

# Metamorfni petrologie I

## 4. Přehled metamorfovaných hornin

# Studium metamorfovaných hornin

- Při studiu a popisu metamorfovaných hornin bývá zpravidla třeba:
  1. určit terénní vztahy k ostatním horninám
  2. určit minerální složení, vzájemné poměry jednotlivých minerálů, strukturu a texturu (stavbu)
  3. stanovit intenzitu metamorfní přeměny
  4. pokusit se zjistit před metamorfní charakter horniny
  5. určení druhu metamorfózy (rozhodnout zda byla hornina metamorfována kontaktně nebo regionálně, staticky nebo kineticky, popřípadě zda byla postižena diaftoresou)
  6. dát hornině výstižné jméno
  7. pokusit se interpretovat genezi horniny
- ❖ Při popisu je vhodné užívat názvů s genetickou náplní jen tehdy, když je vznik horniny dokonale objasněn; jen v takových případech je správné užít např. místo neutrálního a méně přesného názvu rula genetického označení ortorula, pararula, migmatitizovaná rula apod.
- ❖ Mnohdy je lépe počkat s genetickou interpretací až na skončení laboratorních prací

# *1. Klasifikace metamorfovaných hornin*

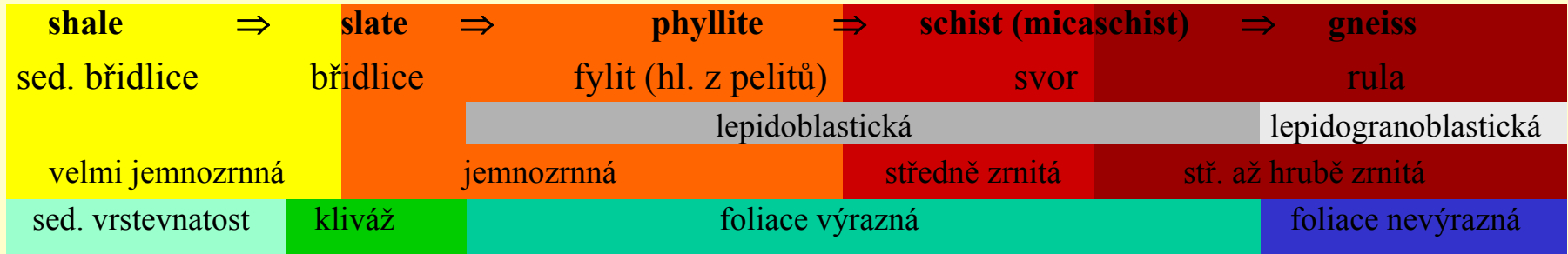
- V názvosloví metamorfovaných hornin panuje značná volnost. Podle toho, která informace o hornině je pro nás důležitá, takové termíny používáme (např. protolit horniny, stupeň metamorfózy, detailní mineralogické složení, atd.). **Důležité termíny:**
- mafický minerál (tmavé minerály: amfiboly, slídy, pyroxeny) nebo hornina (M.M. > 50%)
- felsický minerál (křemen, živce, skapolit) nebo hornina (F.M. > 50%)
- orto - magmatický původ protolitu
- para - sedimentární původ protolitu
- kyselá – nad 63 intermediální 63-52, bazická 52-45, ultrabazická pod 45 hm.% SiO<sub>2</sub>
- Někdy využíváme pojmy břidlice (mají-li břidličnatou stavbou) a skalina (s všesměrnou stavbou).

## Existují následující kritéria pro tvoření názvu metamorfované horniny:

- **a)** podle povahy původního materiálu-protolitu přidáním předpony *meta-*: metasediment, metavulkanit, metabazit, metapelit, metagranit, metagabro, metaultramafit.
- **b)** názvy odvozené od stavby horniny: břidlice, rohovec, porcelanit, migmatit
- **c)** speciální názvy hornin
  - **metapelity** – fylit, svor, rula
  - **metabazity** – zelená břidlice, amfibolit, modrá břidlice, eklogit
  - **metaultramafity** – serpentinit, masková břidlice, chloritická břidlice
  - **vápenatosilikátové horniny** – pyroxenická rula (erlán), rodingit, skarn
  - **názvy kataklastických hornin** - mylonit, ultramylonit, blastomylonit, kataklasit, brekcie
  - dále např. mramor, kvarcit, granulit, ortorula
- **d)** podle modálního složení
  - **Hlavní minerály** – více než 5 obj.%
  - **Vedlejší (akcesorické) minerály** – méně než 5 obj.%
  - Příklad názvu horniny s převahou křemene, plagioklasu, tedy ruly, kde: biotit > granát a každý z minerálů v množství větším než 5 obj.%, dále rutil > ilmenit a oba méně než 5 obj.%.
  - granát-biotitická rula s ilmenitem a rutilem

# Přehled důležitých názvů metamorfovaných regionálně metamorfovaných horniny

- Mezi nejpoužívanější termíny patří :
- 1) břidlice: strukturně definovaný pojem vyjadřující horninu s velmi dobře vyvinutou břidličnatostí.
- 2) fylit, svor, rula tato trojice názvu má strukturní i genetický význam:

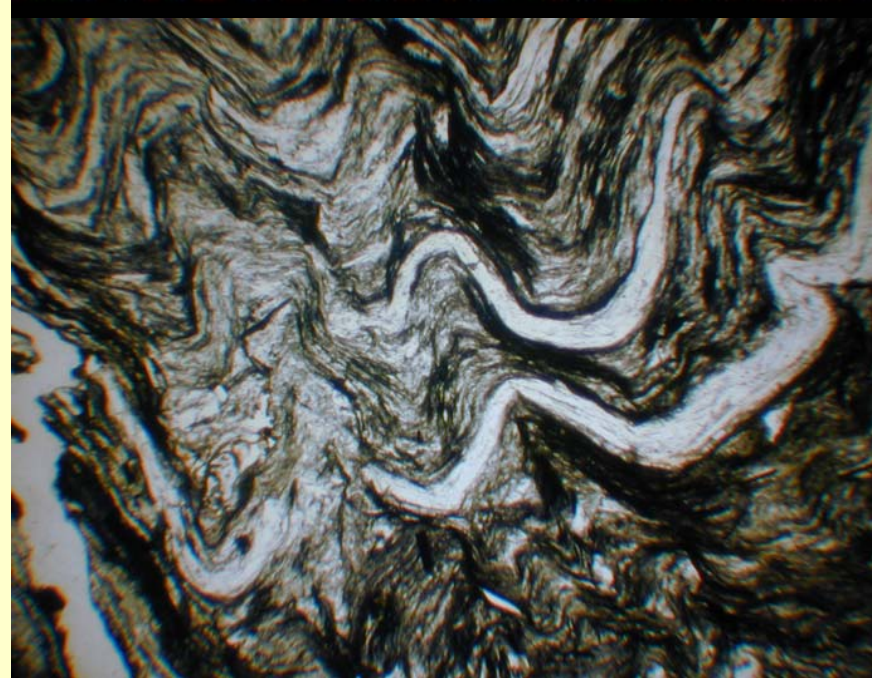
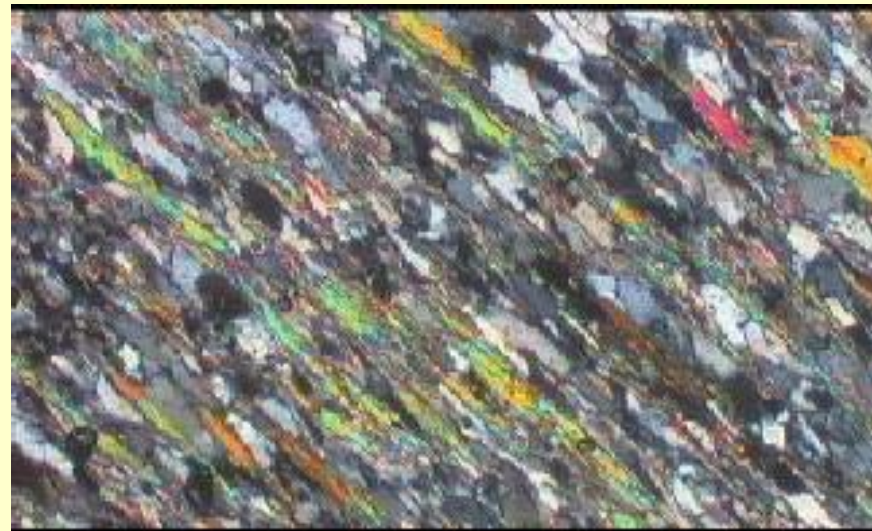


- Trojice parabřidlic fylit, svor, pararula je příkladem, kdy ze stejné výchozí horniny (pelitické sedimentární horniny) vzniknou v různých stupních metamorfózy různé horniny.



# Fylit

- textura: jemně plošně paralelní s výraznou odlučností podle ploch foliace, časté svraštění na foliačních plochách
- struktura: lepidoblastická
- podle absolutní velikosti součástek je fylit velmi jemně zrnitý (velikosti lupínků pod 0,1 mm)
- minerální složení: sericit, chlorit, křemen, albit, někdy grafit, biotit.
- přítomnost *sericitu* dodává foliačním plochám fylitu i ostatních slabě metamorfovaných hornin *hedvábný lesk*

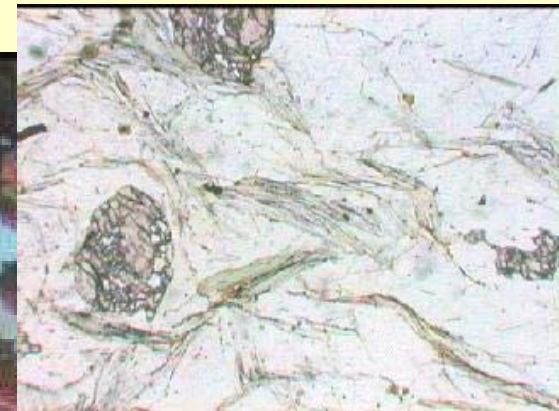


Odrůdy: fylit sericitický, chloritický, sericiticko-biotitický, biotitický, granátický, grafitický atd.



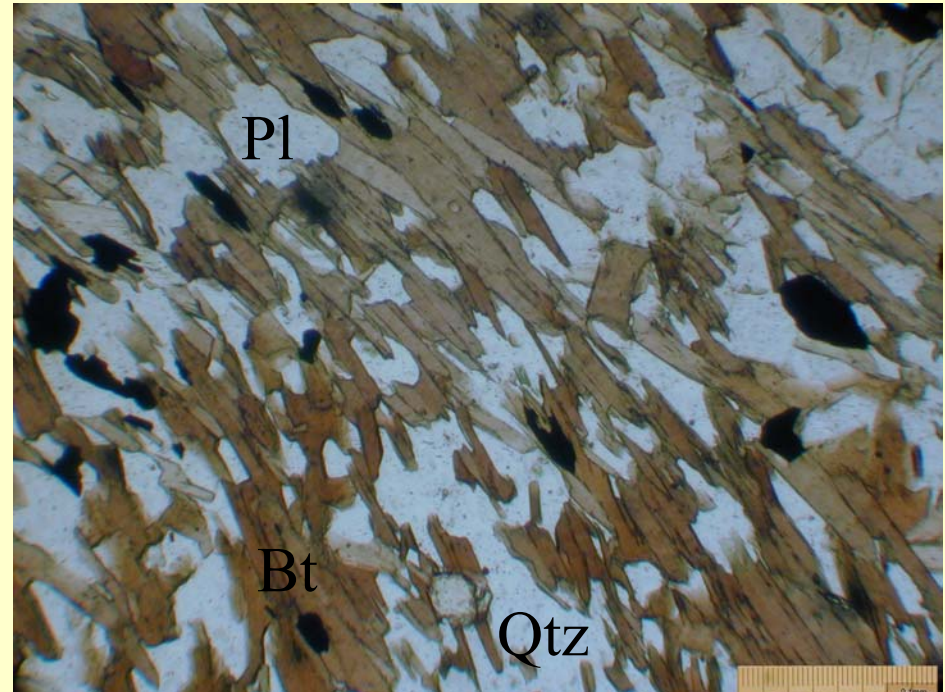
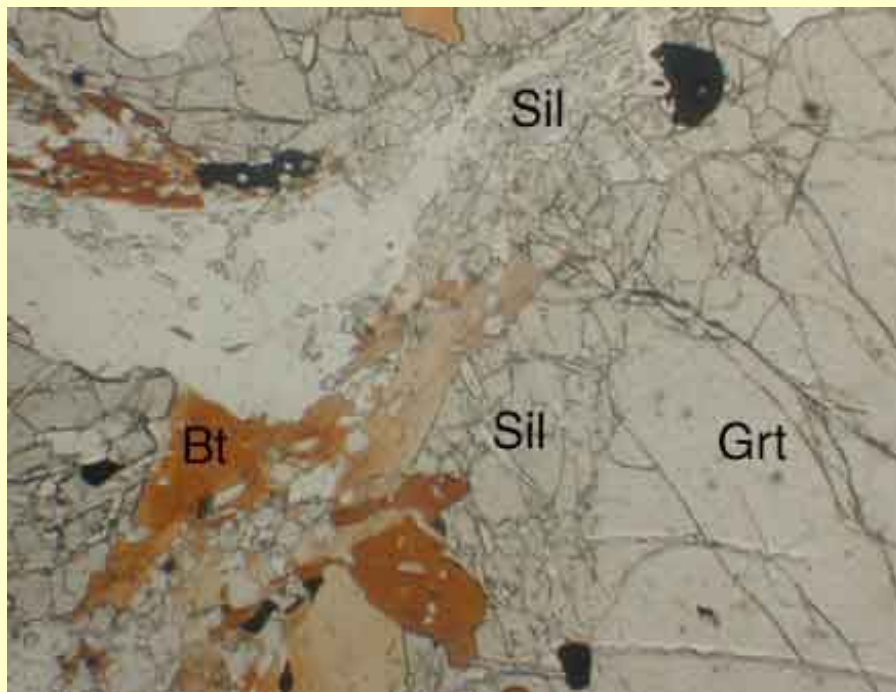
# Svor

