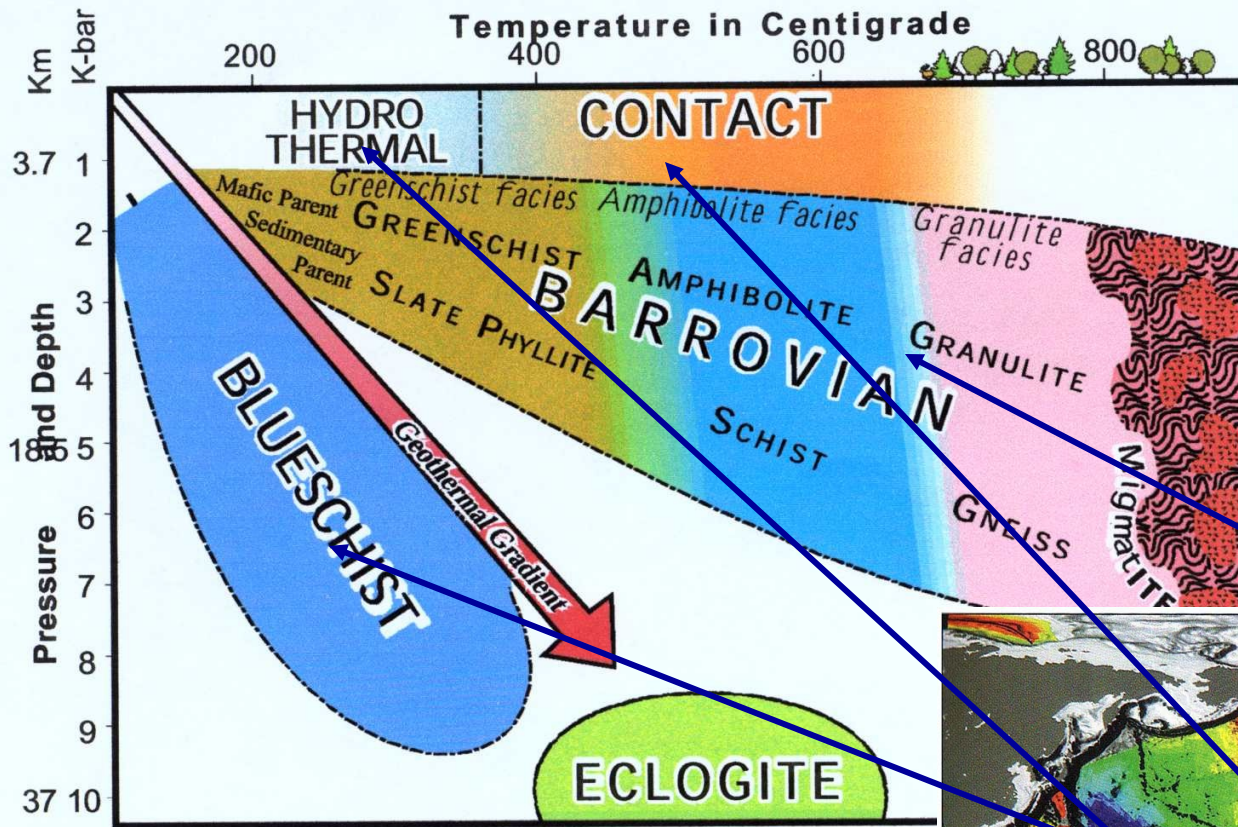
### 3) Klasifikace v kontextu deskové tektoniky

- uvnitř bloků – kontaktní metamorfóza, metamorfóza pohřbením, regionální metamorfóza na bázi kůry
- divergentní okraje – metamorfóza oceánského dna a kontaktní metamorfóza
- konvergentní okraje – orogenní (regionální) metamorfóza, kontaktní metamorfóza, kataklastická metamorfóza
- transformované okraje - kataklastická metamorfóza



# Typy metamorfózy – genetické klasifikace

## METAMORPHIC ZONES AND FACIES



metamorfní zóny a facie, typy metamorfózy (Fichter www)



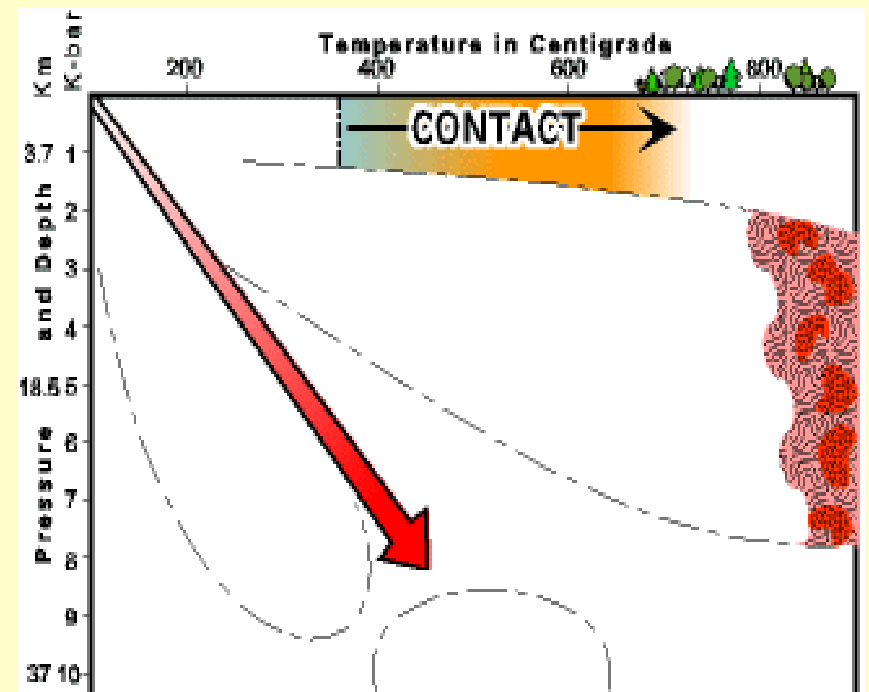
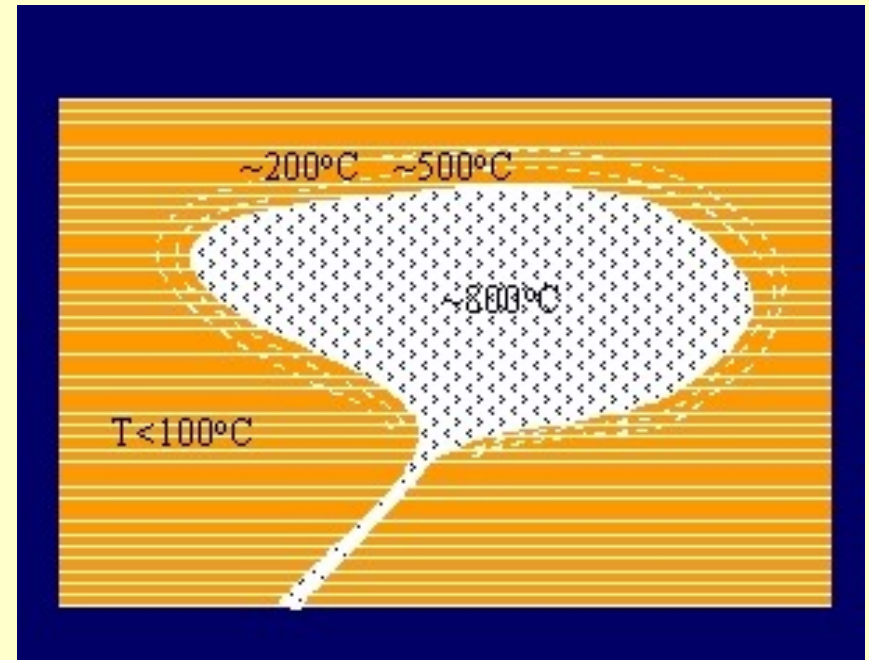
## A) kontaktní metamorfóza

- tepelné působení těles vyvřelých hornin
- účinky rychle klesají se vzdáleností od plutonu
- rozsah obvykle max. několik km
- nízký P/T (andalusit-sillimanit)

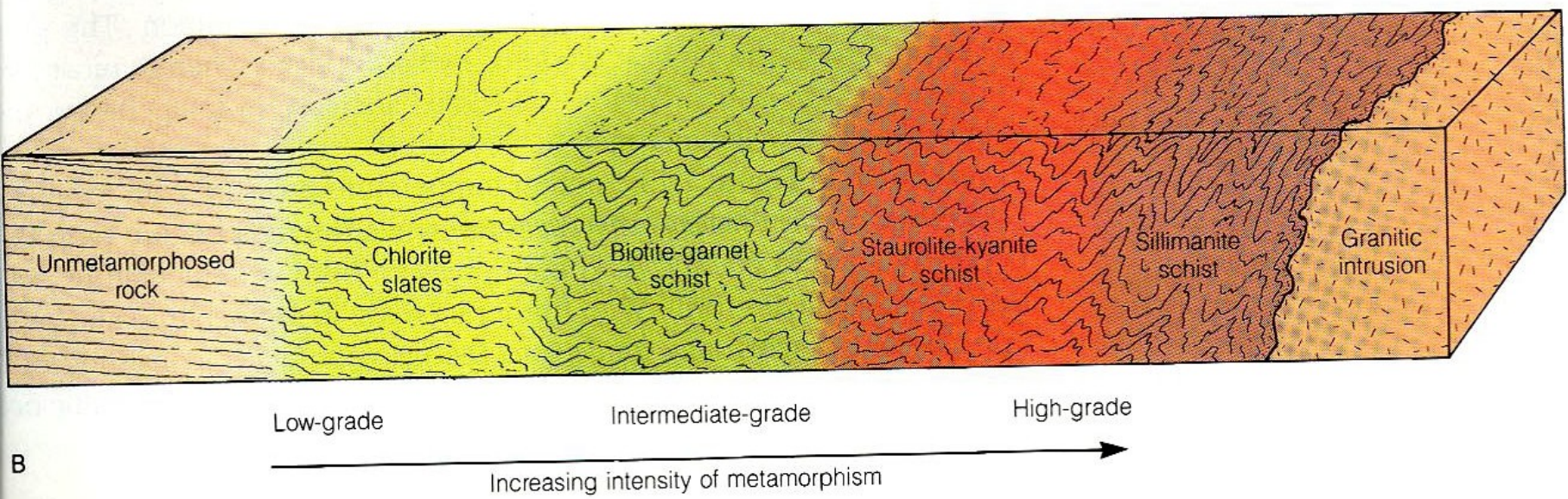
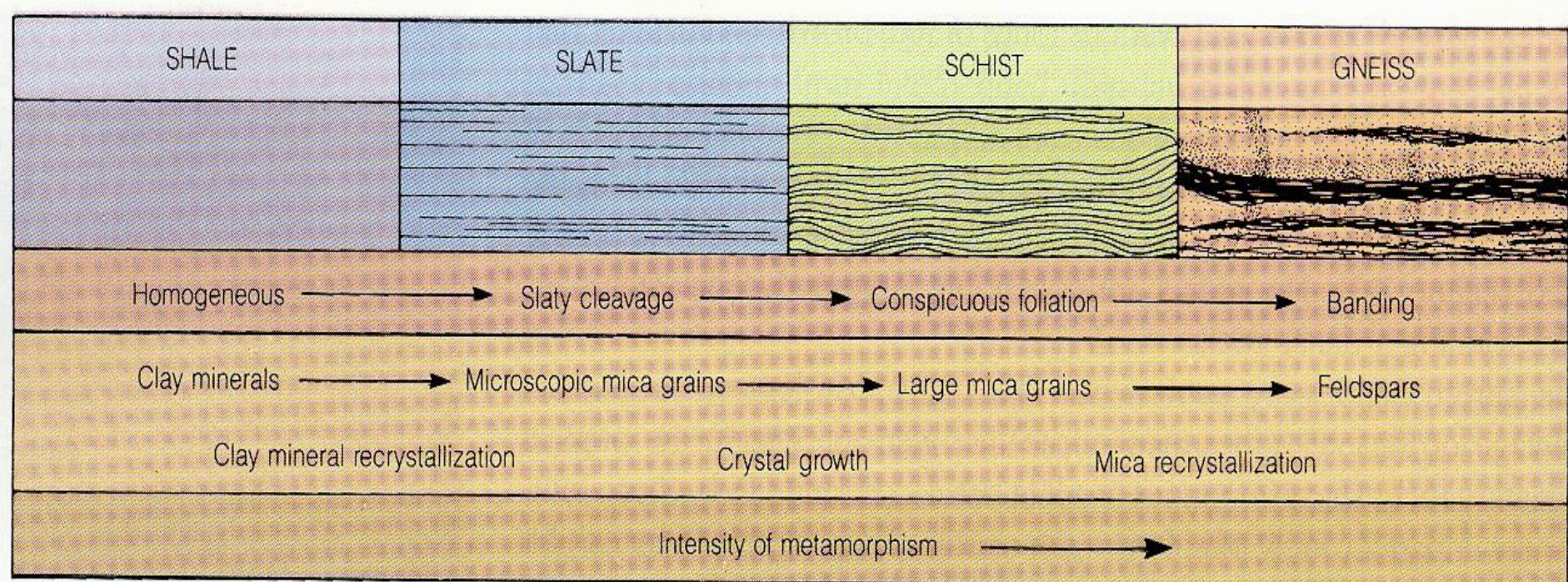
### Typické znaky:

- ✓ převládá termická složka nad kinetickou
- ✓ v úzkém sepětí s hlubinnými vyvřelinami
- ✓ výskyt cordieritu, andalusitu a dalších kontaktních minerálů
- ✓ foliace jen málo zvlněná, lineace chybí nebo je nevýrazná

*kaustická metamorfóza: hornina byla v těsném styku s efuzivní vyvřelinou, svým vzhledem připomíná keramické výrobky (vzdálenost od povrchu počítá v desítkách metrů)*

