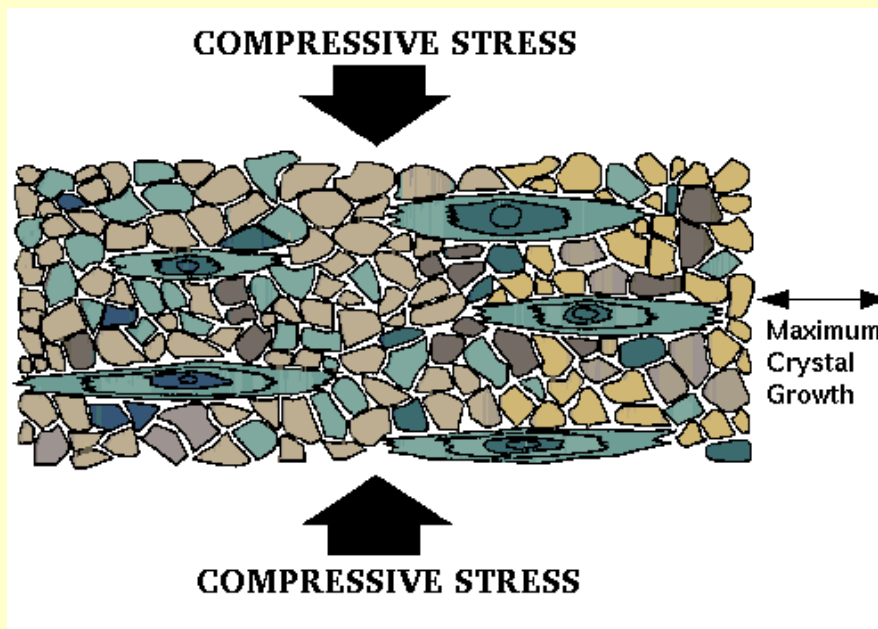


# Petrologie G3021

## 1. Úvod do metamorfních procesů



# 1. Úvod do metamorfních procesů

## Osnova:

- Horniny - odraz geologických procesů
- Přeměny při metamorfóze
- Hlavní činitelé metamorfózy
- Typy metamorfózy
- Stavební znaky typické pro jednotlivé typy metamorfóz

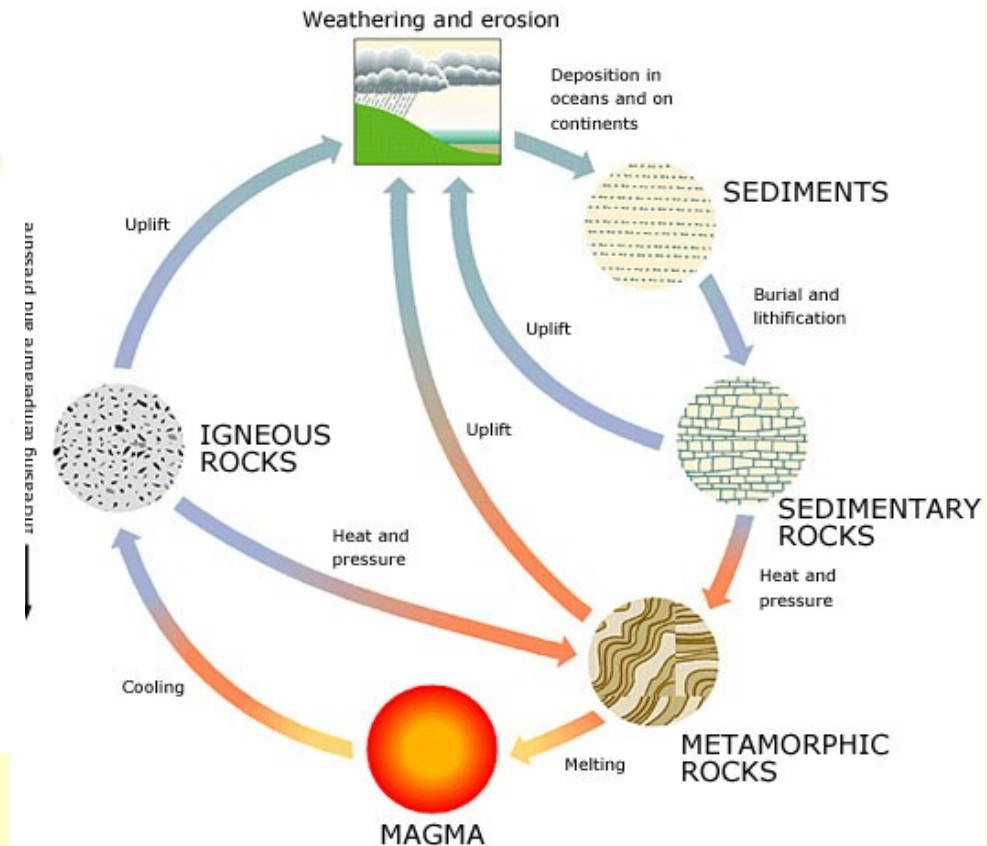
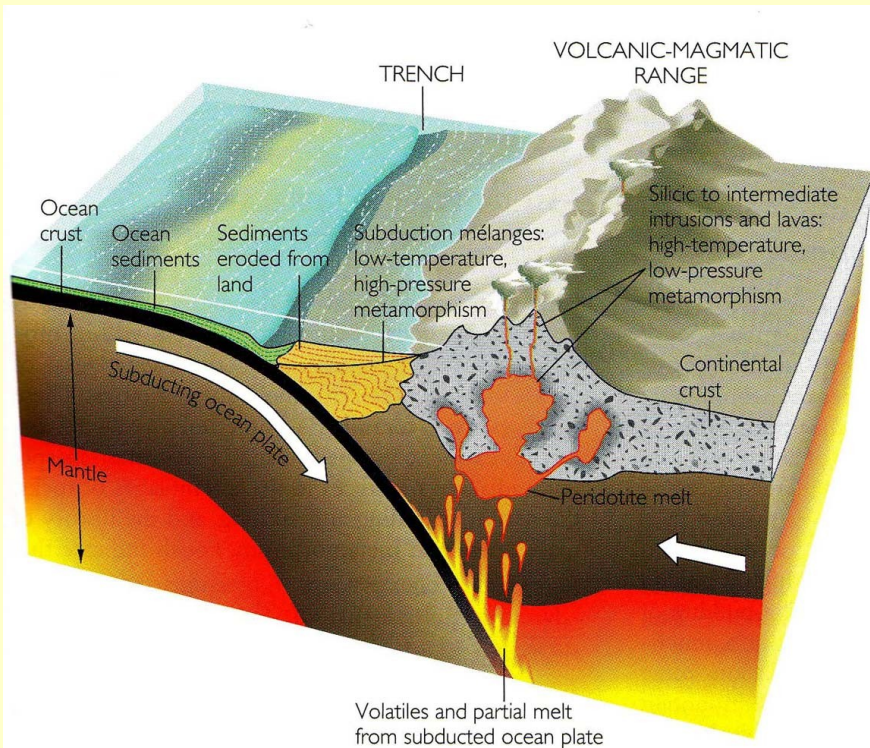


# Horniny - odraz geologických procesů

➤ sedimentární horniny – větrání+eroze, uložení, pohřbení a litifikace

➤ **metamorfované horniny – vyšší P a T, rekrystalizace minerálů v pevném stavu**

➤ Magmatické horniny – tavení hornin v kůře/svr. plášti – krystalizace z taveniny



Horninový cyklus (Hutton 1785, 1795)

hornina - odráží **geologické procesy**

- chemické složení
- minerály
- struktura

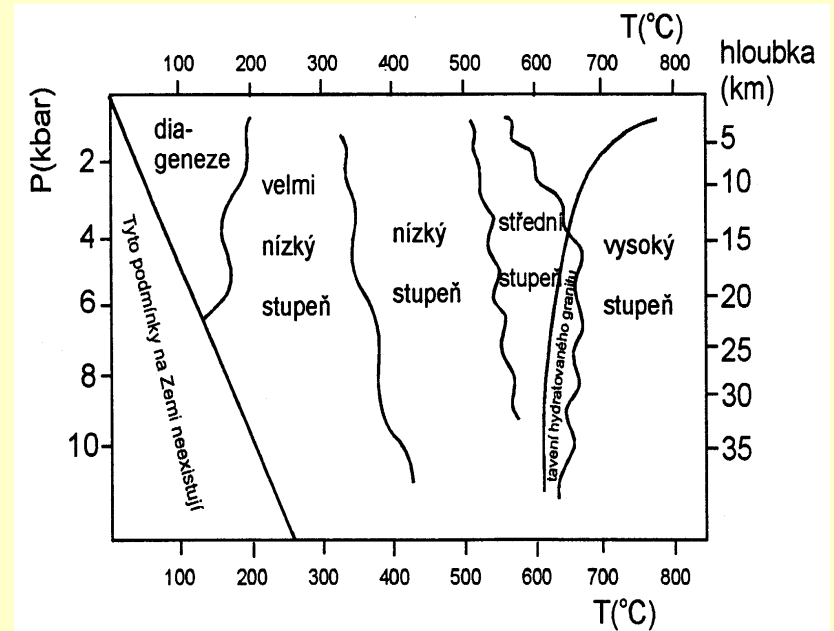
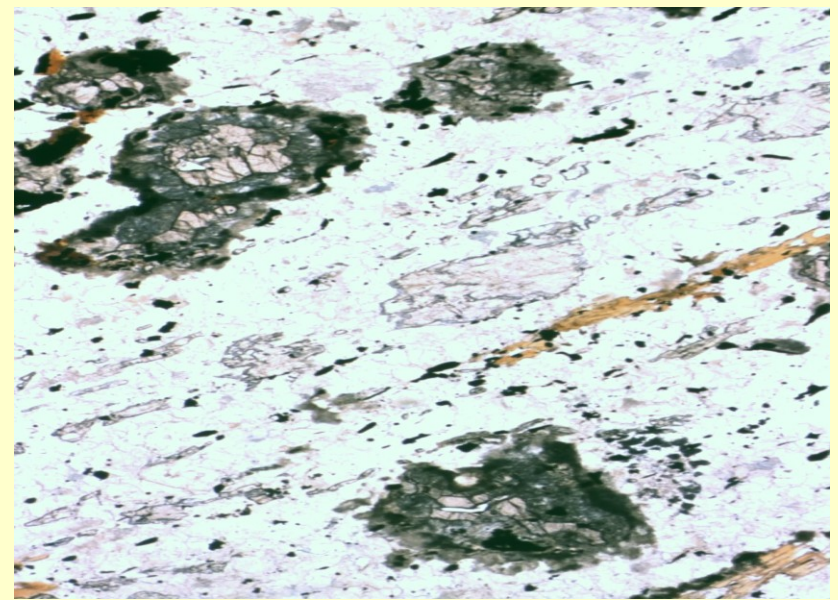
**metamorfóza** z řec. slova „metamorphosis“ (přeměna)

Hranice:

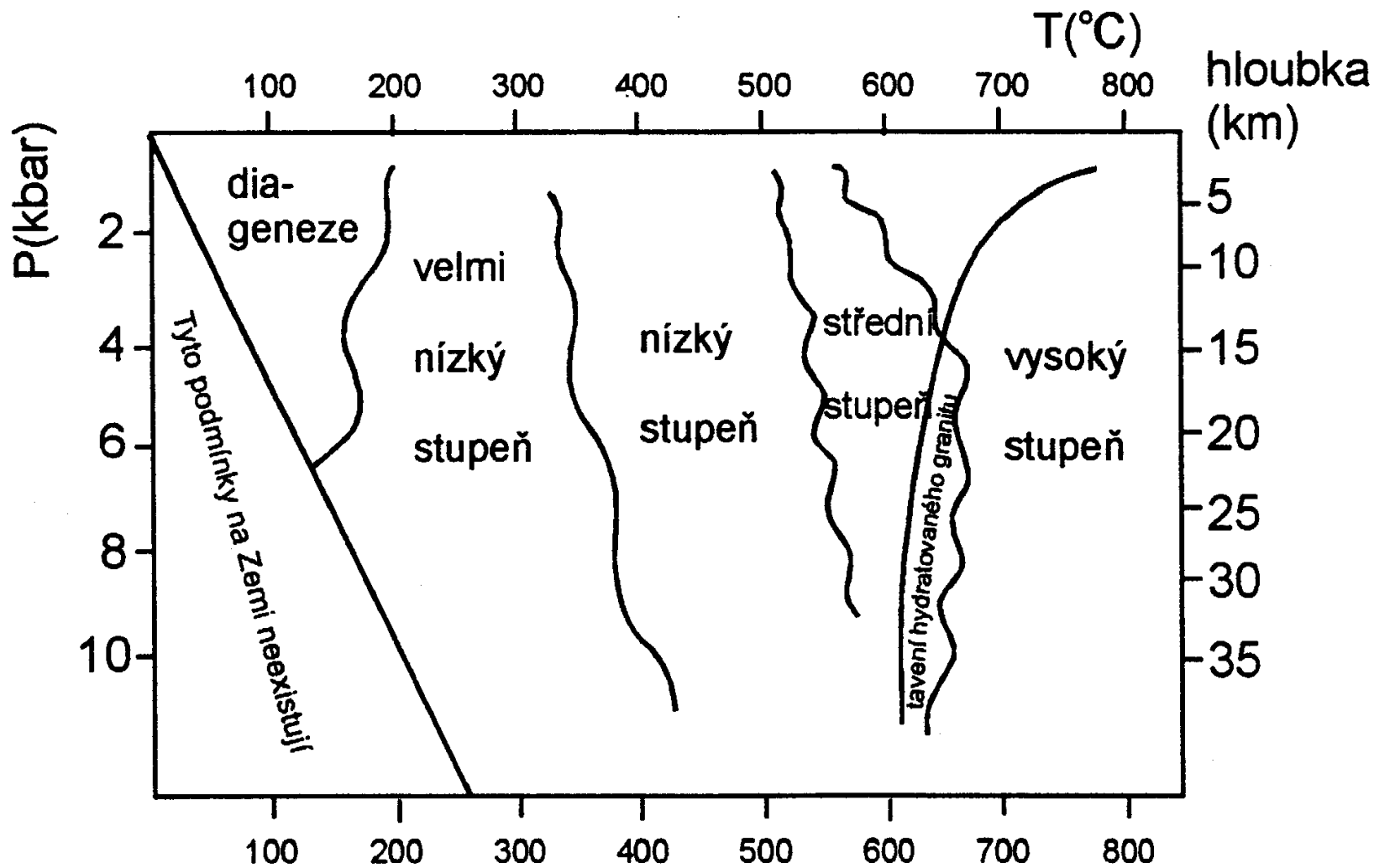
diagenese (asi 200 °C)



tavení (asi 650 °C – 1100 °C)



Schematický PT diagram s vyznačením polí pro různý stupeň metamorfózy (Konopásek et al. 1998).



➔ velmi nízký stupeň (200 - 350°C)

➔ nízký stupeň (350 - 550°C)

➔ střední stupeň (550 - 650°C)

➔ vysoký stupeň (nad 650°C)

# METAMORFÓZA

- METAMORFÓZA neboli přeměna hornin je proces kdy v horninách (sedimentárních, vyvřelých či již přeměněných) dochází ke změnám v důsledku změny fyzikálních podmínek - zejména teploty a tlaku.
- METAMORFÓZA je proces, při kterém dochází k přizpůsobování již existujících hornin novým fyzikálně-chemickým podmínkám prostředí.
- METAMORFÓZA je odlišná od zvětrávání a diagenese.
- Na rozdíl od těchto procesů METAMORFÓZA probíhá metamorfóza v odlišných fyzikálně-chemických podmínkách, daných nejčastěji vyšší teplotou a tlakem.
- Od magmatických procesů je odlišná tím, že horninový materiál zůstává v průběhu metamorfózy v pevném stavu (hornina se nezmění na taveninu). Avšak může docházet k parciálnímu tavení.
- Při metamorfóze horniny vznikají nové, metamorfní minerály. Tento proces se nazývá blastéza.



The IUGS-SCMR has proposed the following definition of metamorphism:

Metamorphism is a subsolidus process leading to changes in mineralogy and/or texture (for example grain size) and often in chemical composition in a rock.

These changes are due to physical and/or chemical conditions that differ from those normally occurring at the surface of planets and in zones of cementation and diagenesis below this surface.

They may coexist with partial melting.

		TEXTURE	ROCK NAME	MINERALS PRESENT	
<b>FOLIATED</b>	fine grained	smooth layers	SLATE	CLAY FAMILY	
		shiny layers	PHYLLITE	CLAY FAMILY	
	coarse grained	micaceous	SCHIST	MICA FAMILY	
		banded	GNEISS	QUARTZ	AUGITE/HORNBLende FAMILY FELDSPAR FAMILY
<b>NONFOLIATED</b>	very fine grained		HORNFELS		
	coars-fine grained	scratches steel	QUARTZITE		
		reaction with HCL	MARBLE		CALCITE
	fibrous-coarse greasy feel		SERPENTINITE		SERPENTINE



# Přeměny při metamorfóze

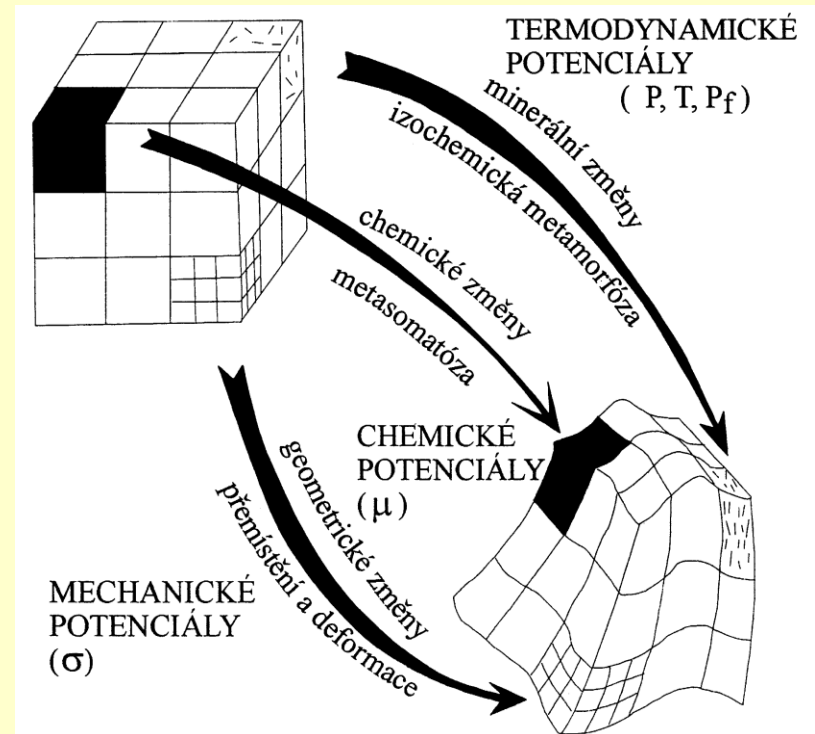
minerály a horniny jsou stabilní jen za podmínek za nichž vznikly

změna podmínek – **přeměna** horniny

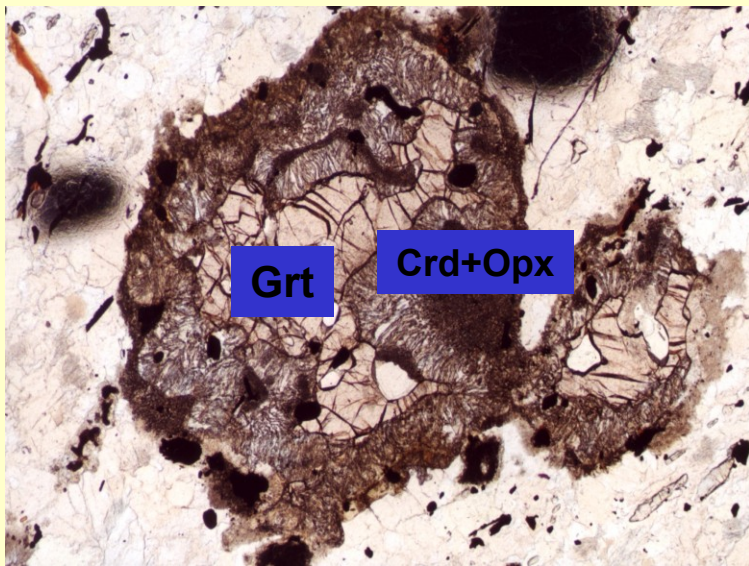
→ krystalizace nových minerálů  
(chemické reakce – fázové změny)

→ změny v chemismu

→ texturní změny  
(velikost zrna, deformace)



*Metamorfované horniny na povrchu země mají metastabilní minerální asociace.*



## → krystalizace nových minerálů

fázové změny - chemické reakce

prográdní (dehydratační) –  $\uparrow T$ :

probíhají snadno a vešměs kompletně (s rostoucí teplotou roste rychlost reakcí), často uvolňují vodu – dehydratační

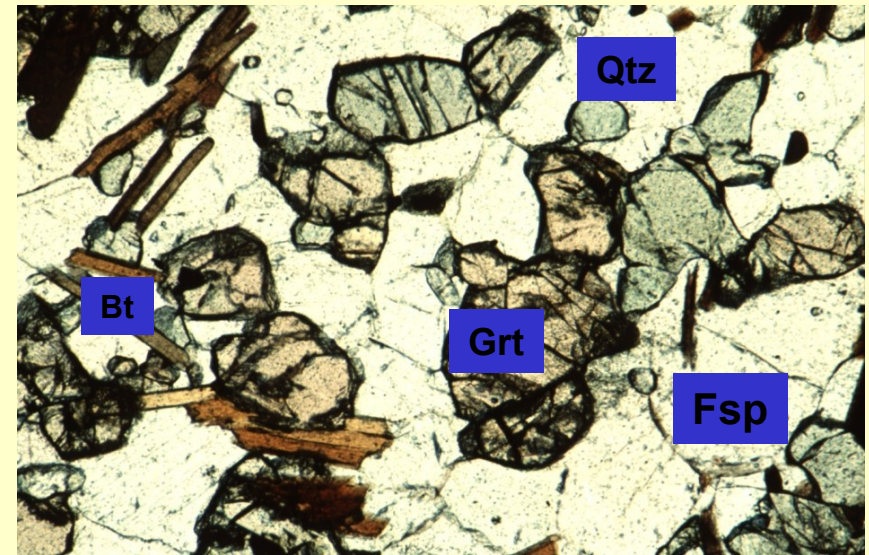
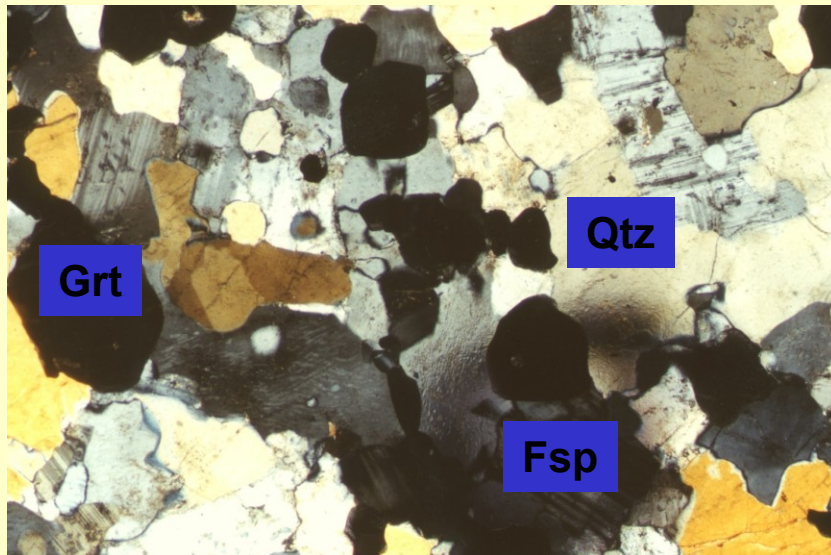
retrográdní (hydratační) –  $\downarrow T$ :

málokdy proběhnou úplně, často konzumují vodu – hydratační (tam kde není fluidní fáze přítomna nemusí proběhnout vůbec – metastabilní asociace).

protolit (původní hornina před metamorfózou)

minerální asociace (minerály vznikly společně)

minerální parageneze (vyskytují se v hornině společně ale vznikly v různých obdobích met.)



# Přeměny při metamorfóze

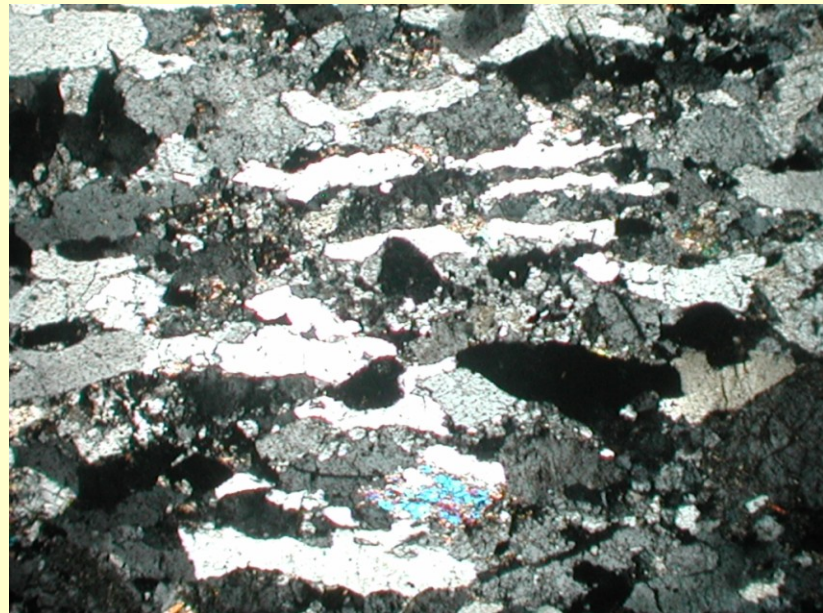
→ texturní (strukturní) změny (změna velikosti zrna, deformace, změny uspořádání minerálů /makro – mikro/)

## Důležité pojmy

foliace (schistosity) – plošný strukturní prvek

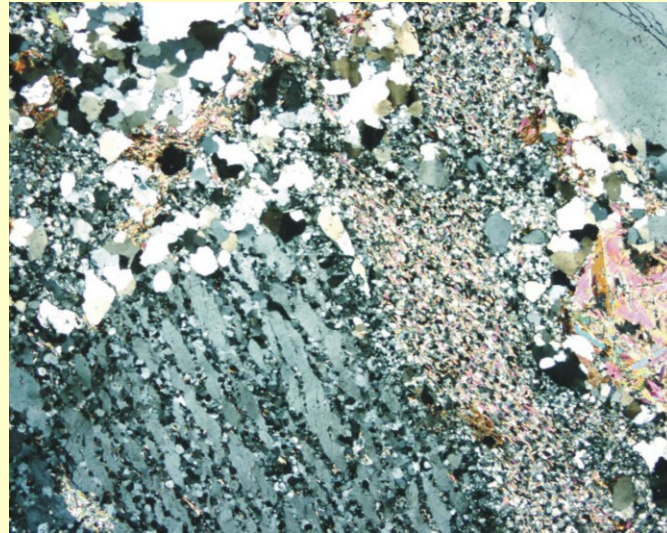
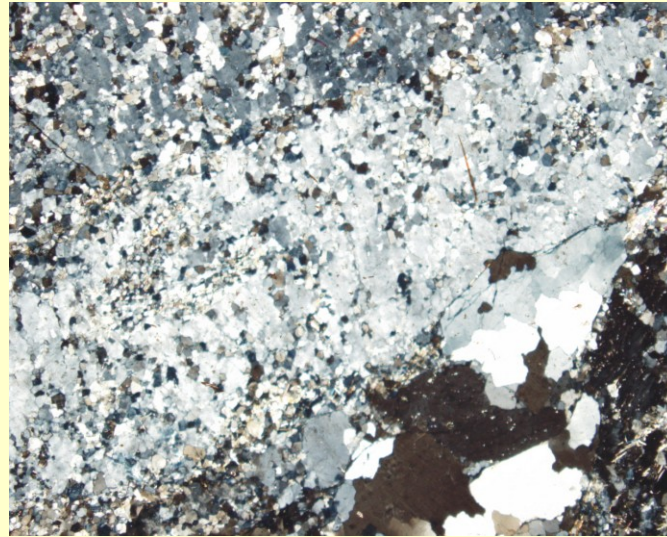
lineace – lineární strukturní prvek

textura, struktura, stavba



# Přeměny při metamorfóze

texturní (strukturní) změny změna velikosti zrna, deformace, změny uspořádání minerálů