- textura: výrazně plošně paralelní s velmi dobrou odlučností podle ploch foliace
- struktura: lepidoblastická nebo porfyroblastická s lepidoblastickou základní hmotou
- podle velikosti součástek je středně zrnitý
- minerální složení:
  - křemen a muskovit a často i biotit
  - jako porfyroblasty jsou v některých svorech přítomny nejčastěji granáty (granátové svory), staurolit (staurolitové svory) dále kyanit
  - podružně jsou zastoupeny živce (albit až oligoklas) a to do 10% ze světlých minerálů (nad touto hranicí svorová rula)



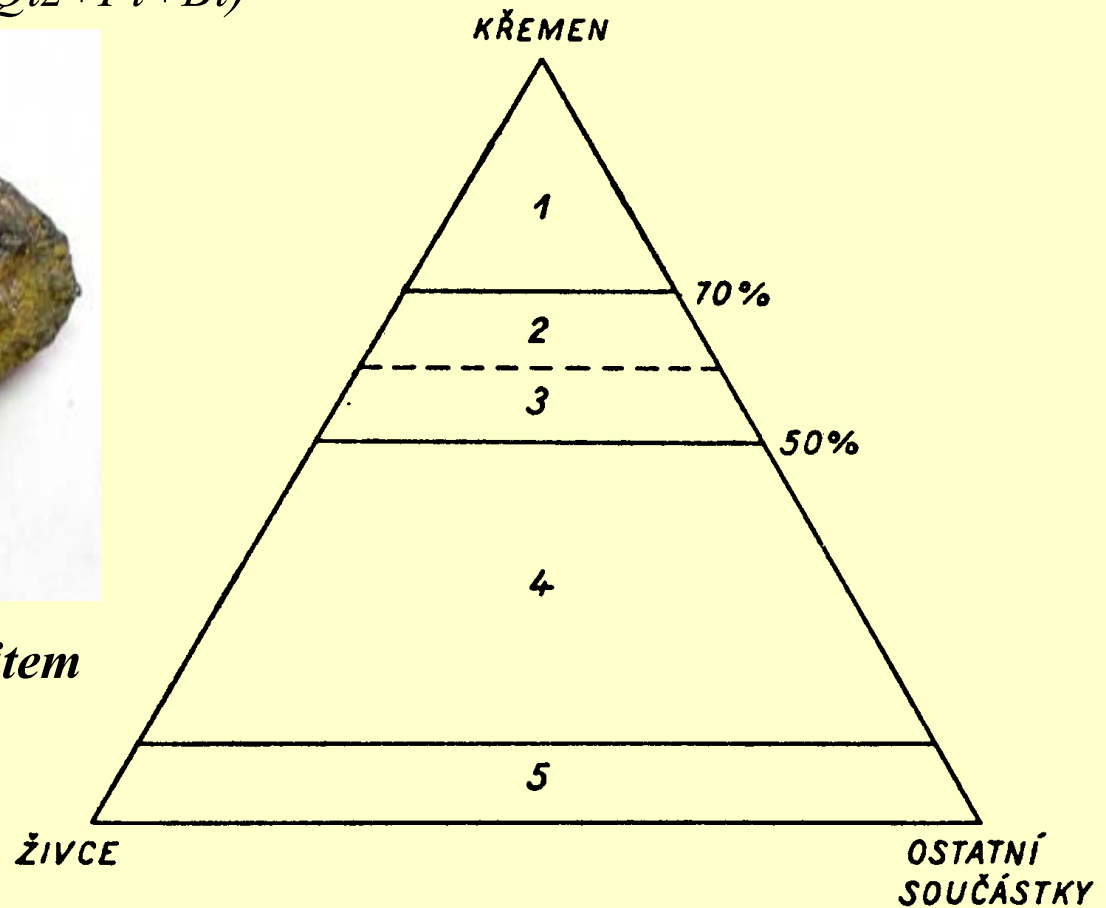
# • Pararula

- textura: plošně paralelní bývá většinou zřetelná, ovšem v některých případech může být i nevýrazná
- struktura: lepidogranoblastická
- zrnitost: středně až hrubě zrnité
- minerální složení: hlavními minerály jsou křemen, živce (Pl ± Kfs) a slídy, z typicky metamorfních minerálů je někdy zastoupen sillimanit, granát





***Biotitická rula (Qtz+Pl+Bt)***



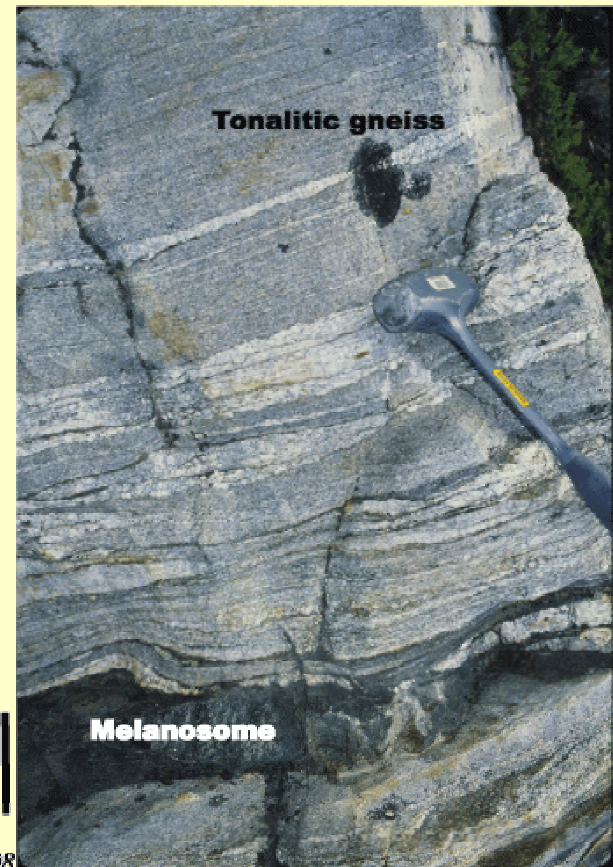
***Granát-biotitická rula se sillimanitem (Qtz+Kfs+Pl+Bt+Grt+Sil)***



Diagram řady kvarcit—rula (svor, fylit). HEJTMAN (1961): 1 - kvarcit, 2 - rulový (svorový, fylitový) kvarcit, 3 — kvarcitická rula (svor. fylit), 4 — rula (svor, fylit). 5 — křemenem chudá rula (svor. fylit).

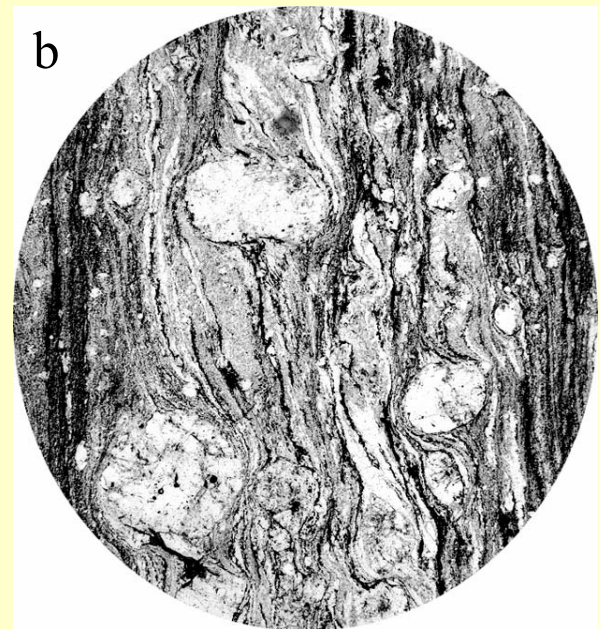
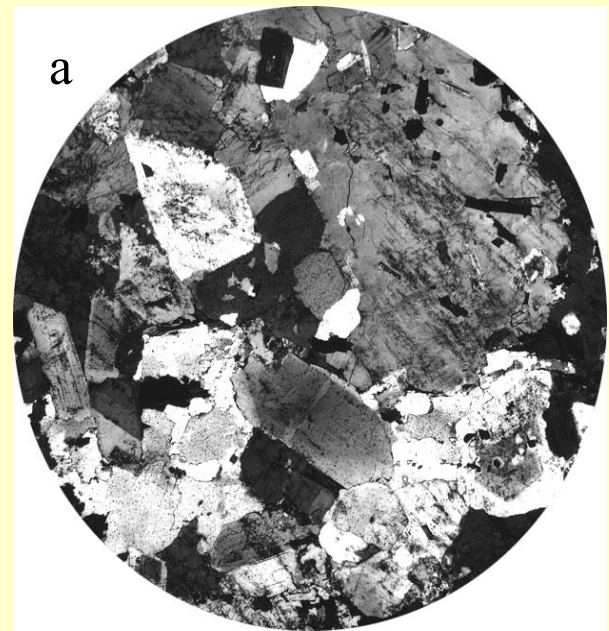
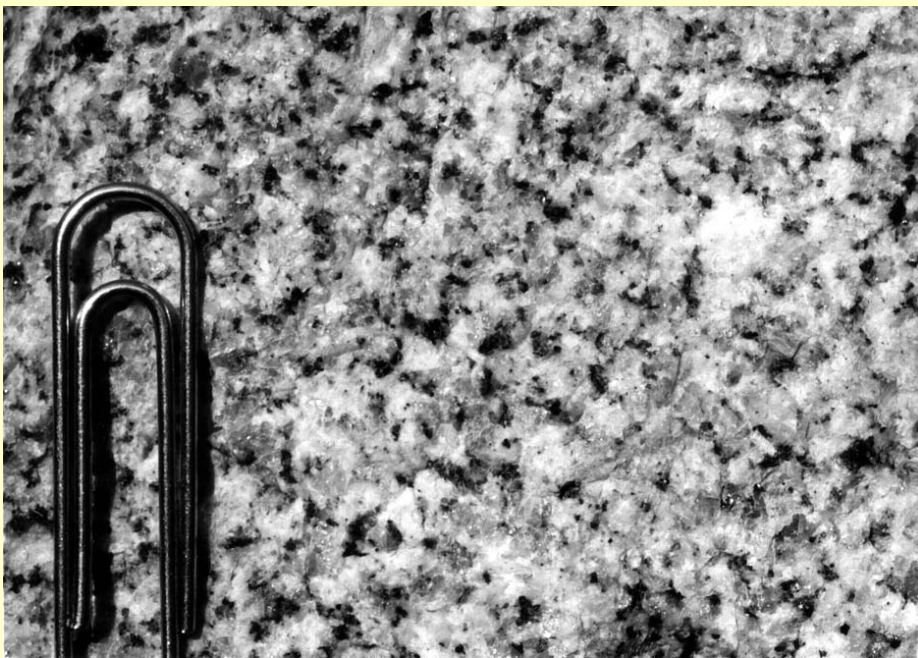
# Ortorula

- textura: většinou plošně paralelní (plástevnatá, okatá), ale může být až nevýrazně plošně paralelní
- struktura: granoblastická až lepido-granoblastická
- zrnitost: drobně až středně zrnitá.
- minerálním složením se ortoruly neliší od granitoidních hornin: převládají křemen, živce, slídy, amfiboly
- podle minerálního složení lze odlišovat muskovitové, biotitové, dvojslídnné nebo amfibolové ruly