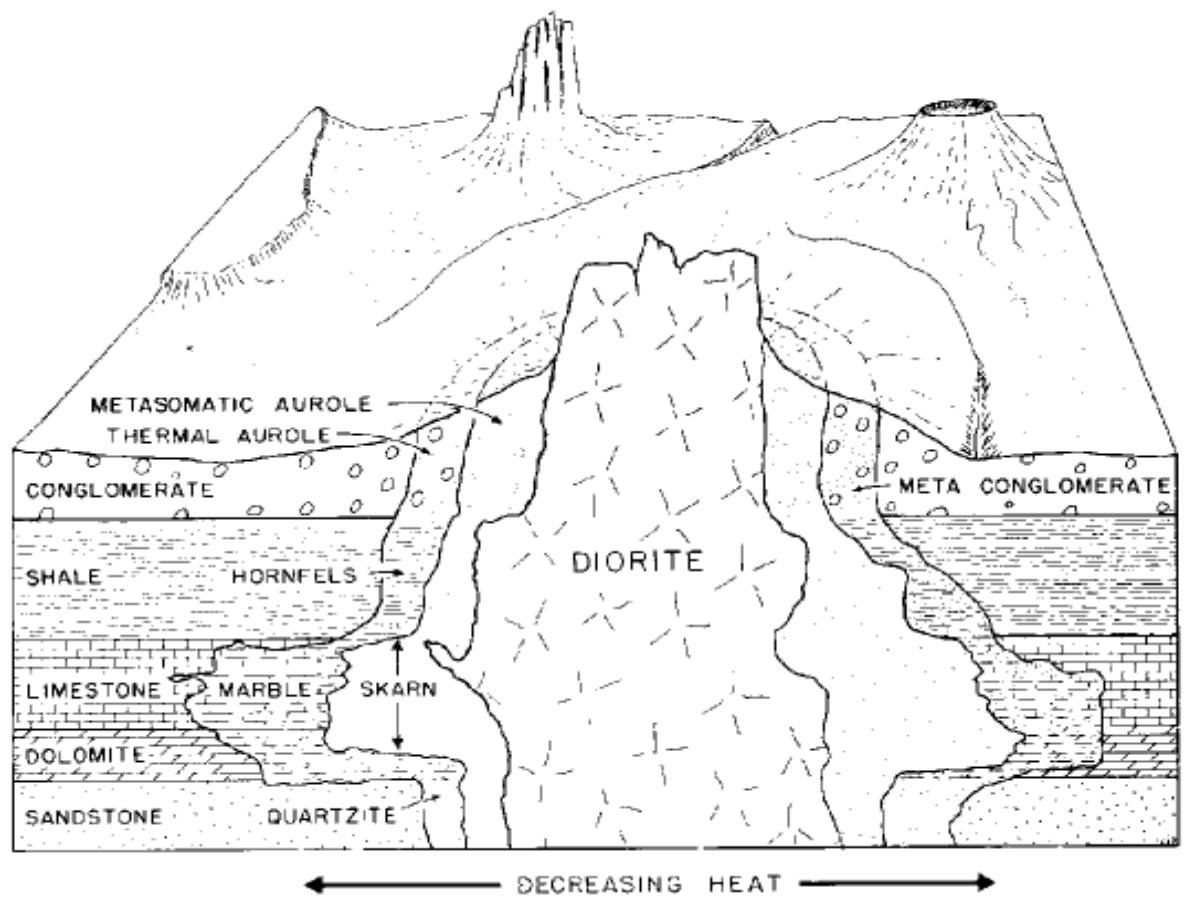
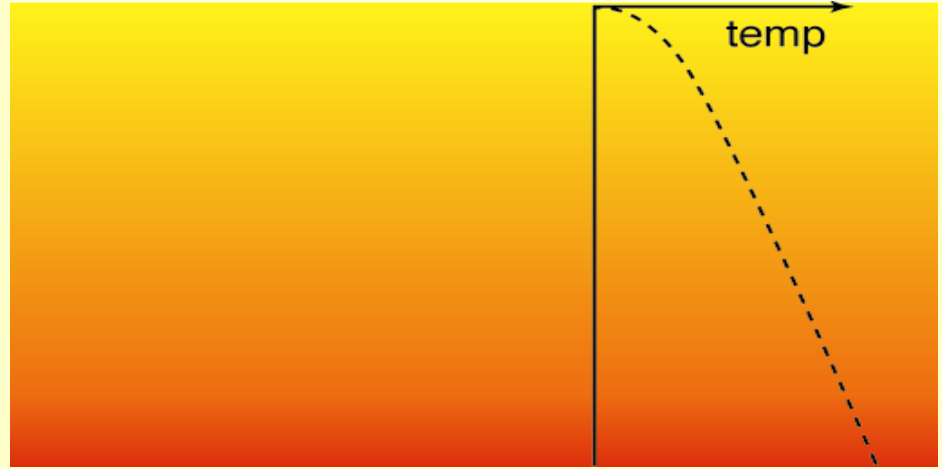
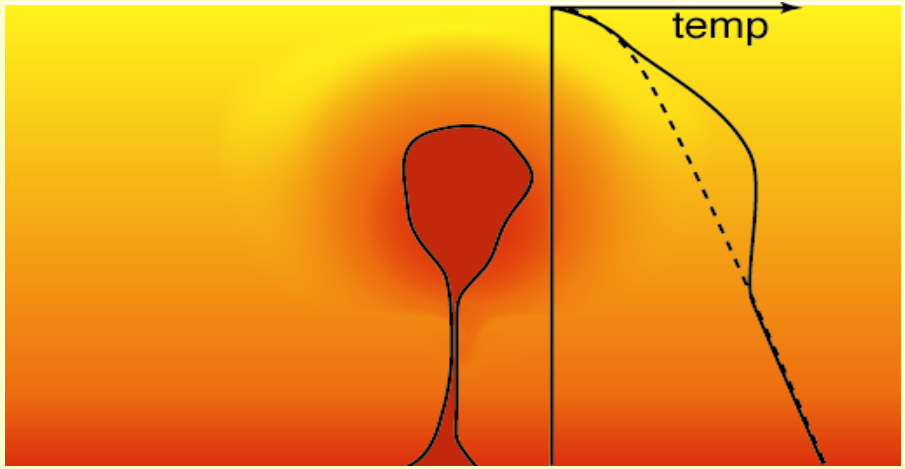






B





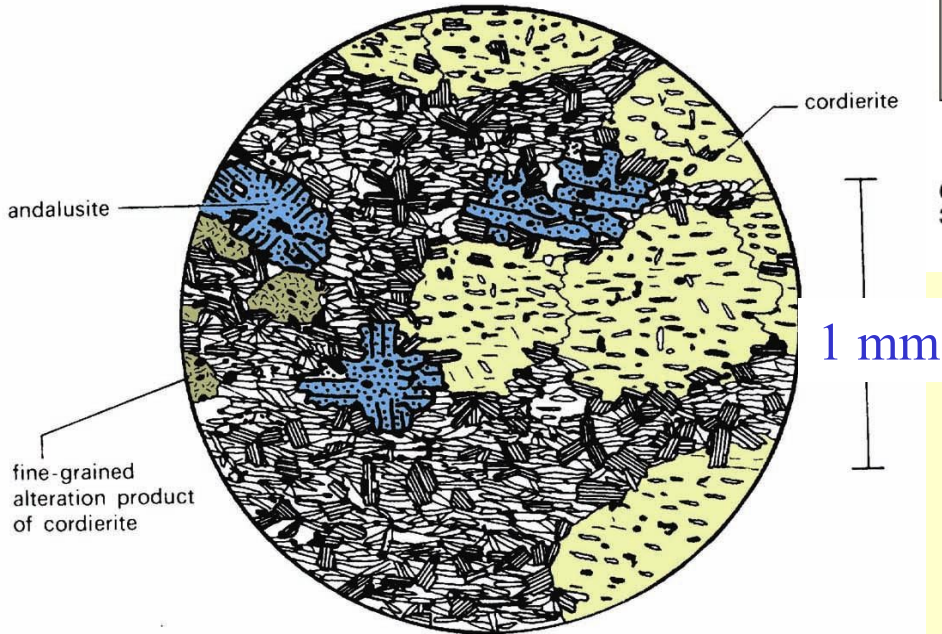
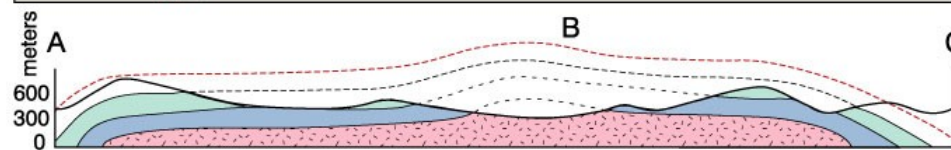
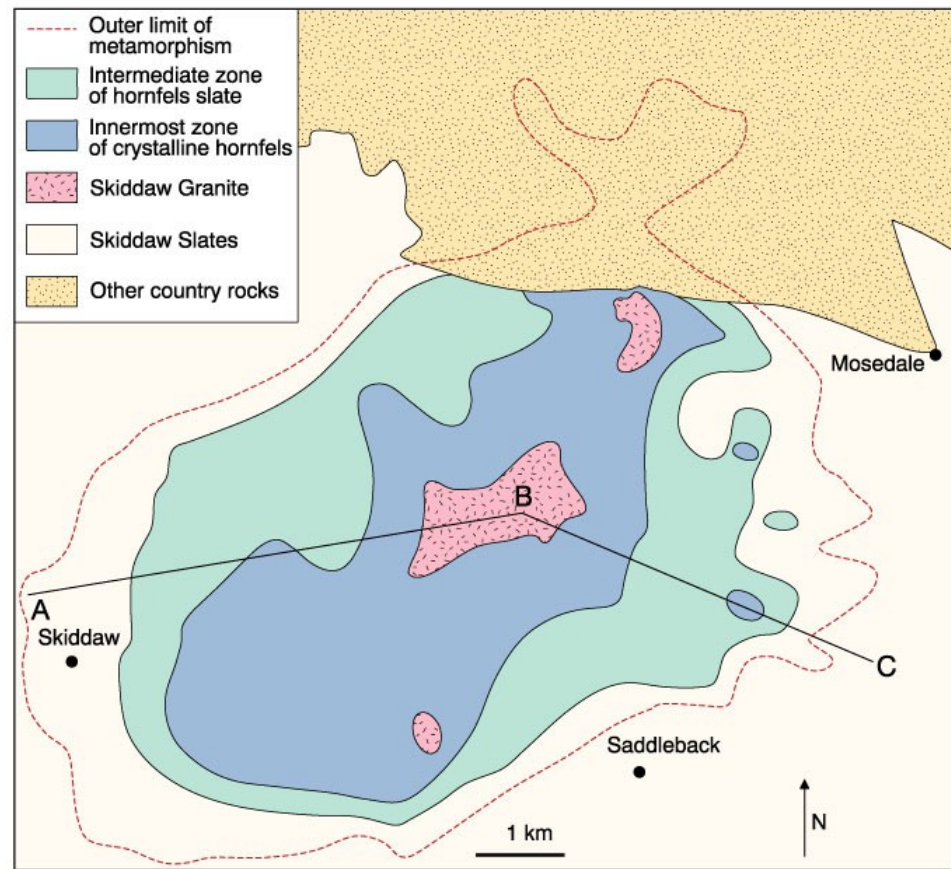
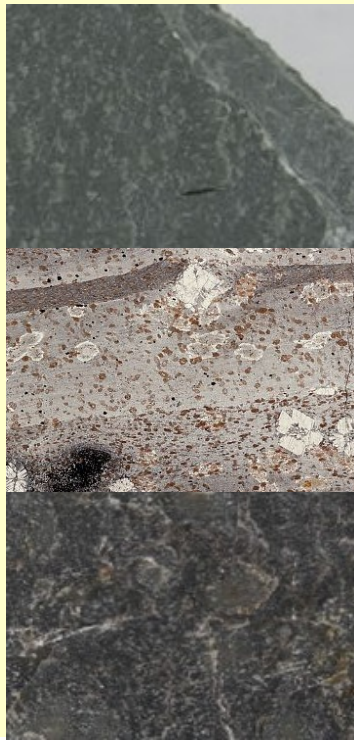
Sedimentární břidlice