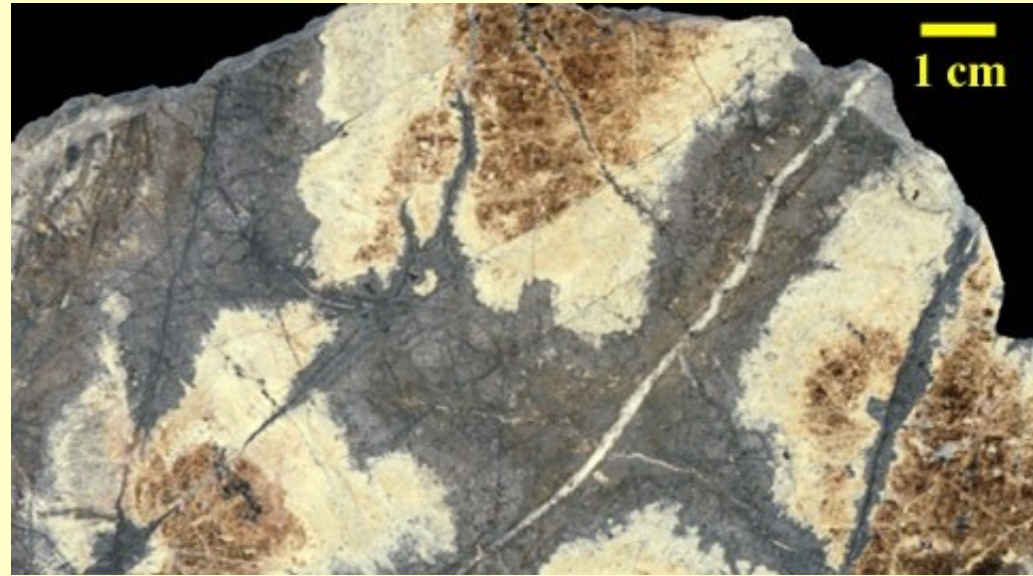


# Přeměny při metamorfóze

→ změny v chemismu

- isochemická metamorfóza
- metasomatóza

skarn



→ natavení (anatexe)

- magmatické horniny

migmatit



# Hlavní činitelé metamorfózy

## A) teplota

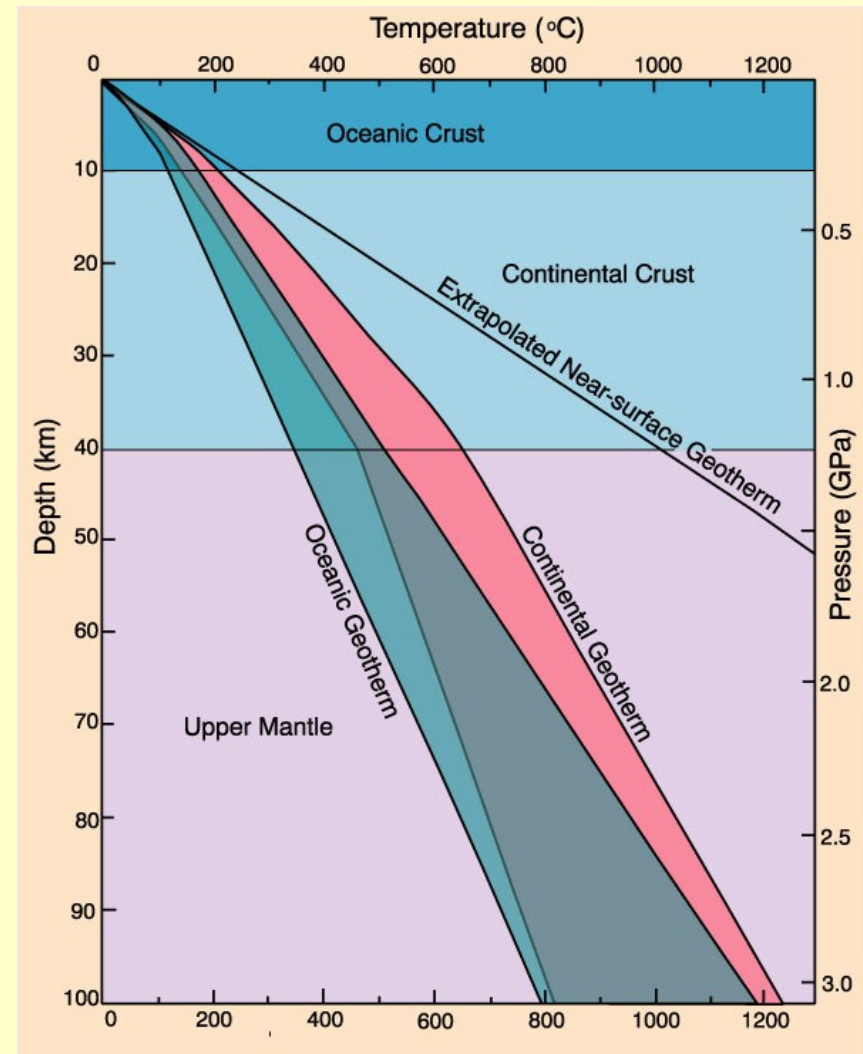
### geotermální gradient (gg)

- nárůst T na 1 km hloubky
- obv. 15-30 C/km
- max. 60 C/km

### geoterma

- indikuje dT s hloubko
- může mít v různých částech kůry odlišný průběh

Odhadovaný rozsah oceánské a kontinentální geotermy After Sclater *et al.* (1980), *Earth. Rev. Geophys. Space Sci.*, 18, 269-311.

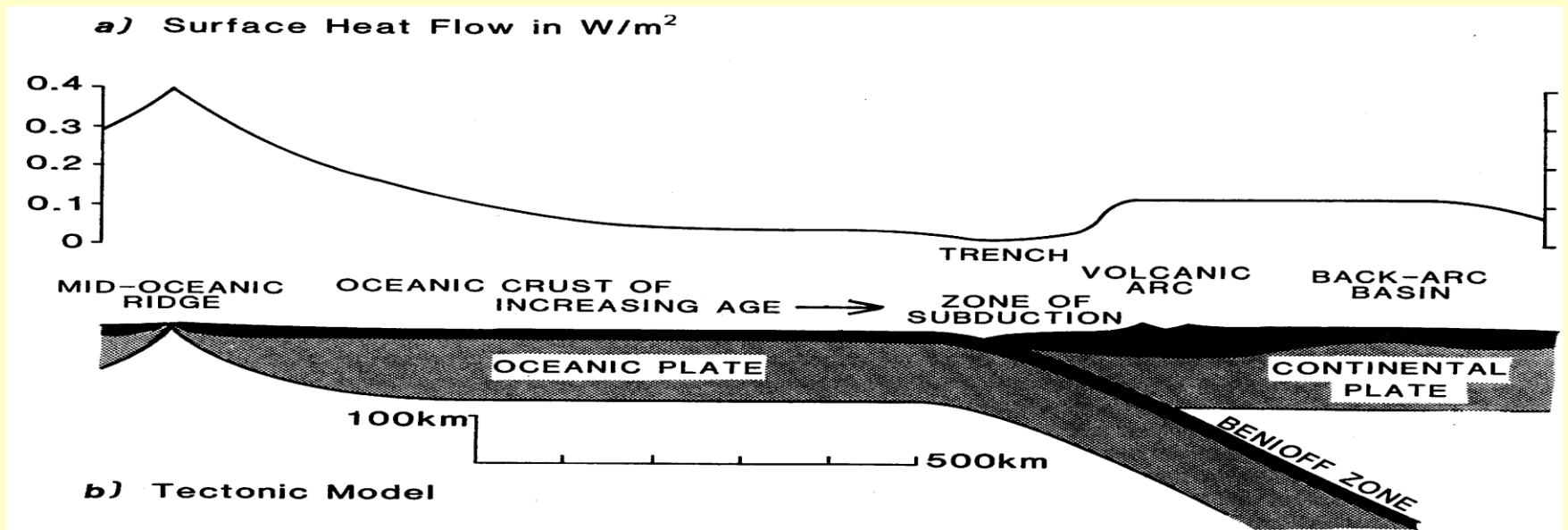


# Hlavní činitelé metamorfózy

## A) teplota

zdroje tepla

- tok tepla ze zemského pláště
- teplo uvolněné při radioaktivním rozpadu v kůře (U, Th)
- teplo přinesené magmatickými horninami
- exotermní metamorfní reakce (řada hydratačních reakcí)



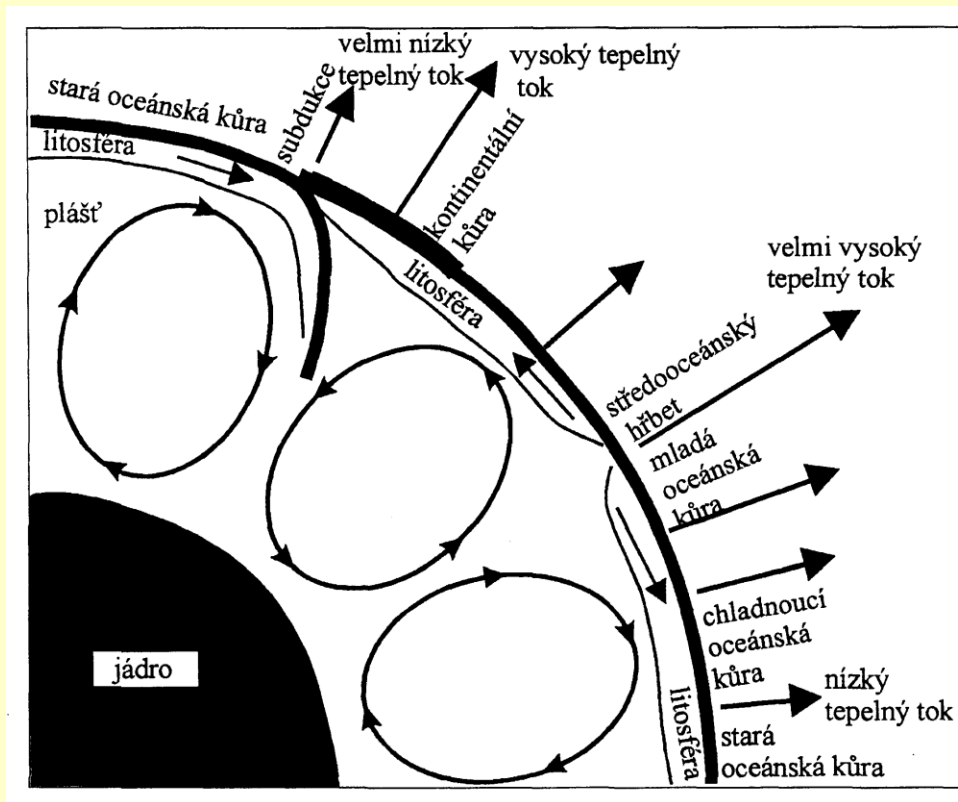
Variace povrchového tepelného toku měřeného v různých částech Země (a) ve vztahu k deskové tektonice (b). Podle Yardley (1989)

## Přenos tepla:

a) kondukce - tepelná energie je transportována jako kinetická energie z jednoho atomu na další, bez pohybu geologických těles

b) konvekce - tepelná energie je transportována pohybem teplejších geologických těles (i fluid) do studenějších částí systému

c) advekce - pohyb určitého bodu v hornině přes tepelný gradient



Rozdíly tepelného toku v různých geotektonických kontextech (Konopásek et al. 1998)



# Hlavní činitelé metamorfózy

## B) tlak

### 1) **litostatický tlak** (confining pressure, všesměrný)

$$P = \rho gh$$

$\rho$ - hustota hornin nadložního sloupce (granity 2,7, bazalty 3,0, peridotit 3,3 gcm<sup>-3</sup>)

$g$  – tíhové zrychlení (9,8 ms<sup>-2</sup>)

$h$  - hloubka

tj. nárůst s hloubkou cca 1 kbar/3 km

používané jednotky: 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa = 0,1 MPa

**1 kbar = 0.1 GPa**

mocnosti zemské kůry v km:	oceanická – 5-10
	kontinentální kratony – 35-40
	kontinentální orogenní oblasti – 70-80

# Hlavní činitelé metamorfózy

## B) tlak

### 2) orientovaný tlak (stress)

- neovlivňuje fázové rovnováhy
- vznik orientované stavby v horninách

## C) fluida

$H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $F_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  a S

- součást minerálů (slídy, amfiboly, karbonáty, sulfidy)
- v pórech mezi jednotlivými zrny, popř. v inkluzích

prográdní met. – uvolňovány (dekarbonizace, dehydratace)

- ovlivňují fázové rovnováhy
- přenášejí teplo
- způsobují přenos hmoty a mohou měnit izotopické i chemické složení horniny

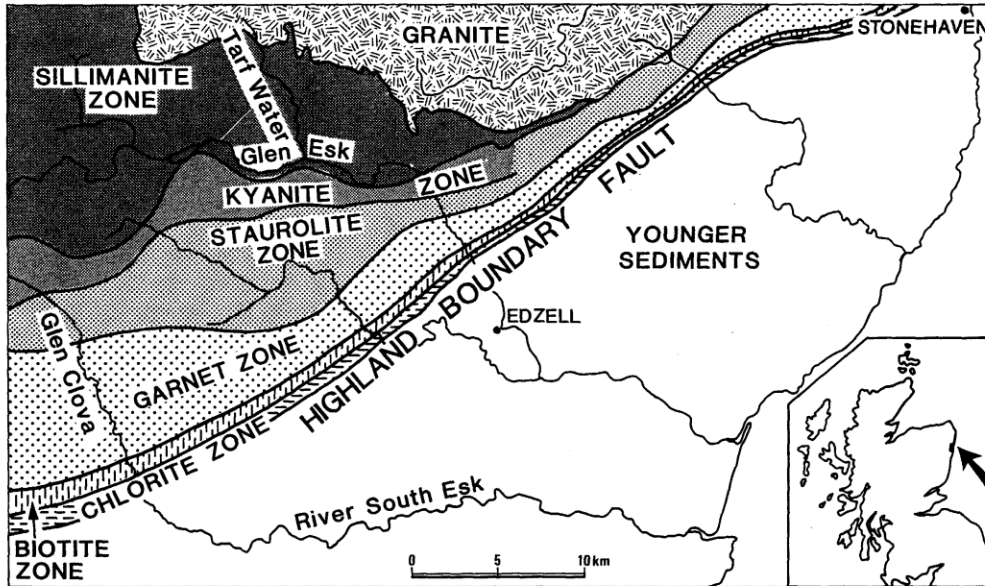
# Základní termíny

používané pro popis metamorfózy

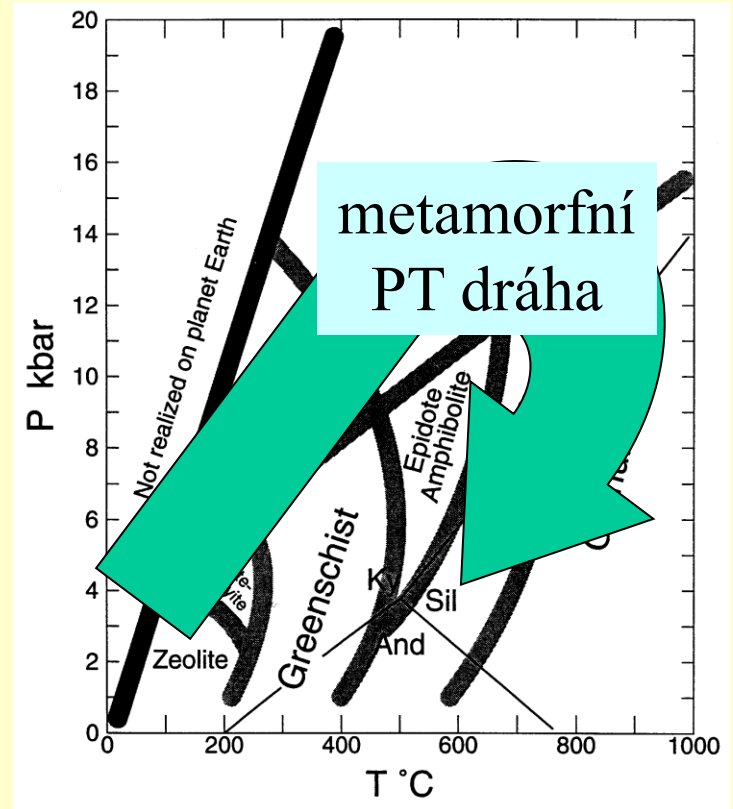
- metamorfní stupeň (grade) – intenzita metamorfózy (T) – vysoký, nízký
- metamorfní zóna – oblast výskytu indexového minerálu
- metamorfní izograda – hranice metamorfní zóny
- metamorfní facie – charakteristická minerální asociace (rozmezí P a T, chemické rovnováhy)
- metamorfní P-T dráha – vývoj hornin v poli P-T

# metamorfní zóny a izogrády

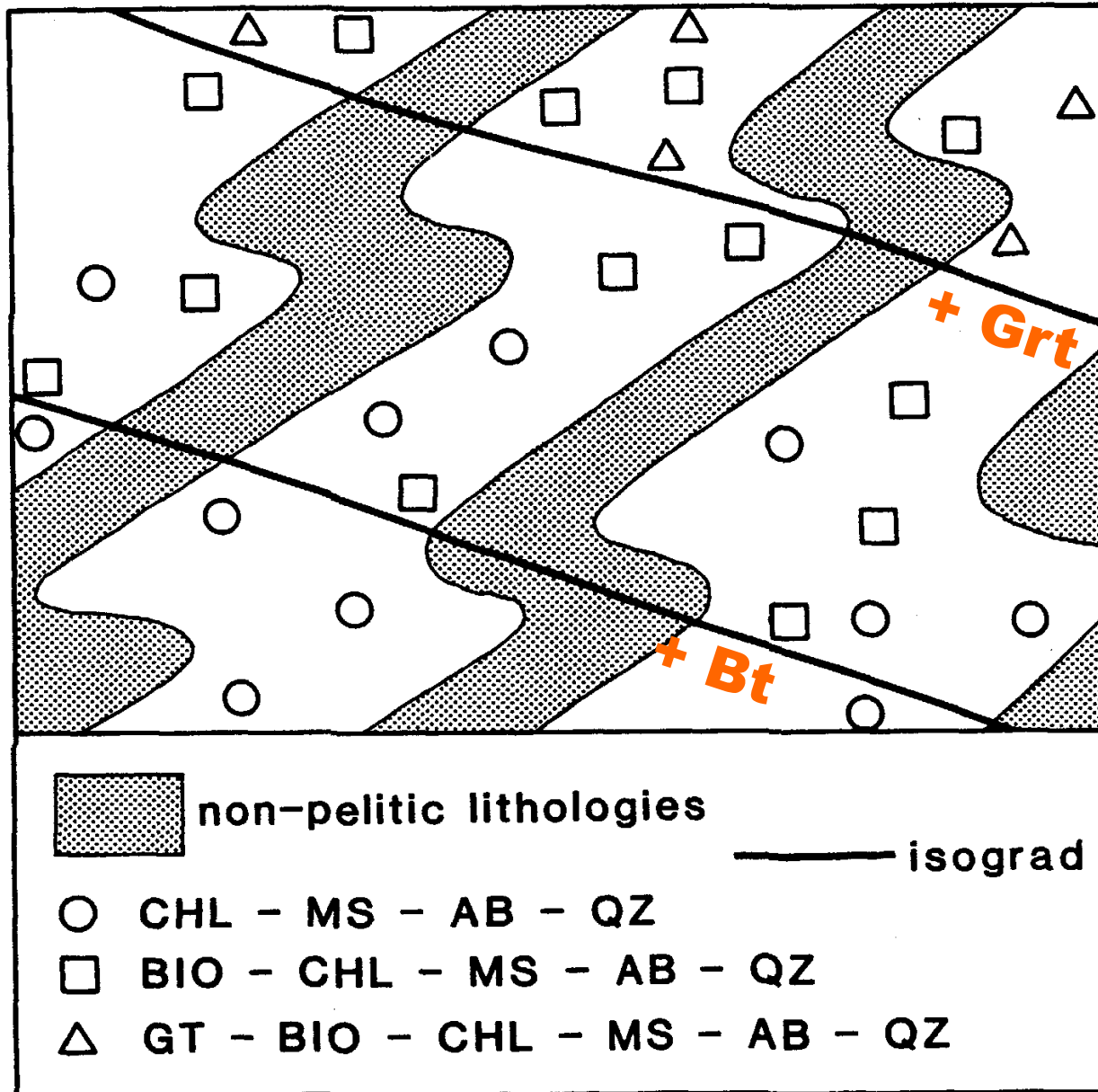
- metamorfní zóna – oblast výskytu IM
- metamorfní izograda – hranice MZ



# metamorfní facie



# Metamorfní izograda



# Typy metamorfózy – genetické klasifikace

- 1) klasifikace podle převládajícího činitele
  - termální met. (T) - různá měřítká
  - 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
      - nabohacení 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

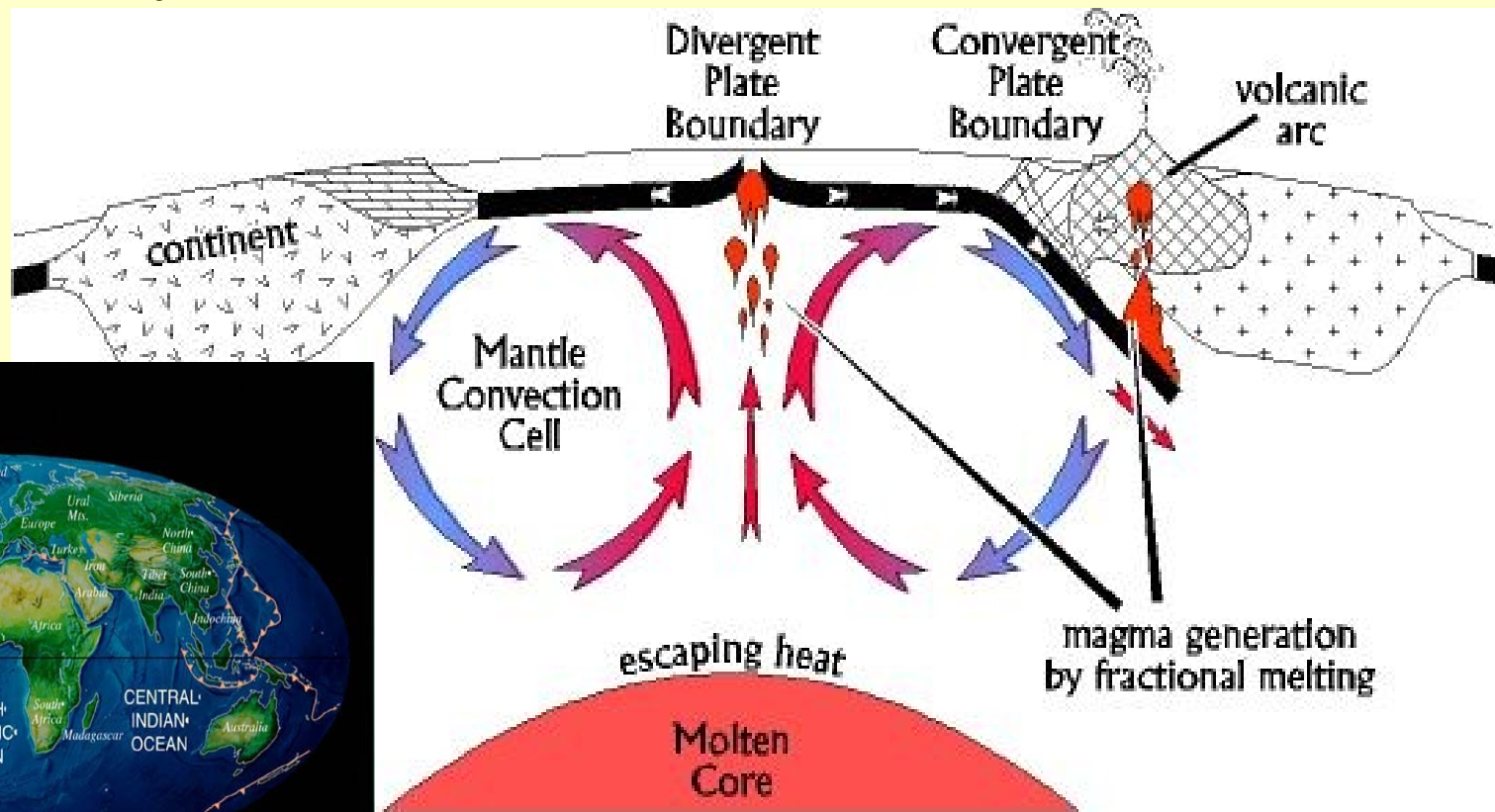
pseudotachylity, kataklazity, mylonity, fylonity

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

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

### 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



Modern World

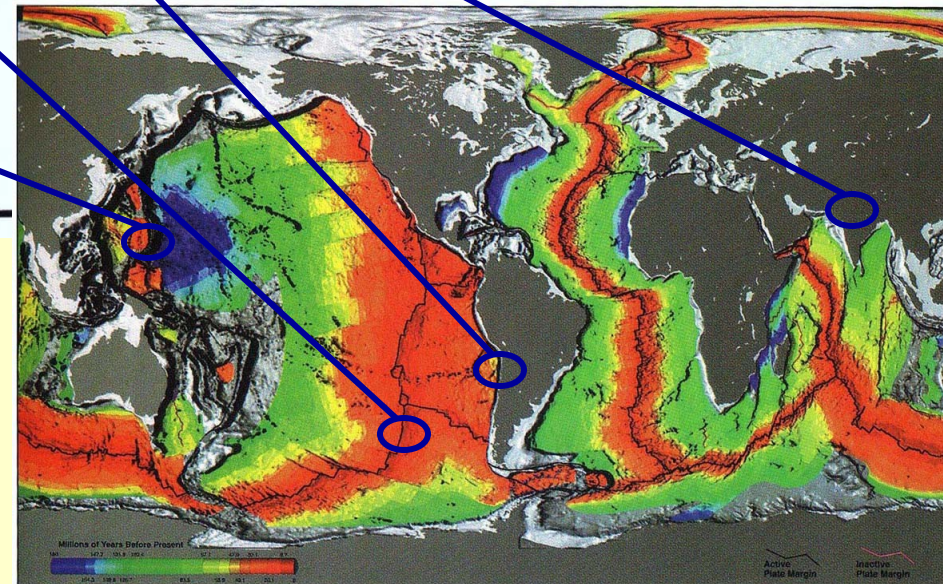
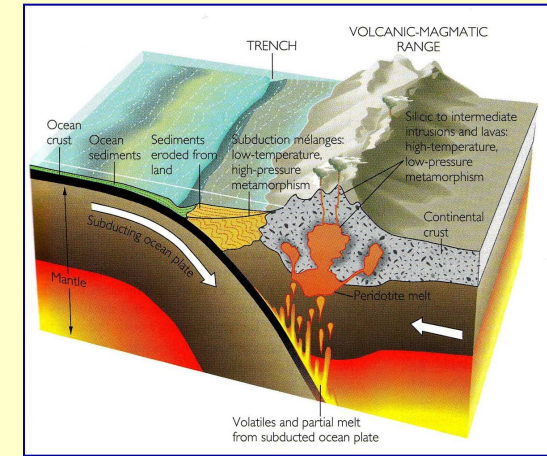
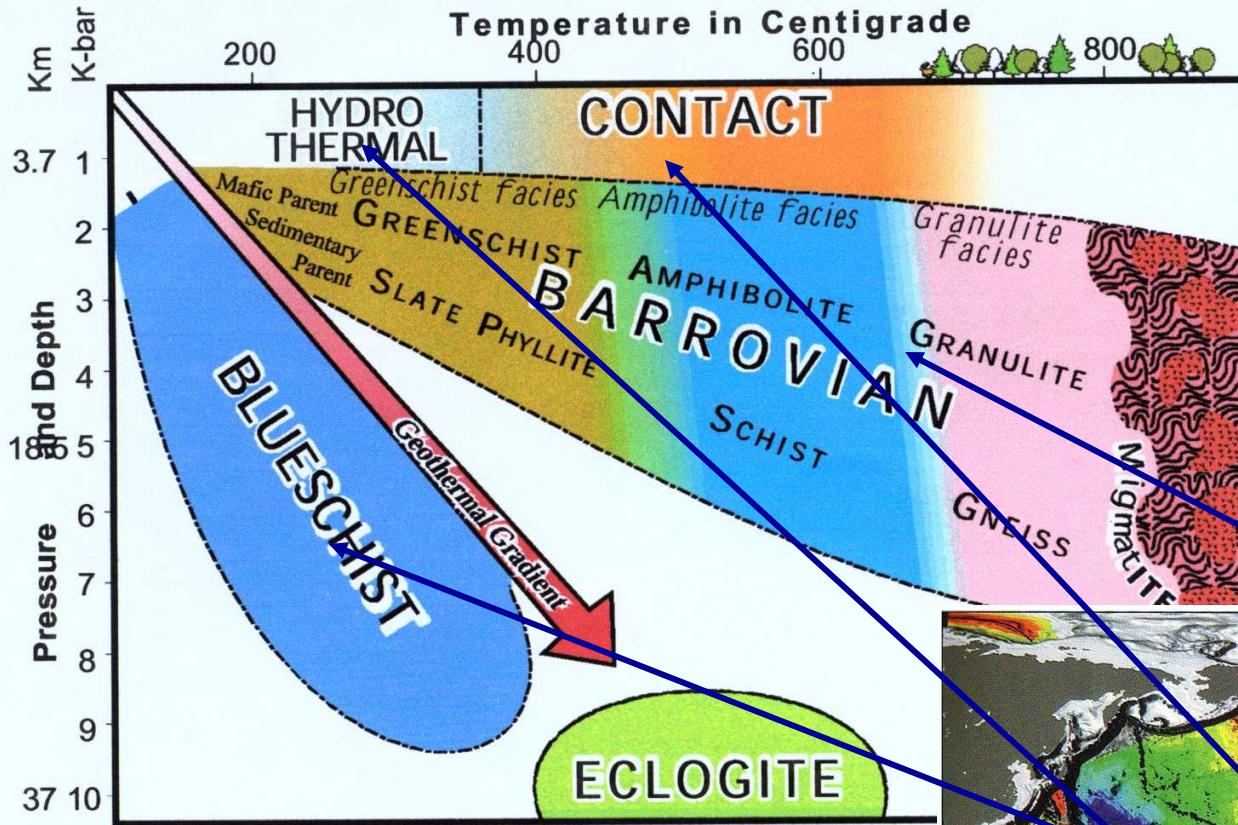