Locality 01NC08



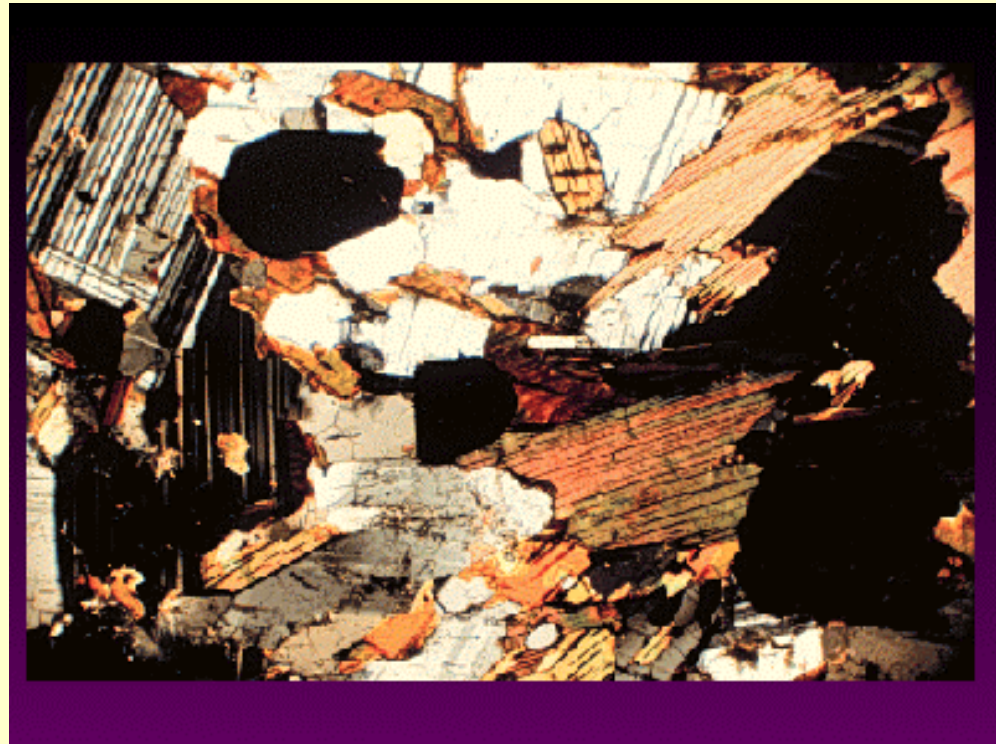


(a) granit a (b) metagranit postižený výraznou mylonitizací



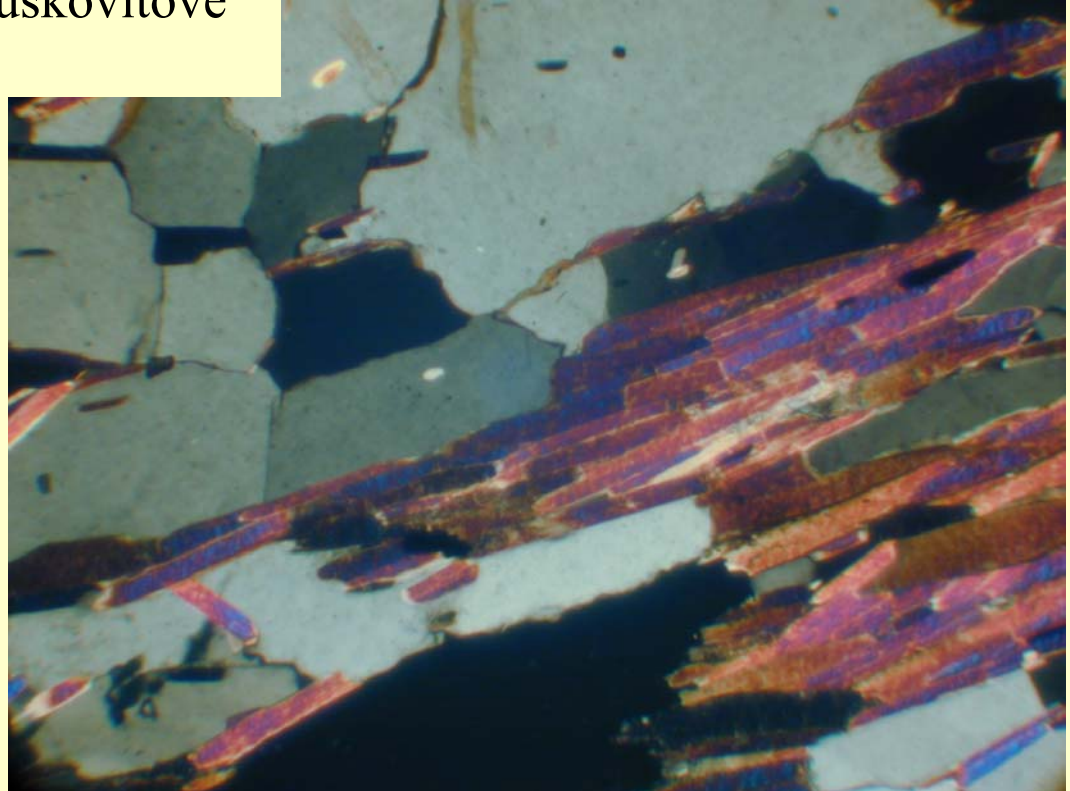
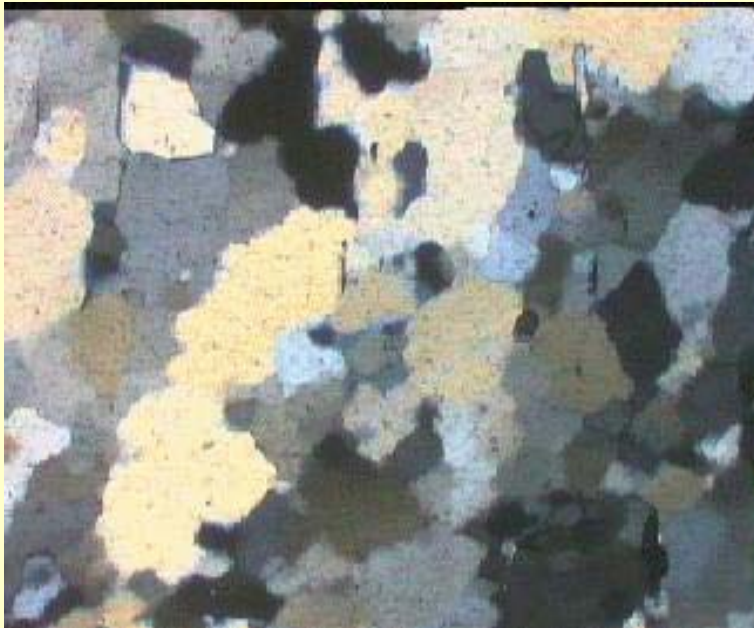
# Granulit

- textura: všesměrná až nevýrazně plošně paralelní
- struktura: granoblastická až lepidogranoblastická, charakteristickým rysem jsou do roviny břidličnatosti zploštělá zrna křemene.
- zrnitost: jemně až drobně zrnitá
- minerální složení: draselný živec (perthitický ortoklas), oligoklas, křemen, granát, kyanit, spinel (maf.  $Px+Grt+Pl+Kfs$ )
- retrográdní minerály: biotit, sillimanit Je to bílošedá až béžová hornina, plošně



# Metakvarcit

- textura: všesměrná nebo plošně paralelní
- struktura: granoblastická (u plošně paralelních variet jsou na plochách foliace většinou soustředěny slídy a foliační plochy jsou proto lesklé)
- minerální složení: metamorfit složený převážně z křemene (více než 70% celkového množství minerálů), slídy, chlorit, granát, živce (metakvarcity sericitové, muskovitové a chloritové)





# Mramor

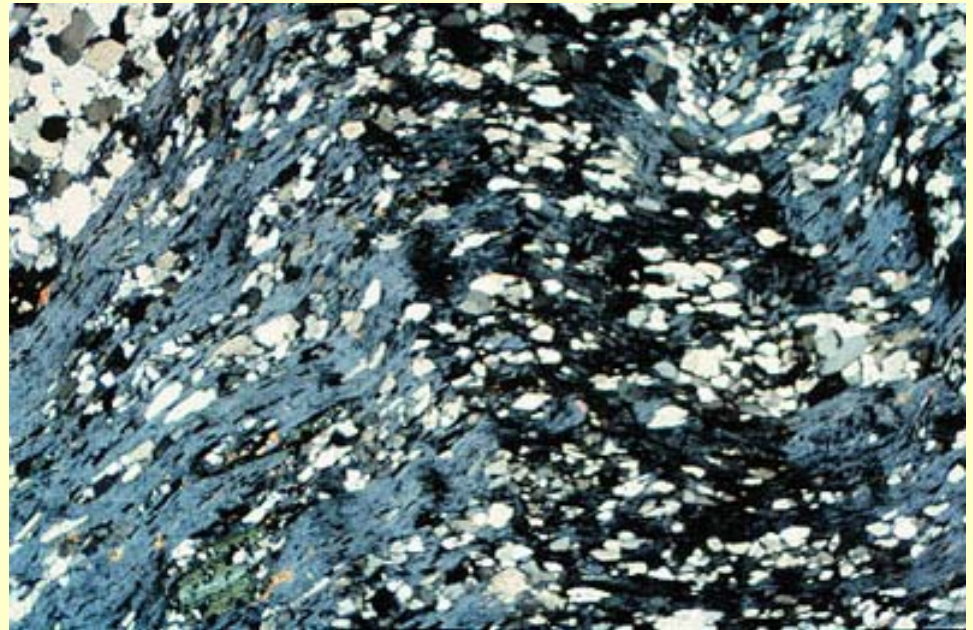


- *mramor* vznikly metamorfózou sedimentárních vápenců a dolomitů.
- mramory se od vápenců liší makroskopicky tím, že jsou makroskopicky zrnité (granoblastické), u hruběji zrnitých typů jsou zřetelně vidět lesklé štěpné plochy kalcitu.
- barva čistých mramorů je bílá (barevná pestrost mramoru je však velká a závisí na obsahu příměsí)
- textura: všesměrná, někdy s přechodem do nevýrazně plošně paralelní
- struktura: granoblastická
- zrnitost: jemně až středně zrnitá
- minerální složení: hlavními minerály jsou kalcit a dolomit, podružně se vyskytuje flogopit (slída zlatohnědé barvy), diopsid, forsterit, grafit, tremolit, křemen, živce, minerály serpentínové skupiny (ofikalcit— mramor se serpentínovými hnízdy).



## • Zelené břidlice (greenschist)

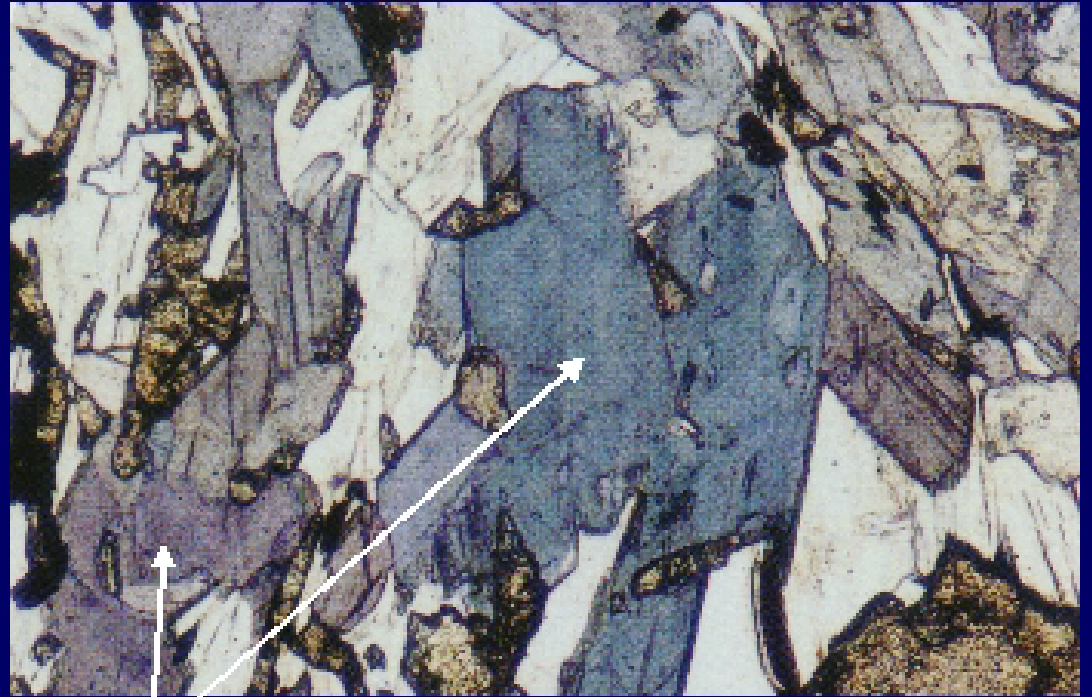
- bazické horniny metamorfované ve facii zelených břidlic
- nazelenalá barva
- výrazná foliace (zelenokameny nebo zelené skaliny - greenstone jsou bez foliace)
- nematoblastická až granonematoblastická struktura
- minerální složení: aktinolit, albit, epidot, chlorit (křemen, titanit, karbonáty)



Aktinolit+chlorit+albit+křemen

- **Modré břidlice**
- bazické horniny metamorfované ve facii modrých břidlic
- namodralá barva
- většinou výrazná foliace (ale termín se užívá i pro horniny bez zřetelné foliace).
- nematoblastická až granonematoblastická struktura
- minerální složení: glaukofan, albit, epidot, křemen, (lawsonit, pumpellyit, chlorit, aragonit)