Skvrnitá břidlice

Kontaktní břidlice s andalusitem

Kontaktní rohovec s andalusitem

Skiddaw granit

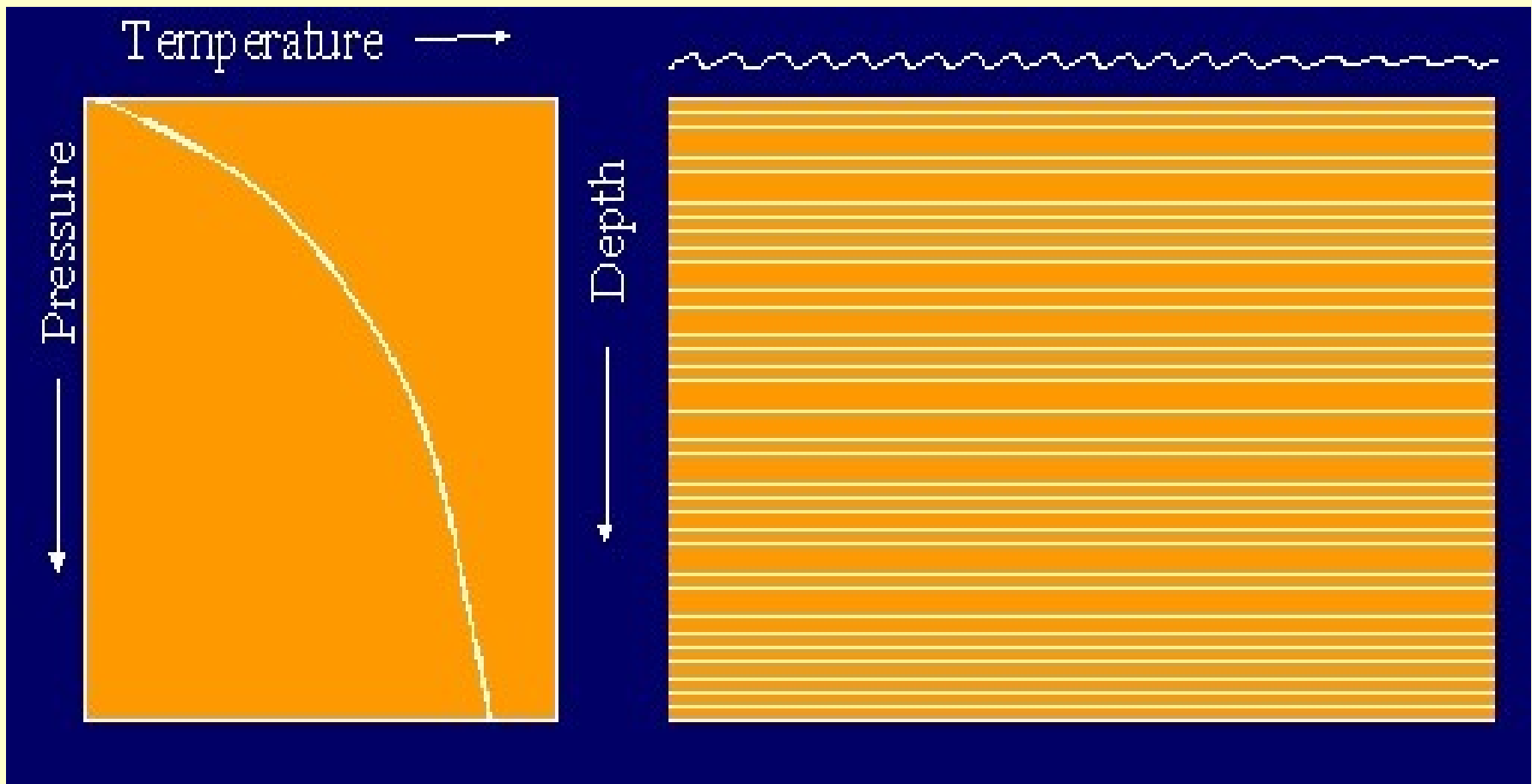


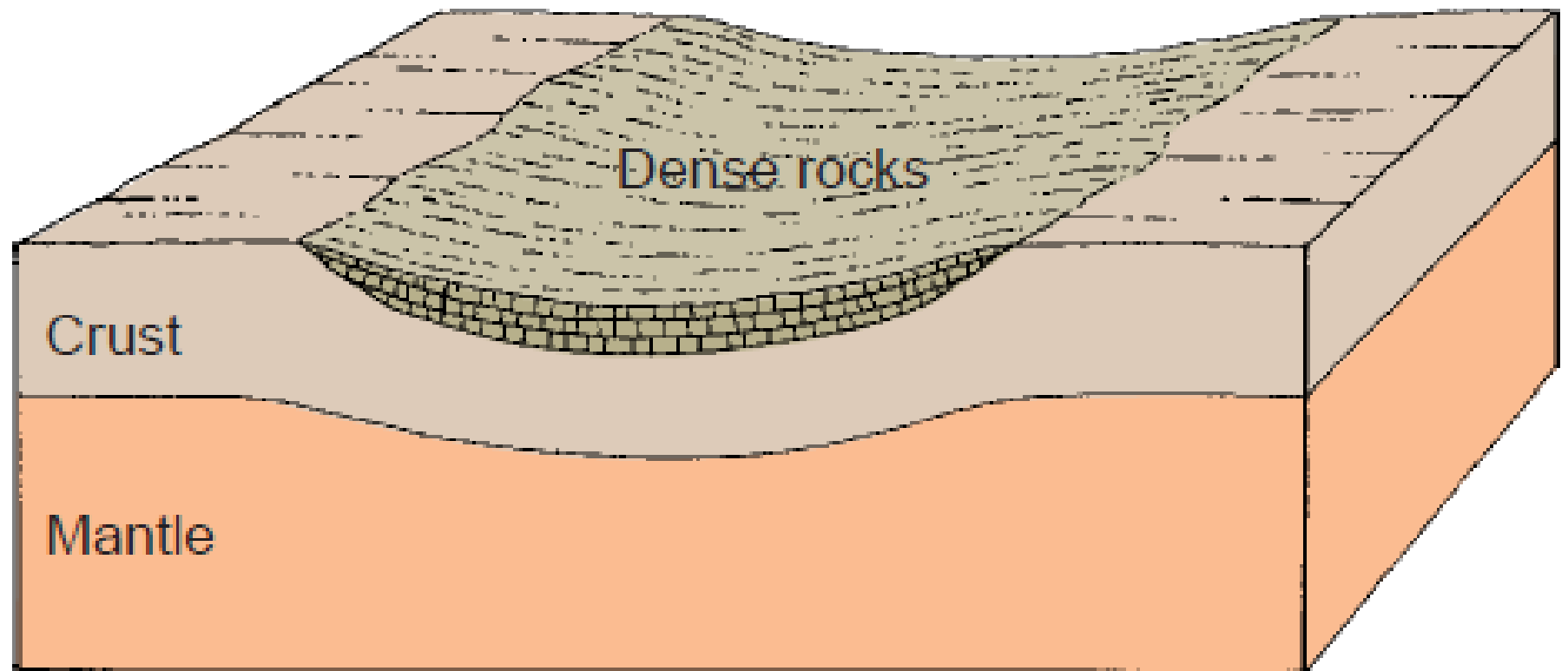
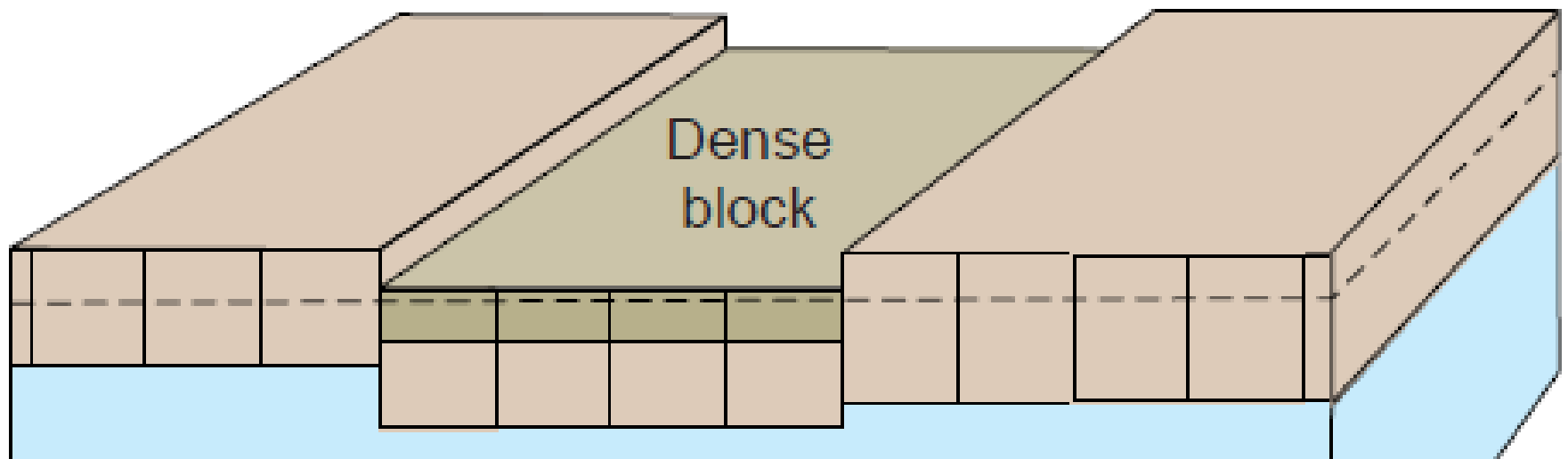
Geologic Map and cross-section of the area around the Skiddaw granite, Lake District, UK. After Eastwood et al (1968). *Geology of the Country around Cockermouth and Caldbeck*. Explanation accompanying the 1-inch Geological Sheet 23, New Series. Institute of Geological Sciences. London.



## B) metamorfóza pohřbením

- regionální
- anorogenní
- sedimentární pánve
- způsobena tlakem nadloží a hloubkou
- teploty do 300°C (granátová zóna)

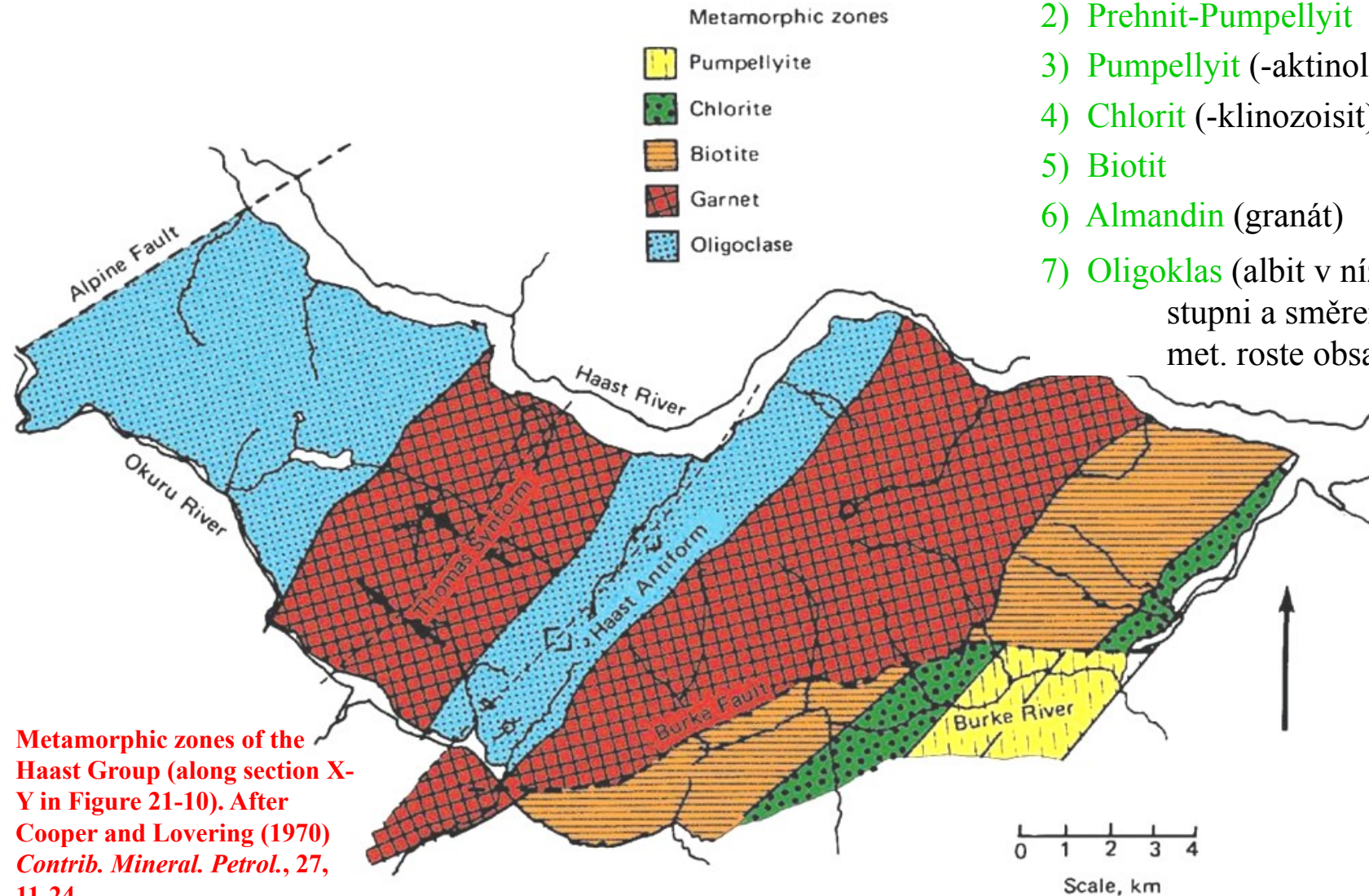




# Regionální metam. pohřbením (Burial Metamorphism)

Izogrady mapované od nejnižšího stupně:

- 1) Zeolity
- 2) Prehnit-Pumpellyit
- 3) Pumpellyit (-aktinolit)
- 4) Chlorit (-klinozoisit)
- 5) Biotit
- 6) Almandin (granát)
- 7) Oligoklas (albit v nízkém met. stupni a směrem do vyšší met. roste obsah Ca)

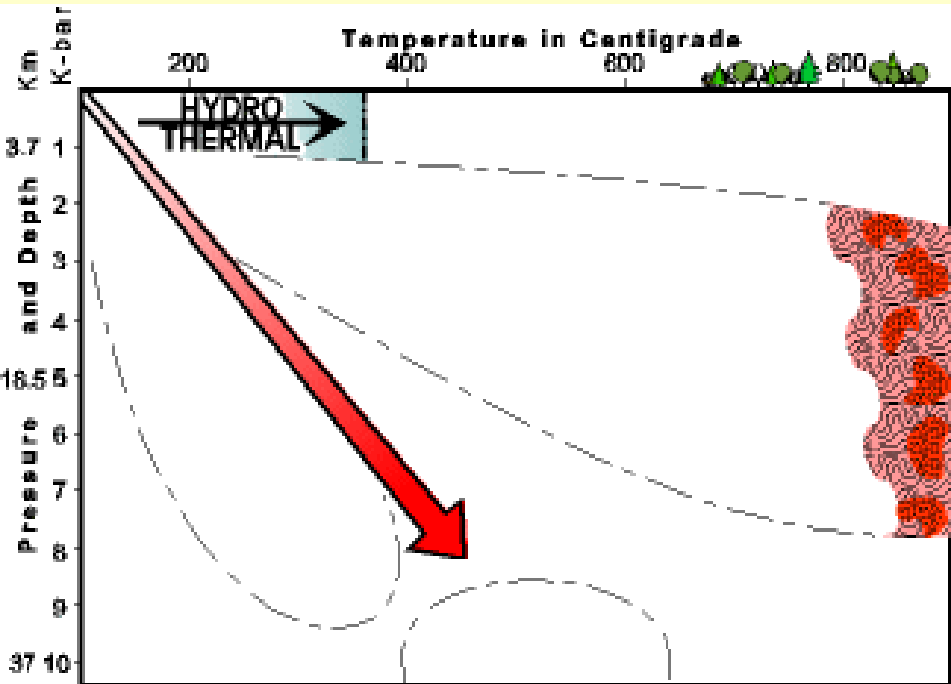
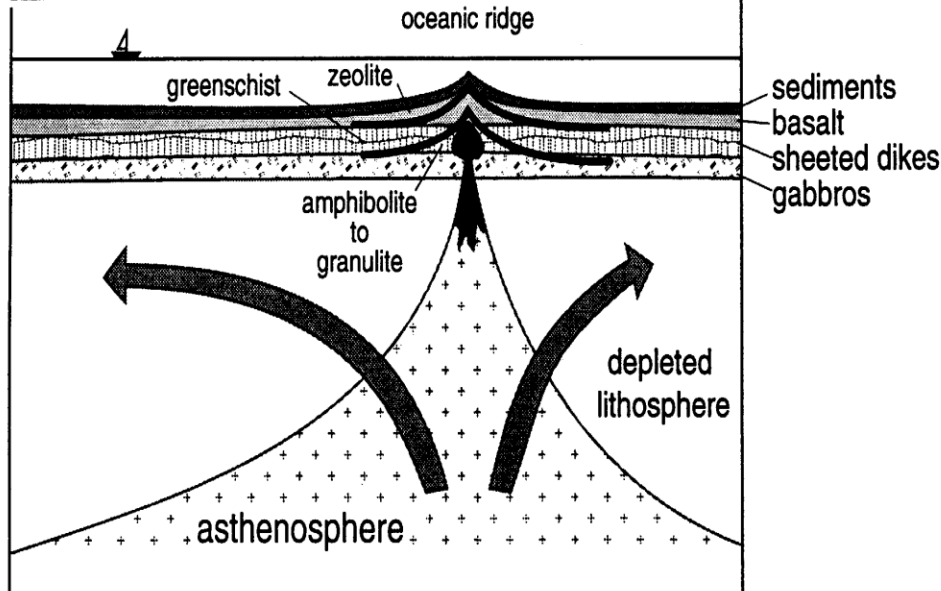
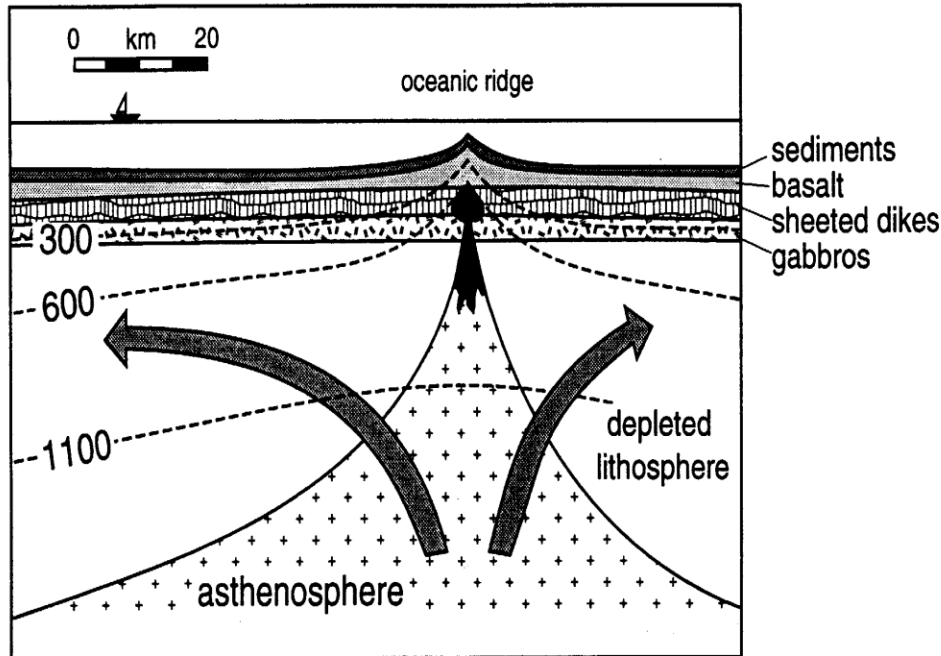