Ancient Landmass  
Modern Landmass  
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)  
Sea Floor Spreading Ridge



# Typy metamorfózy – genetické klasifikace

## METAMORPHIC ZONES AND FACIES



metamorfní zóny a facie, typy metamorfózy (Fichter www)

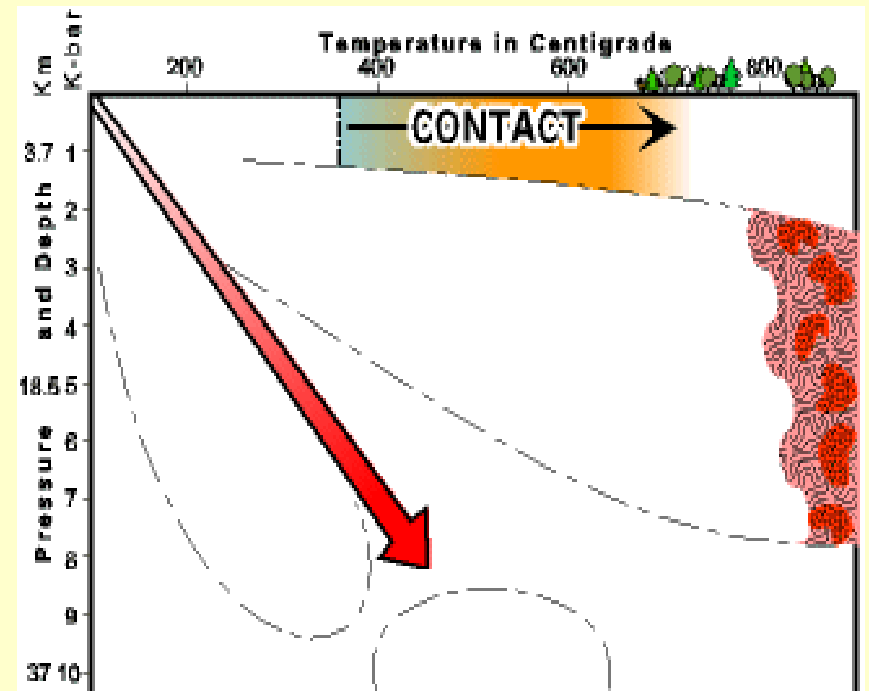
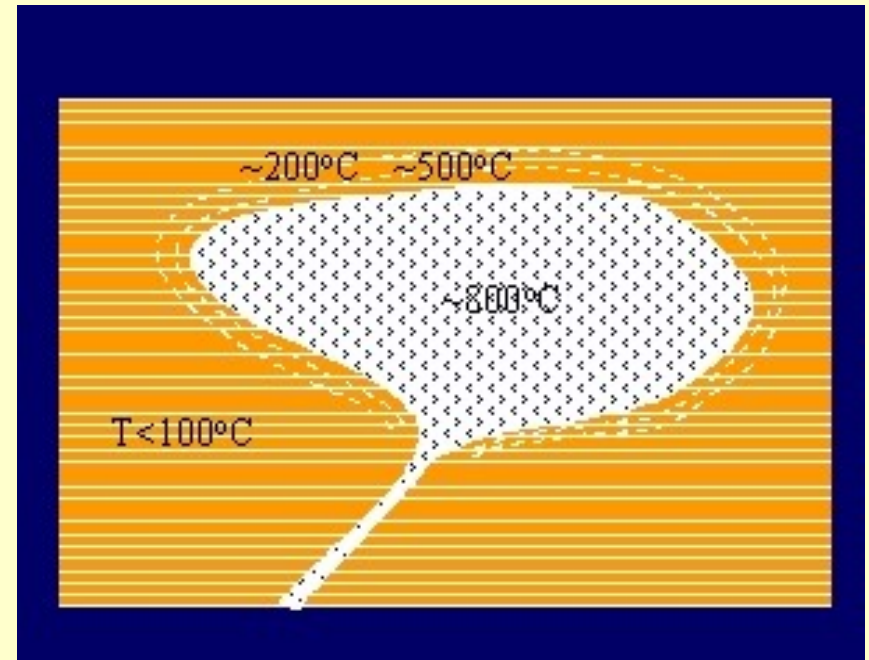
## A) kontaktní metamorfóza

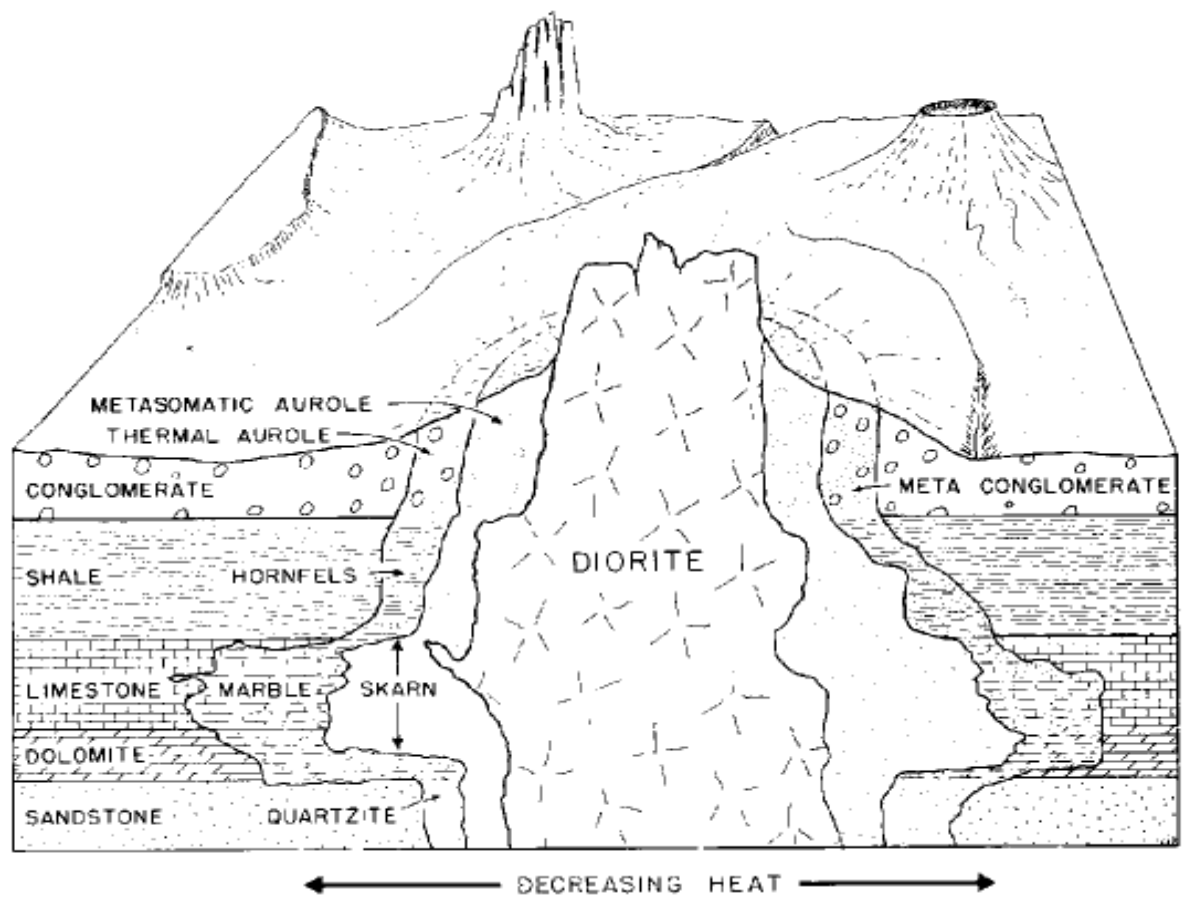
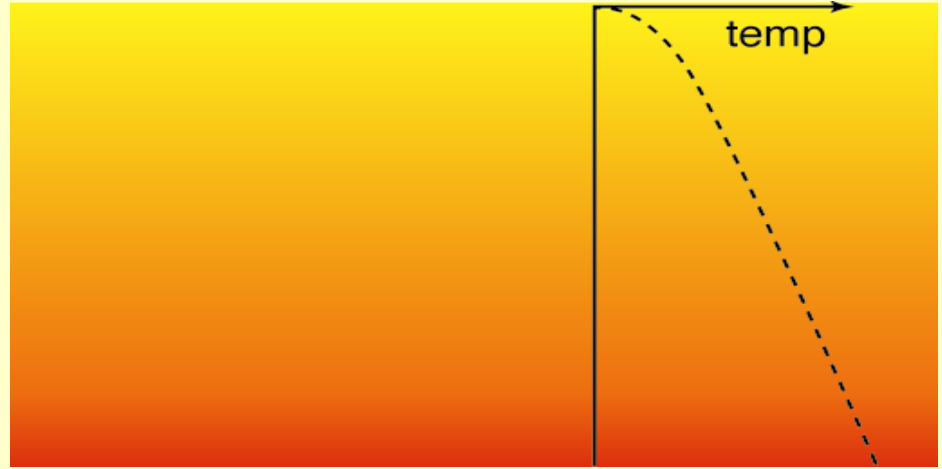
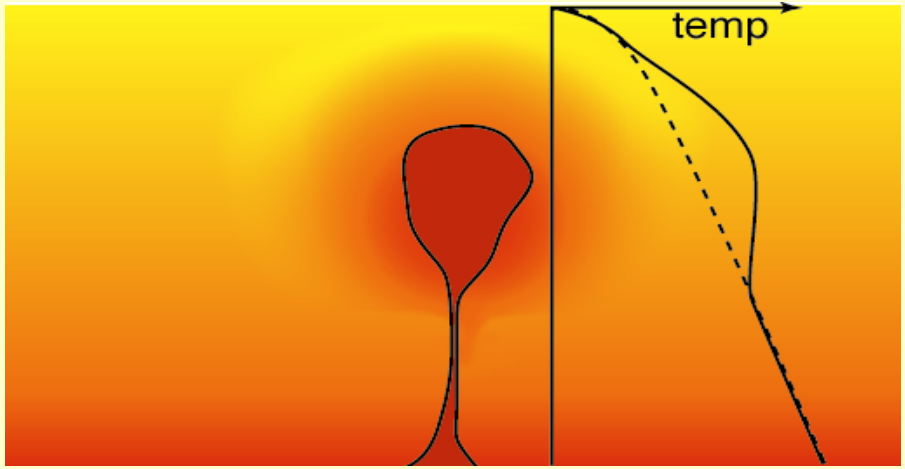
- tepelné působení těles vyvřelých hornin
- účinky rychle klesají se vzdáleností od plutonu
- rozsah obvykle max. několik km
- nízký P/T (andalusit-sillimanit)

### 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)*





**The aureole around the Skiddaw granite was sub-divided into three zones, principally on the basis of textures:**

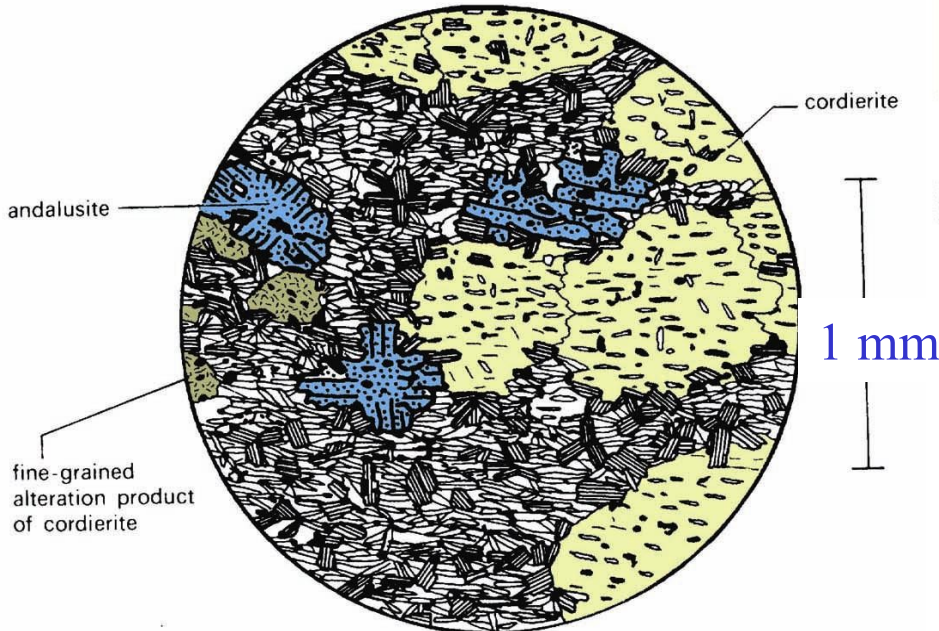
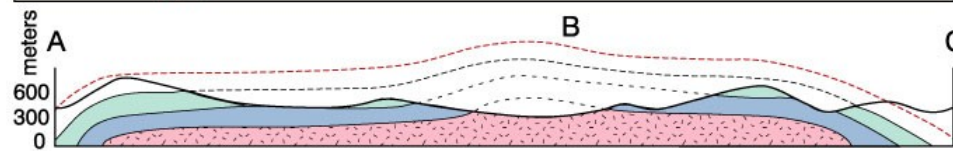
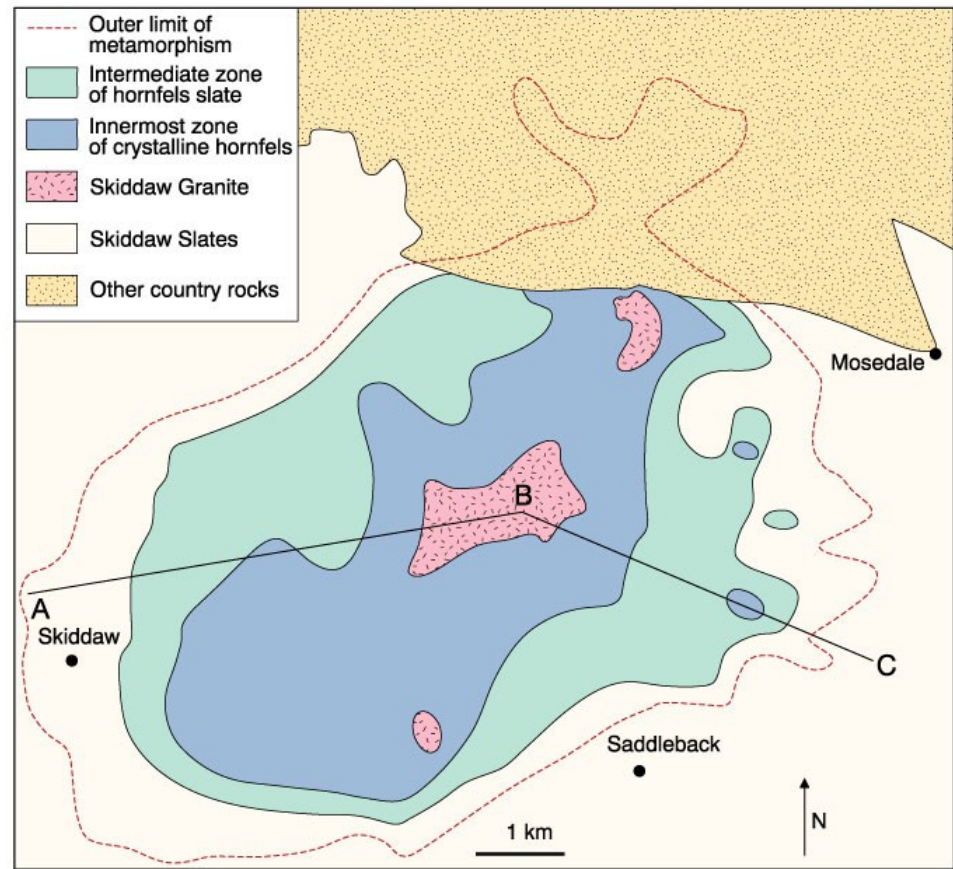
Unaltered slates

Outer zone of spotted slates

Middle zone of andalusite slates

Inner zone of hornfels

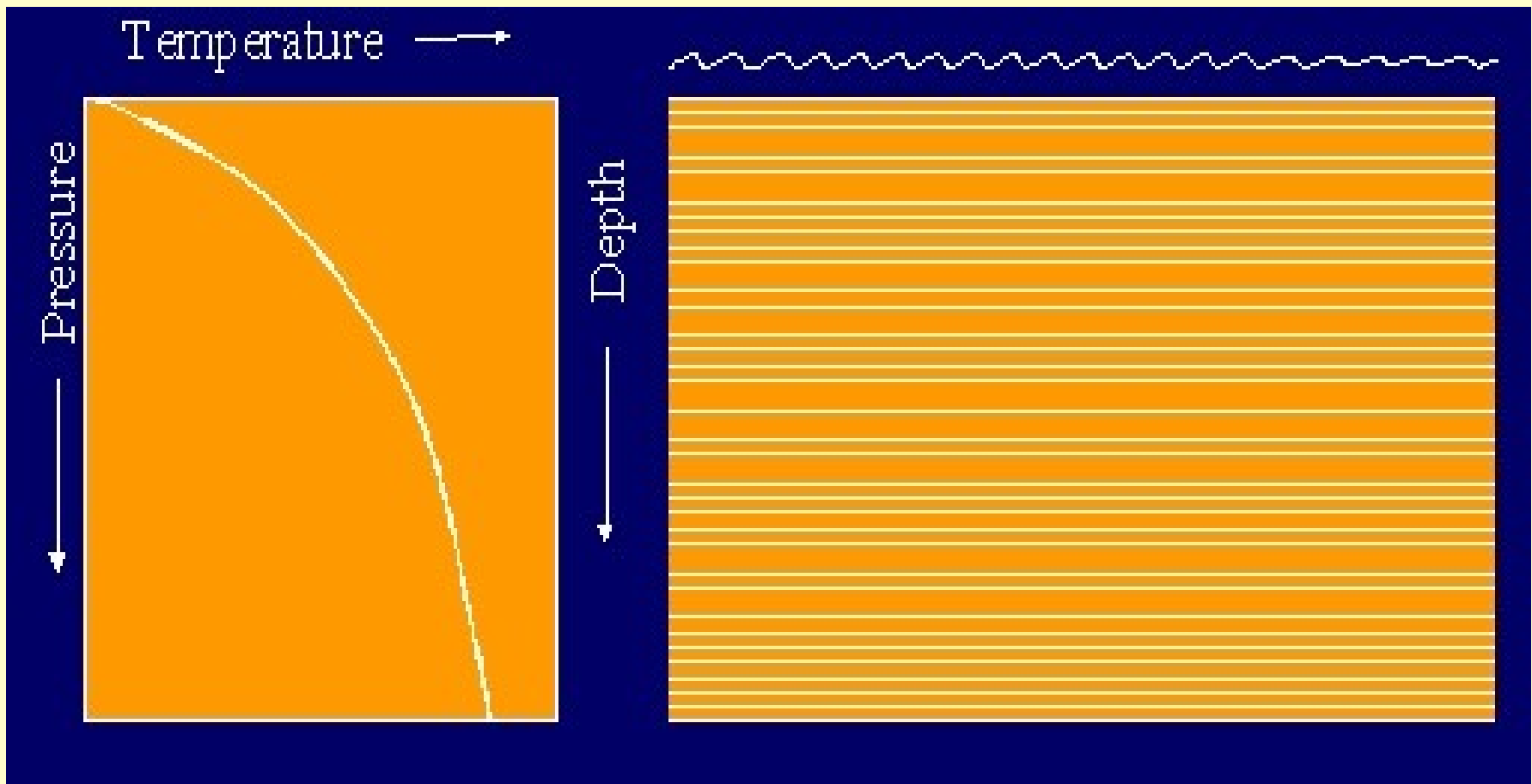
↓ Skiddaw granite



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

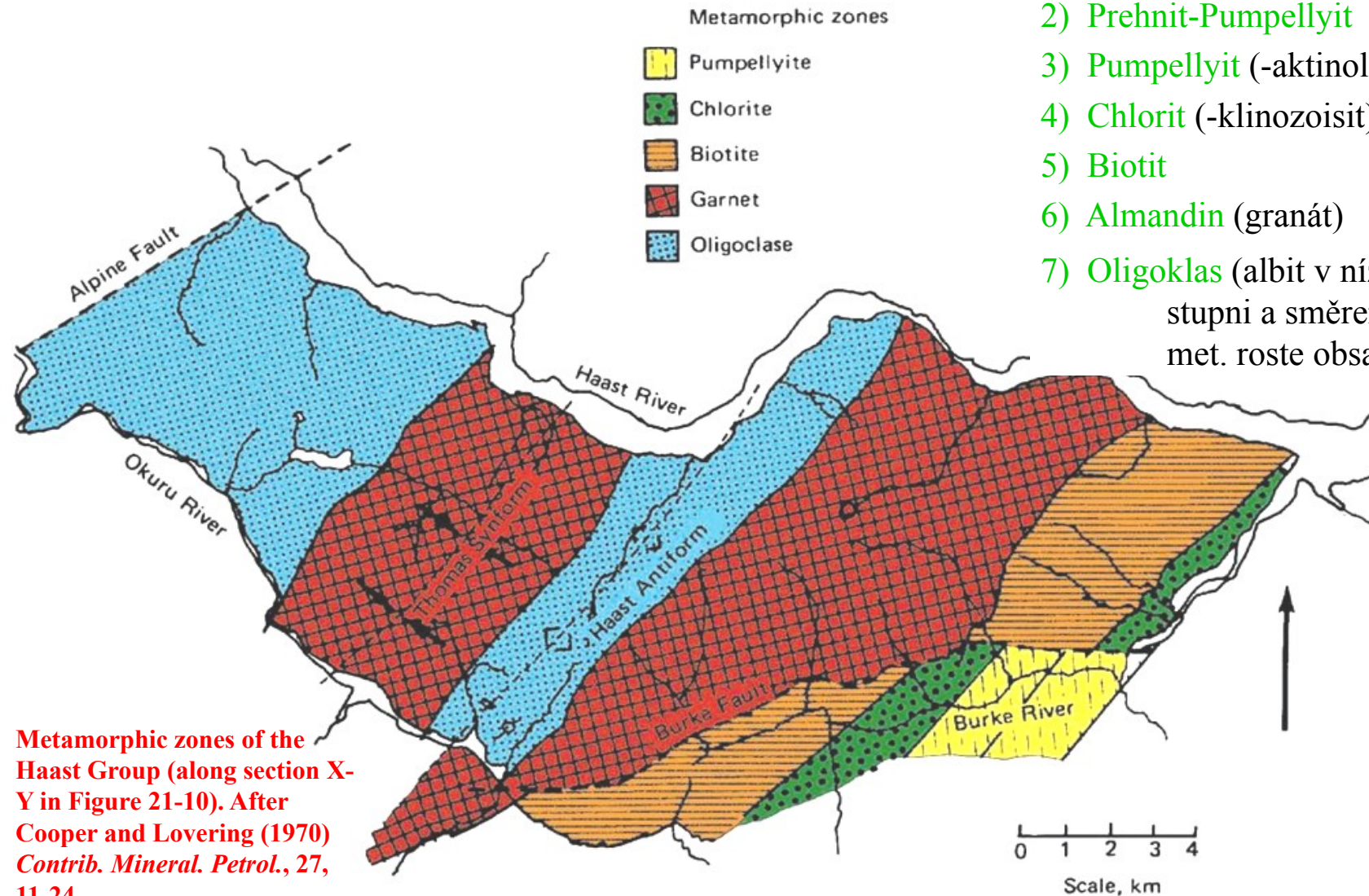
- regionální
- anorogenní
- sedimentární pánve
- způsobena tlakem nadloží a hloubkou
- teploty do 300°C (granátová zóna)



# Regionální metam. pohřbením (Burial Metamorphism)

Izogrady mapované od nejnižšího stupně:

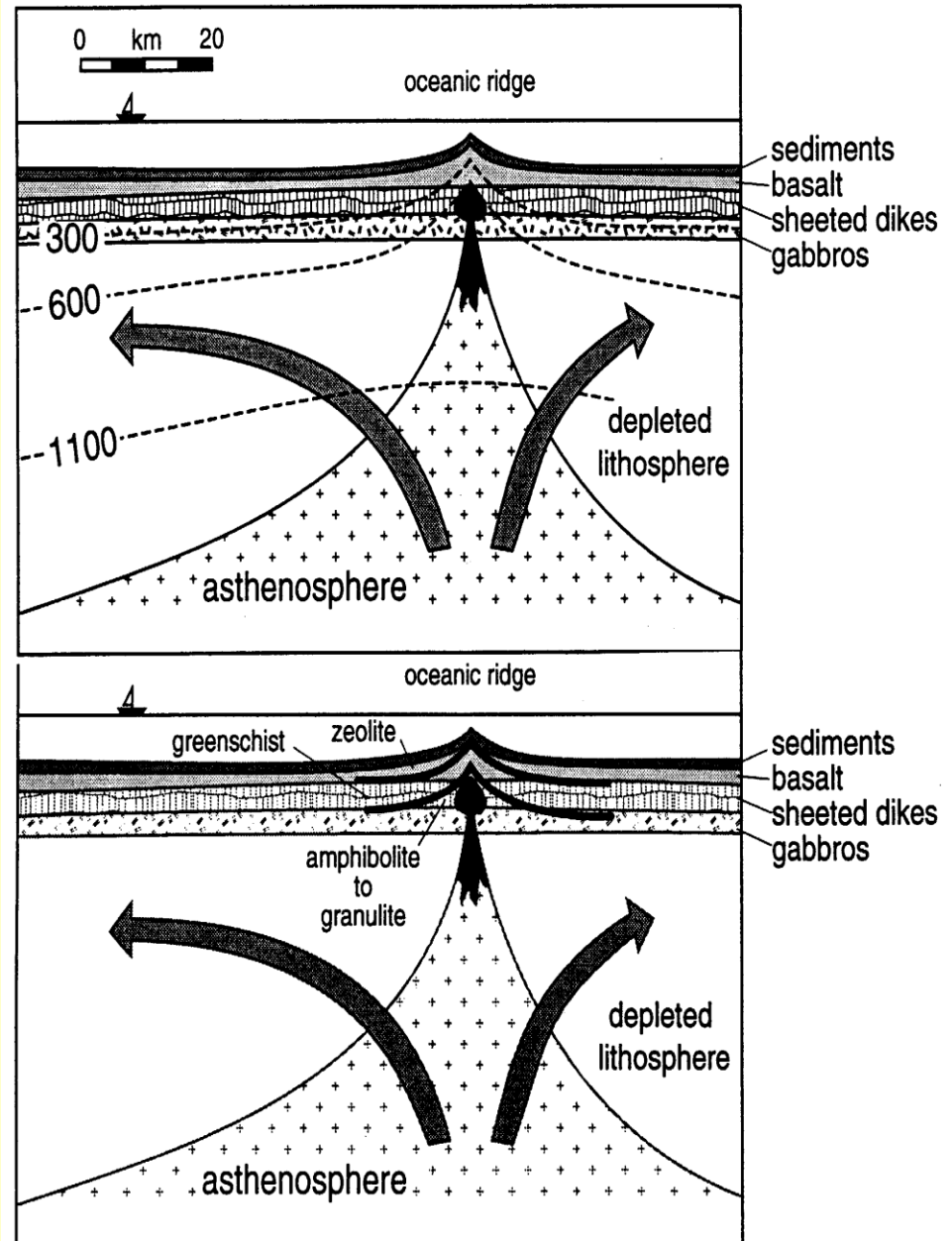
- 1) Zeolity
- 2) Prehnit-Pumpellyit
- 3) Pumpellyit (-aktinolit)
- 4) Chlorit (-klinozoisit)
- 5) Biotit
- 6) Almandin (granát)
- 7) Oligoklas (albit v nízkém met. stupni a směrem do vyšší met. roste obsah Ca)