## Blueschist

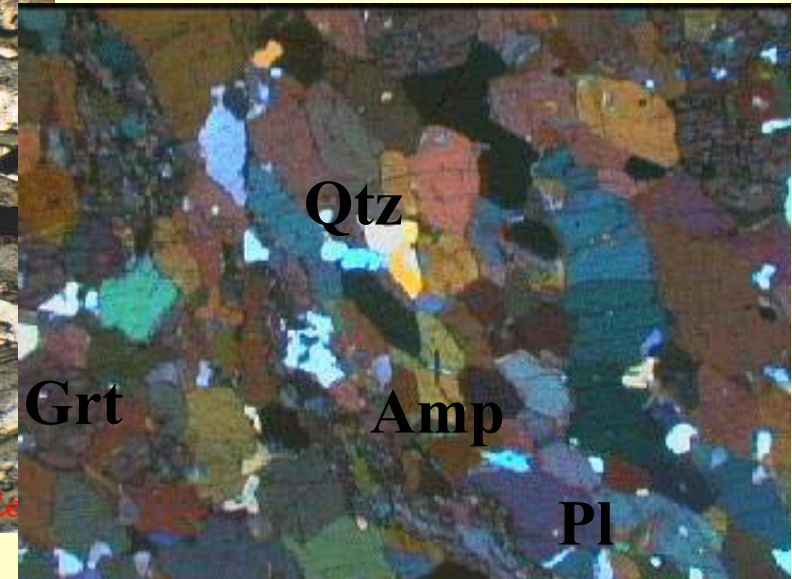
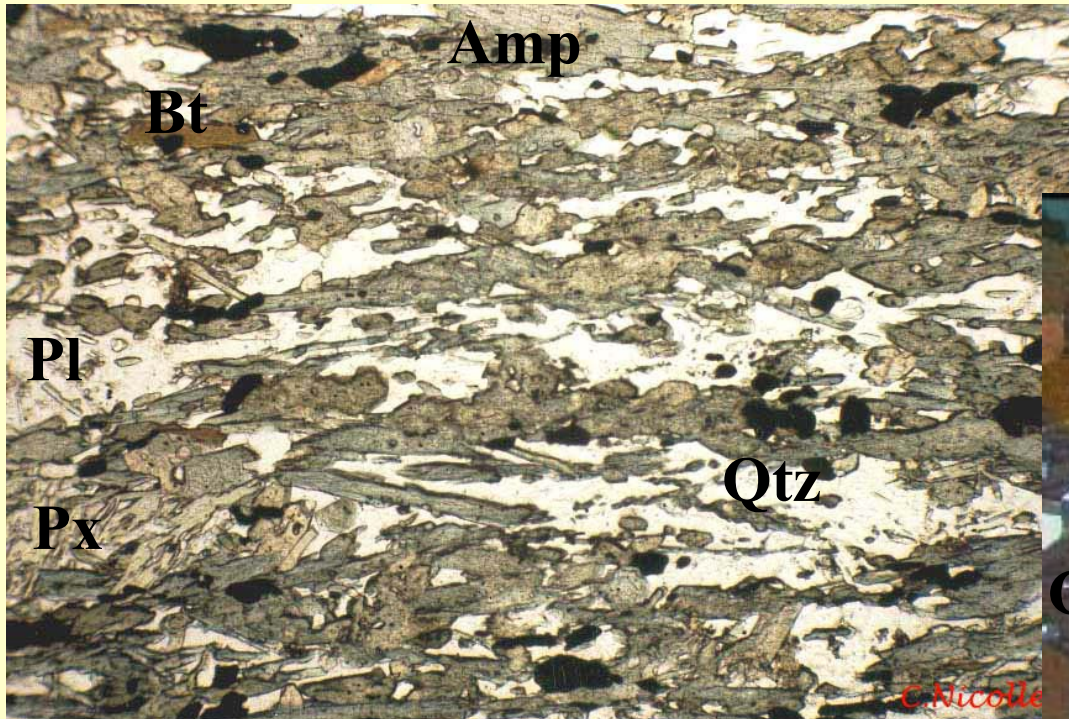


Glaucofan - pleochroic, blue amphibole



# Amfibolit

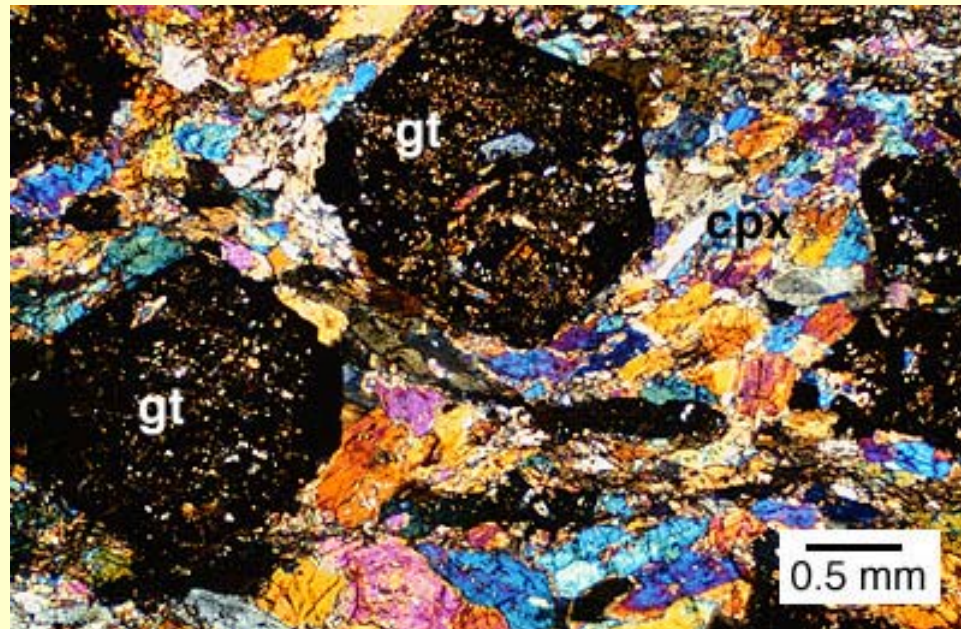
- textura: všesměrná až plošně paralelní (páskovaná), v některých případech pak lineárně paralelní
- zrnitost: jemně až hrubě zrnité
- struktura: granonematoblastická
- minerální složení: pro amfibolity je charakteristická minerální asociace amfibol a plagioklas (oligoklas – andesin), z dalších minerálů mohou být zastoupeny např. biotit, pyroxeny, granáty, titanit.





# Eklogit

- je to velmi tmavá hornina, zelenočerné nebo červenozelené barvy (červeně skvrnitá)
- velikost zrna kolísá od textury drobnozrnné až po hrubozrnnou
- textura: masivní, všesměrně zrnitá (ojediněle mívá náznak plošně paralelní textury)
- struktura: granoblastická až granonematoblastická
- minerální složení:
  - eklogit je složen z pyroxenu (omfacit) a granátu (pyrop), což způsobuje jeho vysokou hustotu ( $3.5 \text{ g.cm}^3$ ), živce prakticky chybějí
  - jako akcesorické minerály se objevují rutil a kyanit
  - retrográdní: amfibol a plagioklas





# Metamorfóza metabazitů

**1) Bazalt:** Pl (labradorit, bytownit) + Px (augit)  
± olivín ± amfibol ± biotit



**3) Amfibolit:**  
amfibol + plagioklas  
(oligoklas – andesin)  
± biotit ± pyroxeny ±  
granáty ± titanit



**2) Zelená břidlice:**

(aktinolit + albit + epidot +  
chlorit ± křemen ± titanit ±  
karbonáty

**4) Eklogit:**

Px (omfacit)  
+ Grt (pyrop)

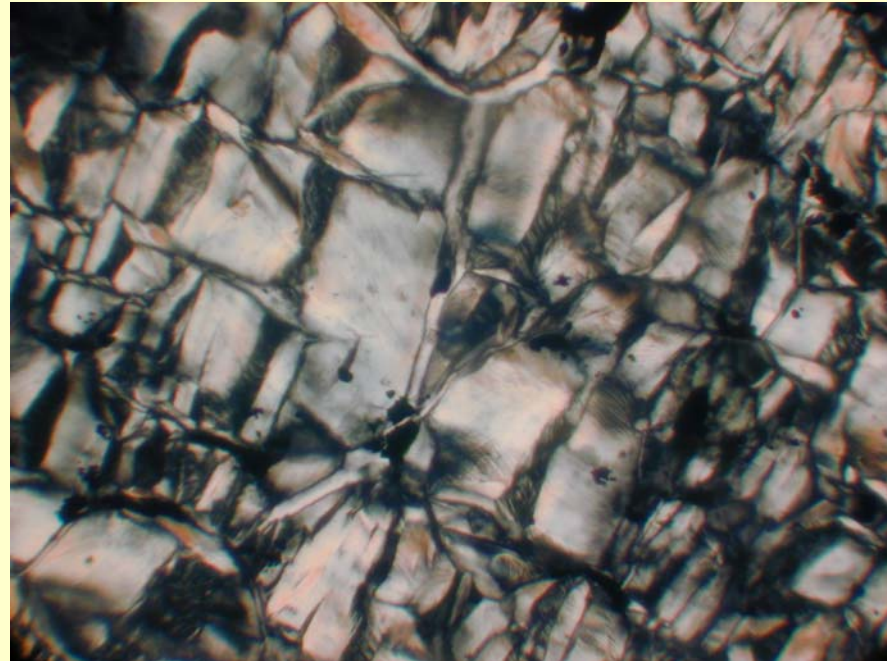
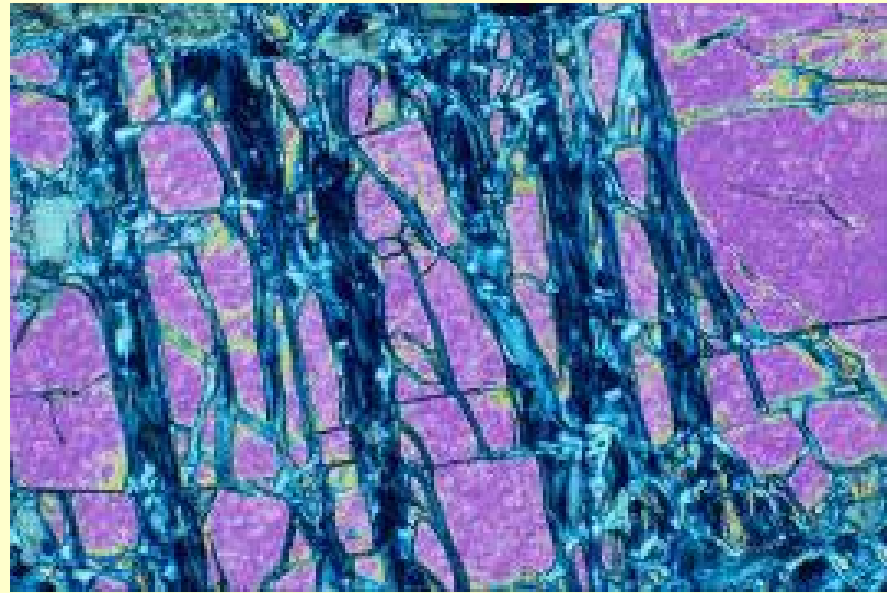
± Ky  
± Pl





# Serpentinit (hadec)

- barva: zelenočerná nebo téměř černá
- textura: makroskopicky celistvá, většinou všesměrná
- hlavním minerálem je serpentín, vedle kterého může být přítomen granát, pyroxeny, amfiboly, rudní minerály a relikty olivínu.



# Chloritické a mastkové břidlice a krupníky

- barva: světle až tmavě zelená.
- textura: většinou výrazná foliace
- struktura: lepidoblastická, nematolepidoblastická
- minerální složení:
  - krupníky: mastek, chlority, tremolit, karbonáty (magnezit)
  - mastkové břidlice: mastek
  - chloritické břidlice: chlorit
  - akcesorické minerály: magnetit

*Krupníky*  
(*tremolit, mastek*)





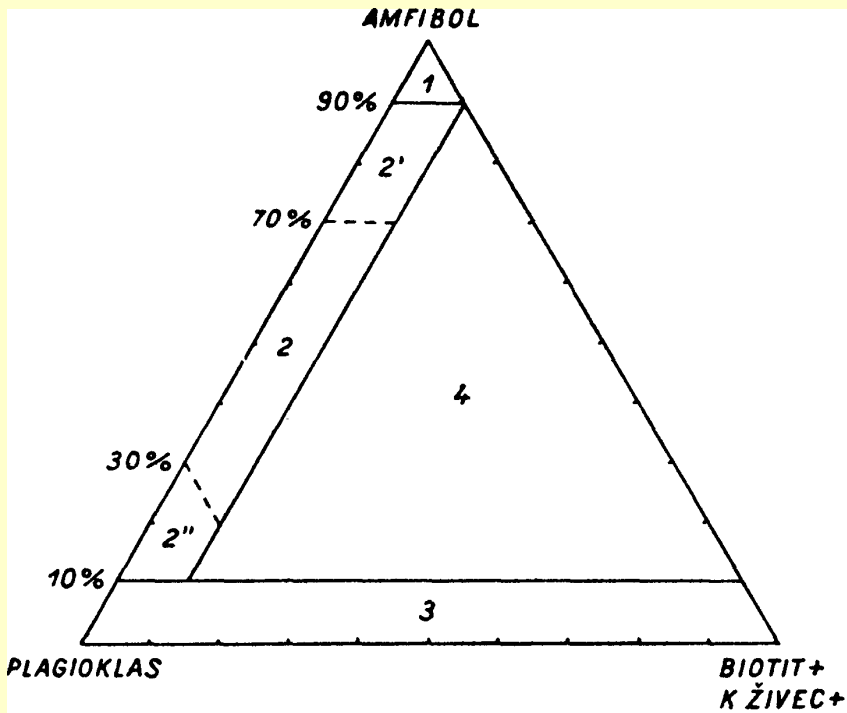


Diagram řady amfibolit-rula: 1 - amfibolická skalina (břidlice), 2 - amfibolit, 2' - melanokratní, 2'' - leukokratní, 3 - rula, 4 - amfibolická rula