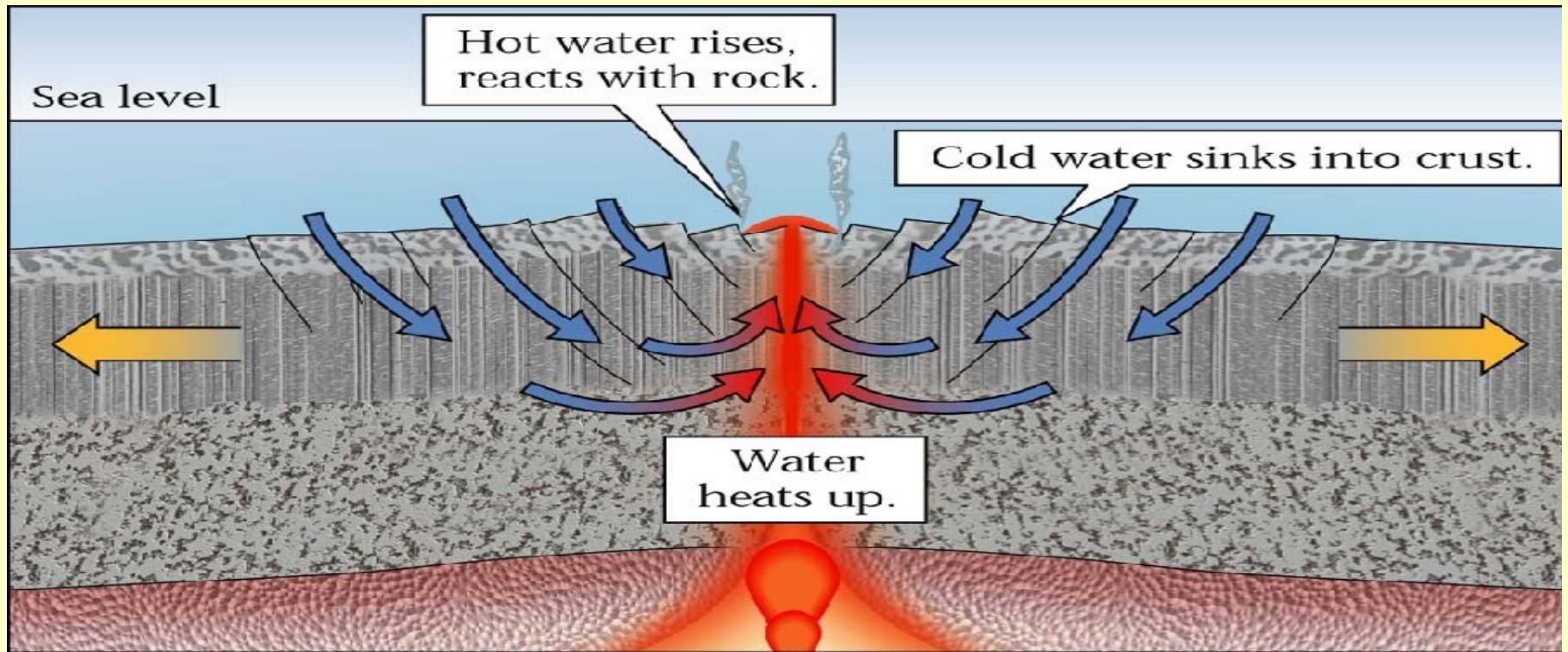
# C) metamorfóza oceánského dna

*Schematický řez středo-oceánickým hřbetem (Ernst, 1976 in Spear, 1993)*

- nízké tlaky velký rozsah teplot
- hydrotermální metamorfózy
- hlavní činitel hydrotermální fluida
- reakce mezi bazaltem a mořskou vodou

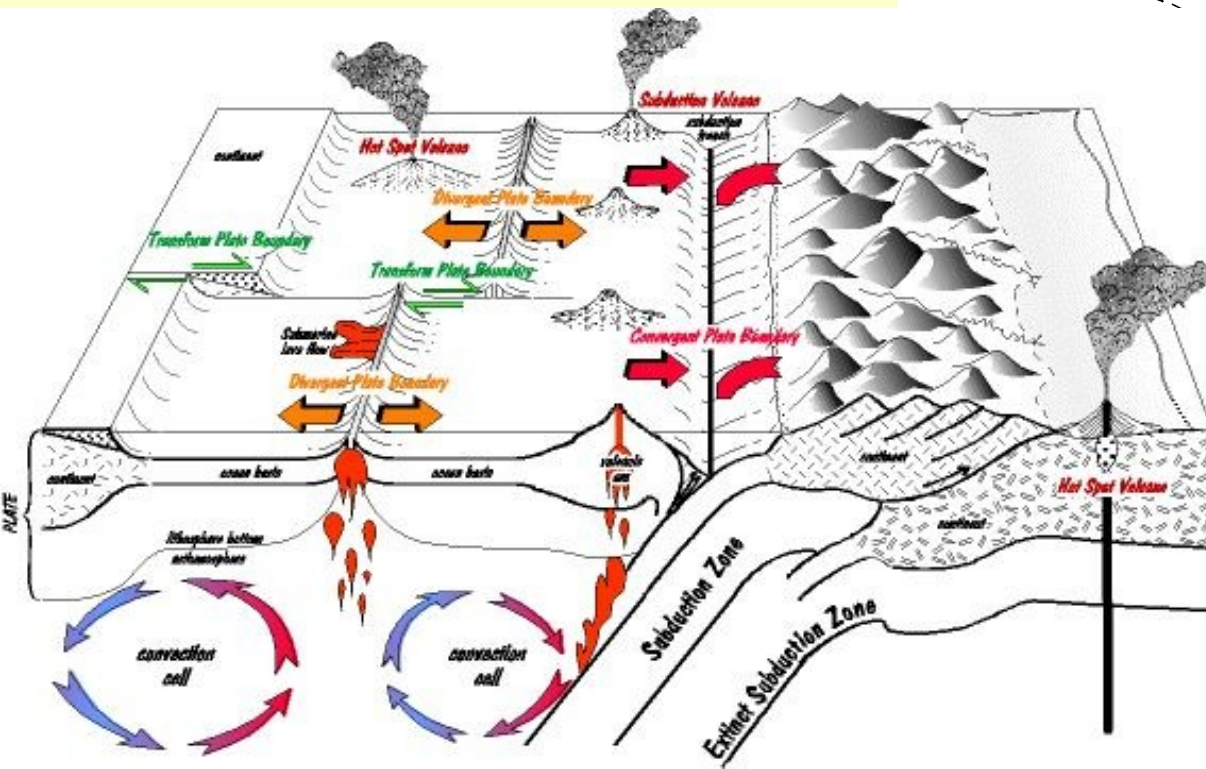
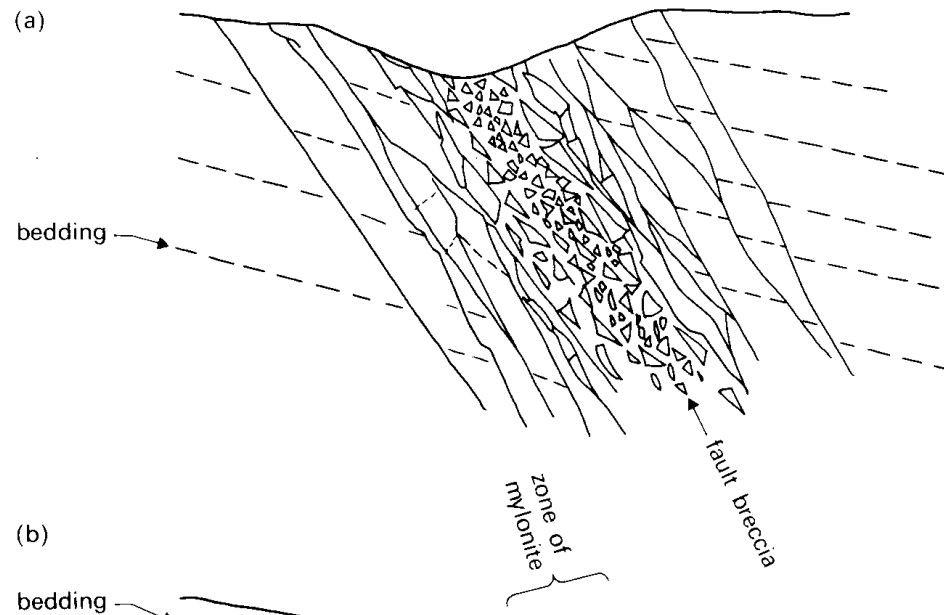


- metamorfované horniny jsou výrazně postiženy metasomatickými alteracemi
- odnášeno Ca a Si a roste obsah Mg a Na
- metamorfózou vznikají chloritem bohaté horniny s vysokým obsahem Mg a nízkým Ca



## D) transformované okraje

- na transformních zlomech
- kataklastická metamorfóza a mylonitizace
- vysoký orientovaný tlak
- ± teplota, až tavení - pseudotachylity
- LT křehké - kataklazity;
- HT plastické - mylonity;



- (a) Malá hloubky - tektonická brekcie
- (b) Hlouběji - mylonit



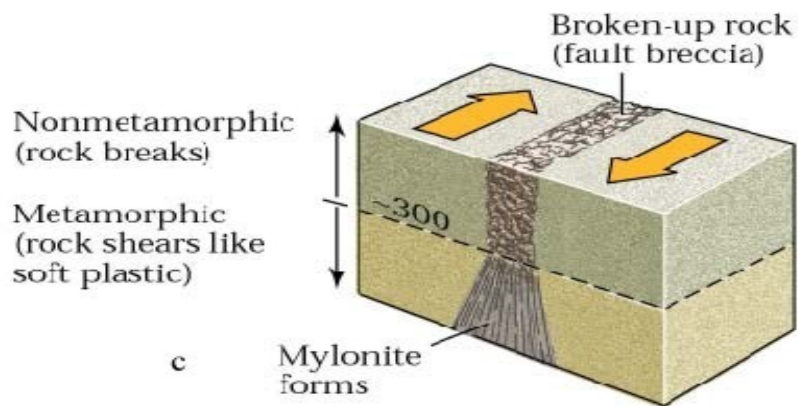
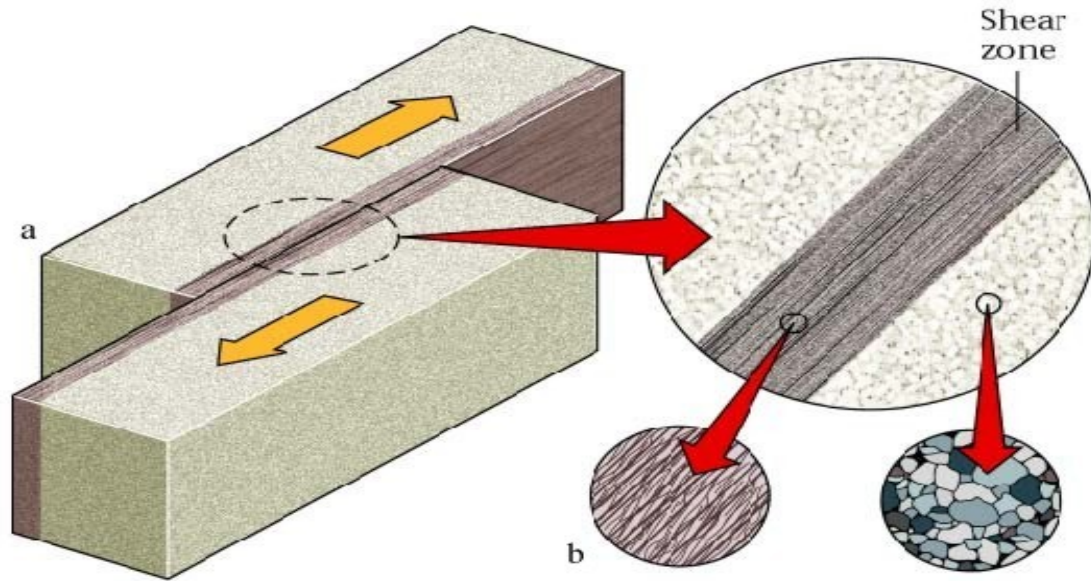
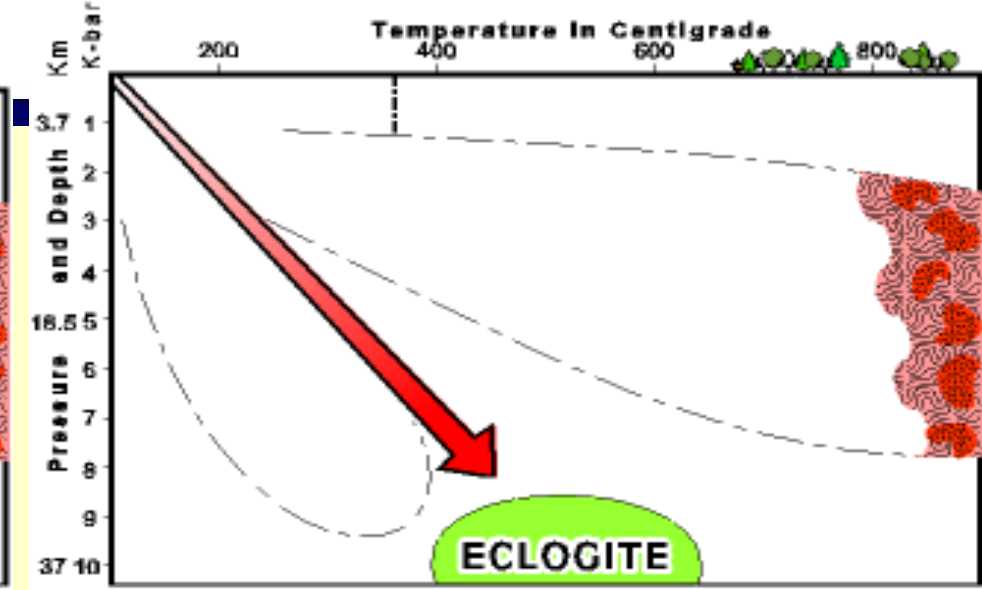
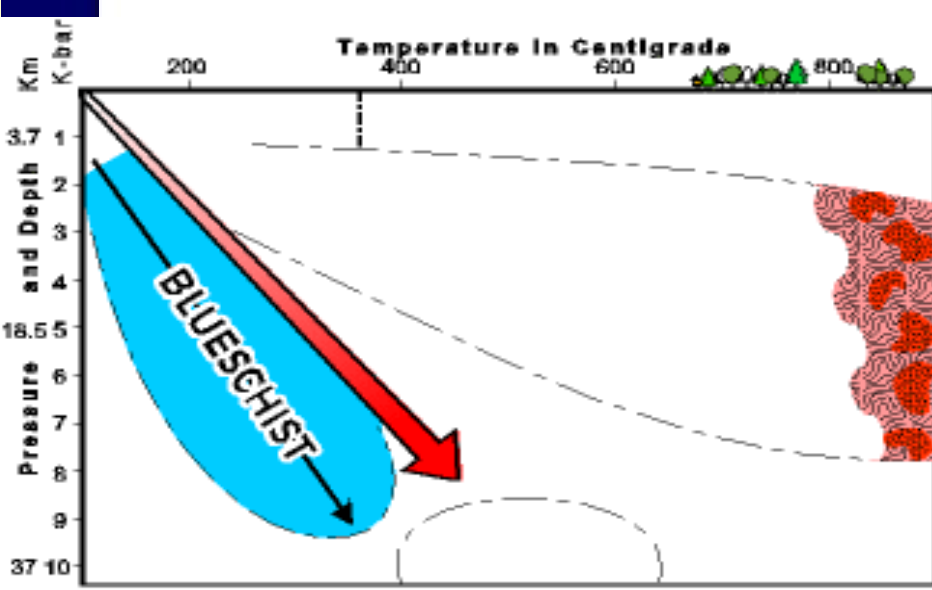
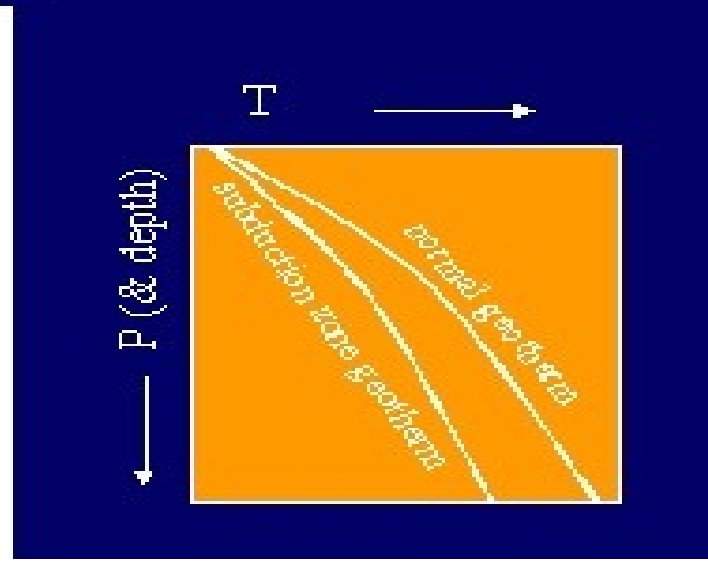
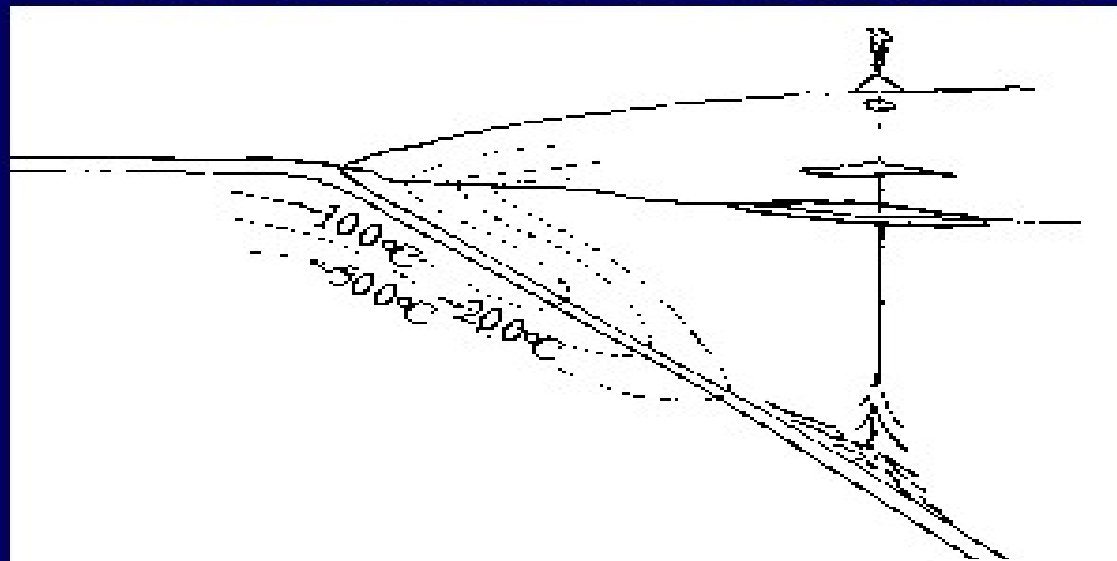