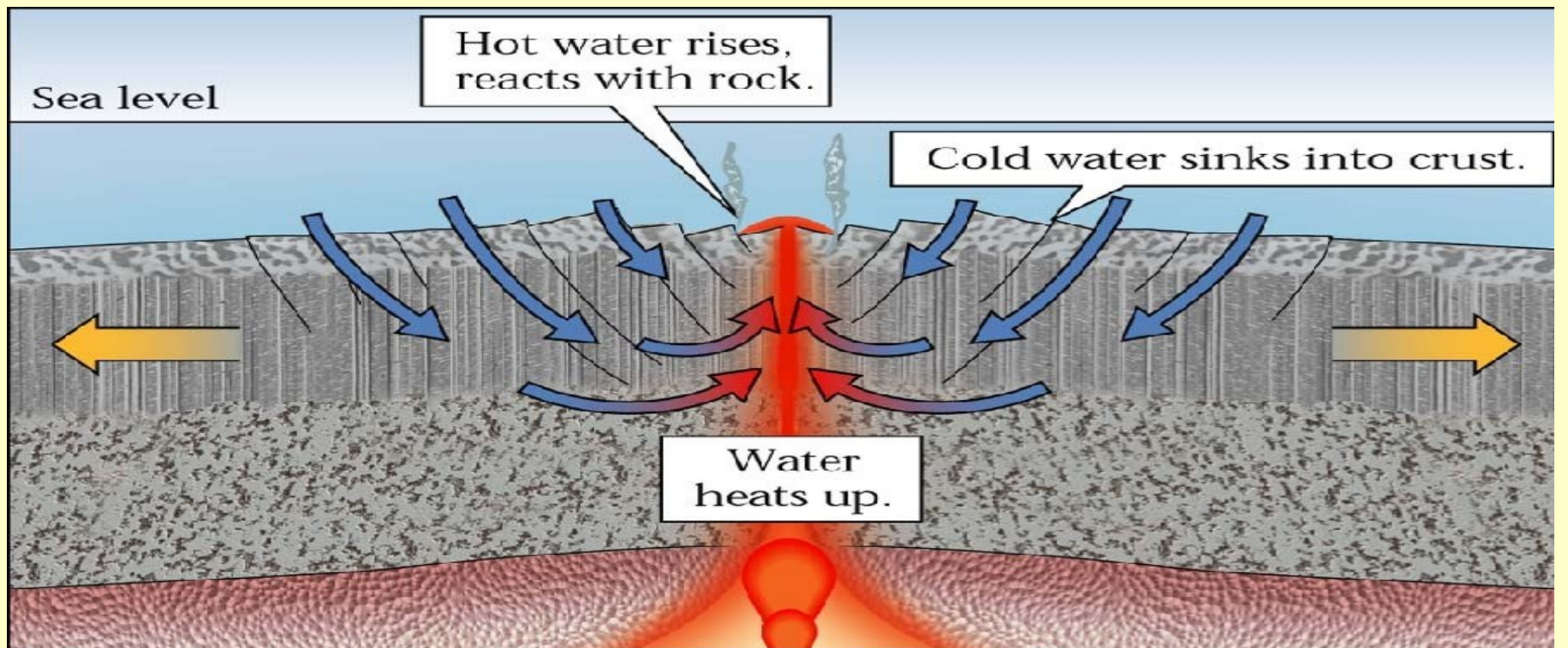
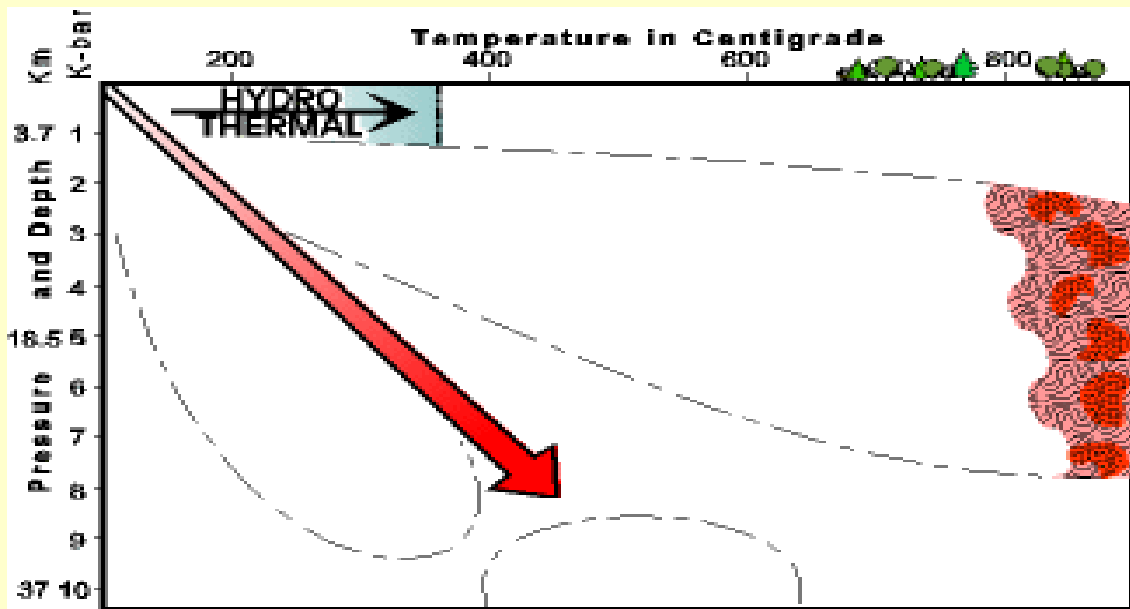
**Metamorphic zones of the Haast Group (along section X-Y in Figure 21-10). After Cooper and Lovering (1970) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 27, 11-24.**

## C) metamorfóza oceánského dna

- nízké tlaky velký rozsah teplot
- hydrotermální metamorfózy (hlavní činitel horká hydrotermální fluida)
- reakce mezi bazaltem a mořskou vodou
- metamorfované horniny jsou výrazně postiženy metasomatickými alteracemi (je odnášeno Ca a Si a roste obsah Mg a Na)
- chloritem bohaté horniny s vysokým obsahem Mg a nízkým Ca



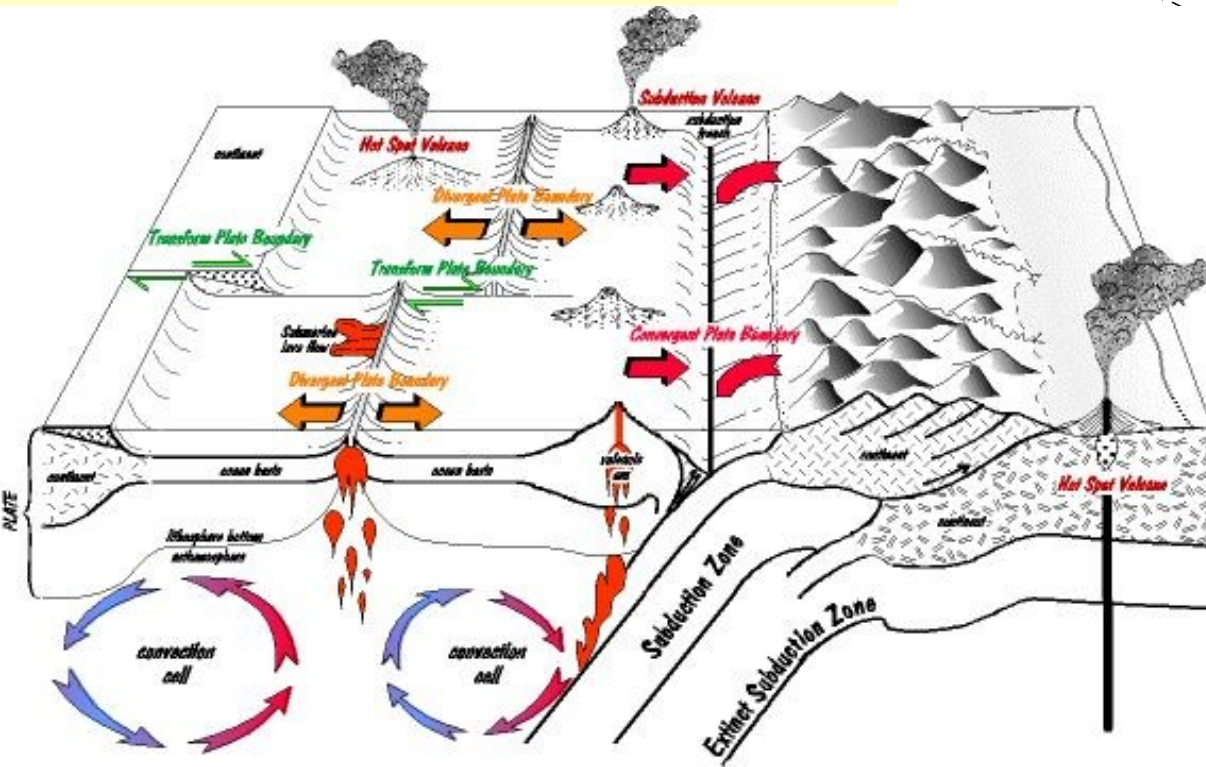
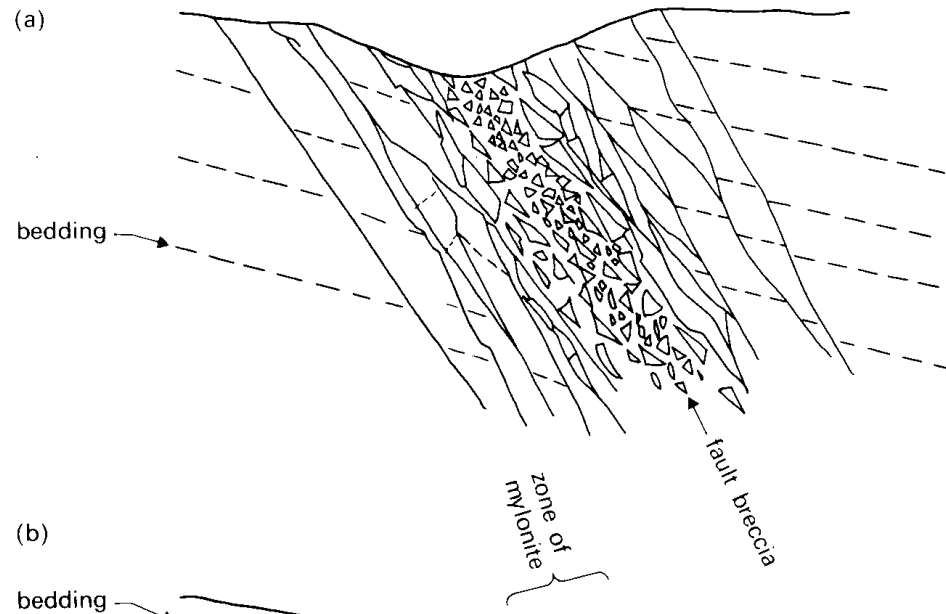
*Schematický řez středooceanickým hřbetem (Ernst, 1976 in Spear, 1993)*





## 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**

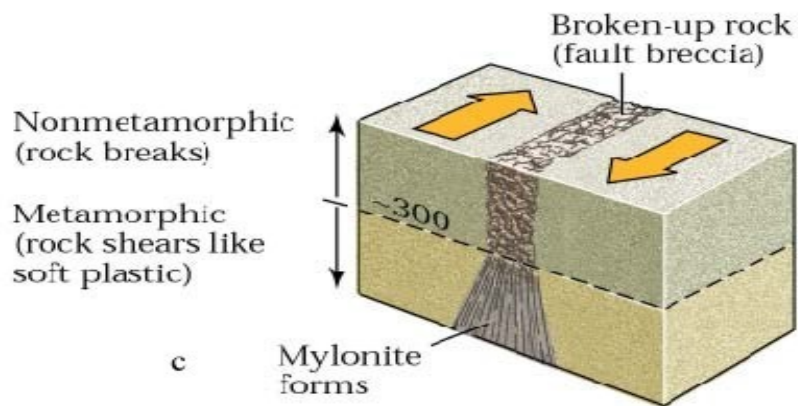
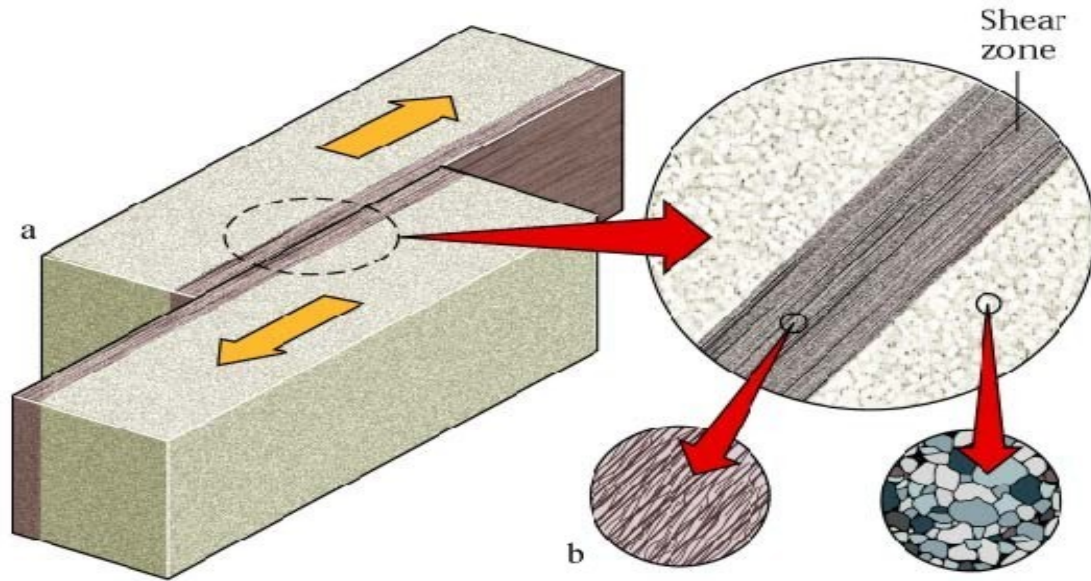
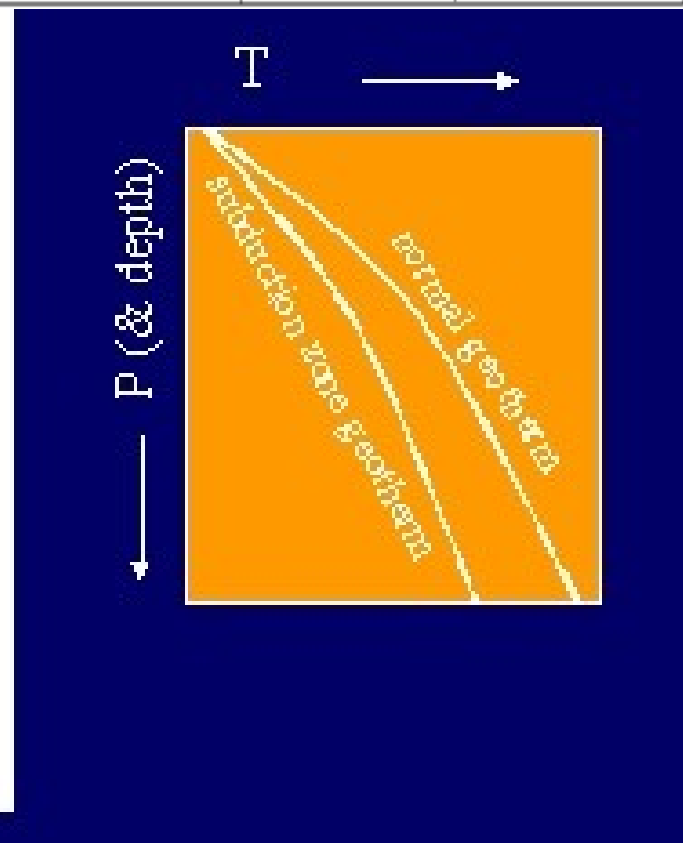
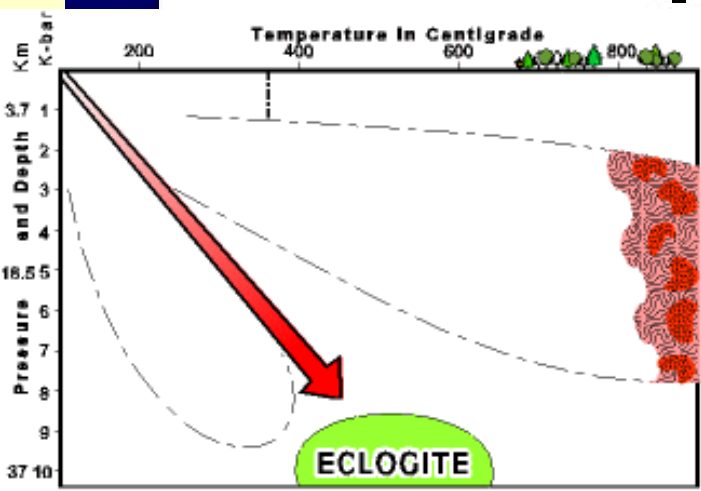
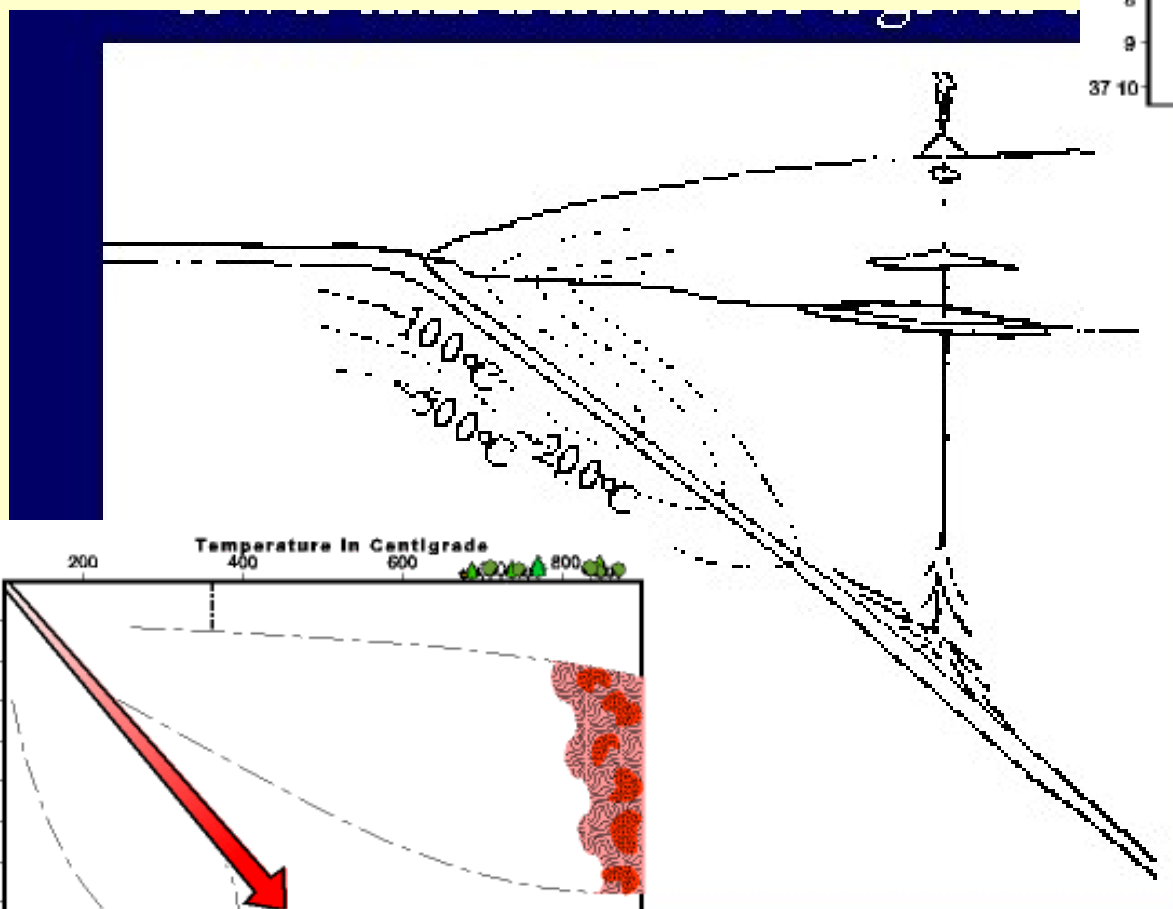
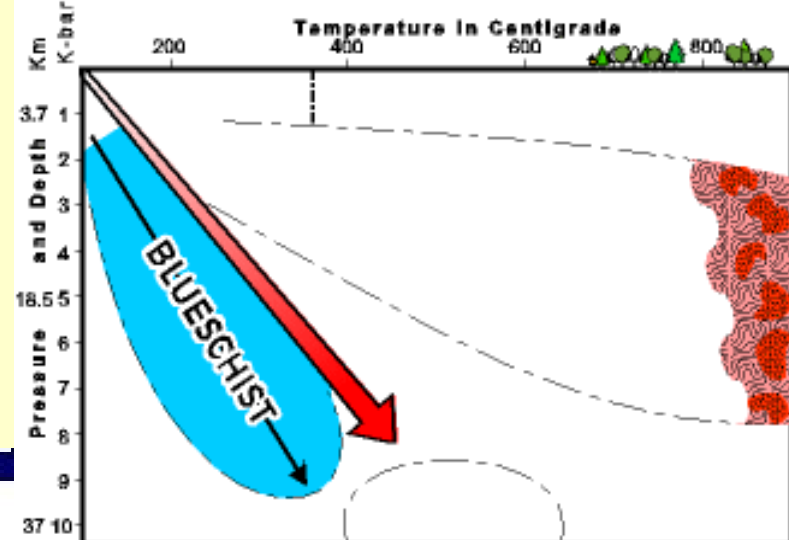


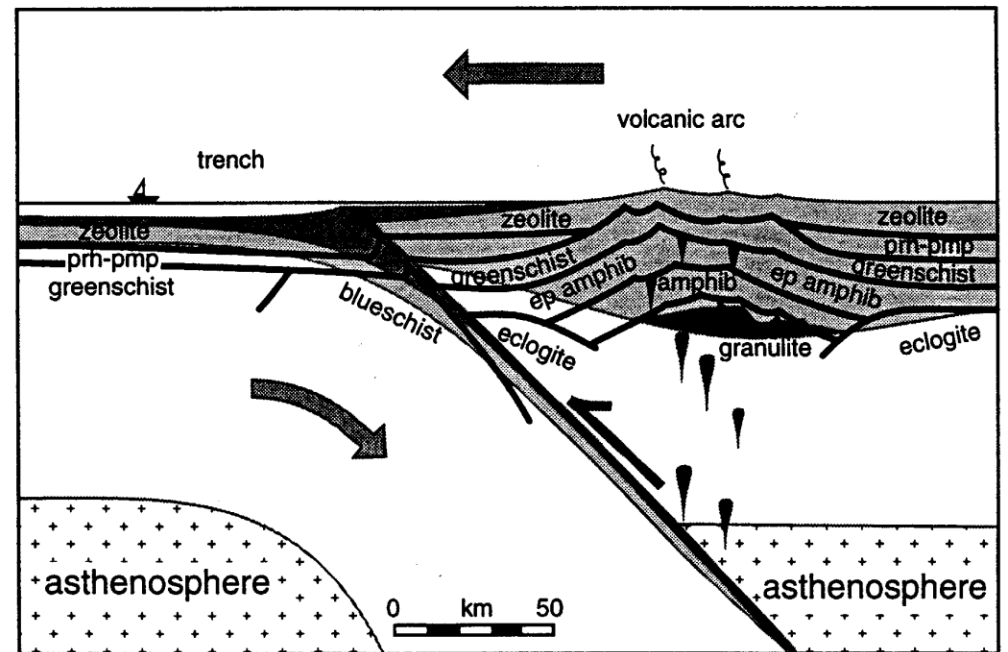
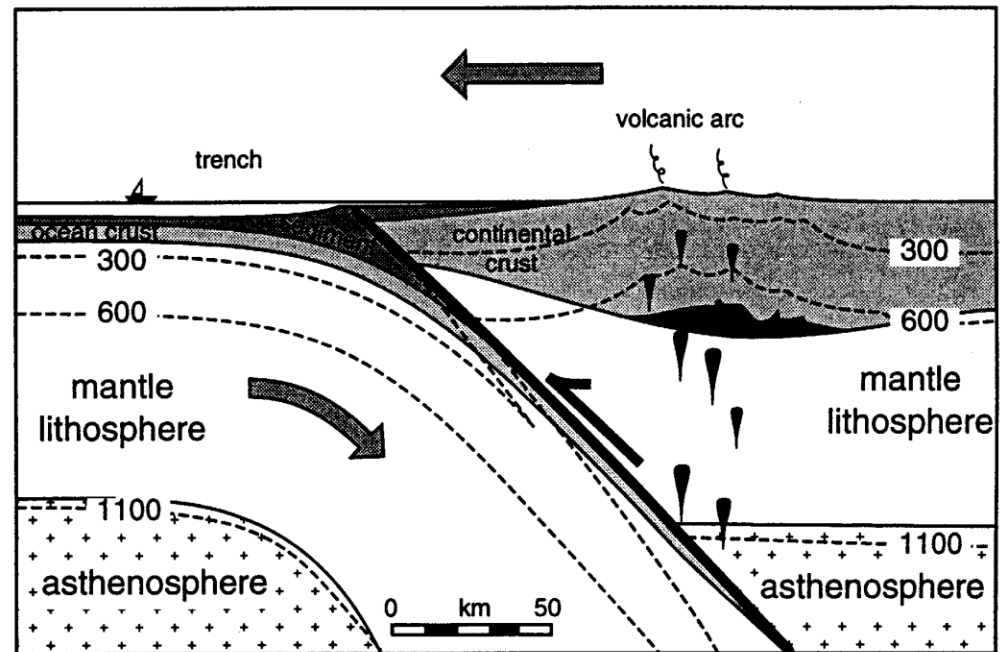
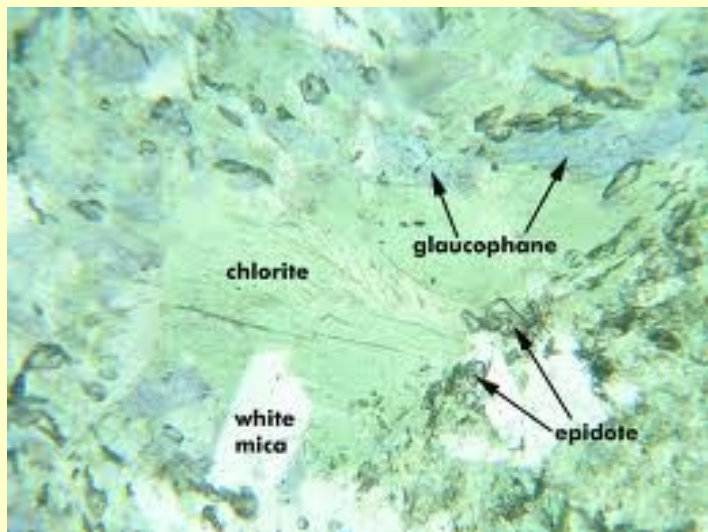
Fig 1  
Model for dynamic metamorphism  
in faults (a), producing mylonite (b)  
and fault breccia (c)

# E) metamorfóza na subdukčních zónách

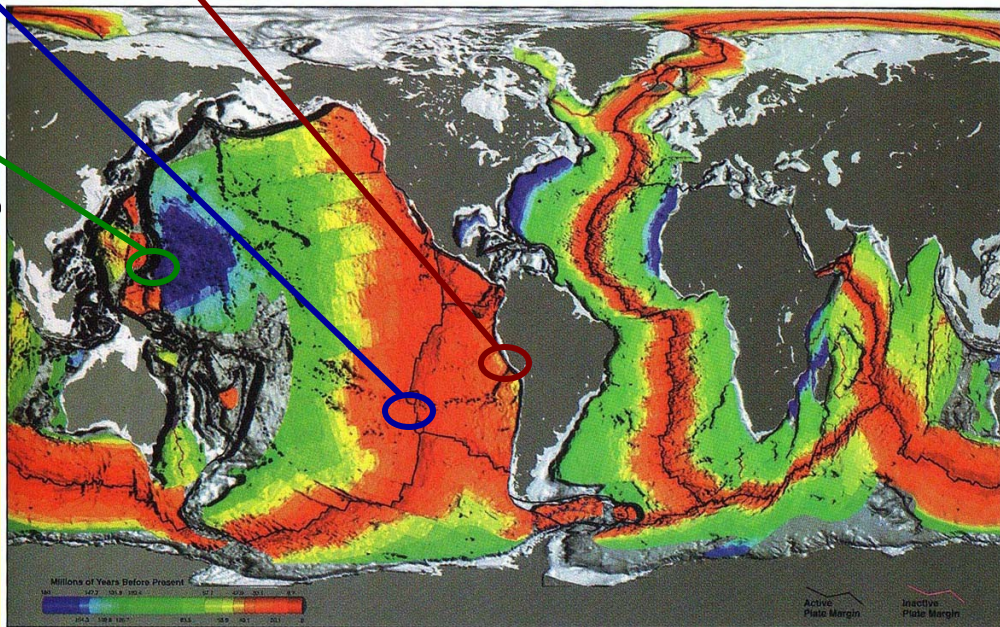
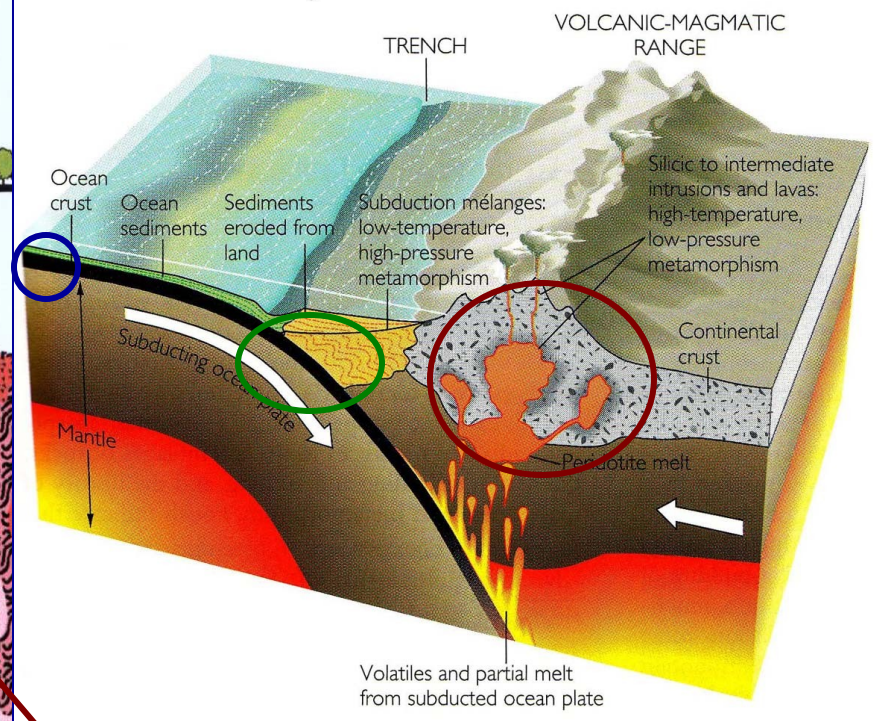
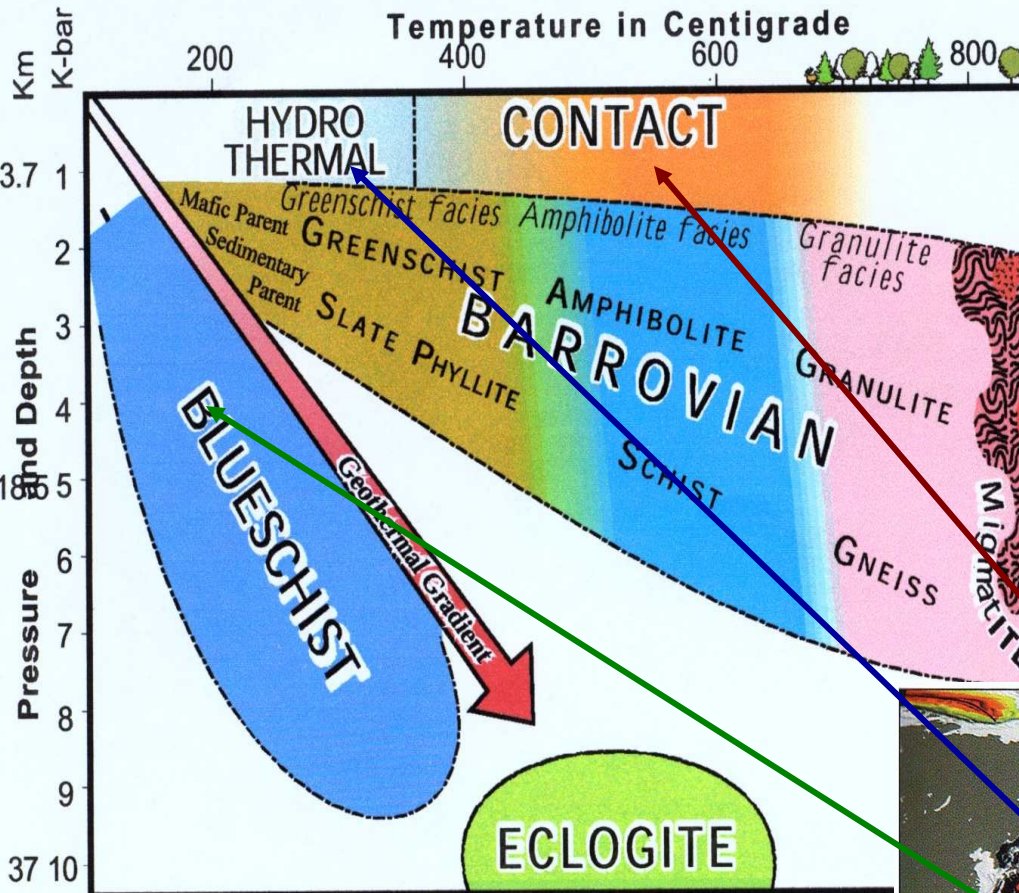
- vysoký P/T (glaukofan-jadeit)
- relativně studené horniny jsou rychle transportovány do velkých hloubek