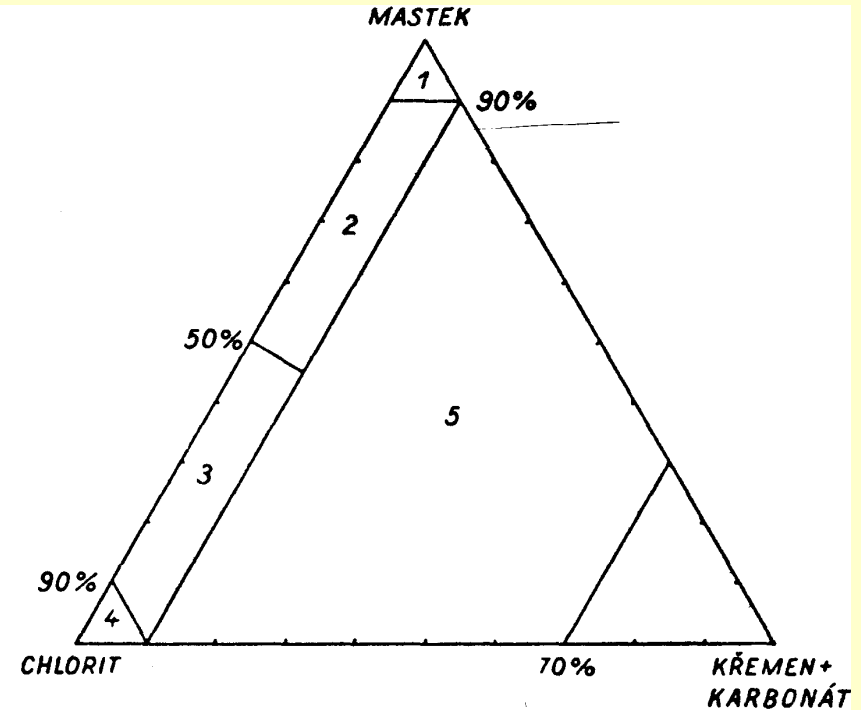
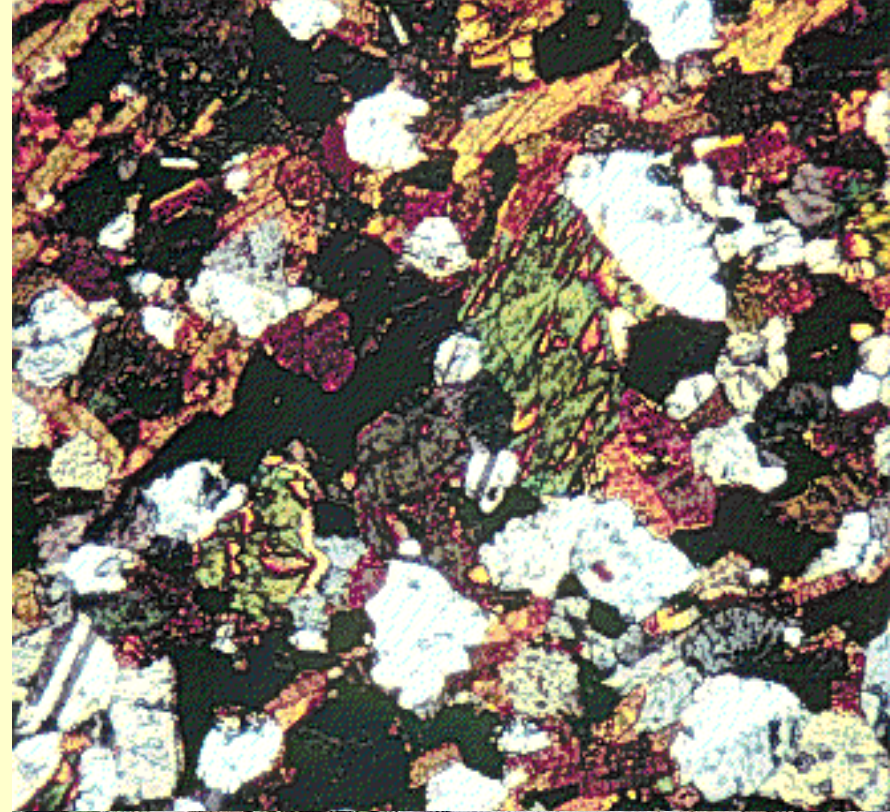


Diagram řady mastková břidlice: 1 - mastková břidlice. 2 - chloriticko-mastková břidlice, 3 - mastek-chloritická břidlice, 4 - chloritická břidlice. 5 - krupník.

# Erlán (vápenatosilikátový rohovec)

- šedozeleň až hnědošedá,
- celistvá nebo jemně zrnitá hornina s všesměrnou až slabě plošně paralelní texturou.
- struktura: granoblastická
- minerální složení:
  - hlavními minerály jsou diopsid (druh pyroxenu), živce a křemen.
  - v některých erlánech mohou být přítomny také granát (grossular), vesuvian, wollastonit, minerály epidotové skupiny, amfibol, skapolit a dále kalcit, biotit.
- vzniká metamorfózou sedimentárních vápenců, které obsahovaly křemitou nebo jílovitou příměs
- regionálně či kontaktně metamorfovaná hornina.





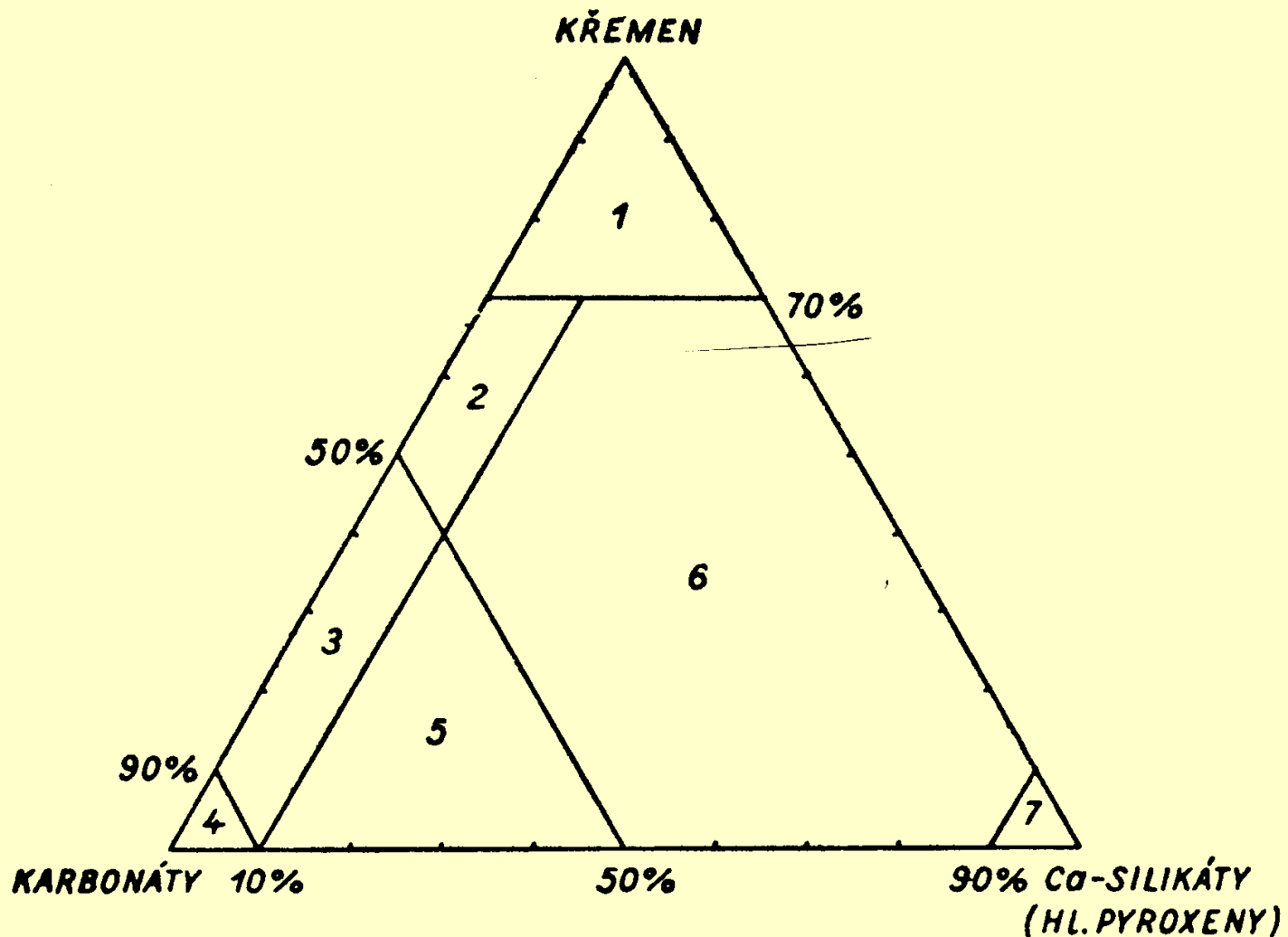


Diagram řady kvarcit— mramor— erlán. 1 — kvarcit, 2 — karbonatický kvarcit, 3 - křemenný mramor, 4 - mramor, 5 - erlánový mramor, 6 - erlán, 7 - pyroxenická skalina (břidlice).

# Skarn

- středně až hrubě zrnitá hornina s všesměrnou až slabě plošně paralelní texturou
- typická je granoblastická struktura
- silikátová hornina obsahující Ca-Fe-Mg-Mn
- vzniká při metamorfóze (kontaktní, regionální) na rozhraní silikátové a karbonátové horniny
- minerální složení: diopsid, grosular, zoisit, wolastonit (hedenbergit, andradit, magnetit) amfibol, sulfidy
- ve starších pracích se setkáváme s pojmem taktit (karbonátová hornina, změněná magmatickým látkovým přínosem) → často obsahuje wollastonit, vesuvian a granát.





## Metakonglomerát

- původní horninou jsou slepence
- středně až hrubě zrnitá hornina s všesměrnou až plošně paralelní texturou
- typická bývá reliktní stavby metapsamitická (valouny bývají uloženy v základní hmotě, která se minerálně a strukturně většinou podobá rulám)



## Smirky

- drobně až středně zrnitá hornina s všesměrnou až plošně paralelní texturou
- původními horninami jsou bauxity a laterity
- typické minerály: korund, magnetit, hematit

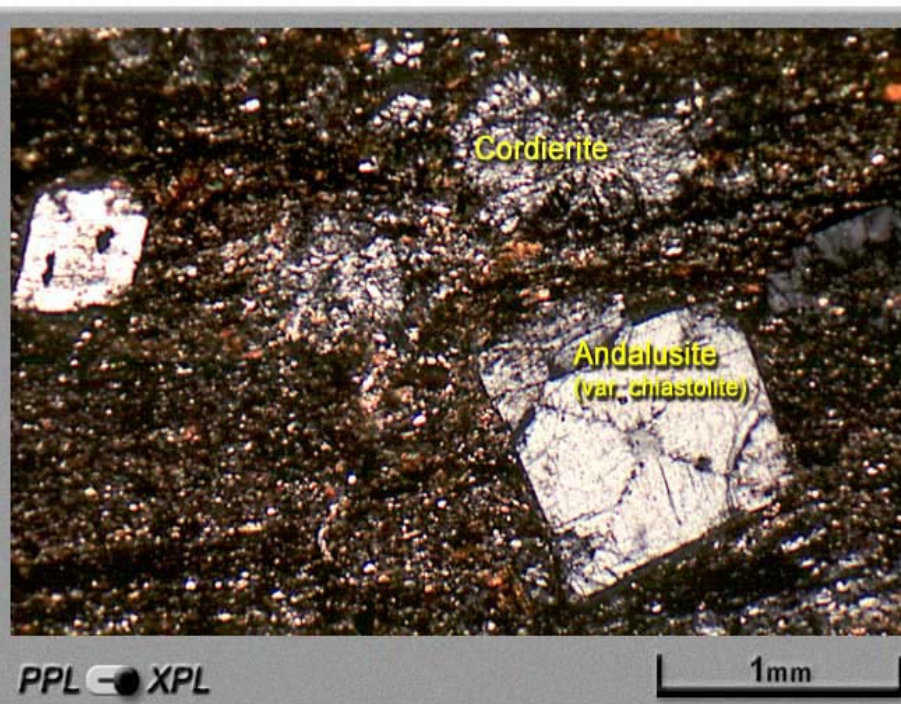
## Metaferolity

- drobně až středně zrnitá hornina s všesměrnou až plošně paralelní texturou
- původními horninami jsou železné rudy
- typické minerály: hematit, magnetit, křemen

# Přehled kontaktně metamorfovaných hornin

## Kontaktní břidlice (skvrnité, plodové, chlastolitické)

- vznikají ve vnějších částech kontaktního dvora
- jsou většinou šedé barvy a výrazně břidličnaté textury
- minerální složení: biotit, muskovit, živce a křemen
- na plochách foliace se vytvářejí buď jen shluky grafitového pigmentu (skvrnitá břidlice) nebo porfyroblasty metamorfních minerálů (andalusit - chlastolitická, cordierit nebo agregáty biotitu - plodová).

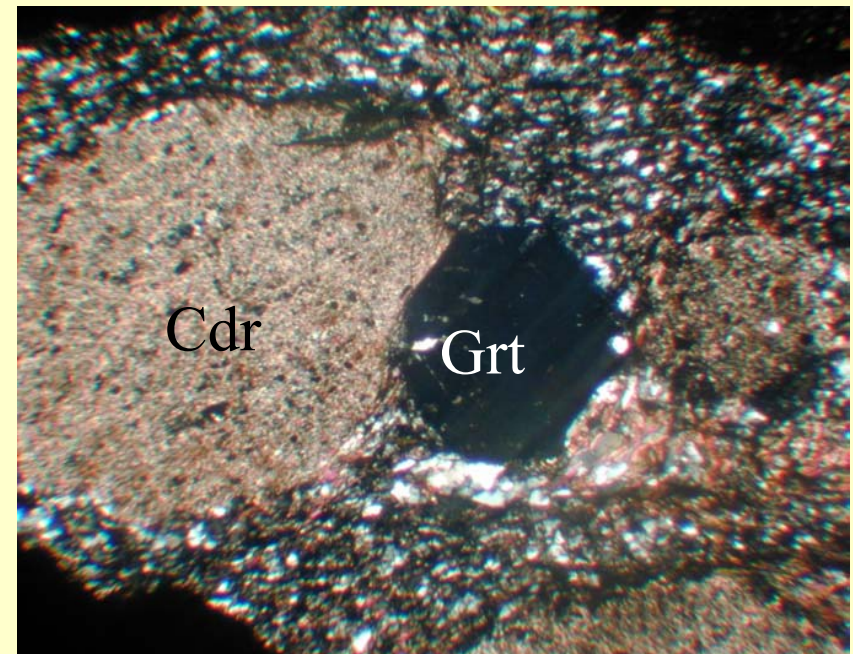


Plodová břidlice



# Kontaktní rohovec

- šedý až tmavě šedý, někdy hnědošedý
- textura: je obvykle celistvá, všesměrně až plošně paralelní (páskovaná)
- vzniká ve vnitřní části kontaktního dvora (při intenzívnější metamorfóze než břidlice)
- minerální složení: biotit, živce ( $Pl \pm Kfs$ ), křemen, andalusit a cordierit.