Fig 1  
 Model for dynamic metamorphism  
 in faults (a), producing mylonite (b)  
 and fault breccia (c)

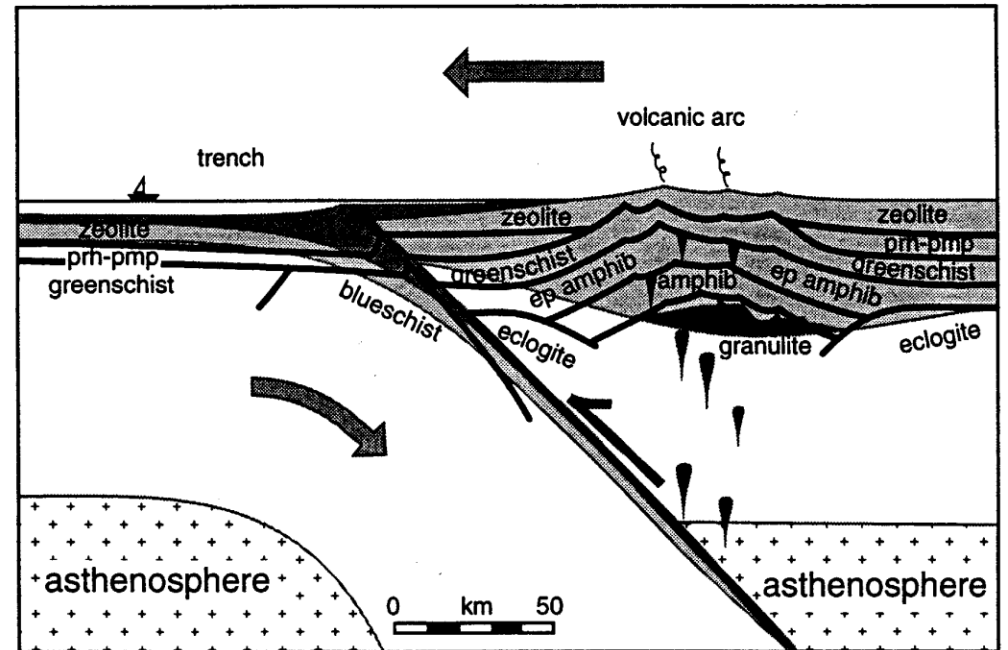
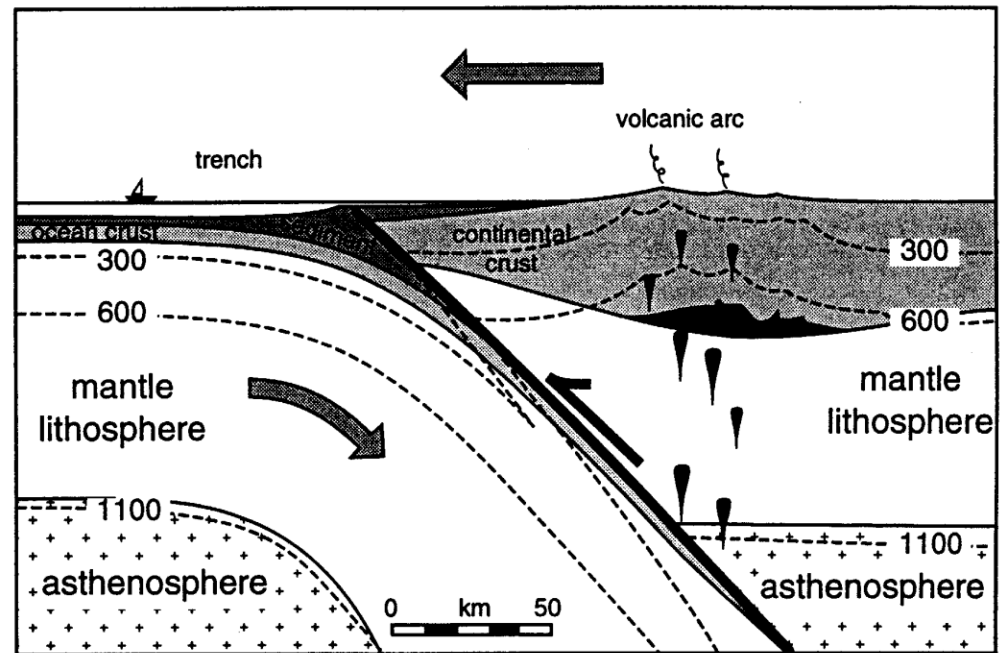
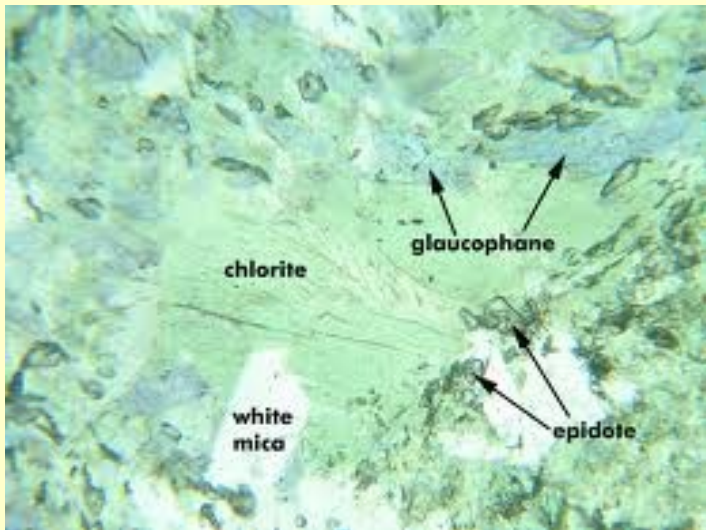
# E) metamorfóza na subdukčních zónách

- vysoký P/T (glaukofan-jadeit)
- relativně studené horniny jsou rychle transportovány do velkých hloubek



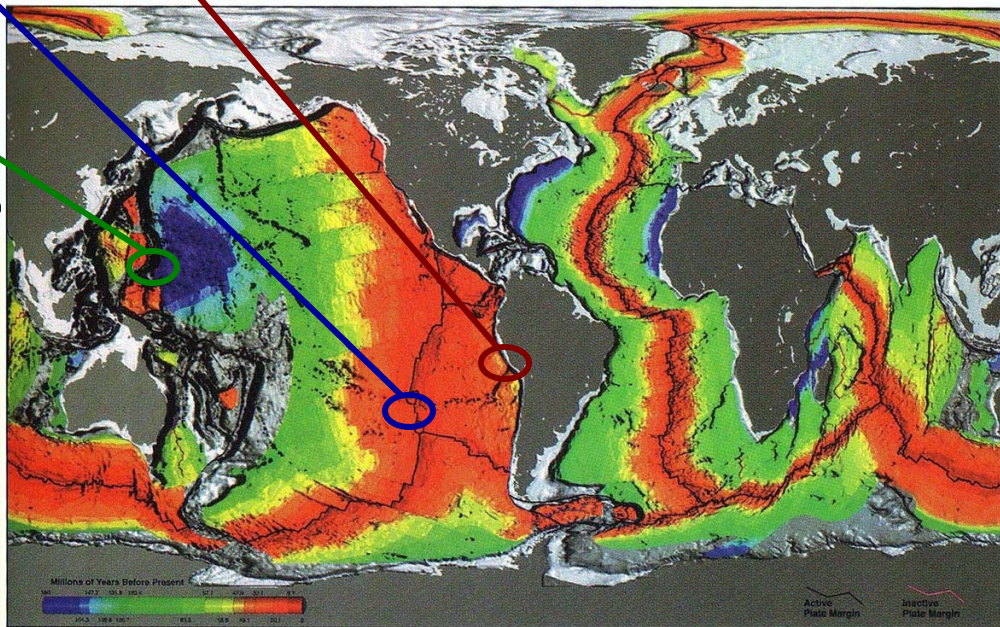
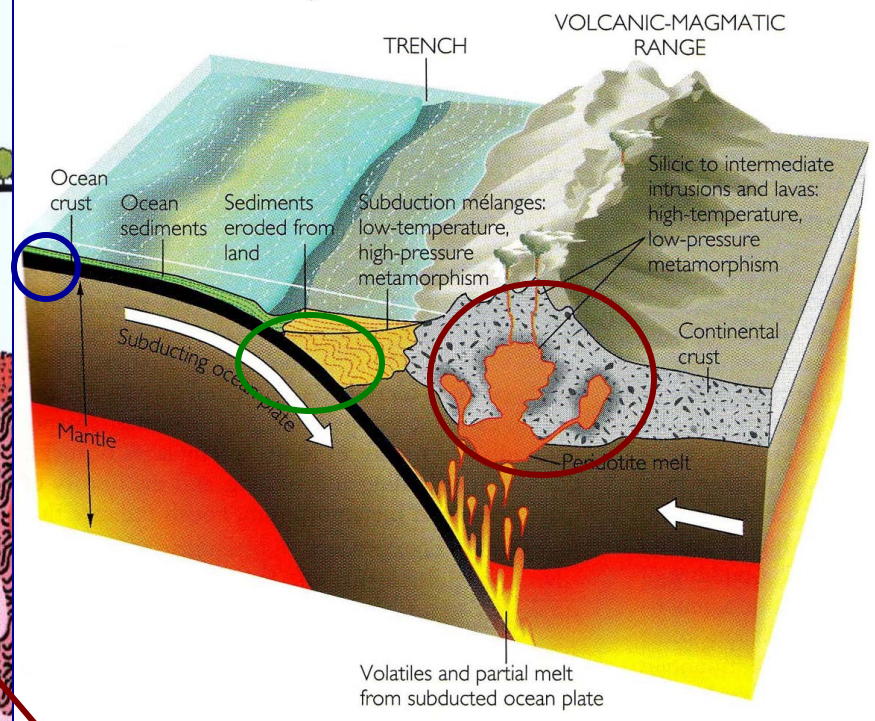
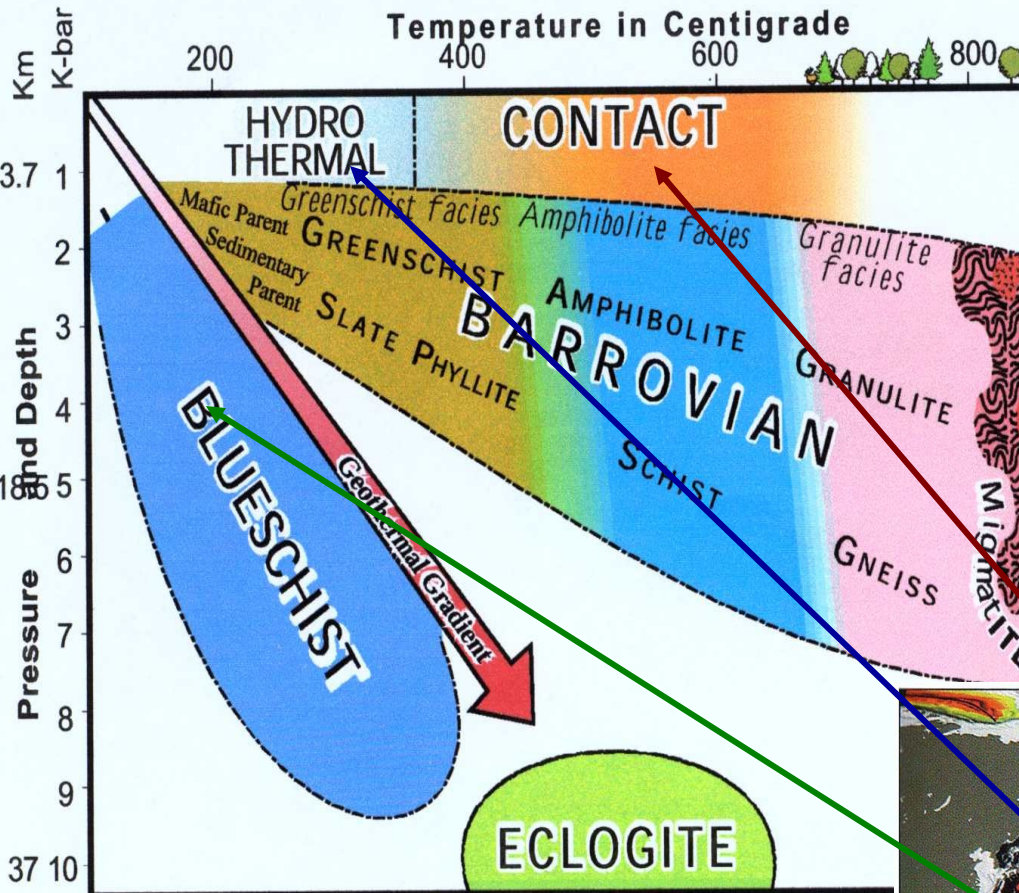