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

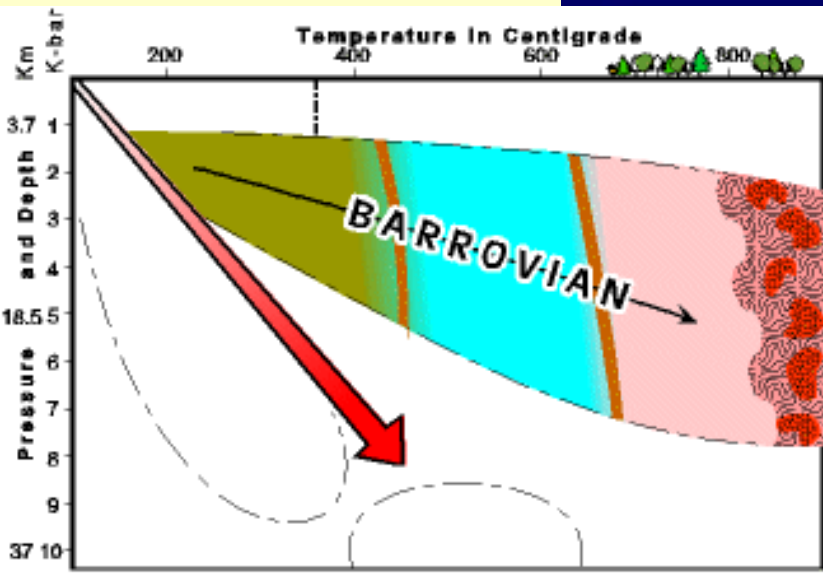
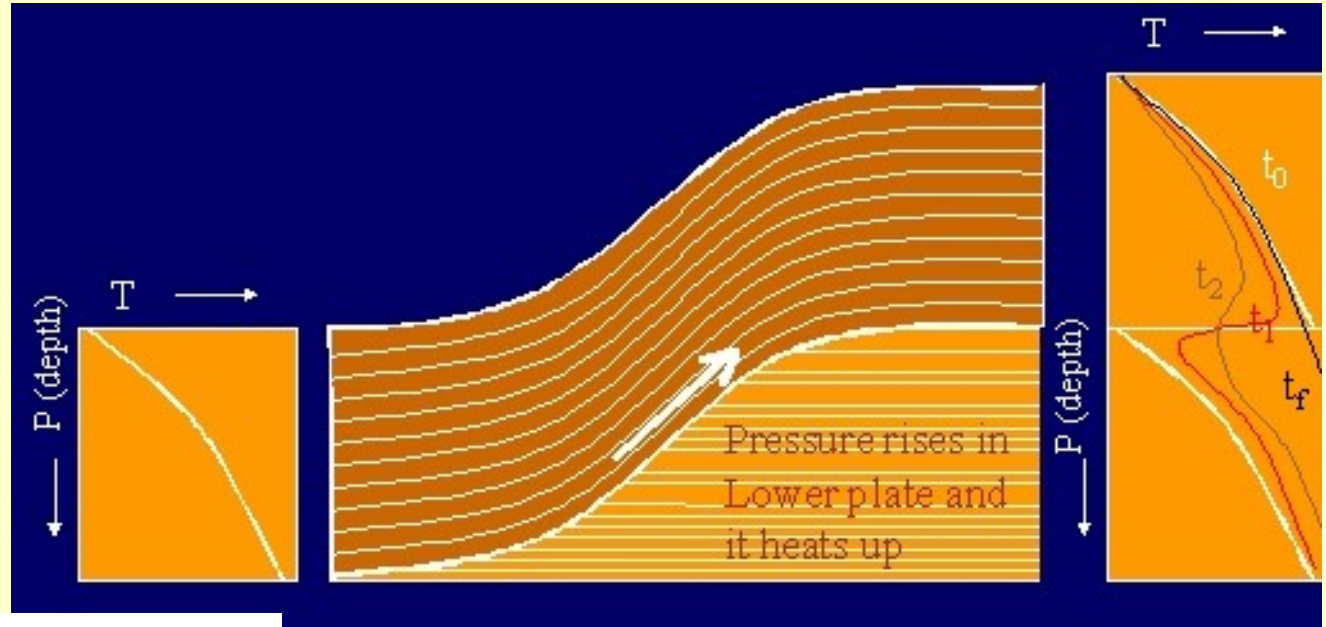


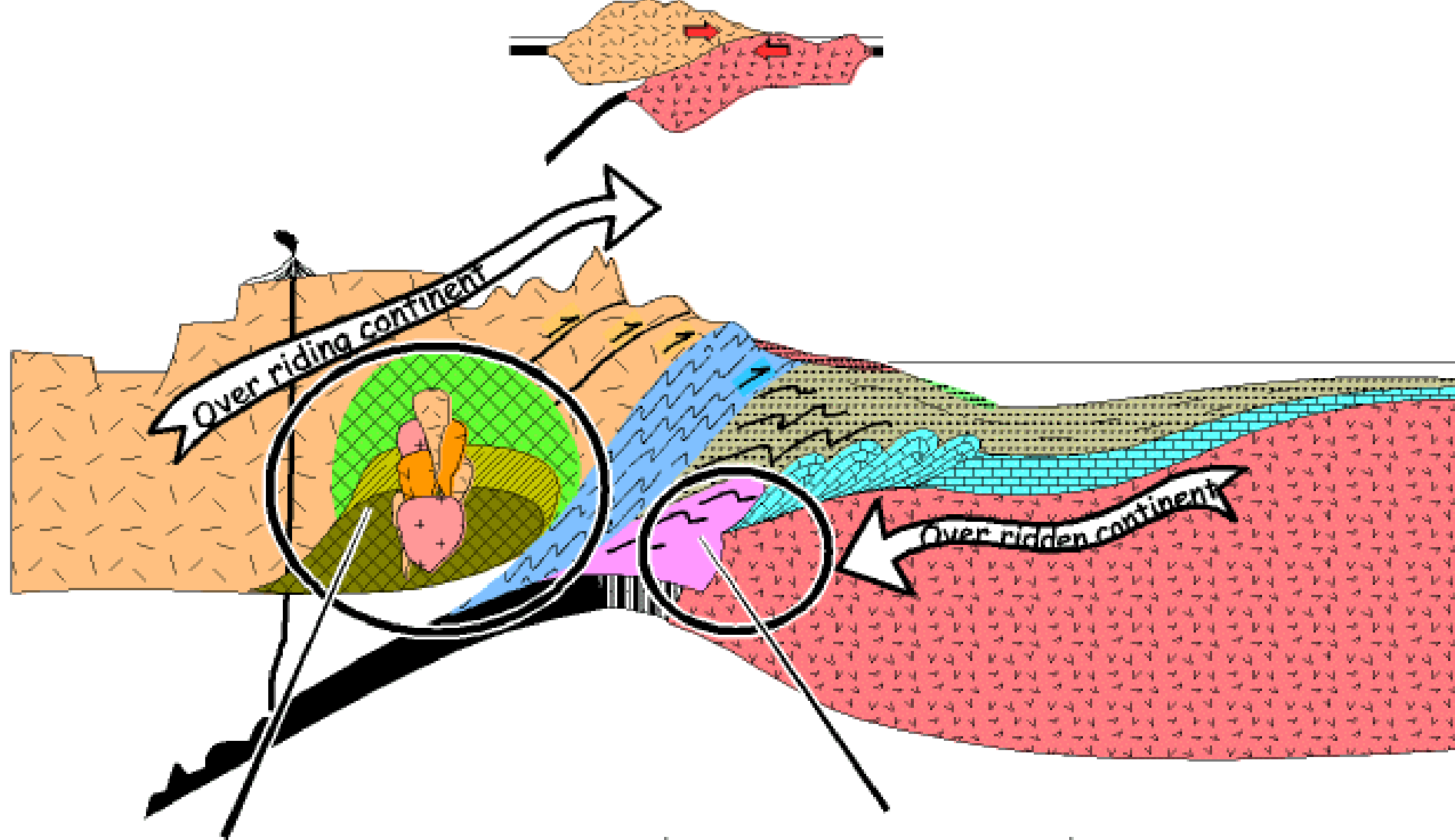
# METAMORPHIC ZONES AND FACIES



# 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





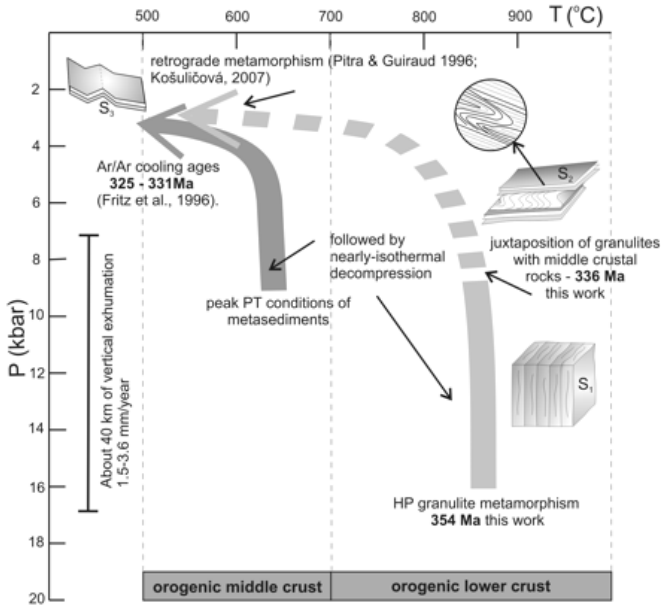
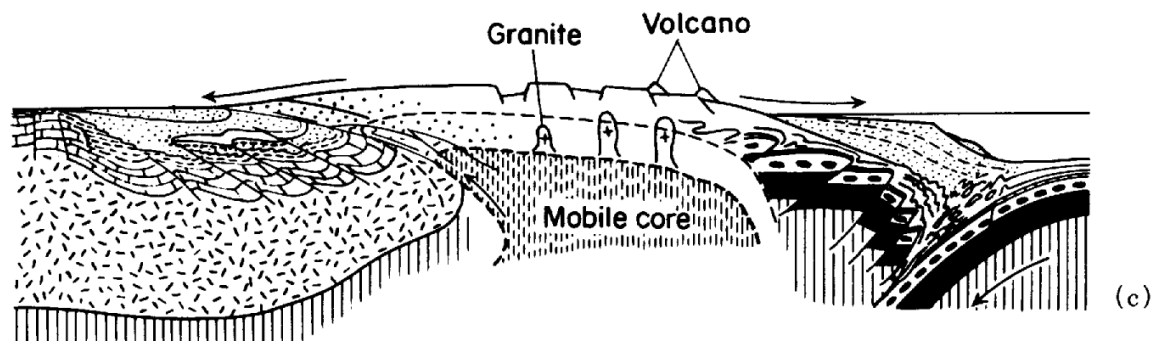
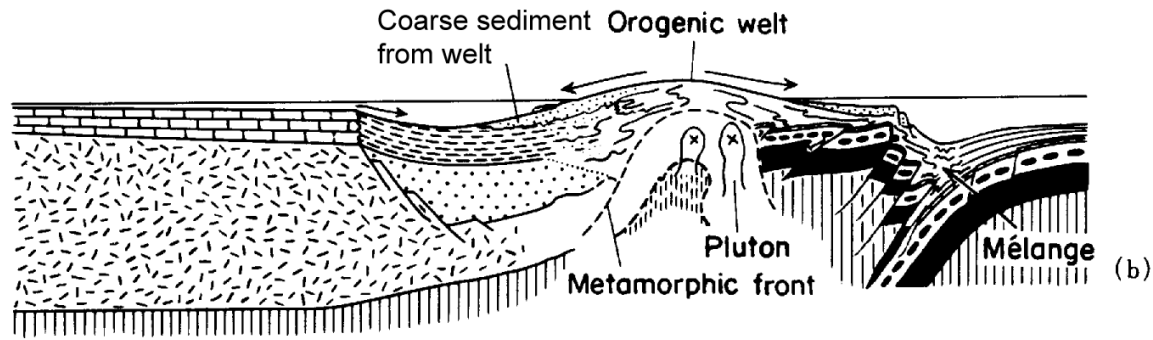
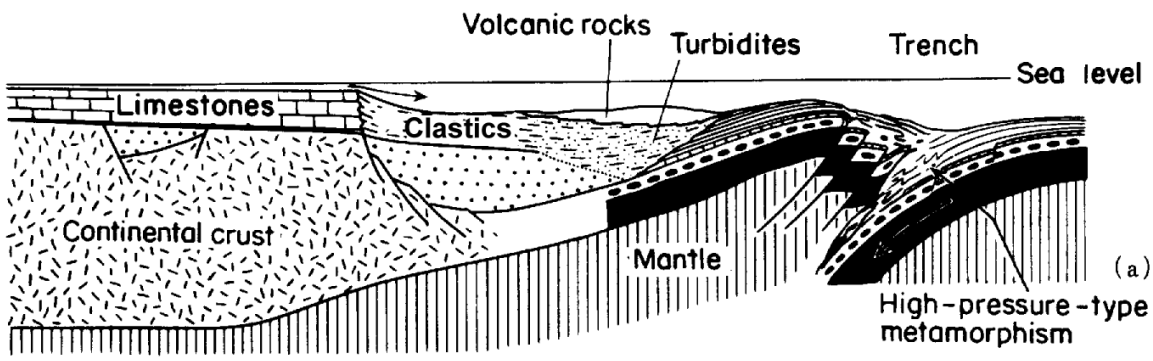
Barrovian metamorphism  
due to the intrusion of  
igneous batholiths.

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.



# Další méně užívané názvy

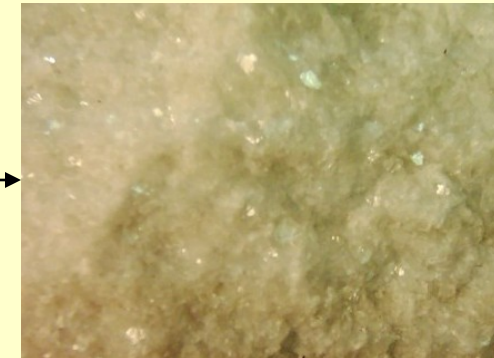
## 1. Diaftoreza (retrogradní metamorfóza)

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



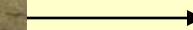
## 2. Isofázová metamorfóza

- minerální složení horniny se při metamorfóze nemění
- uplatňuje se hlavně v některých karbonátových horninách, v křemencích bez jílovitého tmelu a v některých ortorulách



## 3. Alofázová metamorfóza

- minerální složení metamorfitů je jiné než složení výchozí horniny
- vznik metamorfních minerálů



# Další méně užívané názvy

## 5. Izochemická metamorfóza

- chemické složení zůstává metamorfními pochody nezměněno
- pravděpodobně u hornin metamorfovaných kausticky (vypálením).
- u ostatních metamorfovaných hornin je jediným bezpečným kritériem shoda chemismu s chemismem nemetamorfovaných hornin, do nichž metamorfována hornina plynule přechází (kontaktní aureola)



## 6. Alochemická metamorfóza

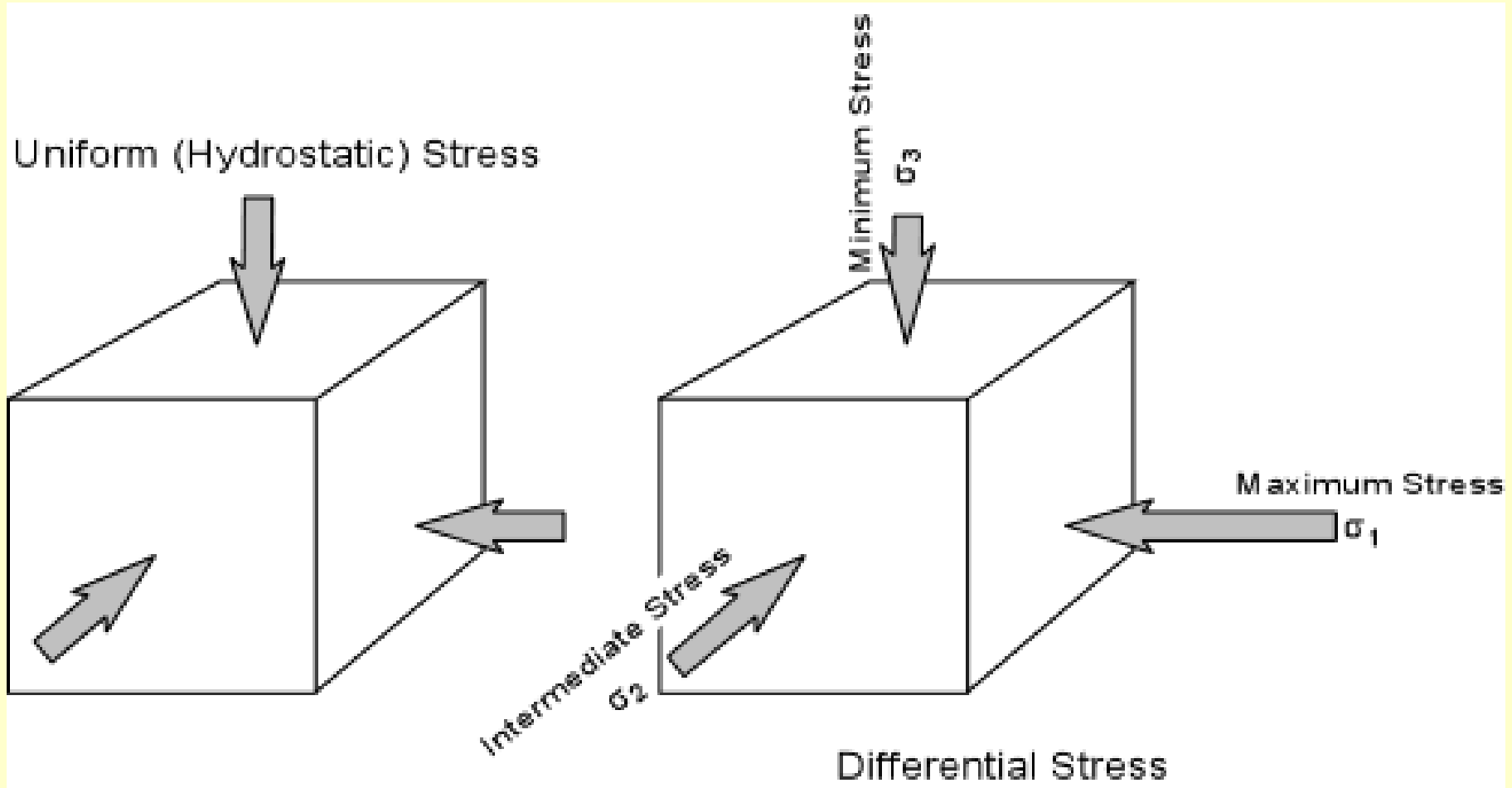
- chemické složení metamorfované horniny je jiné než horniny výchozí
- důležitým kritériem je pozorování terénních vztahů, např. změny chemismu zřetelně závislé na vzdálenosti od kontaktu s vyvřelým tělesem apod.



# **Stavební znaky hornin typické pro jednotlivé typy metamorfóz**

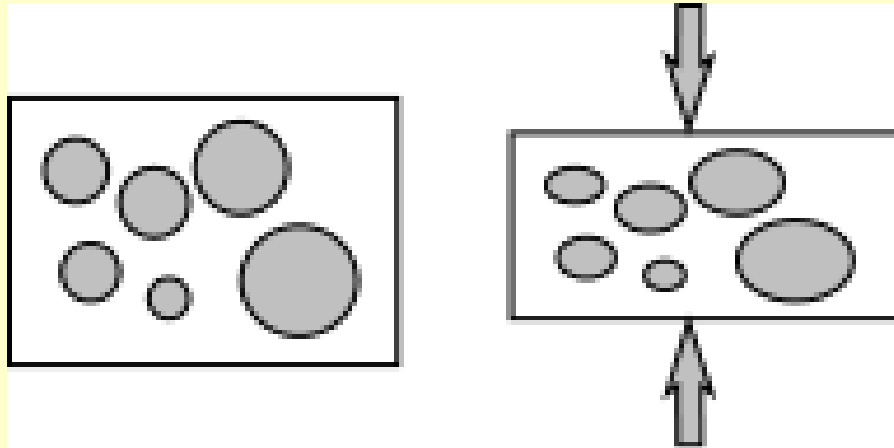
# 1) Dynamická metamorfóza

Stavby svázané s působením orientovaného tlaku

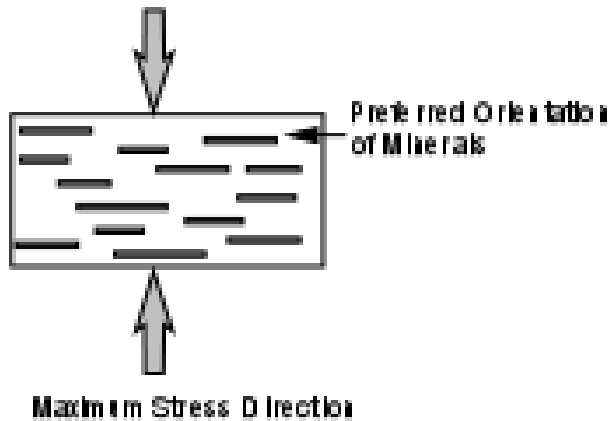
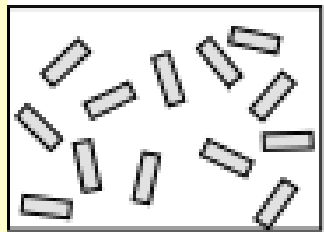


- VŠESMĚRNÝ A ORIENTO VANÝ TLAK

# Orientovaný tlak



Random Orientation  
of Minerals



- Obr. Deformovaný konglomerát

## 1. Tlakové postižení se projevuje na minerálech v tomto pořadí:

- karbonáty (dvojčatění karbonátů),
- křemen (undulosní zhášení křemene, anomální dvojosost),
- slídy (ohnutí slídových lupínek, vznik dvojčatění ve slídách),
- živce (undulosní zhášení živců, ohnutí lamel, vznik nepravidelného, anomálního lamelování, dislokované lamely).



*Tlakové dvojčatění: V důsledku tlaku dojde k potočení částí mřížky původně jednoduchého krystalu a vzniku dvojčete.*



*Undulosní zhášení křemene*

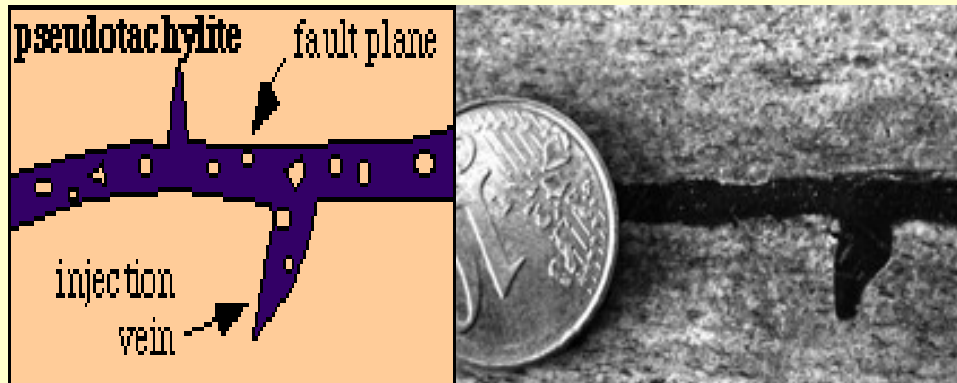
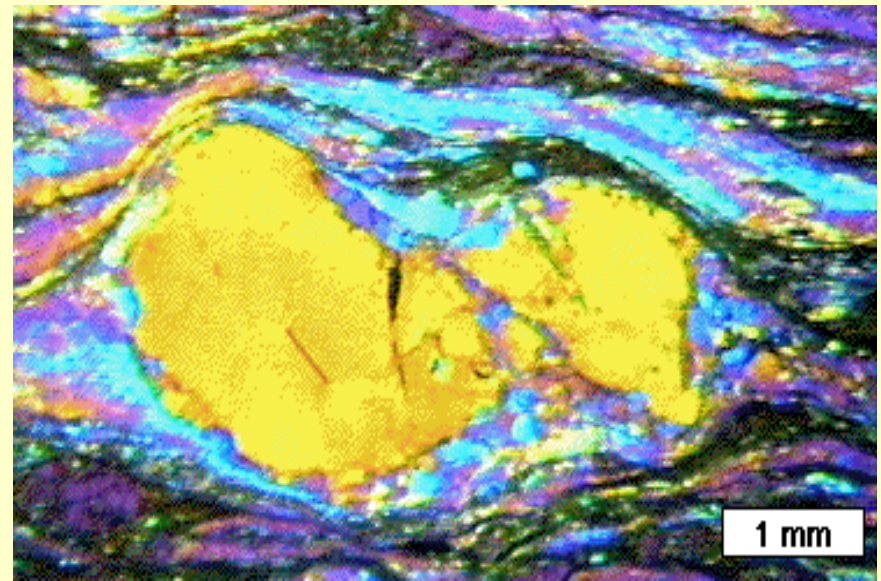
2. **Porušení tvaru** původních zrn, porušení původních struktur a textur, deformace valounů, mandlí, fosilií atd.