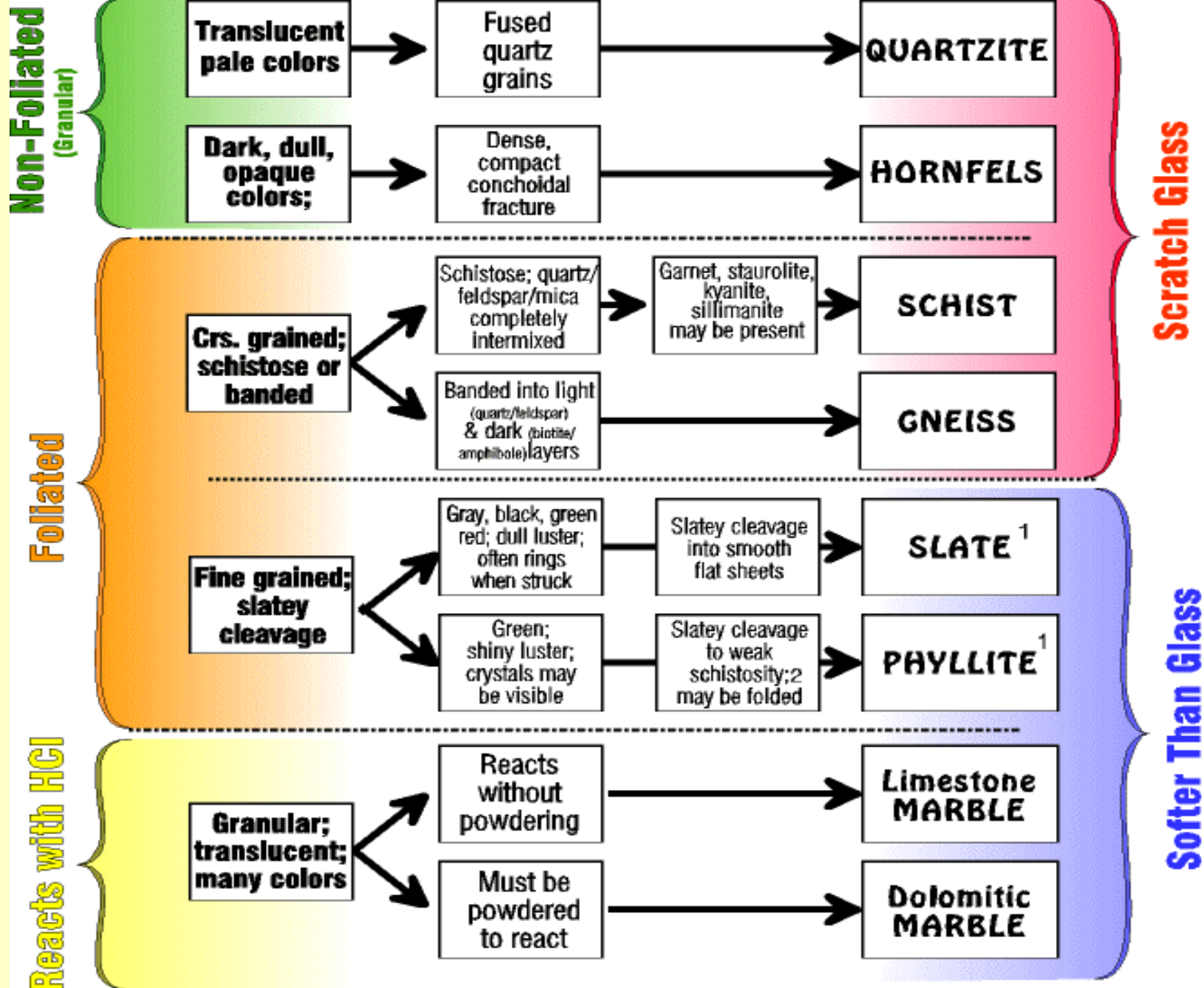
# Porcelanit

- je často pestře zbarvená hornina (nejčastěji šedé, ale také žlutošedé, hnědošedé, červenohnědé i černé barvy)
- zbarvení závisí na minerálním složení původní pelitické sedimentární horniny (Fe, Mn, grafit)
- porcelanity jsou makroskopicky celistvé, všesměrné, značně tvrdé horniny s lasturnatým lomem
- jsou velmi křehké a na hranách ostré a na rozdíl od sedimentárních rohovců jsou matné a na hranách neprůsvitné.

## Další méně významné horniny

- Buchit: účinkem vysoké teploty došlo v hornině k částečnému roztavení, takže vzniklo sklo často přítomen cordierit
- Pseudotachylit: drcení doprovázeno roztavením, vzniká podle některých autorů až sklo
- Blastomylonit: drcení kombinováno rekrystalisací (blastézou)





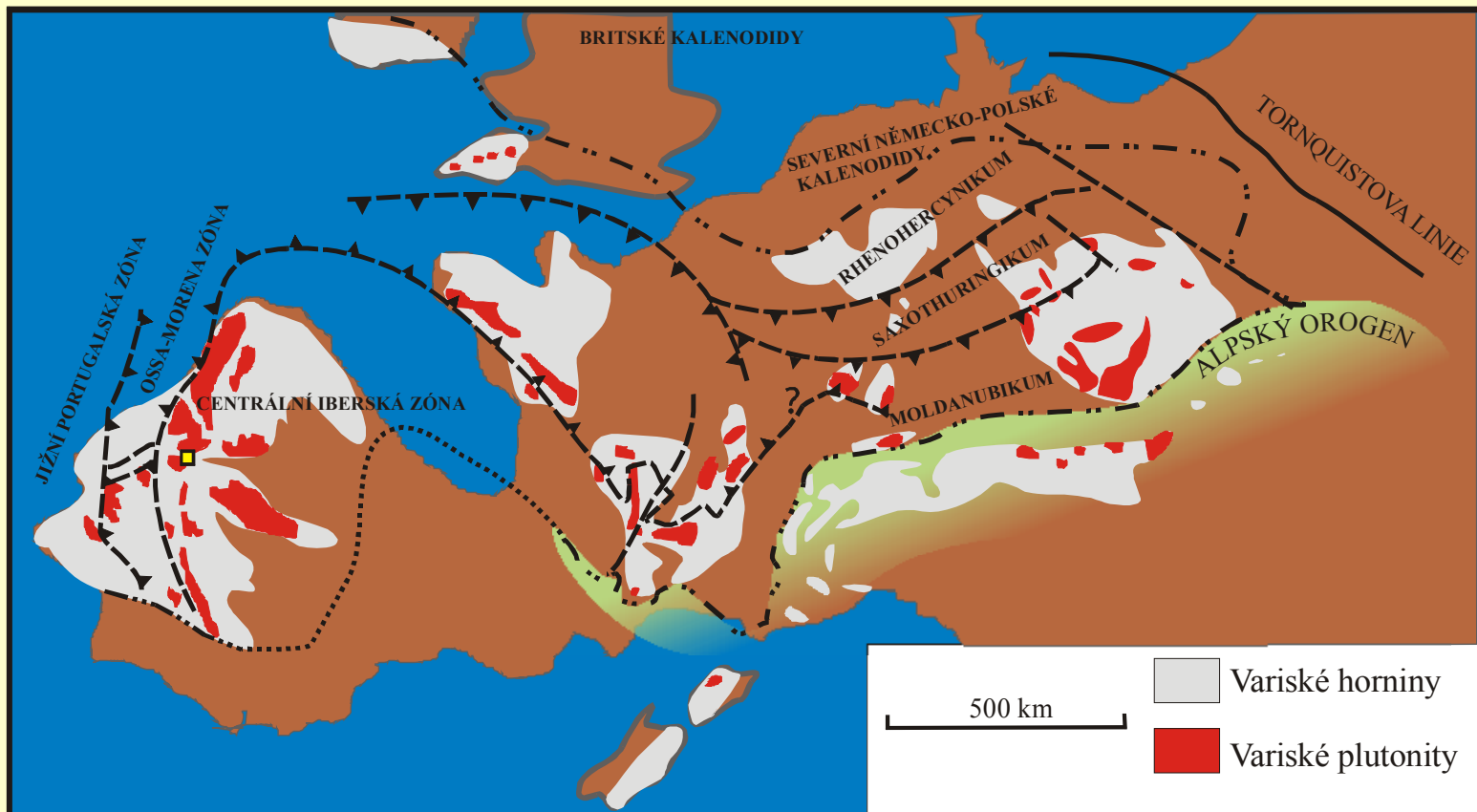
<sup>1</sup> (Shale), slate, and phyllite complete intergrade with each other. Distinctions may be difficult.

# Metamorfované hornin v Českém masivu

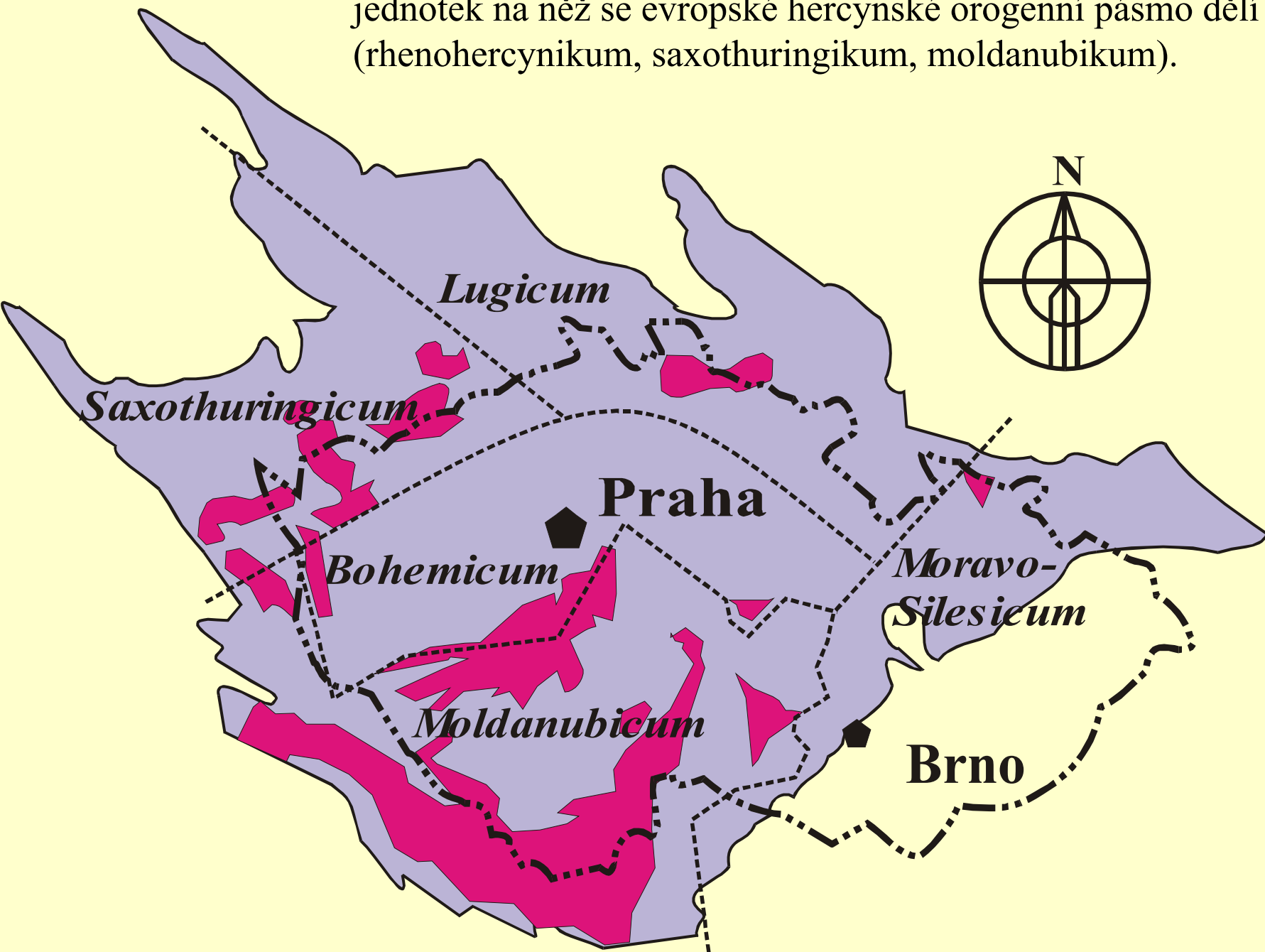


# Metamorfované hornin v Českém masivu

- Český masiv reprezentuje nejvýchodnější část evropského hercynského orogenního pásu.
- Je složen z rady terranů s rozdílným předkolizním a kolizním vývojem, stmelených během kolize Gondwany a Laurusie (Baltika) během devonu až spodního karbonu.