*Schematický řez subdukční zónou a vulkanickým obloukem (Ernst, 1976 in Spear 1993).*





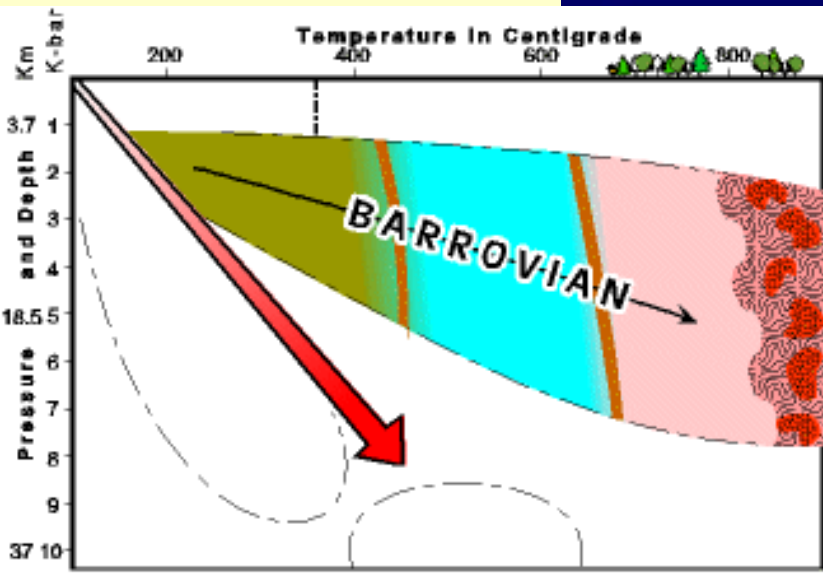
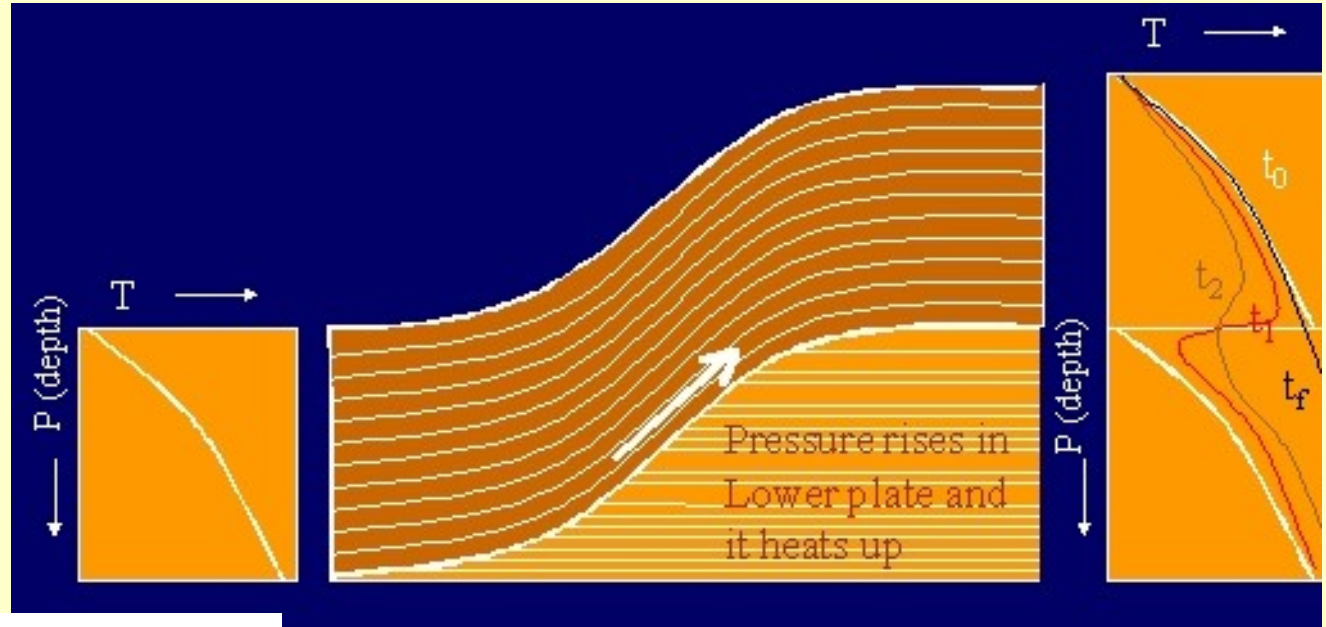
# METAMORPHIC ZONES AND FACIES



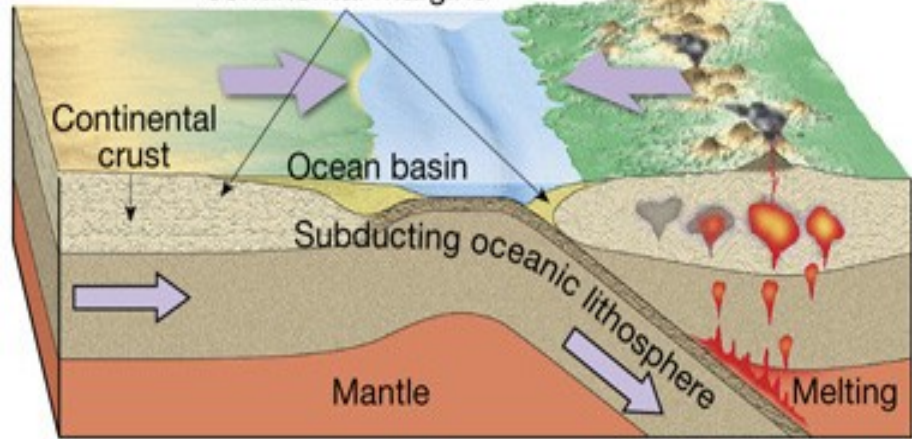


# F) orogenní (regionální) metamorfóza

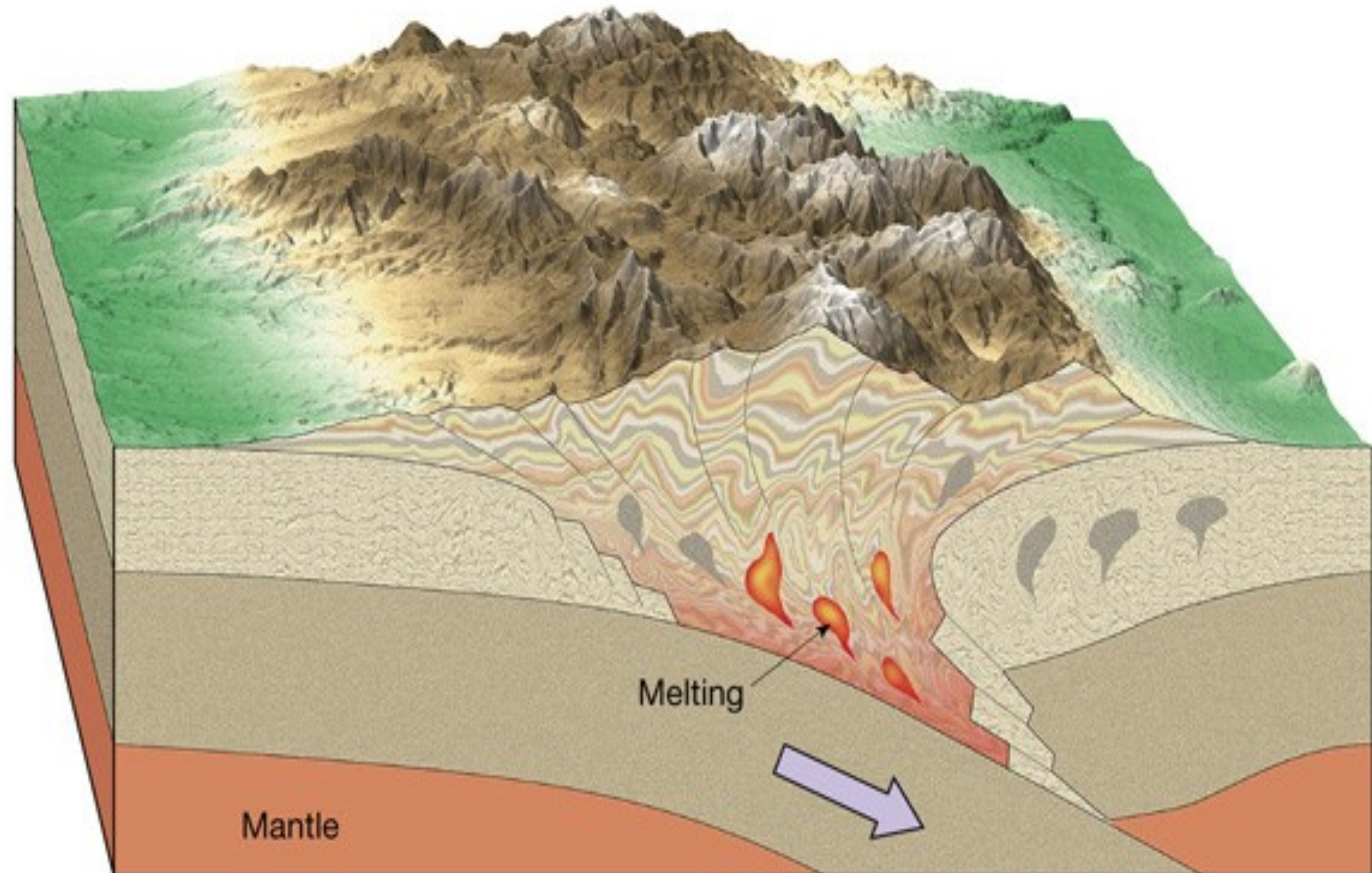
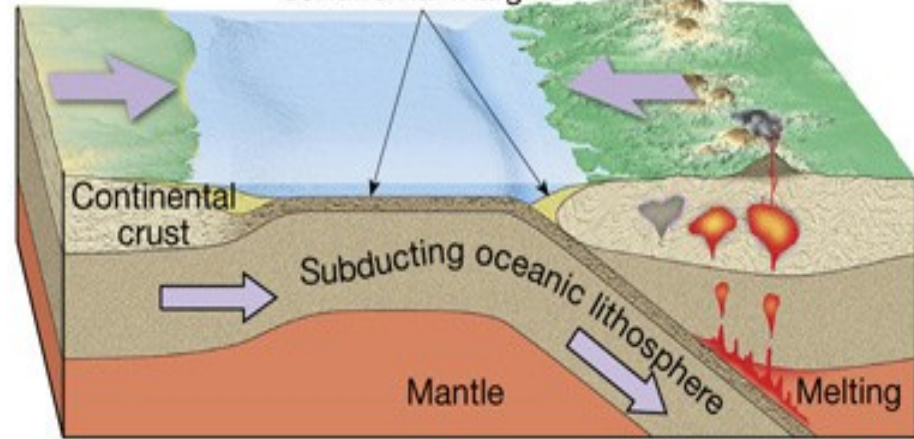
- orogenní pásma (kontinentální kolize)
- některé horniny se dostanou do vysokých PT podmínek
- střední poměr P/T
- MP/LT-HT
- Chl-Bt-Grt-St-Ky-Sill
- série kyanit-sillimanit
- střední poměr P/T



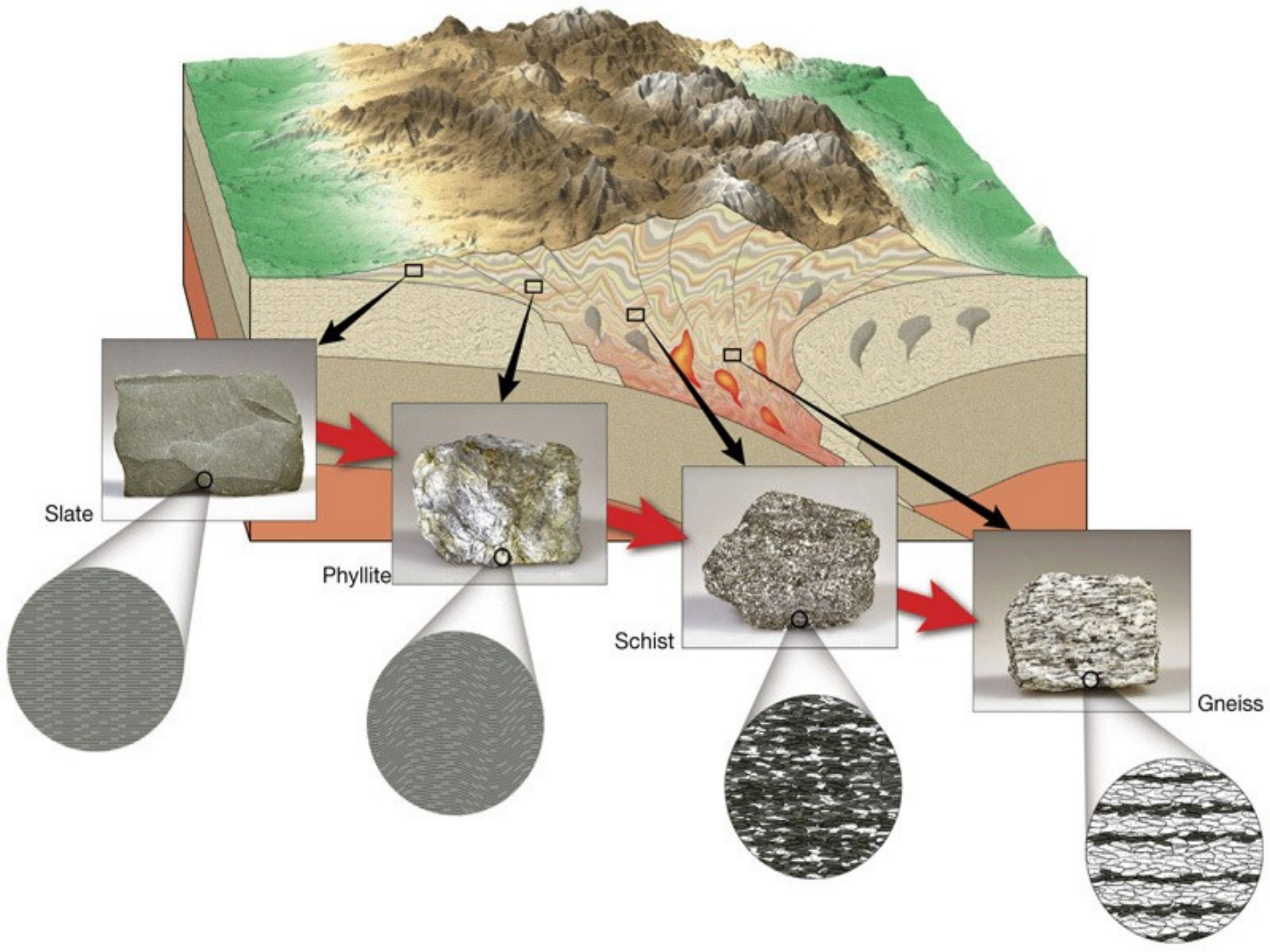
Sediments deposited on continental margins