*Vtisky na valounech vzniklé v důsledku diagenéze - vznikly na styku valounu (eocenní slepence).*

### 3. Popraskání minerálních zrn:

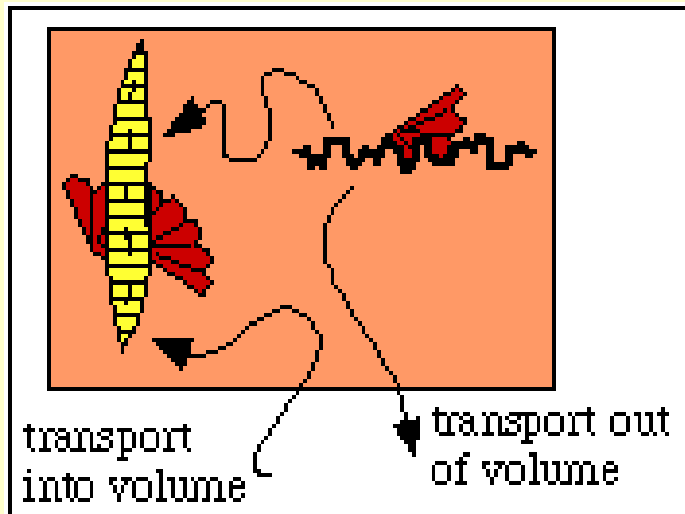
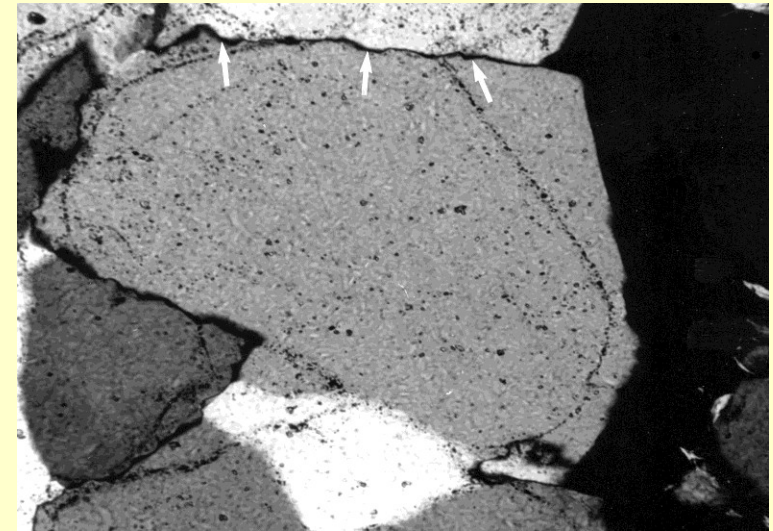
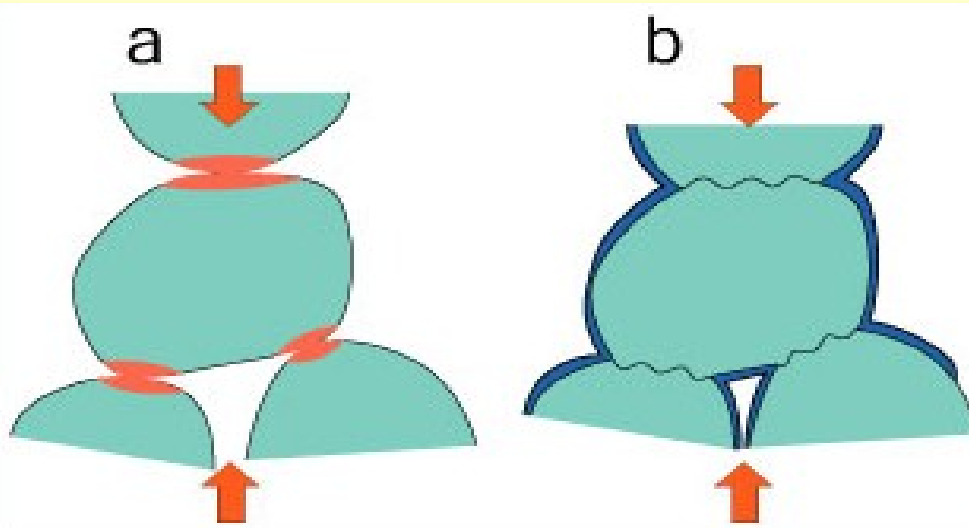
- pukliny probíhají několika zrn,
- vznik systémů paralelních trhlinek,
- granulace zrn (rozpad původně větších zrn na větší počet zrněk drobných),
- vznik kataklastické, maltovité, porfyroklastické až mylonitické struktury,
- v extrémních případech až vznik pseudotachylitů (velmi jemná drť připomínající sklo),
- vznik sekundárně proudovité textury zejména rozvlečením slídových minerálů do paralelních pruhů.



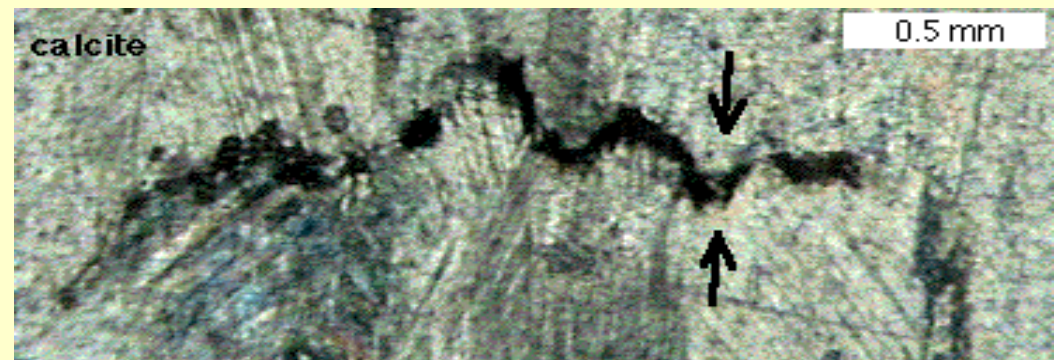


#### 4) Tlakové rozpouštění:

- na kontaktu mezi zrny dochází k rozpouštění (a), rozpouštěný materiál se ukládá v místech nižšího tlaku (b), tento proces je možné pozorovat již v podmínkách diagenézy na klastech křemene (c) velikost zrna je asi 0,5mm.



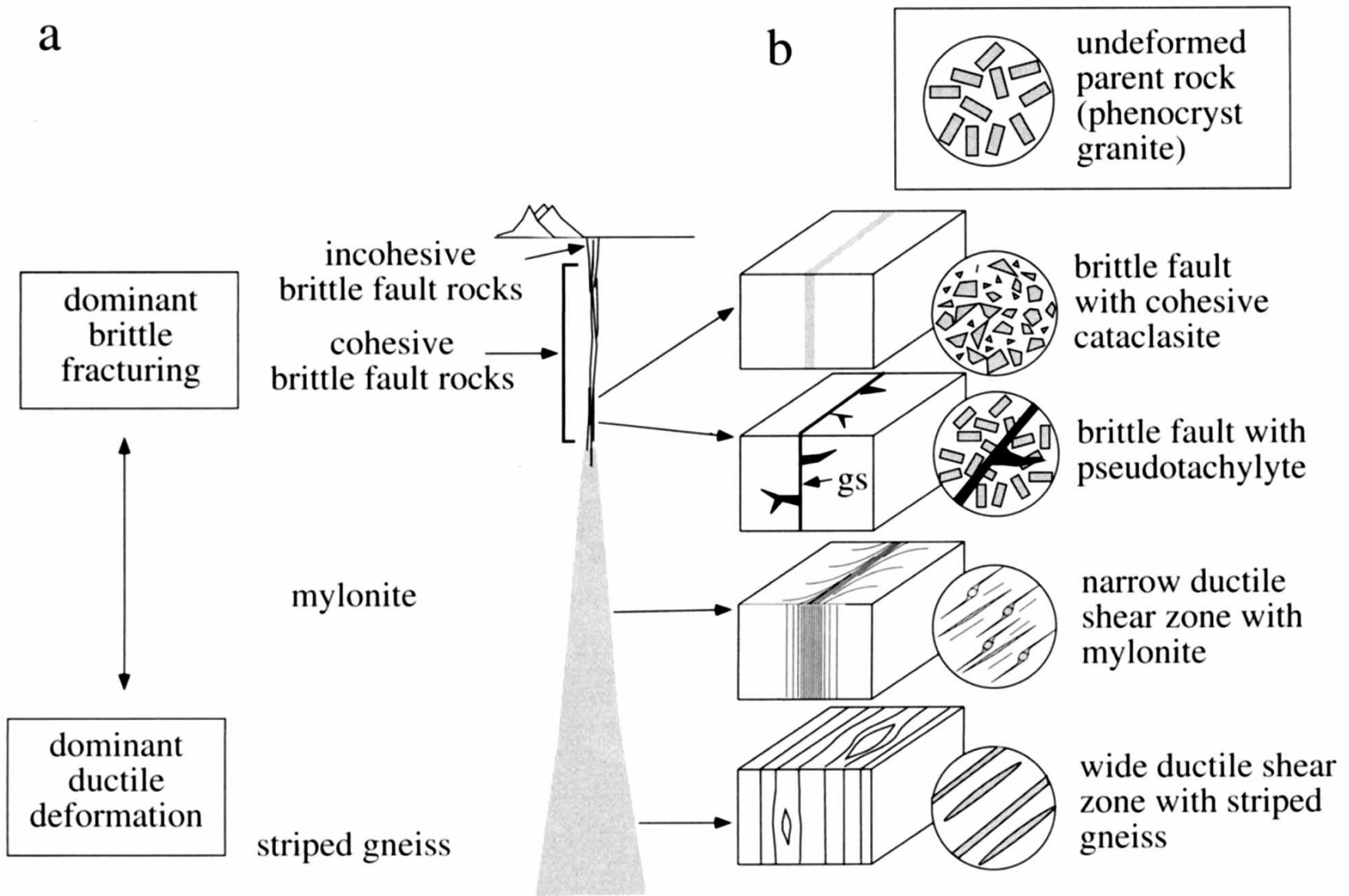
- Stylolity: vznikají v důsledku tlakového rozpouštění horniny. Část horniny je odnesena v roztoku a na místě zůstává jen nerozpustný zbytek.



# Mylonitizace

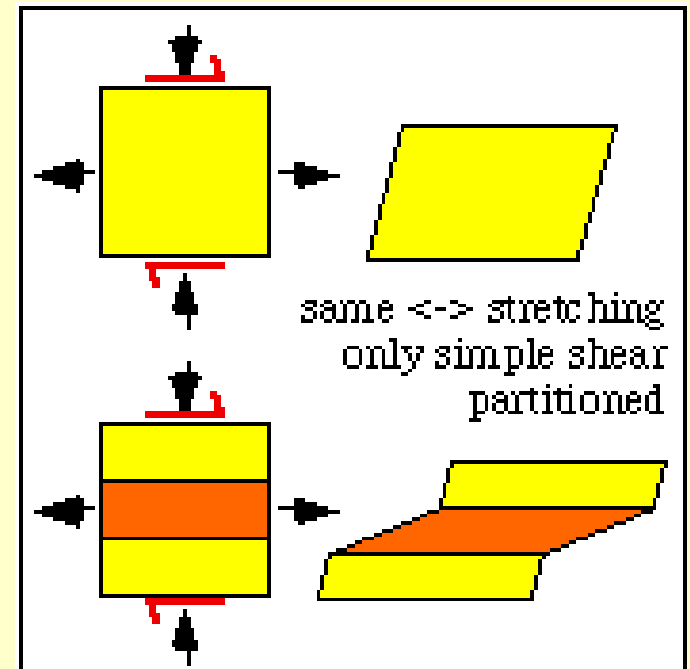


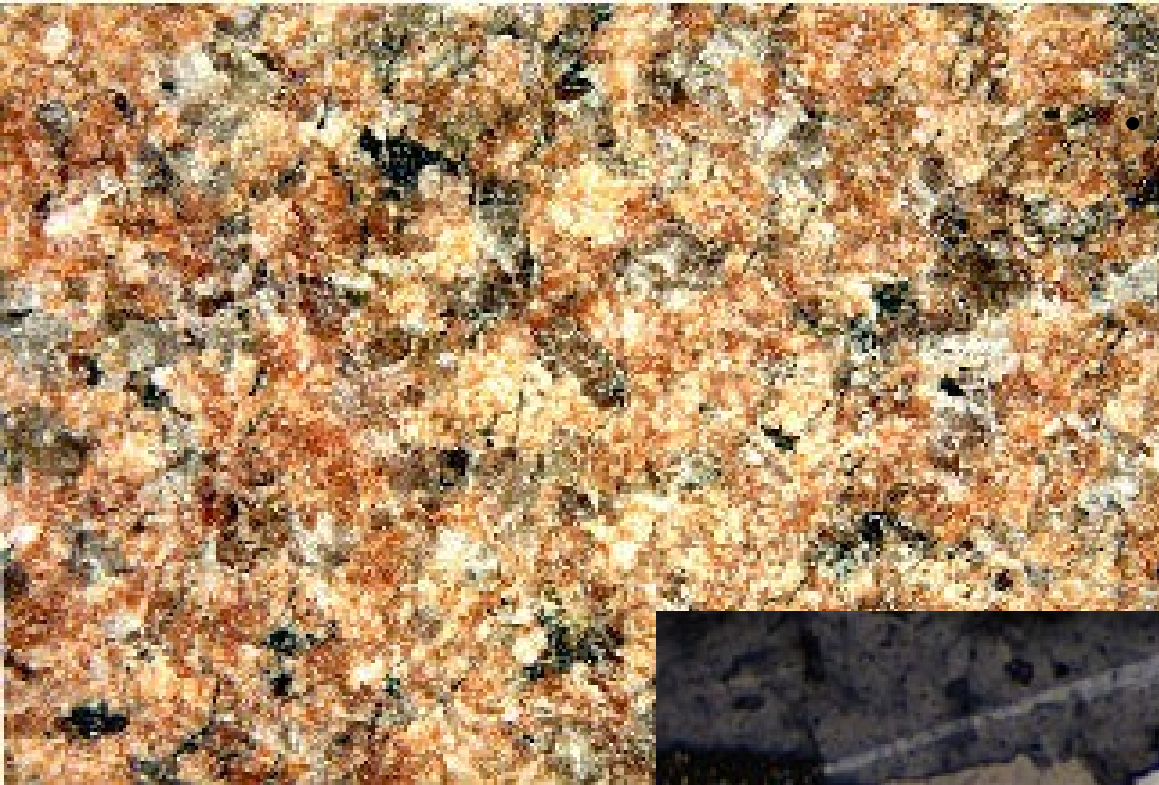
- Střížná zóna v rule



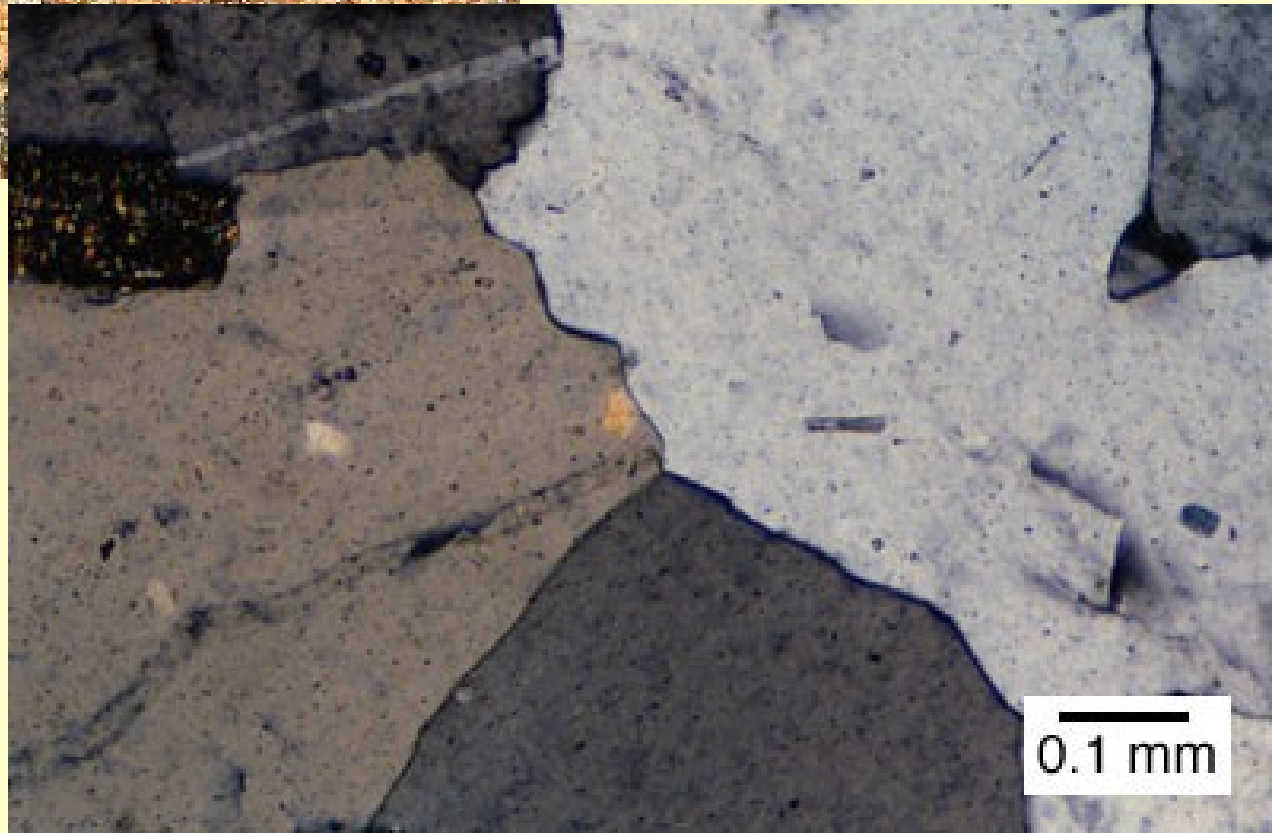
- Vývoj struktur na střižné zóně s hloubkou od křehké deformace po páskovanou rulu

- mylonitová zóna

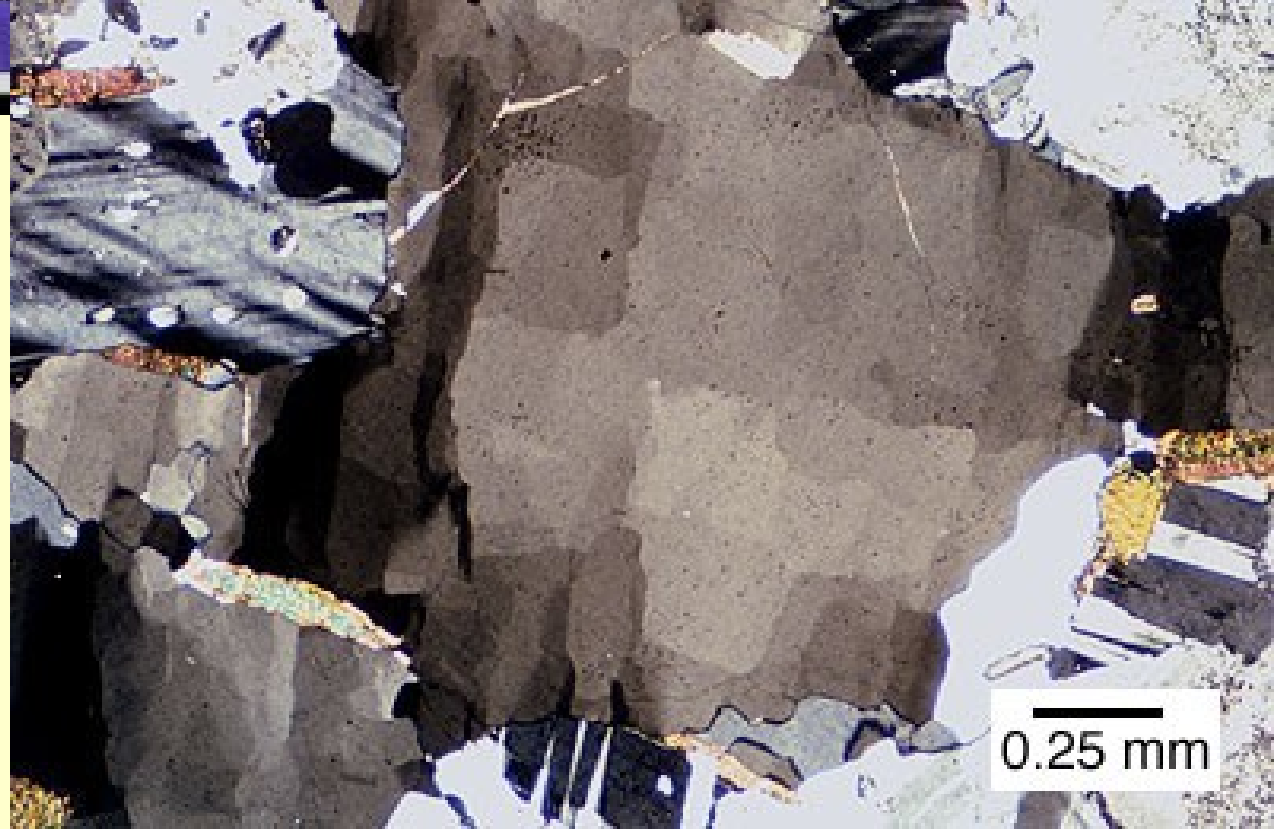
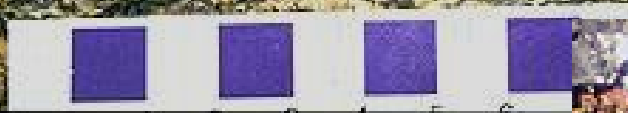




- Minerál který nebyl postižen deformací zháší na celé ploše zrna současně.



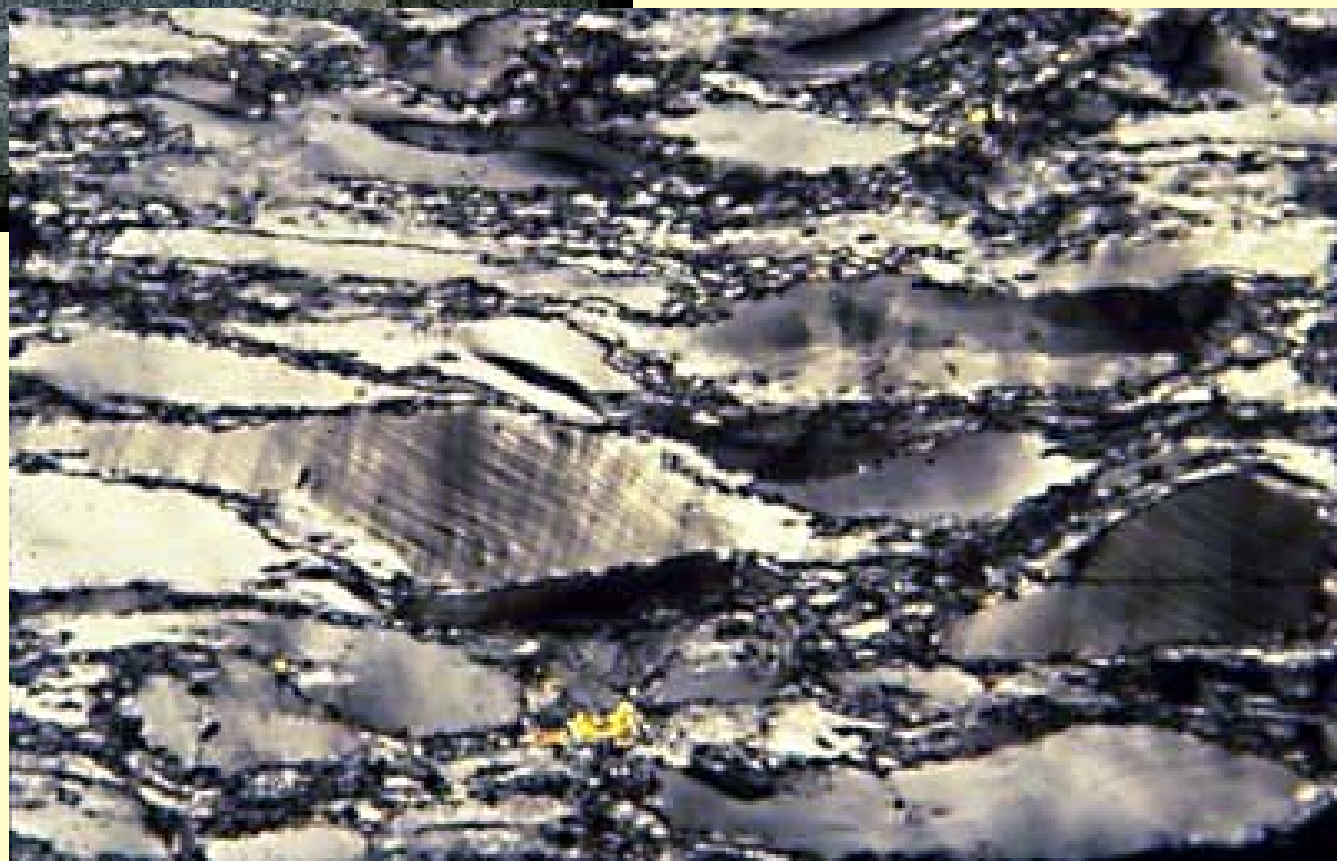
Deformace se začíná projevovat undulárním zchátním a při pokračování deformace se původně jednolitá zrna rozdělí na několik subzrn.



0.25 mm

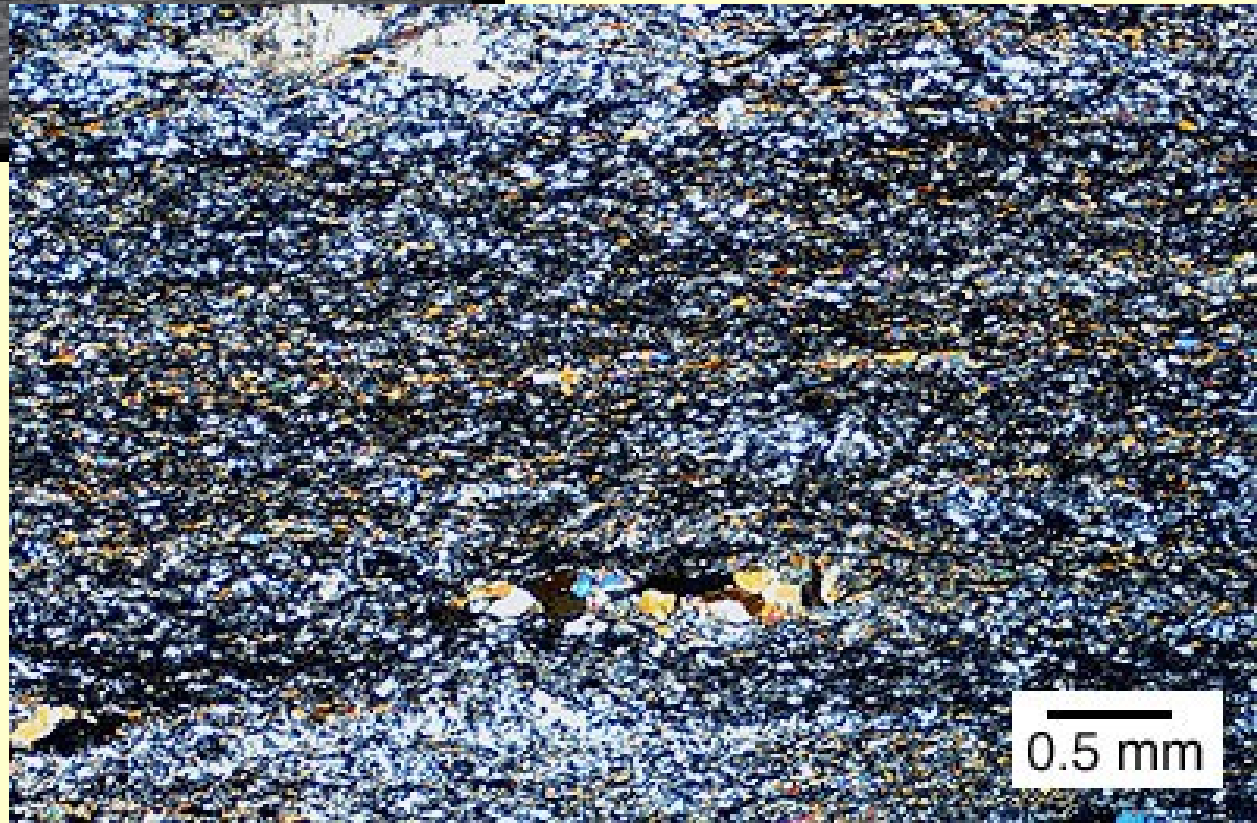


Při drcení se nejdříve drtí okraje zrn a vyniká z nich jemnější matrix, která obklopuje větší porfyroklasty.