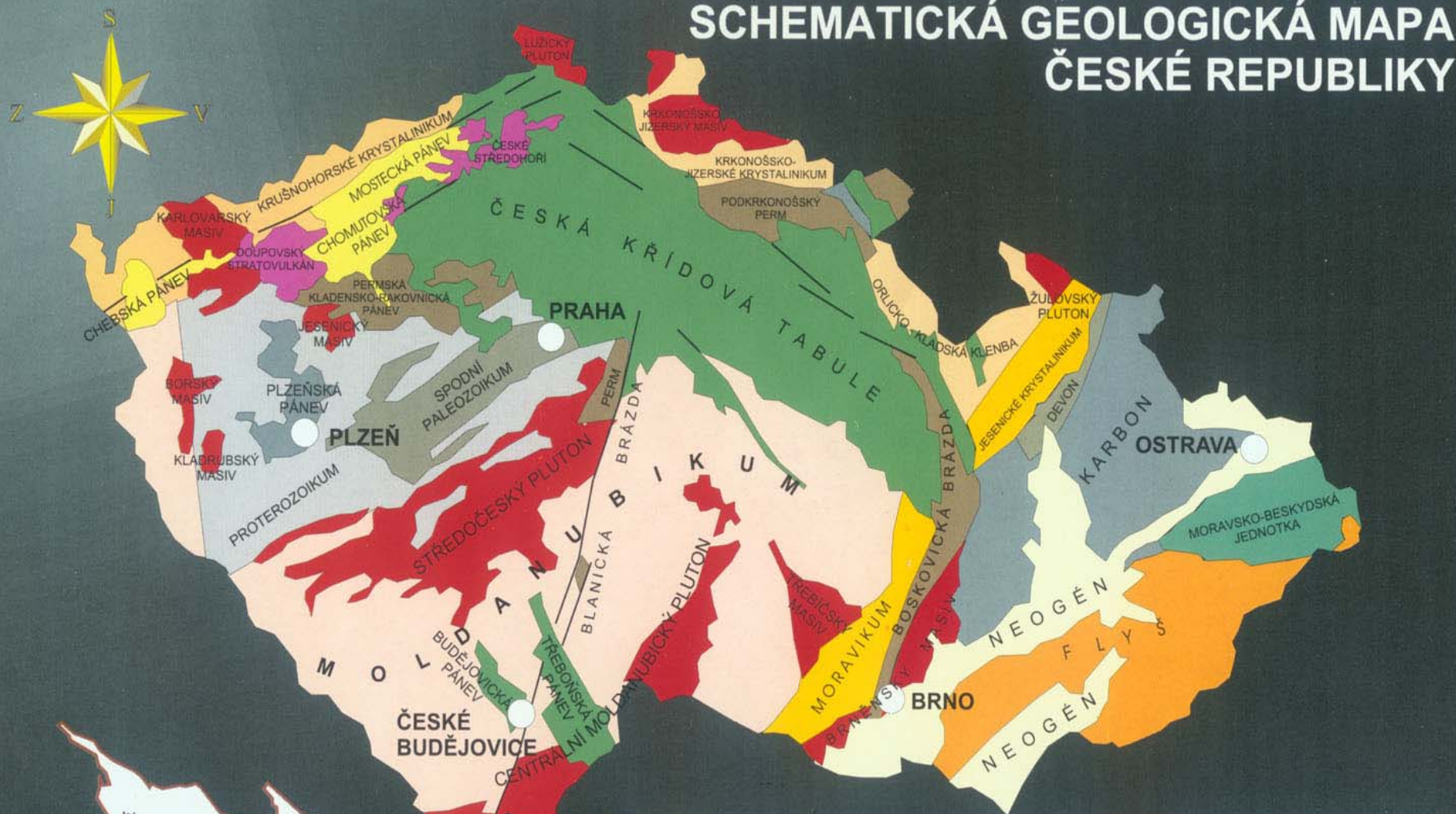


- V rámci Českého masivu vystupuje většina základních jednotek na něž se evropské hercynské orogenní pásmo dělí (rhenohercynikum, saxothuringikum, moldanubikum).





# SCHEMATICKÁ GEOLOGICKÁ MAPA ČESKÉ REPUBLIKY



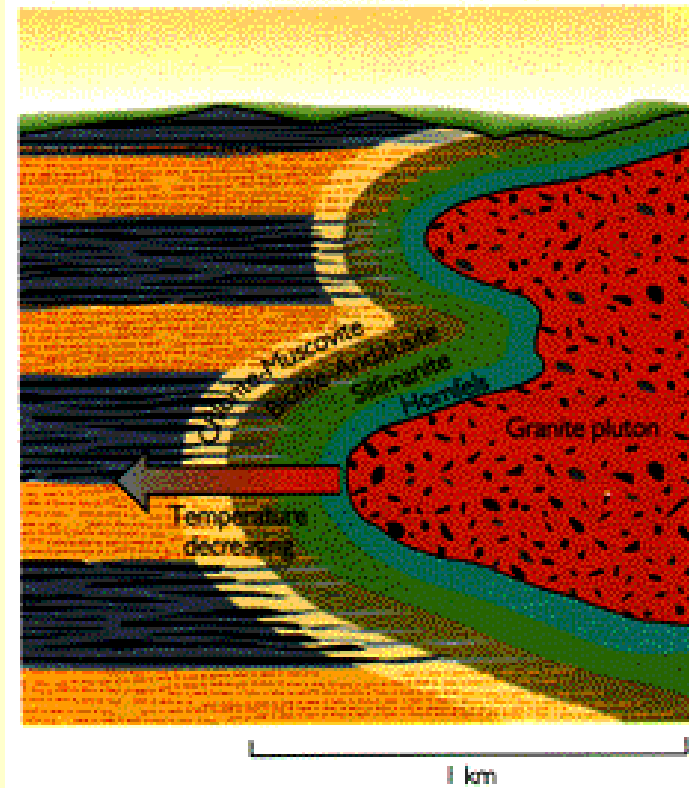
	NEOGENNÍ SLADKOVDNÍ SEDIMENTY		VARISKÉ MAGMATITY
	NEOGENNÍ MOŘSKÉ SEDIMENTY		SPODNOPALEOZOICKÉ SED. METAMORFOVANÉ HORNINY:
	PALEOGENNÍ SEDIMENTY		BOHEMIKA
	TŘETIHORNÍ VULKANITY		LUGIKA
	KŘÍDOVÉ SEDIMENTY		MORAVOSILESİKA
	KŘÍDOVÉ SEDIMENTY KARPAT		SAXOTHURINGİKA
	PERMSKÉ SEDIMENTY		MOLDANUBİKA
	KARBONSKÉ SEDIMENTY		

výskyt variských hornin ve střední Evropě

SAXOTHURINGIKUM  
LUGIKUM  
BOHEMIKUM  
MOLDANUBIKUM  
MORAVOSİLESİKUM  
KARPATY

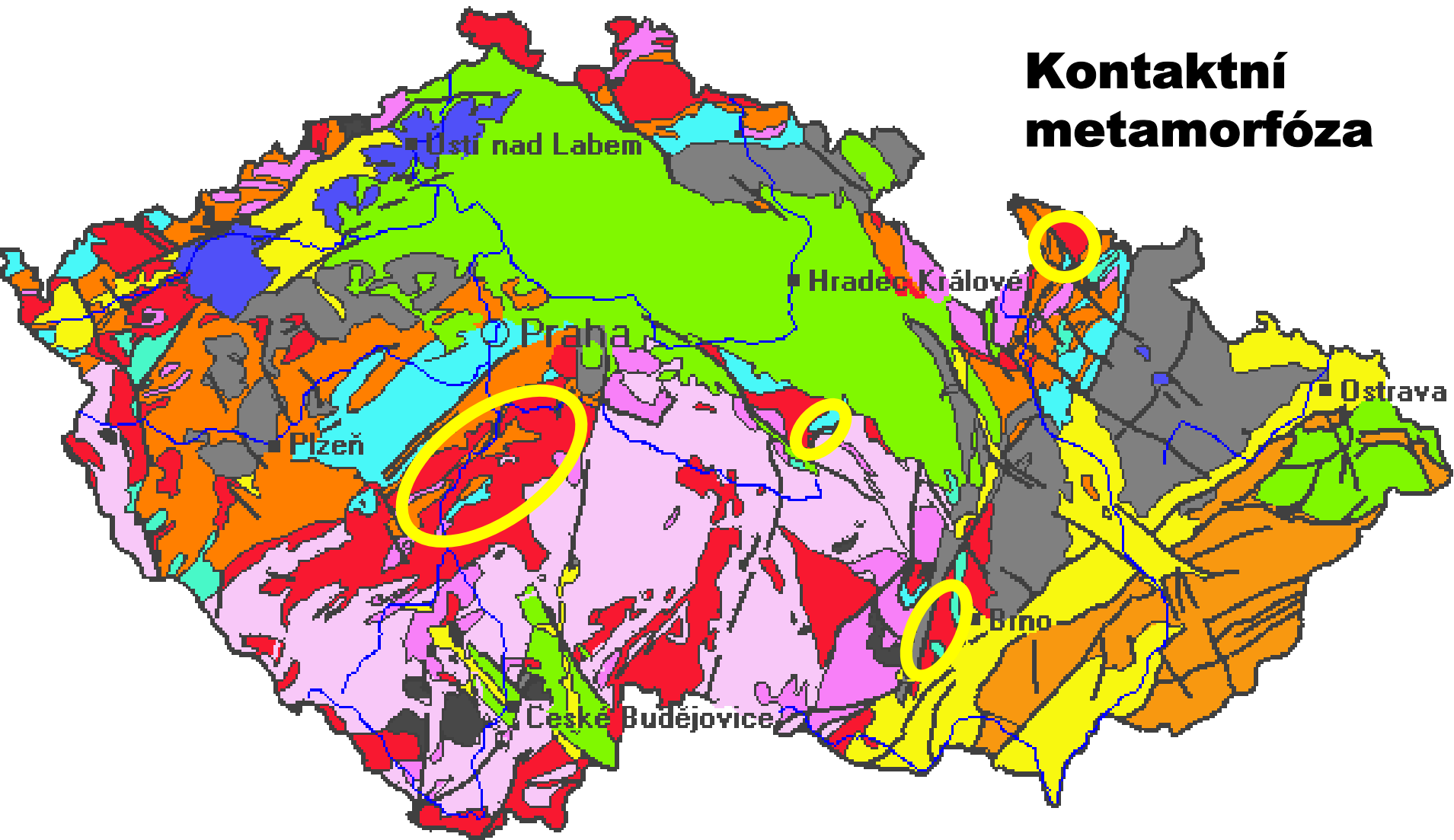
# Metamorfóza LP/HT

- **Kontaktní metamorfóza**
- Zřetelná kolem většiny plutonů v ČM (např. středočeský pluton, žulovský masiv, brněnský masiv)
- postiženy hlavně metapelity a vápenato-silikátové horniny:
  - 1) Plodové břidlice (porfyroblasty: Cdr, And): Říčany, okolí Hlinska.
  - 2) Kontaktní rohovce: středočeský pluton.
  - 3) Kontaktní skarny (taktity): grossular, diopsid + křemen, wollastonit, vesuvián, epidot, karbonáty: žulovský masiv, středočeský pluton, brněnský masiv