Sediments deposited on continental margins







Slate

Phyllite

Schist

Gneiss



Increasing intensity of metamorphism



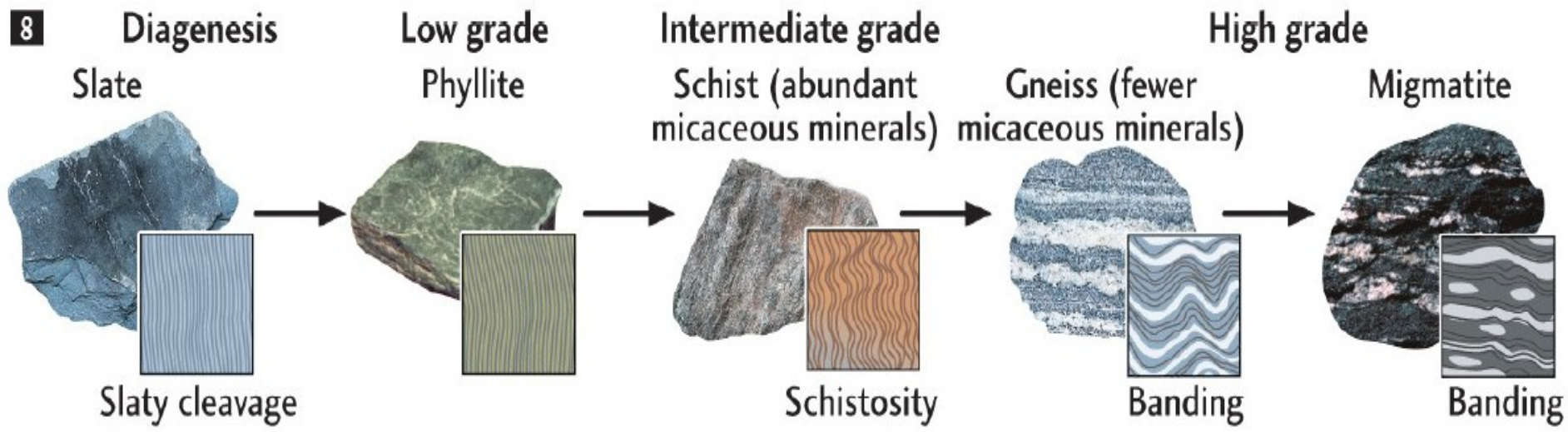
Increasing crystal size



Increasing coarseness of foliation



REGIONAL METAMORPHISM CHANGES ROCK TEXTURE



Increasing Metamorphism

Low Grade (200°)

Intermediate Grade

High Grade (800°)

Mineral Composition

Chlorite

Muscovite (mica)

Biotite (mica)

Garnet

Staurolite

Sillimanite

Quartz

Feldspar

Rock Type

No alteration

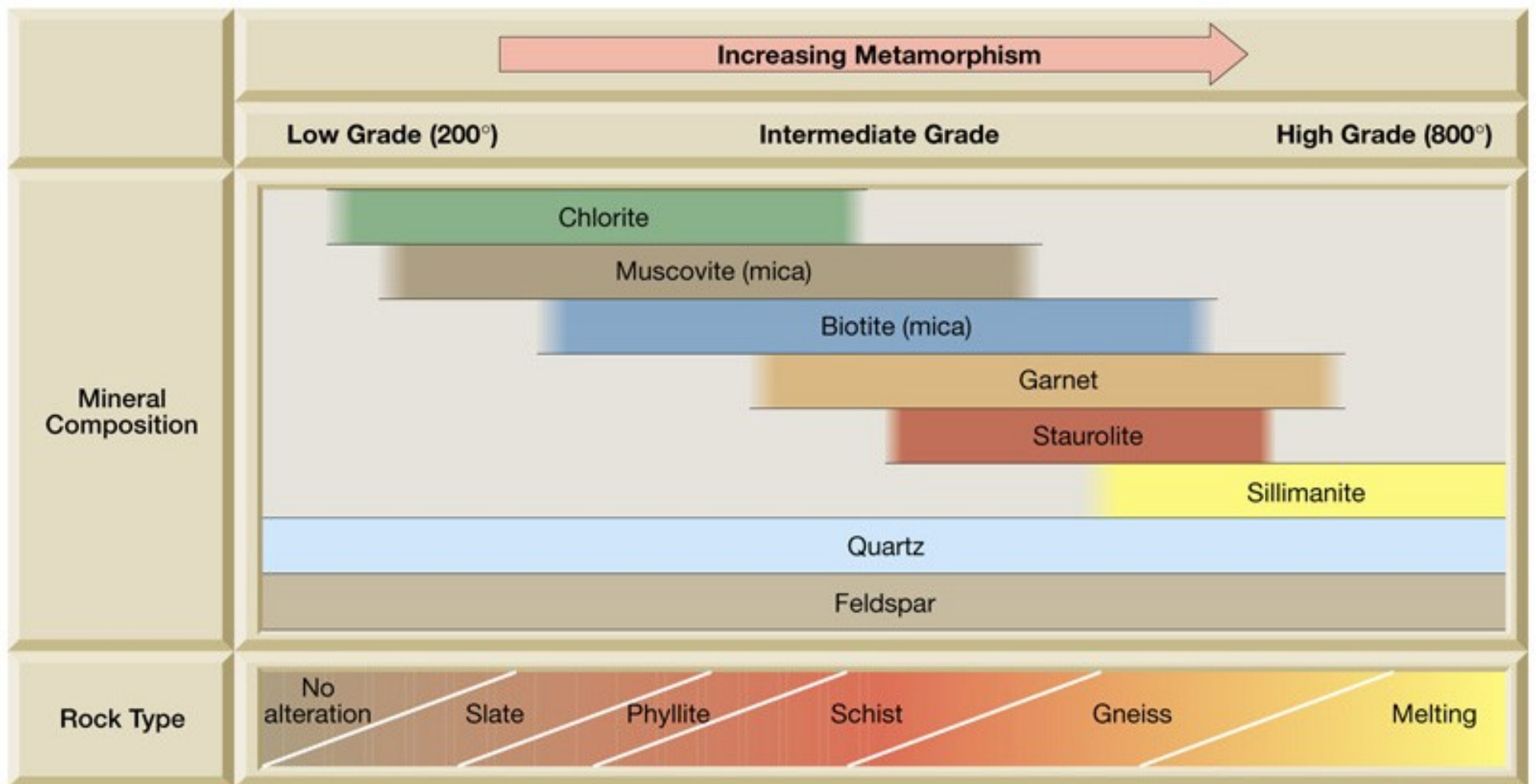
Slate

Phyllite

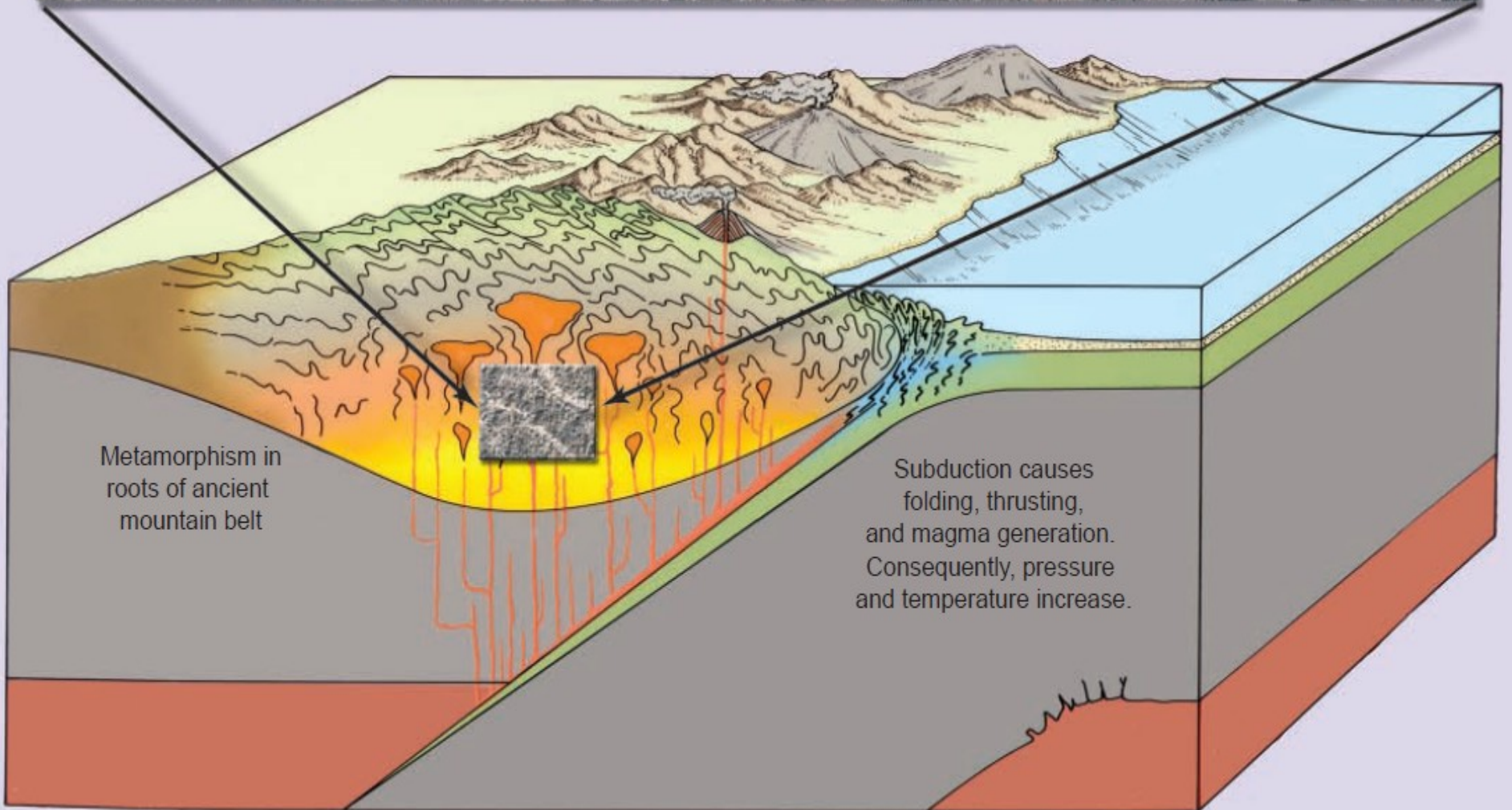
Schist

Gneiss

Melting



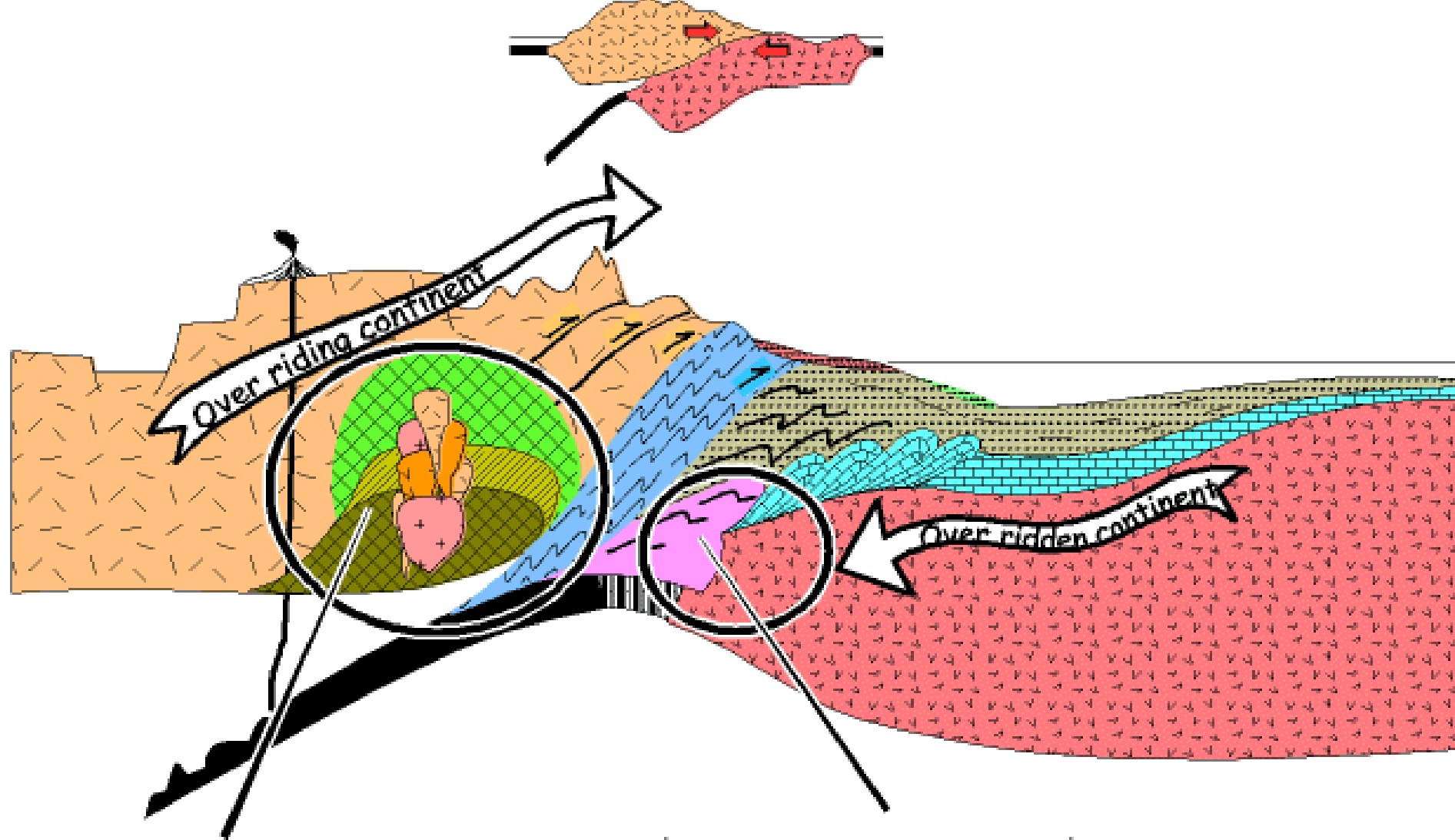




Metamorphism in roots of ancient mountain belt

Subduction causes folding, thrusting, and magma generation. Consequently, pressure and temperature increase.