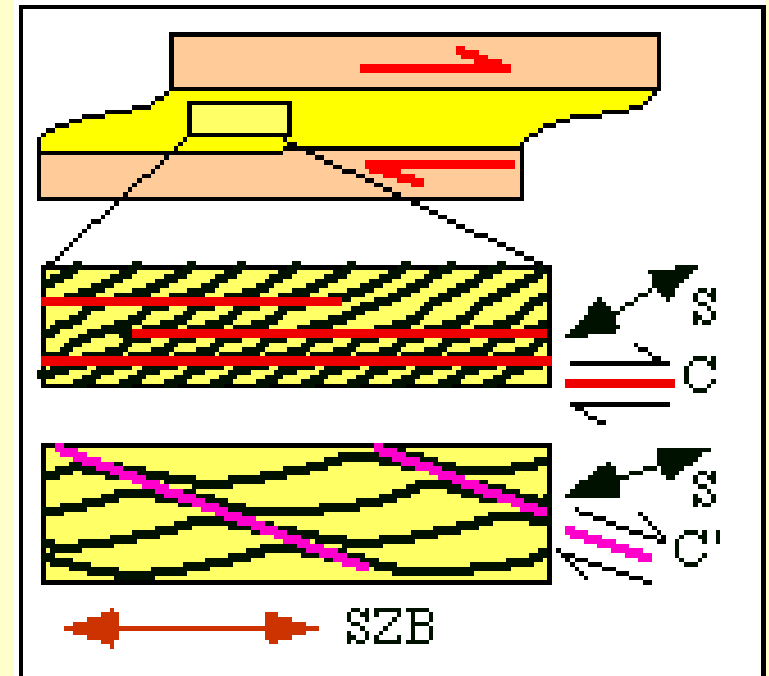
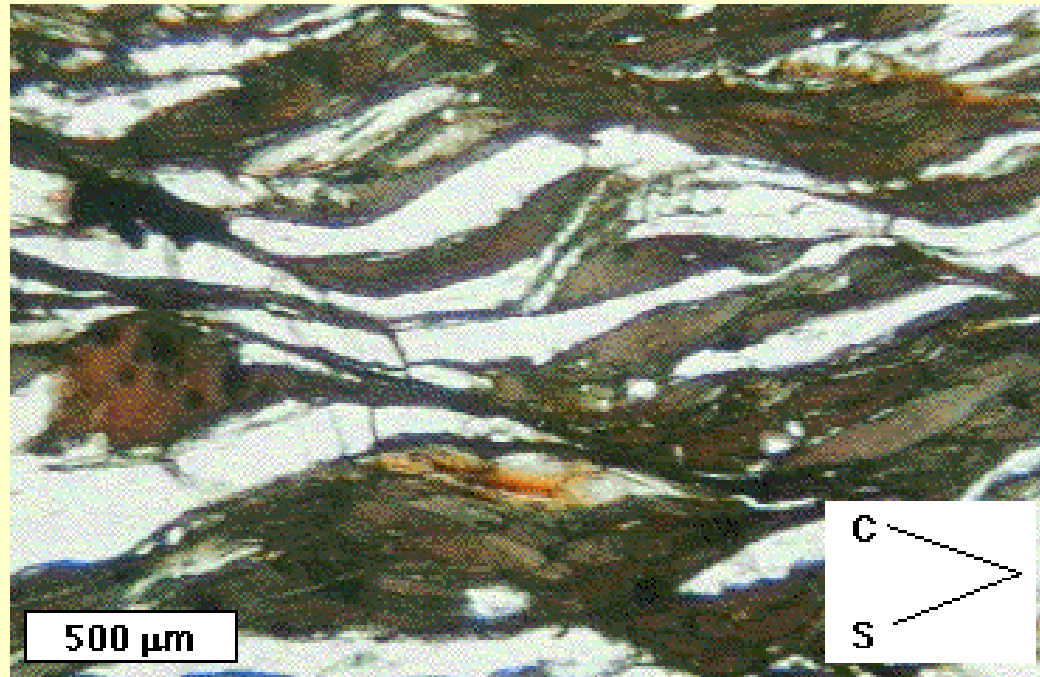


V průběhu další deformace jsou zrna dále drcena a v hornině vzniká velké množství drobných zrn v nichž se občas vyskytnou porfyroklasty.



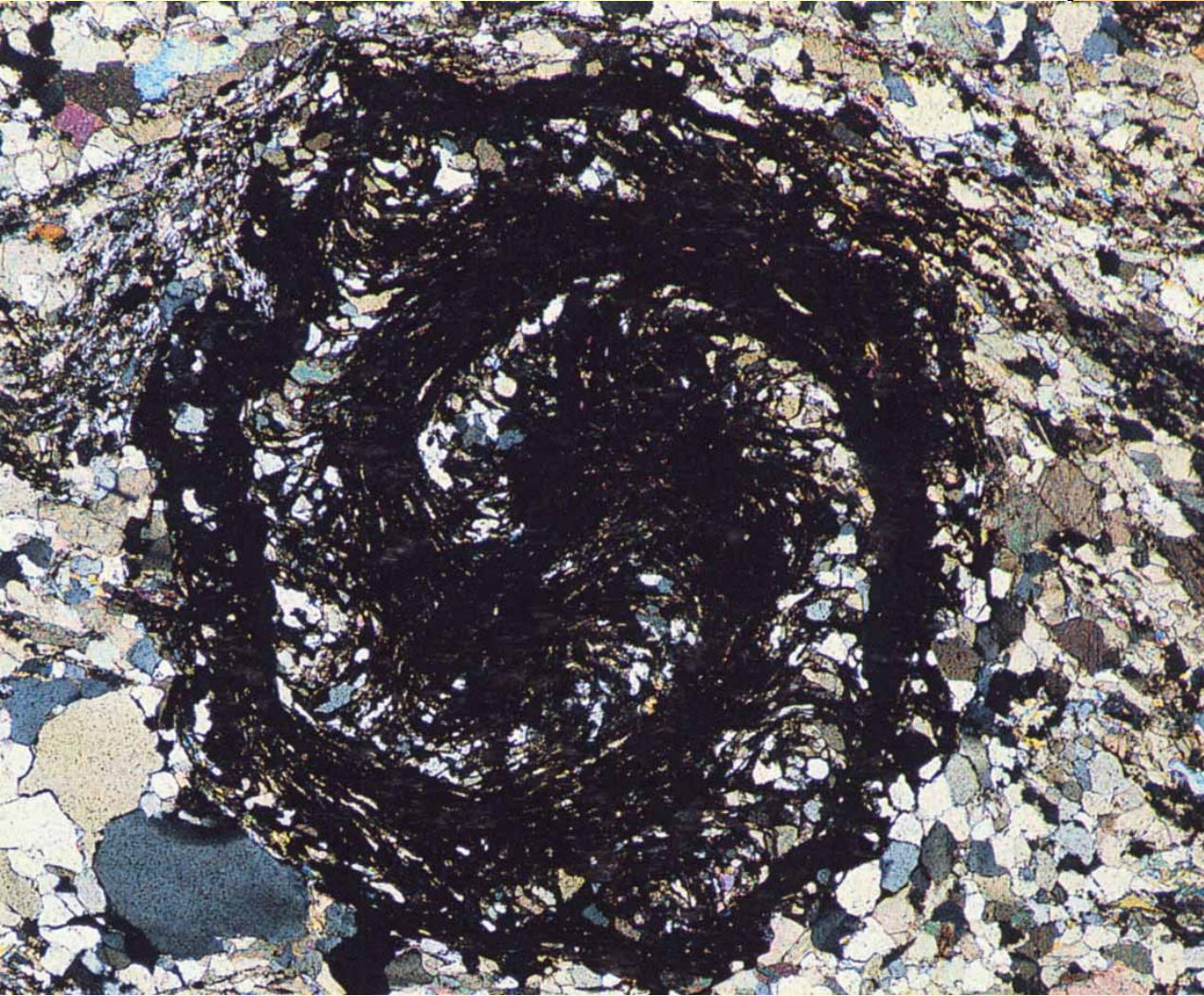
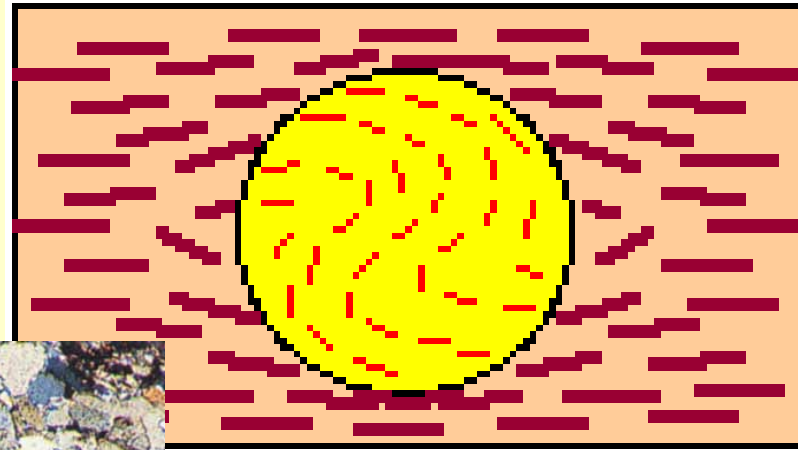


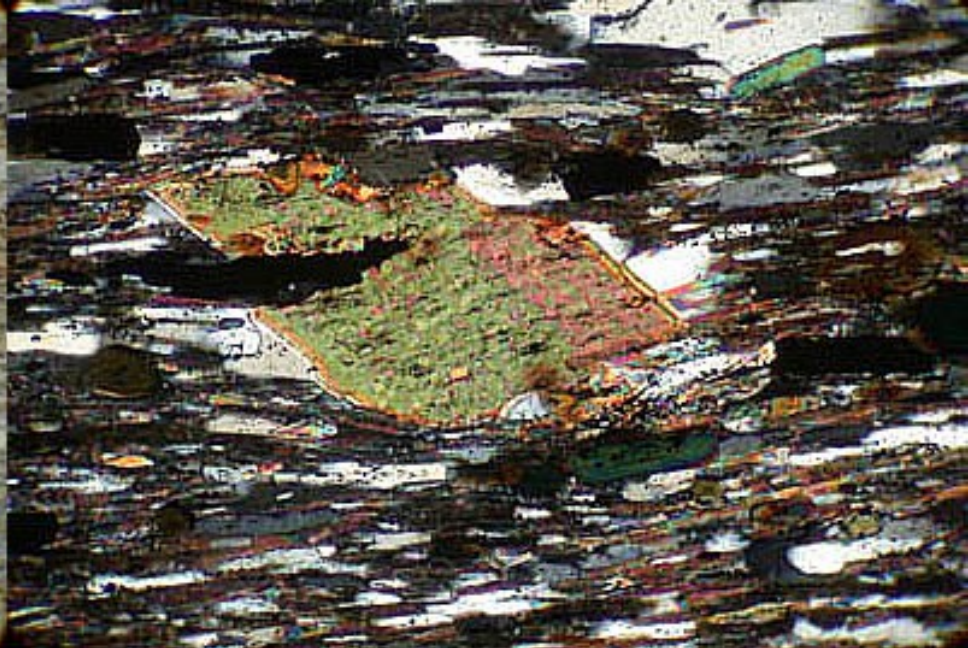
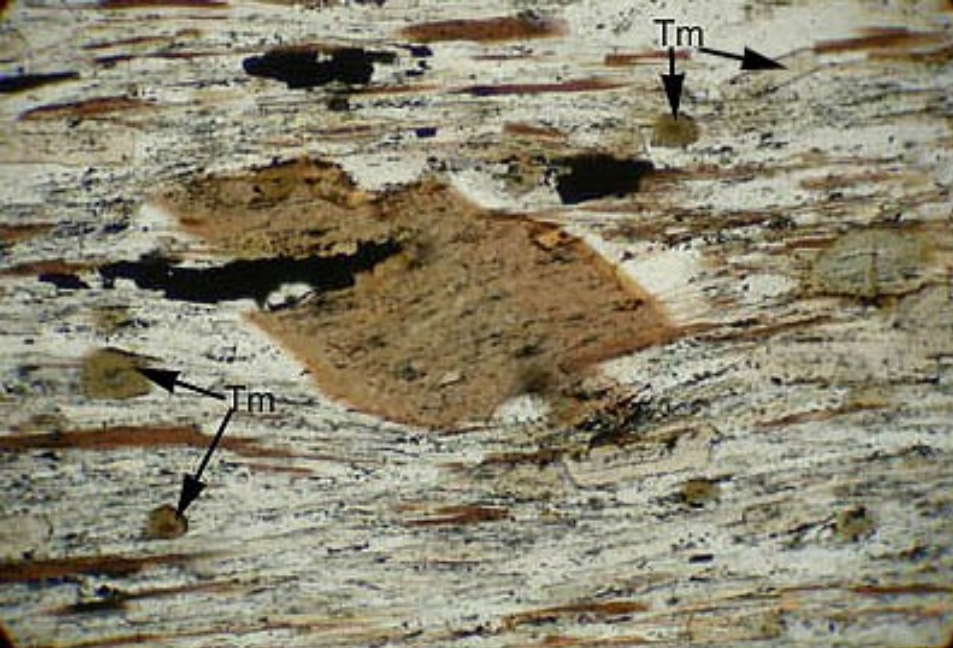
# Indikátory směru pohybu na střižných zónách



- SC-stavby: vznikají kombinací ploch foliace a střižných ploch

- Rotované porfyroblasty





Mica fish: Sheared porphyroblasts of biotite in a quartz mica schist. Note the presence of tourmaline crystals (Tm), and the pressure fringes of quartz around the biotite porphyroblast.



- Asymetrické tlakové stíny: kolem porfyroklastu živce v mylonitizovaném granitu.

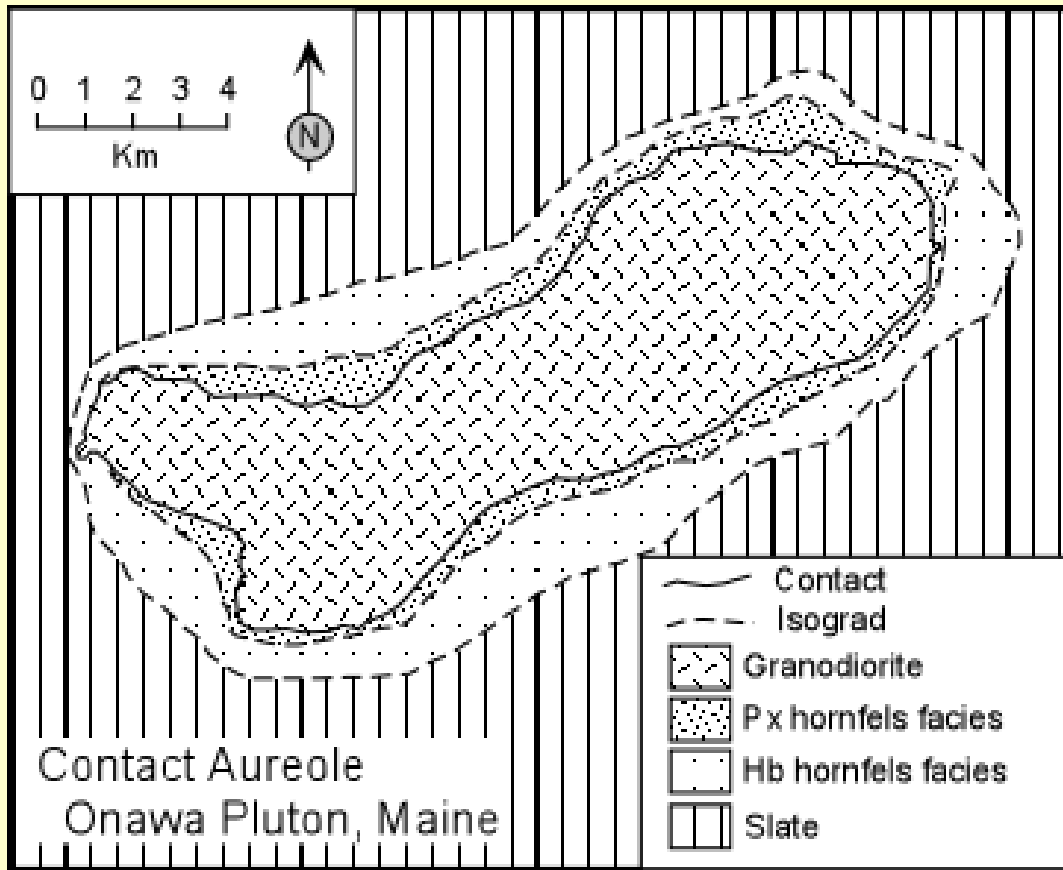


- Budiny granodioritu na střižné zóně.



- Budina dolomitu ve vápenci ukazuje kontrastní chování mezi duktilně deformovaným vápencem a dolomitem.

## 2) Stavby typické pro kontaktní metamorfózu (termální met. )

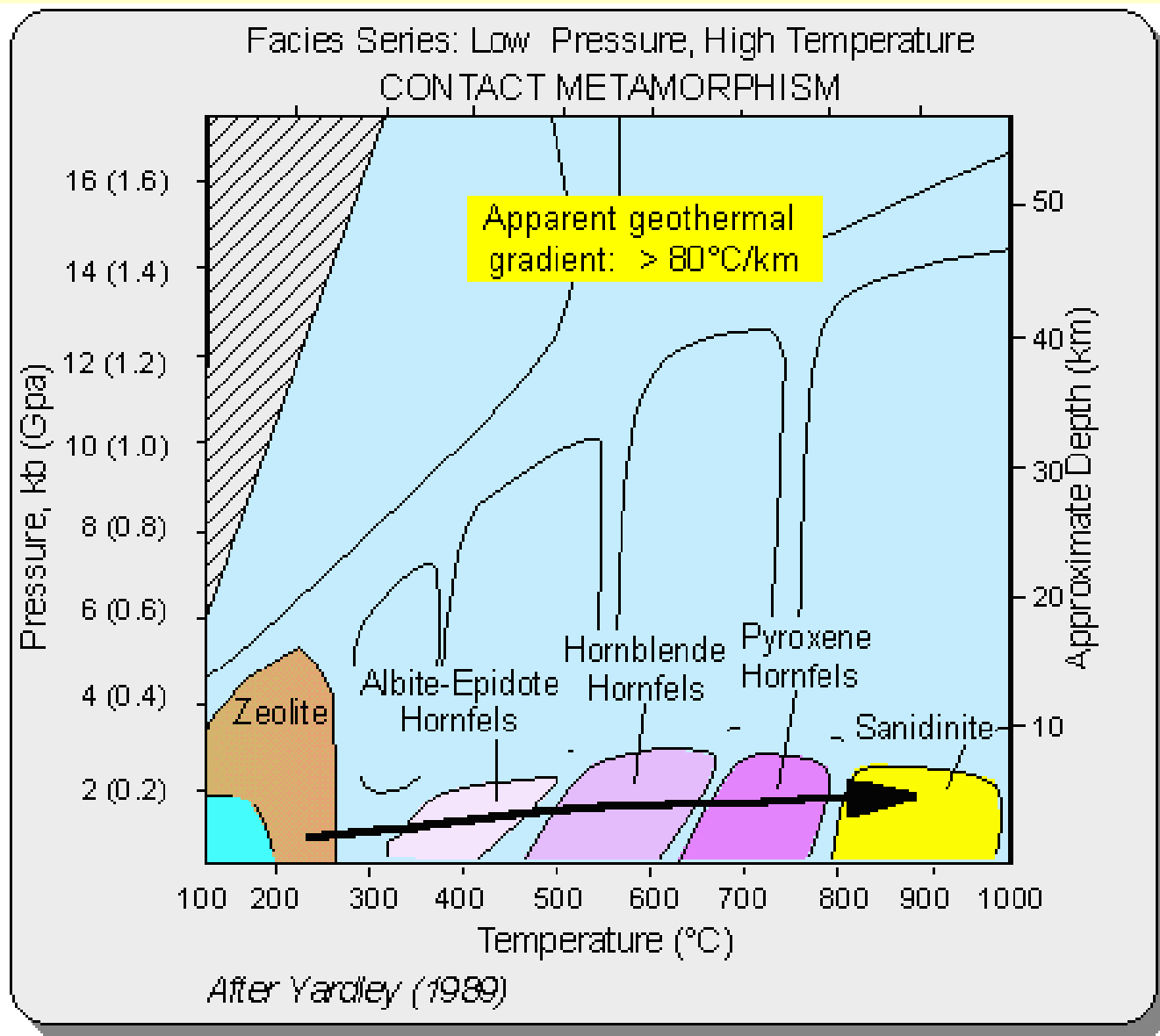


After Philbrick (1936) & Moore, 1960)

- Typické pro okolí magmatických těles (malý rozsah, nízký-P)
- nízký vliv směrného tlaku (rekrytalizace je převážně statická)
- časté granoblastické polygonální struktury
- časté reliktní struktury

# KRITÉRIA PRO ROZPOZNÁNÍ KONTAKTNÍ METAMORFÓZY

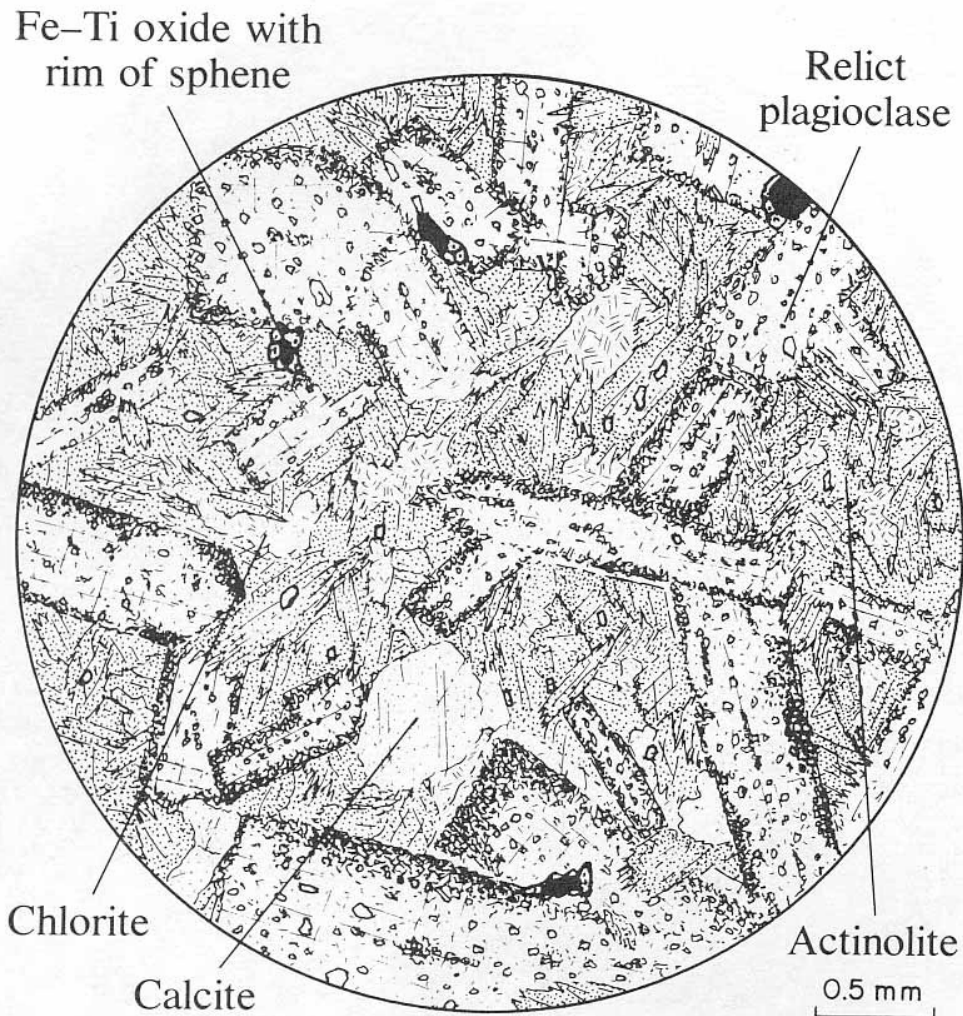
- 1. Přítomnost typicky kontaktně metamorfných minerálů: cordieritu, andalusitu (chiastolitu), wollastonitu, korundu, granát, diopsid, vesuvian, skapolit, hypersten, sillimanit.
- 2. Vznik masivních textur, potlačení původní foliace (vrstevnatosti nebo břidličnatosti), částečné natavení horniny, oxydace a s ní spojené barevné změny.
- 3. Vznik skvrnité, plodové, snopkové apod. textury. Zhrubnutí zrna.
- 4. Terénní vztahy — závislost výskytu na blízkosti vyvřelého tělesa a přibývání intensity změn směrem k vyvřelině, injekce magmatu.



- *Kontaktní metamorfóza probíhá za velmi nízkých tlaků a je způsobena teplem magmatu na povrchu nebo těsně pod ním.*

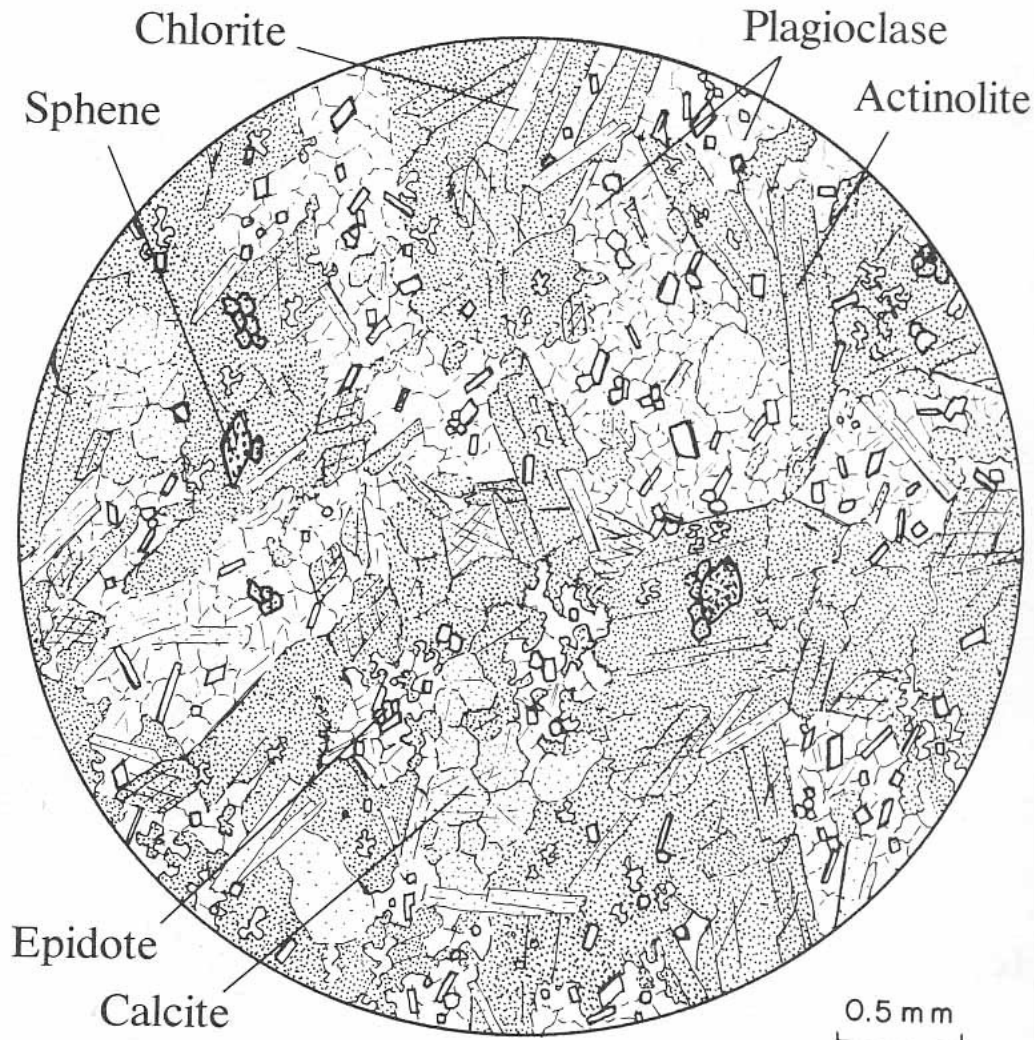


# Zeolitová facie-reliktní struktura



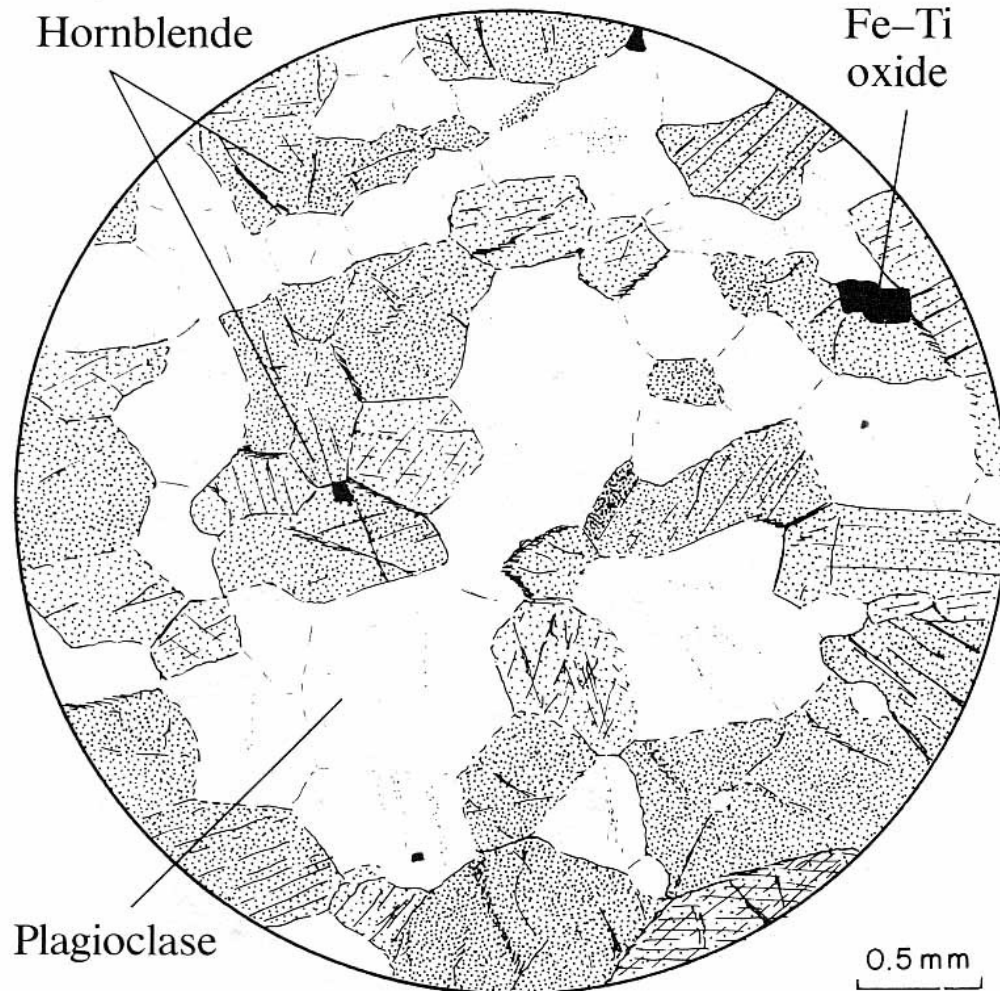
- Kontaktně metamorfovaný dolerit (hrubozrnný bazalt): změnila se minerální asociace ale zůstaly zachovány relikty původní ofitické struktury.