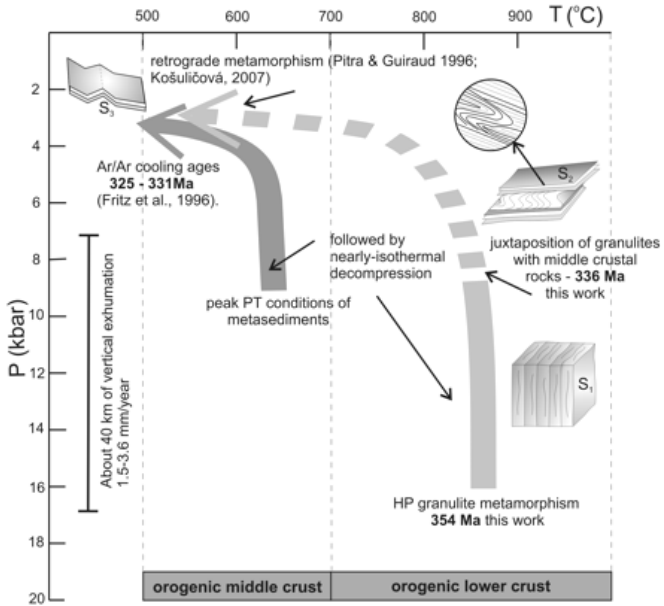
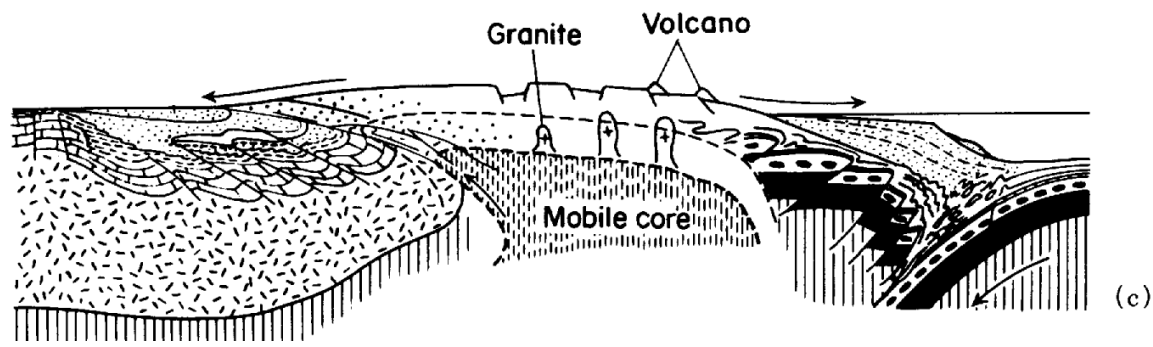
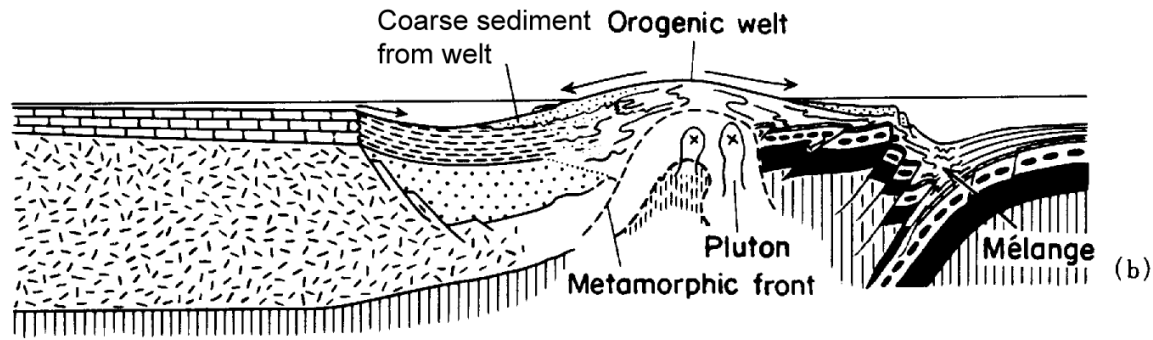
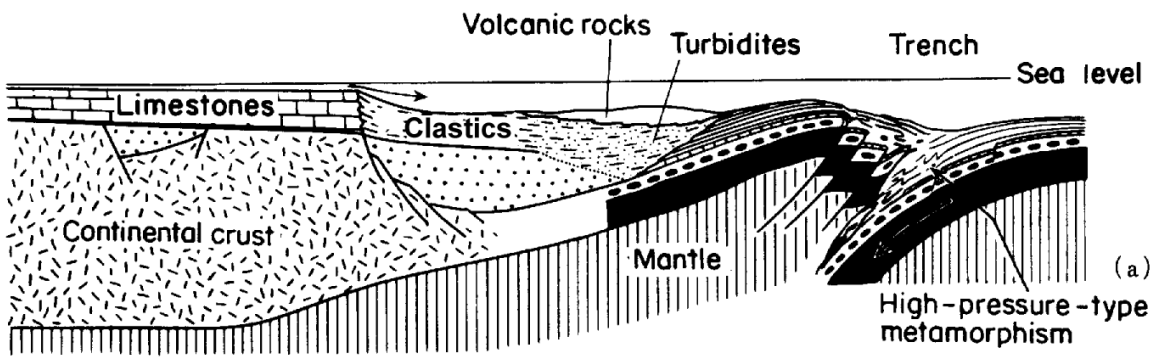
Barrovian metamorphism  
due to the intrusion of  
igneous batholiths.

Barrovian metamorphism  
due to burial under edge  
of over riding continent

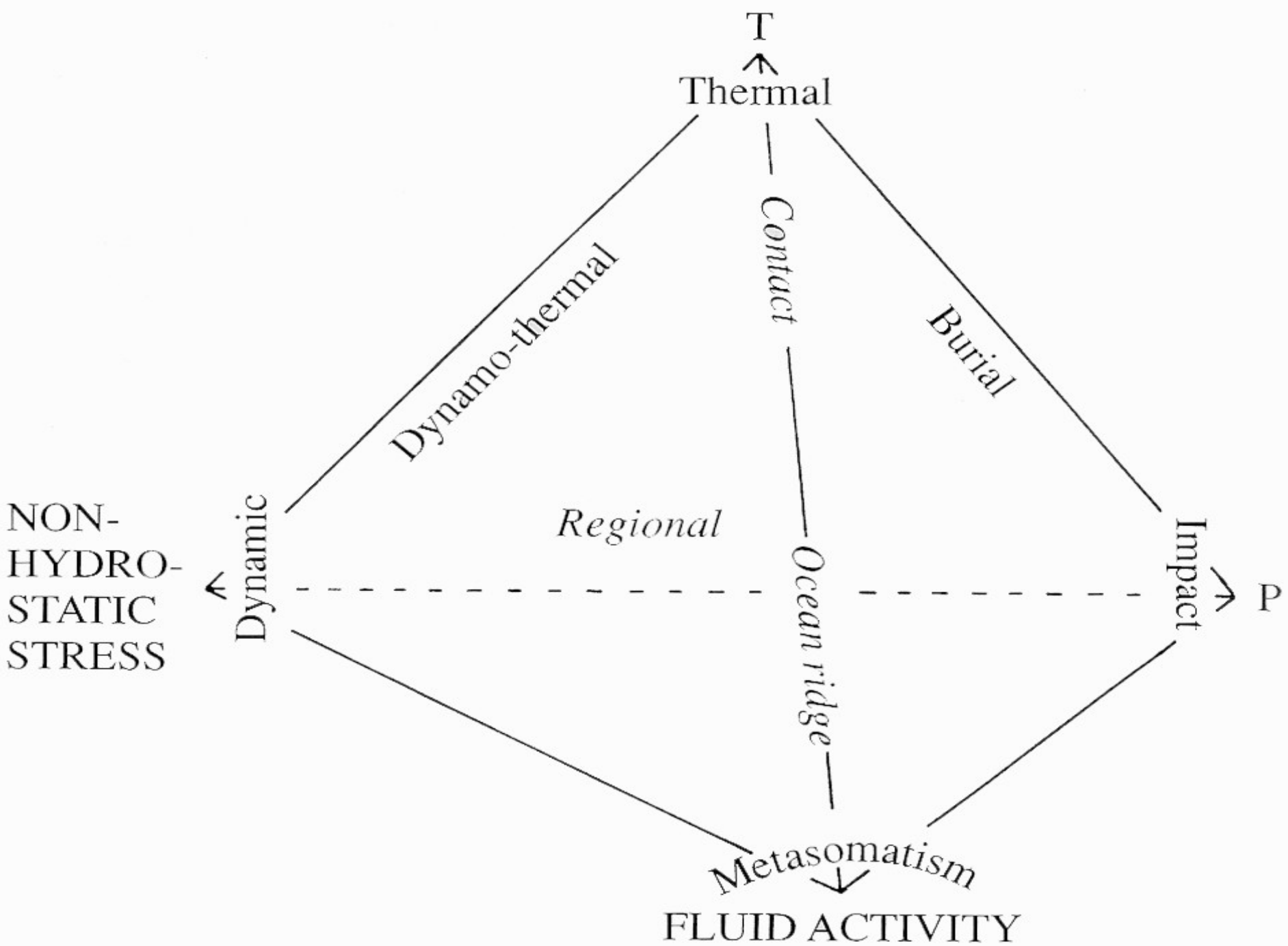
# orogenní metamorfóza

často polyfázová (metam. i deform.)

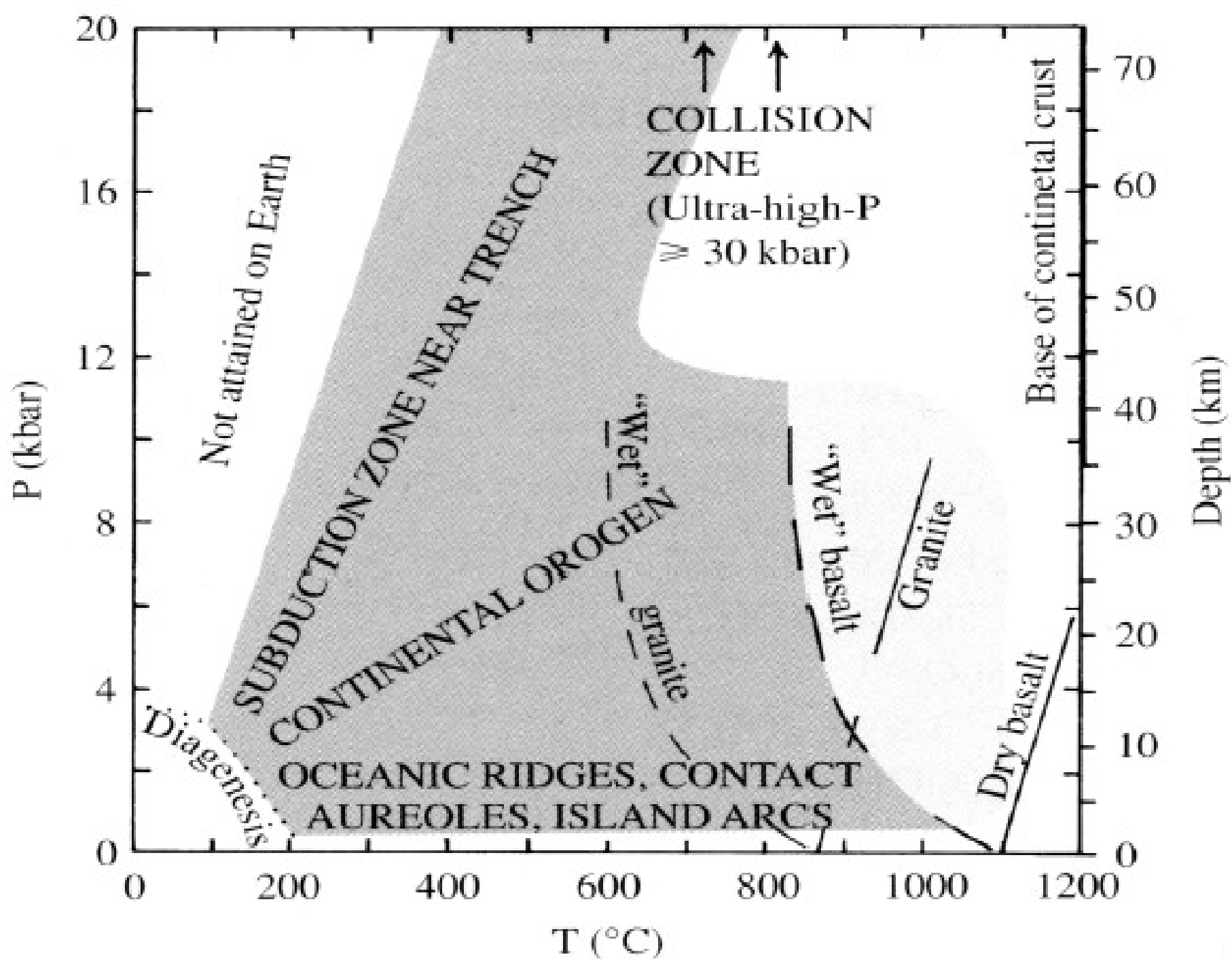
- ❖ hornina byla postižena dvěma nebo více metamorfními pochody
- ❖ např. kontaktní metamorfózou po metamorfóze regionální
- ❖ dvě různě silné regionální metamorfózy
- ❖ dokazuje se zjištěním reliktní starší metamorfózy, které nejsou v souladu s produkty metamorfózy mladší



Zjednodušený model vývoje aktivního kontinentálního okraje, Dewey a Bird (1970) *J. Geophys. Res.*, 75, 2625-2647; and Miyashiro *et al.* (1979) *Orogeny*. John Wiley & Sons.







# Méně užívané názvy

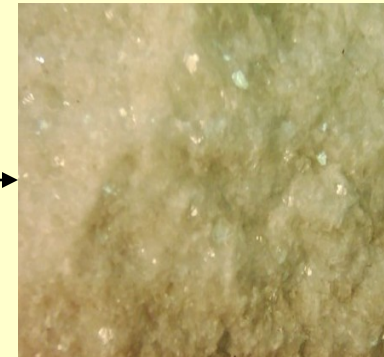
## 1. Diaftoreza (retrogradní metamorfóza)

- polymetamorfóza
- poslední metamorfóza vyvolala přeměnu nižšího stupně než metamorfní pochod předchozí



## 2. Isofázová metamorfóza

- min. složení se při metamorfóze nemění:
- některé karbonátové horniny
- křemence bez jílovitého tmelu
- některé ortoruly



## 3. Alofázová metamorfóza

- minerální složení se liší od výchozí horniny
- vznik metamorfních minerálů





# Méně užívané názvy

## 5. Izochemická metamorfóza

- chemické složení se nemění
- pravděpodobně u hornin metamorfovaných kausticky (vypálením)
- u ostatních metamorfovaných hornin je jediným bezpečným kritériem shoda chemizmu s chemizmem nemetamorfovaných hornin, do nichž metamorfována hornina plynule přechází (kontaktní aureola)



## 6. Alochemická metamorfóza

- chemické složení metamorfované horniny je jiné než horniny výchozí
- důležitým kritériem je pozorování terénních vztahů, např. změny chemizmu zřetelně závislé na vzdálenosti od kontaktu s vyvřelým tělesem apod.



# Literatura

- Dudek, A. - Fediuk F. - Palivcová M. (1962): Petrografické tabulky
- Hejtman, B. (1962): Petrografie metamorfovaných hornin
- Konopásek, J. – Štípská P. – Klápková H. – Schulmann K. (1998): Metamorfnní petrologie
- Naprostá většina obrazového materiálu pochází z celé řady internetových stránek věnujících se metamorfnní petrologii