# Albit-epidotické rohovec

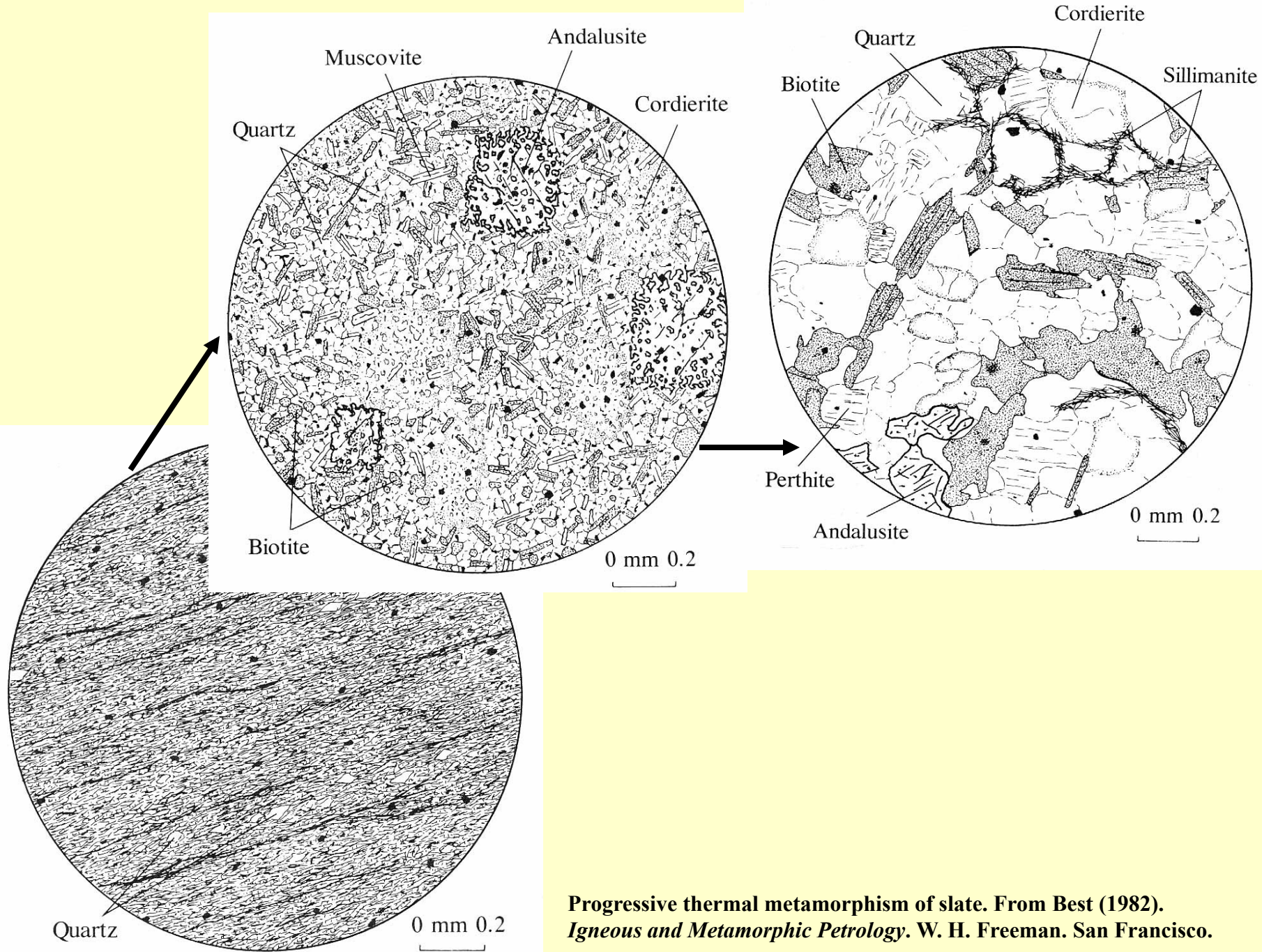


- Původní minerály rekrystalují mění se jejich chemizmus i tvar a vznikají nové minerální fáze.

# Amfibolické rohovce



- Nové minerální fáze a struktura typická pro kontaktní rohovce (polygonální).

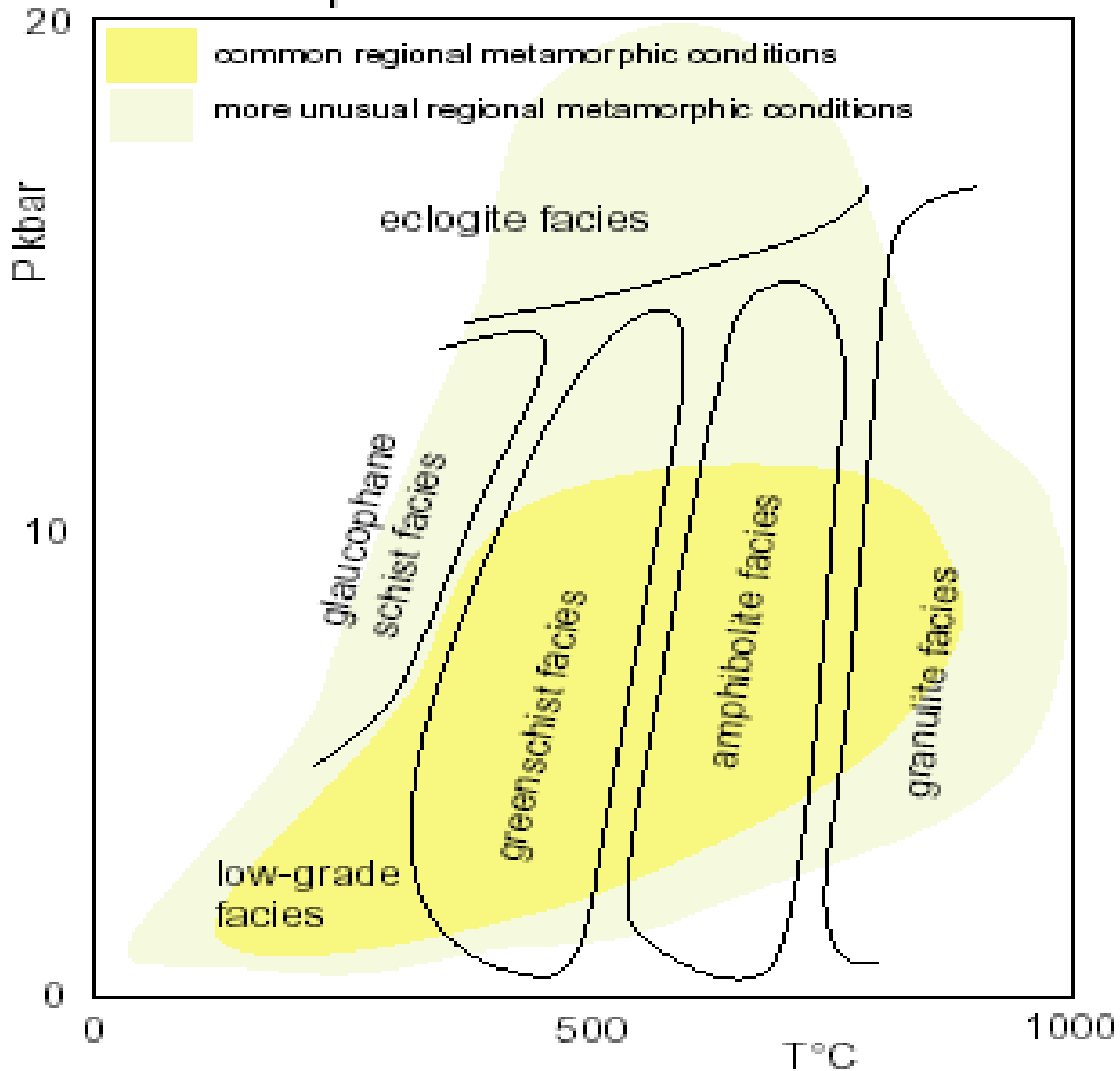


**Progressive thermal metamorphism of slate. From Best (1982).  
*Igneous and Metamorphic Petrology*. W. H. Freeman. San Francisco.**

### 3) Stavby hornin typické pro regionální metamorfózu

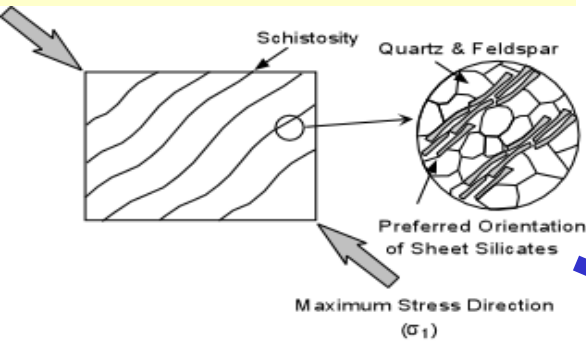
- dynamicko-termální metamorfóza
- vázaná na orogenezi
- metamorfovaná hornina je často výsledkem několika deformačních a metamorfních událostí
- Délka trvání regionální metamorfózy se počítá na desítky miliónů let zatímco kontaktní metamorfóza 10000 let.

# metamorphic facies

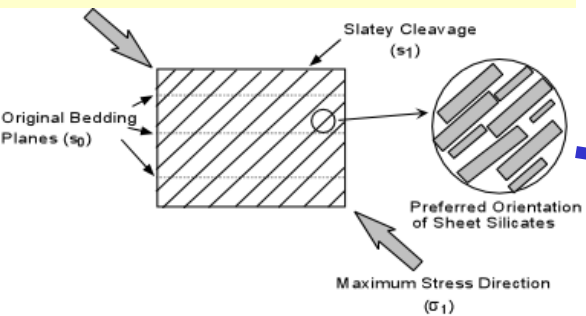


- Stavební změny v metapelitech s nárůstem metamorfózy

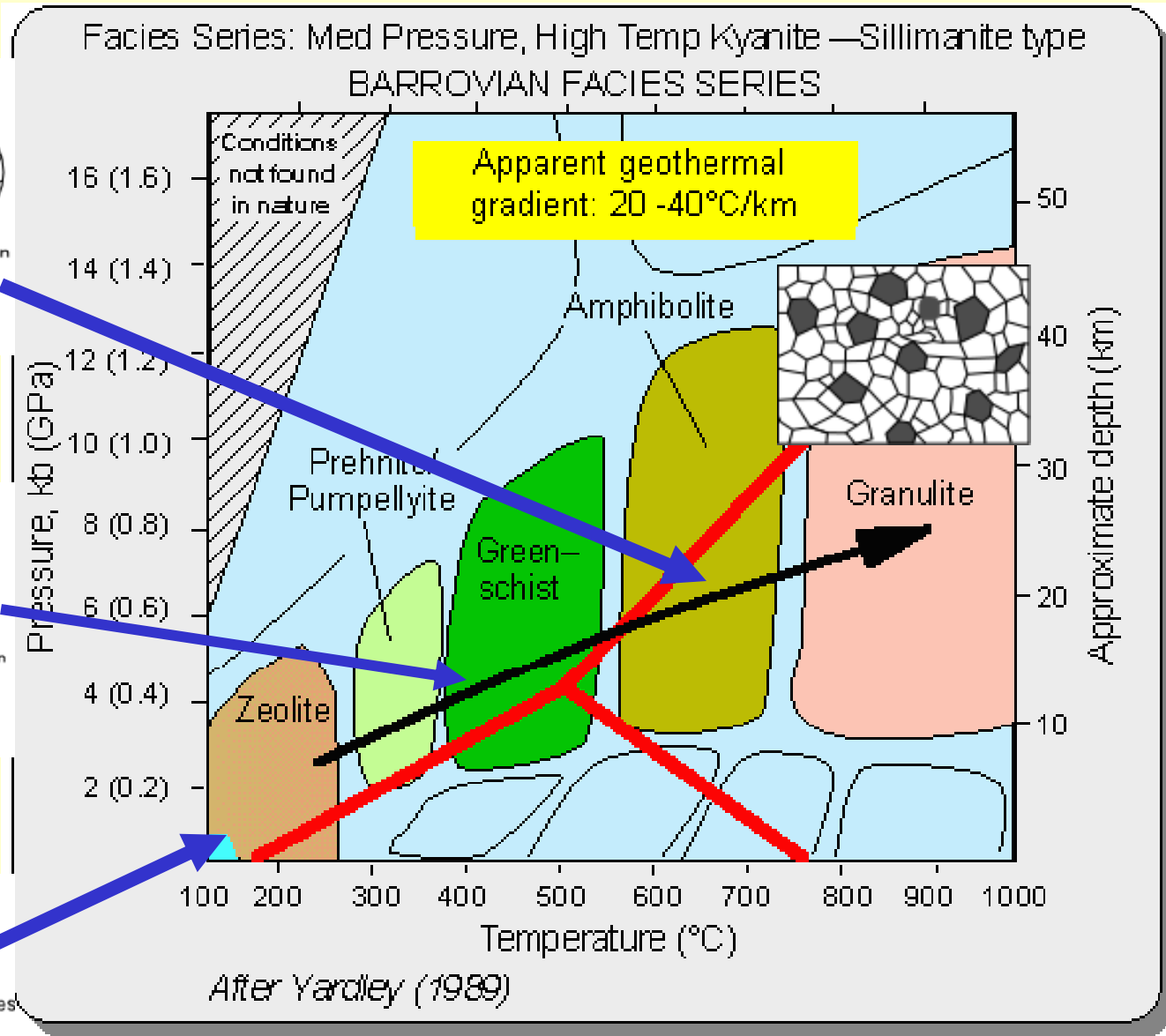
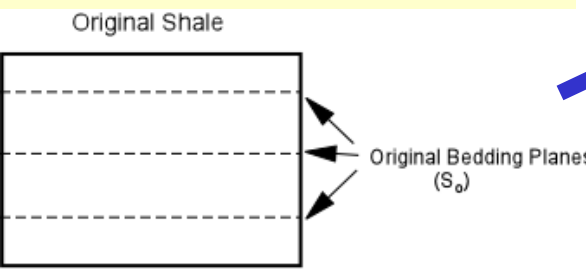
Rula



Fylit



Břidlice



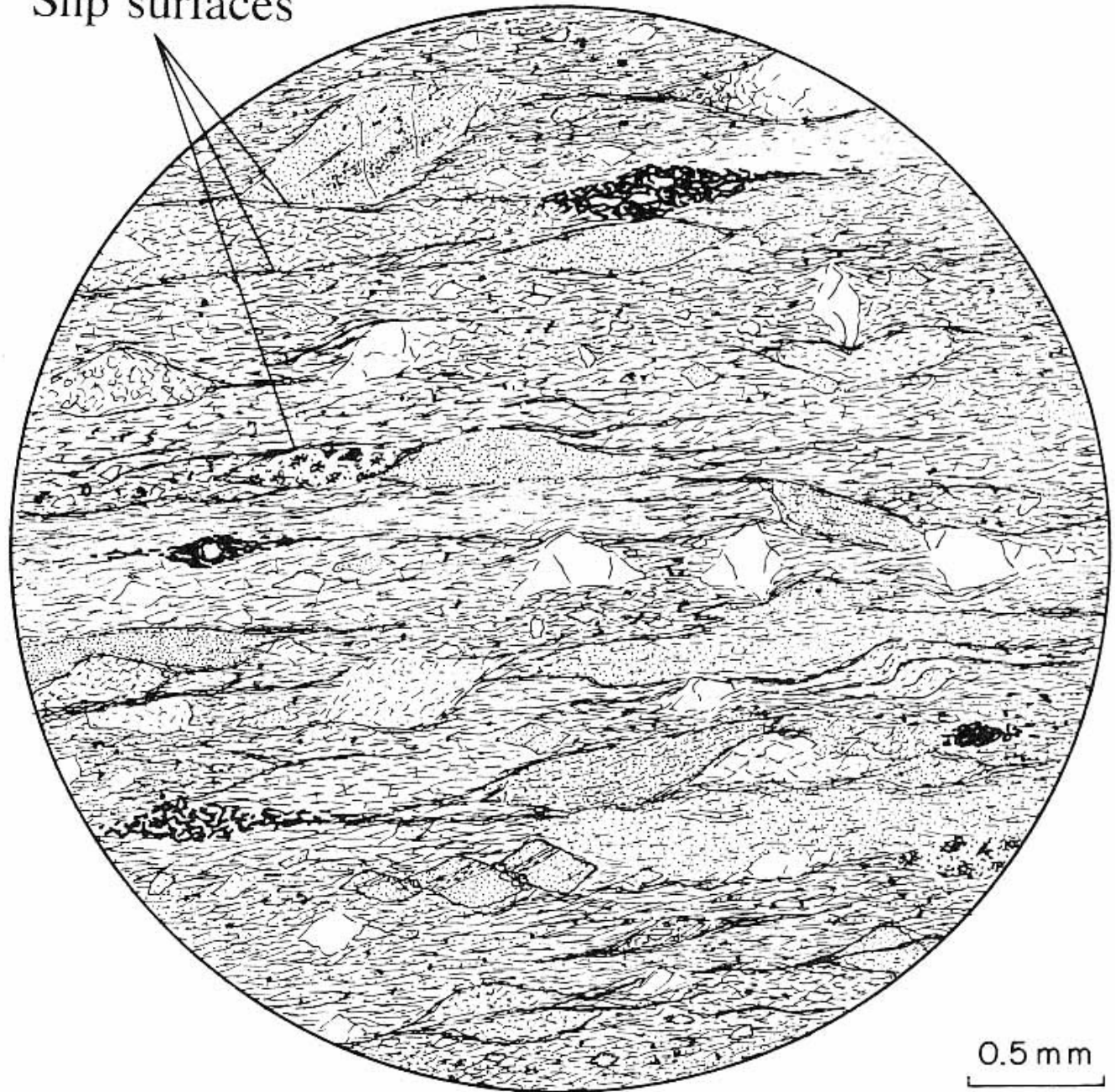
Původní hornina  
složená z úlomků  
minerálů a hornin.



Progresivní syntektonická  
metamorfóza droby (Best (1982).  
*Igneous and Metamorphic  
Petrology*. W. H. Freeman. San  
Francisco).



Slip surfaces



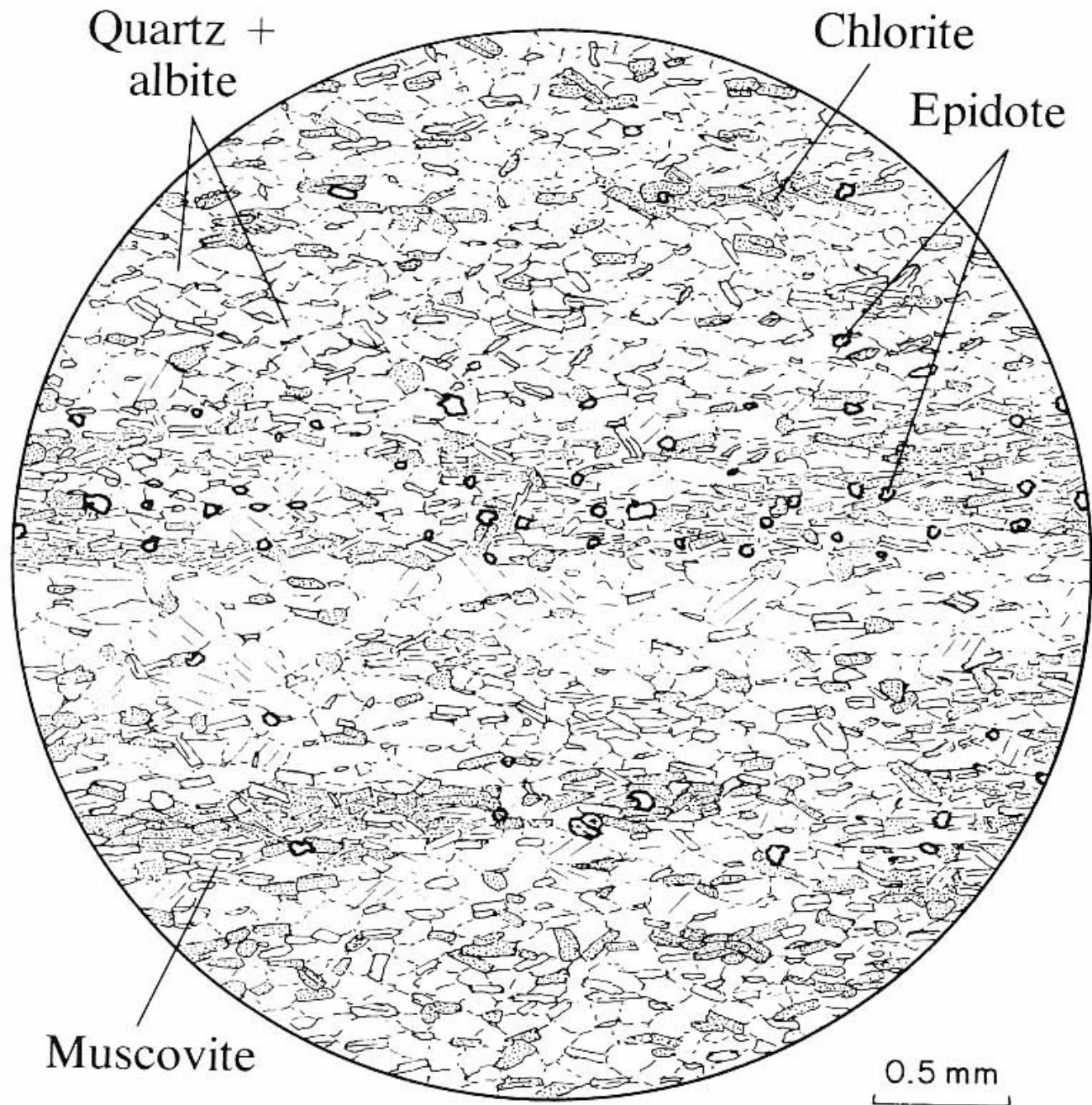
- Zeolitová facie
- 1) jílové minerály  
rekrytalují
  - 2) klasty jsou  
deformovány
  - 3) vzniká kliváž

Progresivní syntektonická  
metamorfóza droby (Best (1982).  
*Igneous and Metamorphic  
Petrology*. W. H. Freeman. San  
Francisco).

0.5 mm

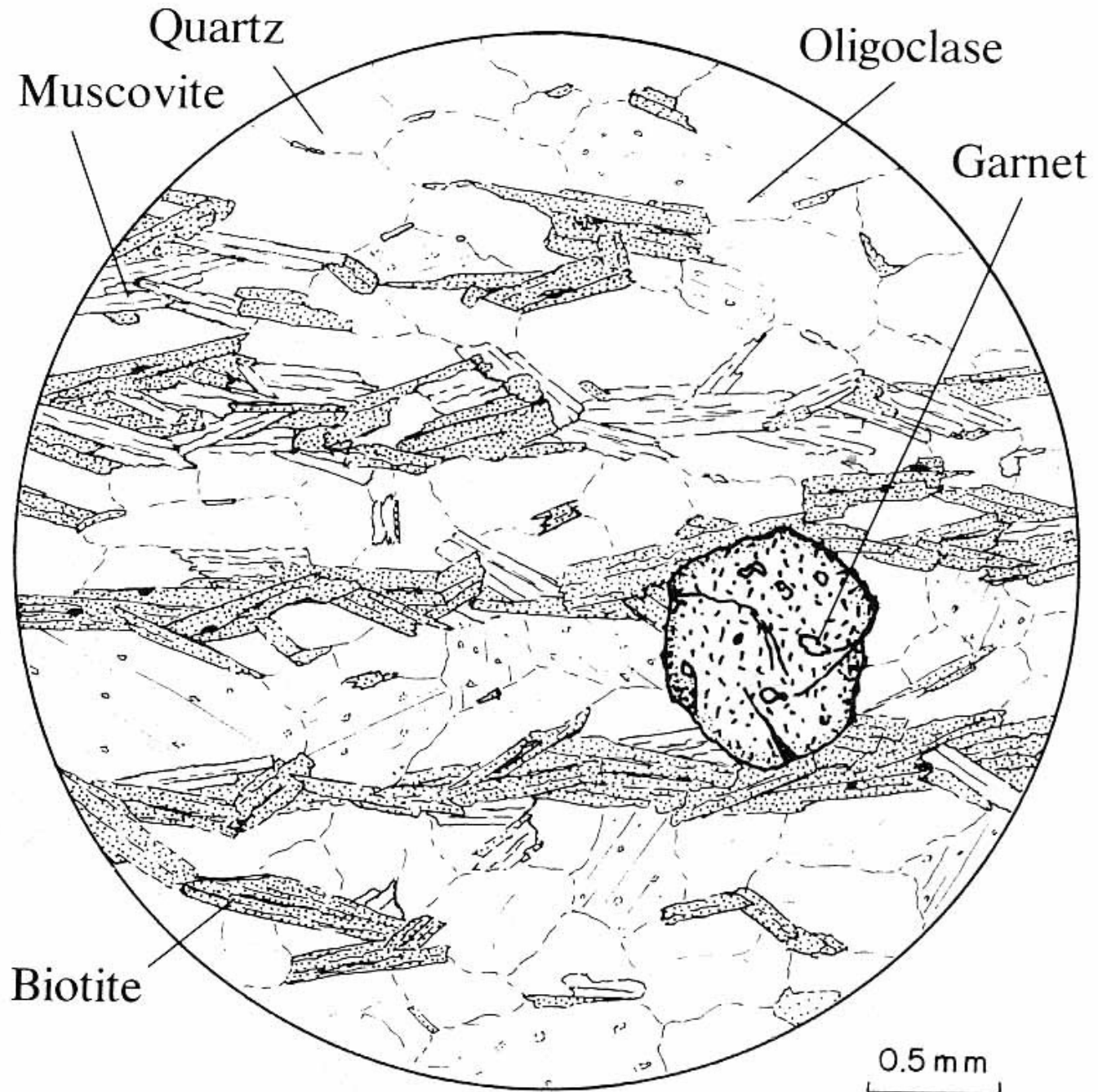
## Facie zelených břidlic

- 1) rekrystalizace
- 2) vznik nových minerálů



Progresivní syntektonická metamorfóza droby (Best (1982). *Igneous and Metamorphic Petrology*. W. H. Freeman. San Francisco).

Amfibolitová facie  
1) rekrystalizace  
2) vznik nových  
minerálů

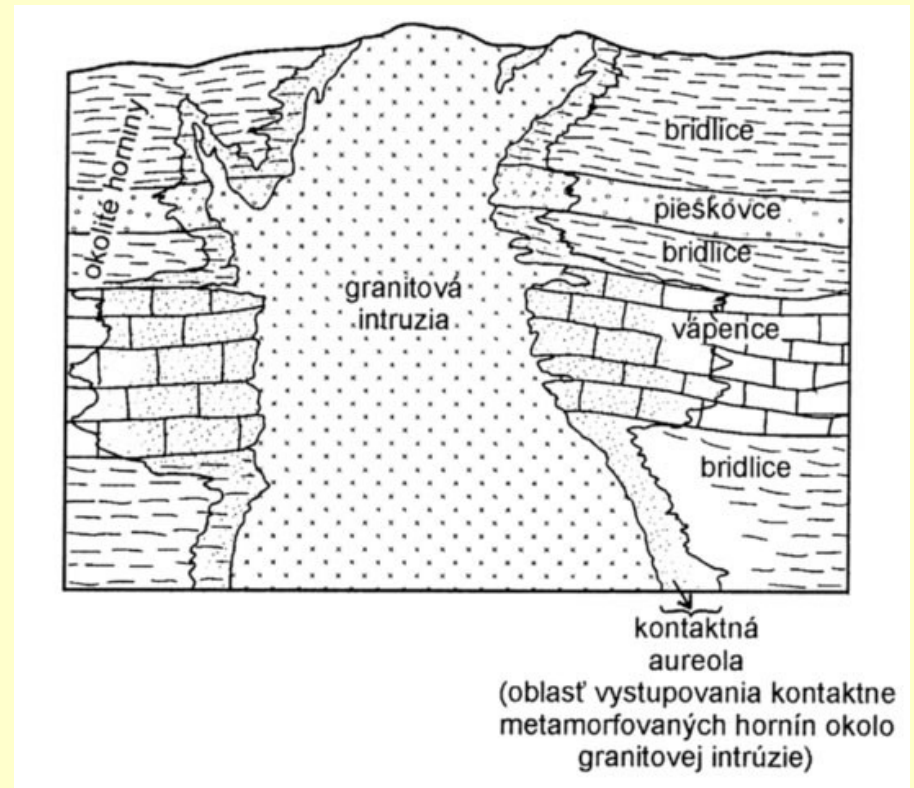


Progresivní syntektonická  
metamorfóza droby (Best (1982).  
*Igneous and Metamorphic  
Petrology*. W. H. Freeman. San  
Francisco).

# Základní termíny

používané pro popis hornin v terénu

- metamorfní stupeň (grade) – intenzita metamorfózy (T) – vysoký, nízký
- metamorfní zóna – oblast výskytu indexového minerálu
- metamorfní izograda – hranice metamorfní zóny
- metamorfní facie – charakteristická minerální asociace (rozmezí P a T, chemické rovnováhy)
- metamorfní P-T dráha – vývoj hornin v poli P-T



# 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