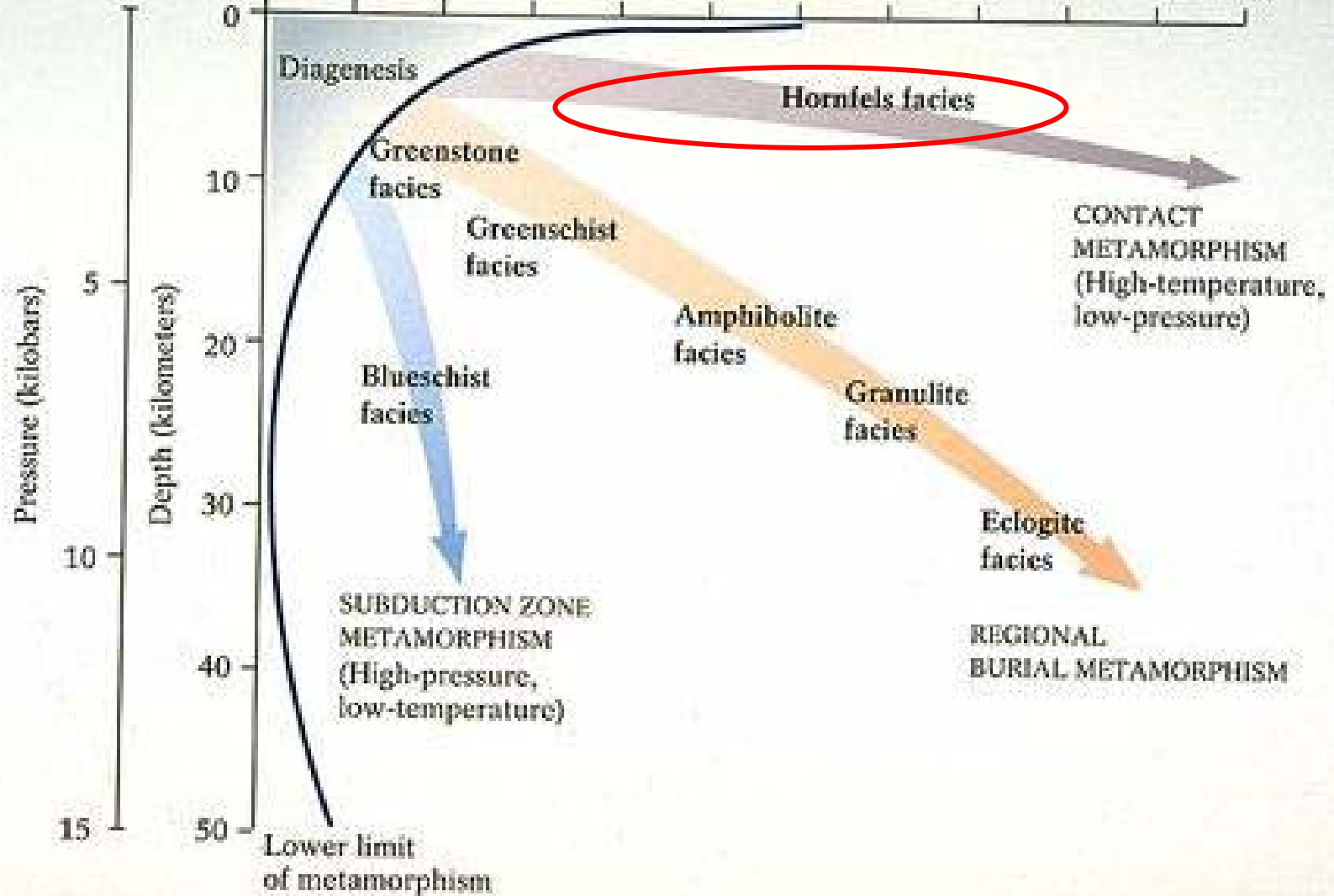


# Kontaktní metamorfóza



Temperature (°C)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100

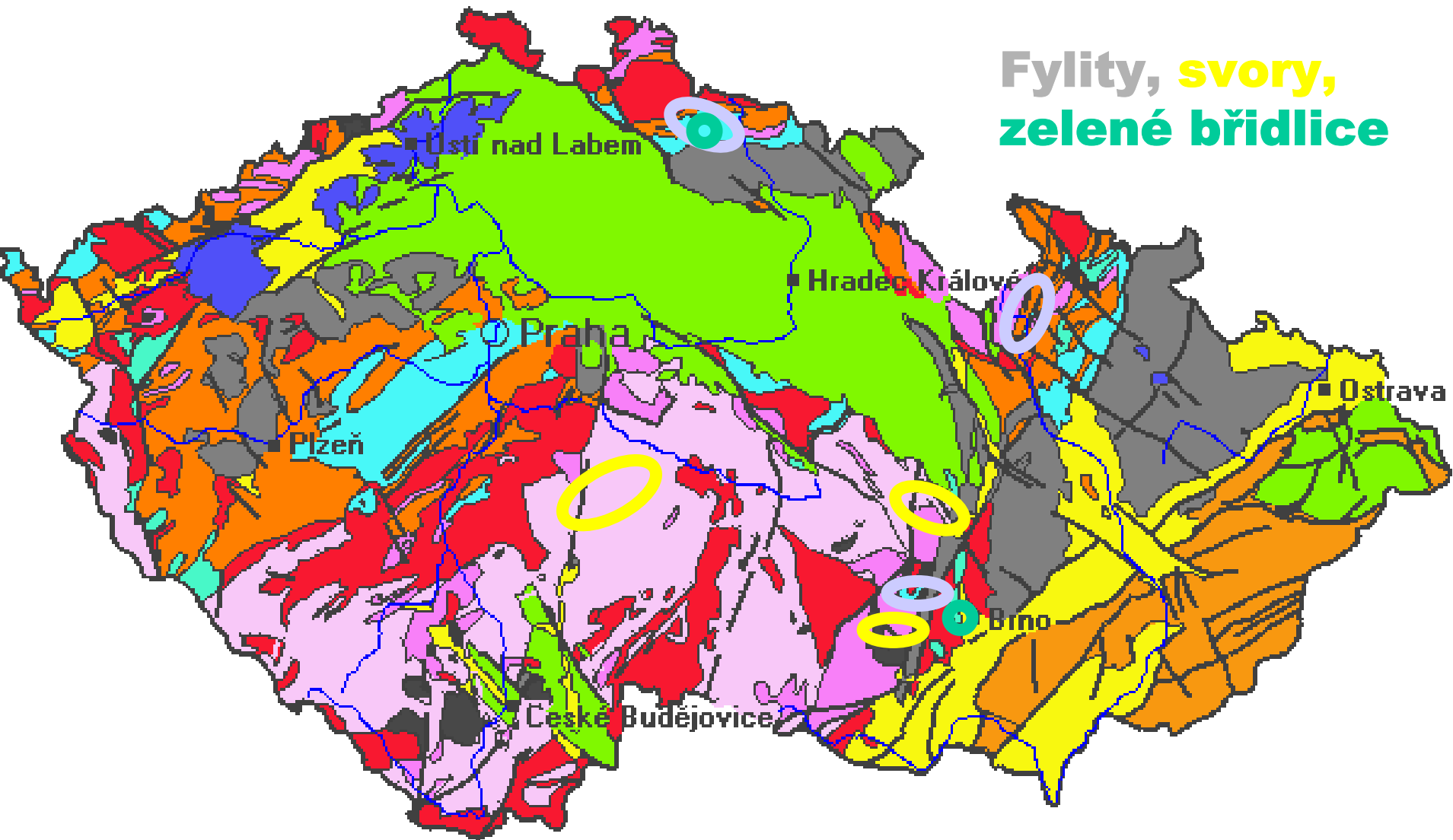




# Metamorfóza LP/LT

- Svory: moravikum (olešnická skupina), svratecké krystalinikum (Nedvědice, Kovářová), moldanubikum (Chýnov)
- Fylity: železnobrodské krystalinikum, moravikum (skupina Bílého potoka), silezikum (Vrbno).
- Zelené břidlice: brněnský masiv (Želešice), železnobrodské krystalinikum (Semily), silezikum (Zlaté Hory), moravikum.

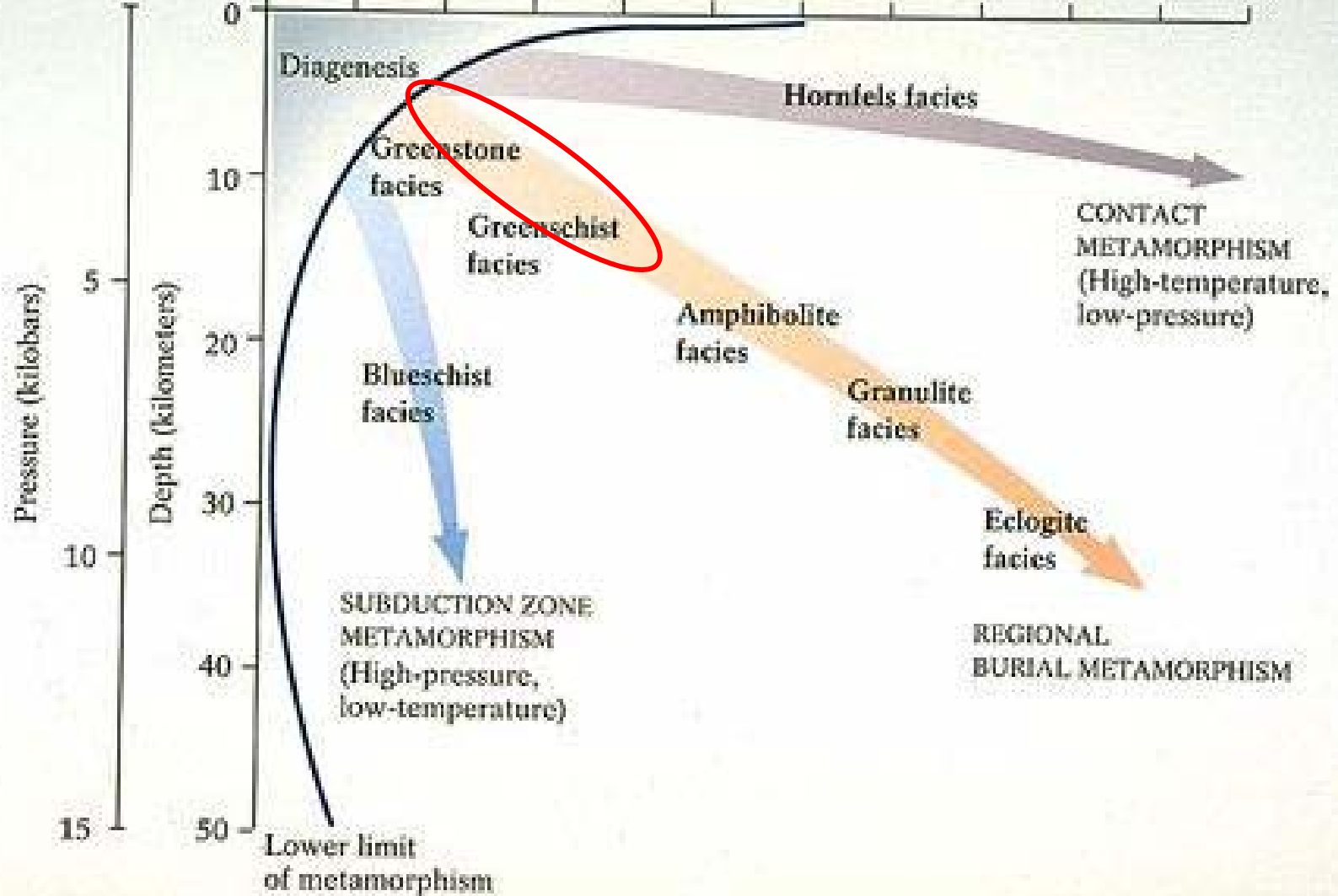
# Fylity, svory, zelené břidlice





Temperature (°C)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100



# Metamorfóza MP/MT

- moldanubikum, saxothuringikum, kutnohorsko svratecké krystalinikum, silezikum

## 1) Amfibolity

- Český Krumlov, Chýnov – moldanubikum; Olešnice – moravikum; letovické krystalinikům; sobotínský a jesenický masiv - silesikum

## 2) Pararuly

- silezikum, moldanubikum, poličské krystalinikum (Sillimanit-biotitické: Milevsko, biotitické ruly: Sádek u Poličky)

## 3) Ortoruly:

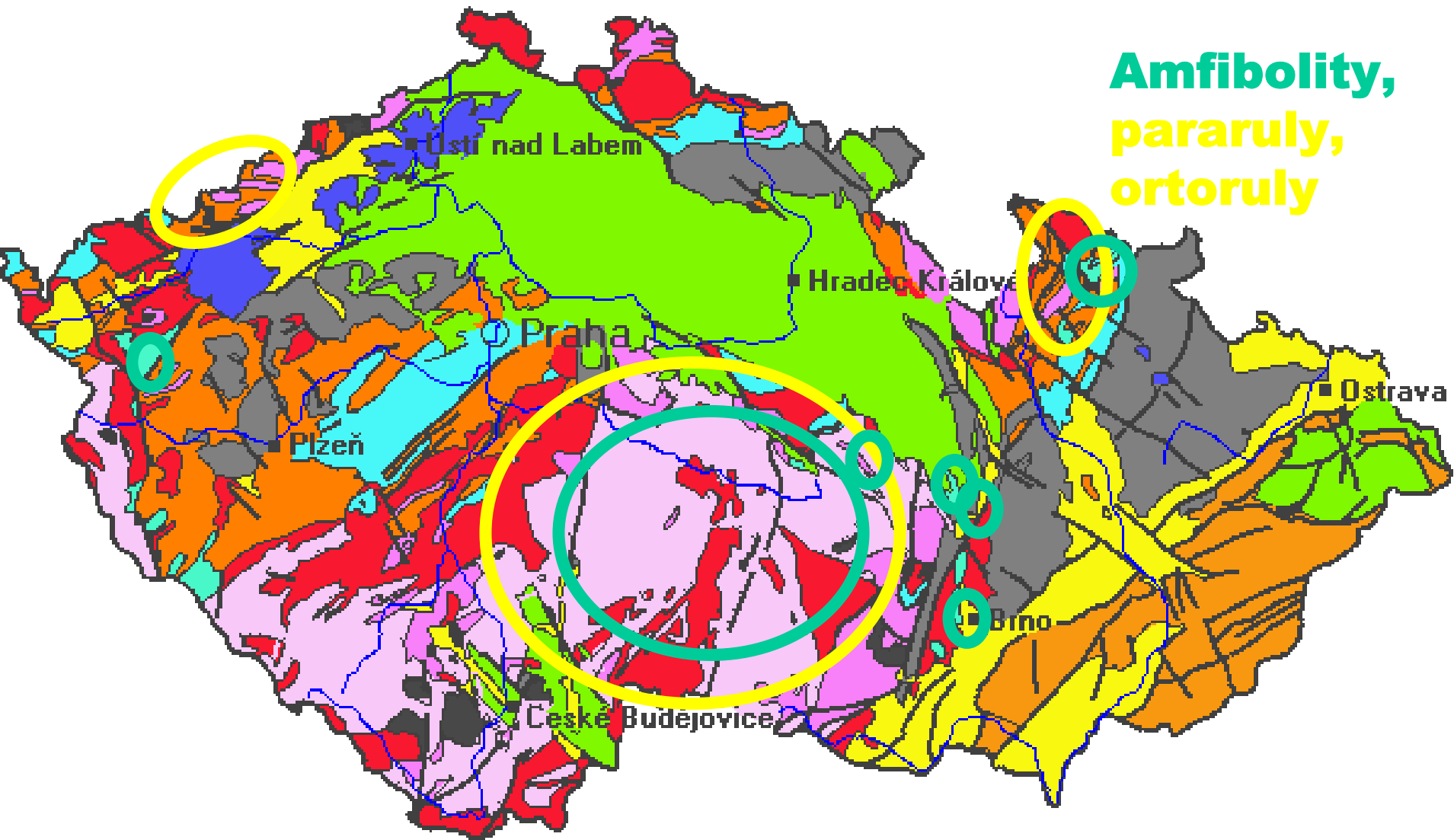
- moldanubikum (Bechyně, Choustník), saxothuringikum

## 4) Migmatity

- Tábor, Vlašim – moldanubikum; Kaňk – kutnohorsko-svratecké krystalinikum

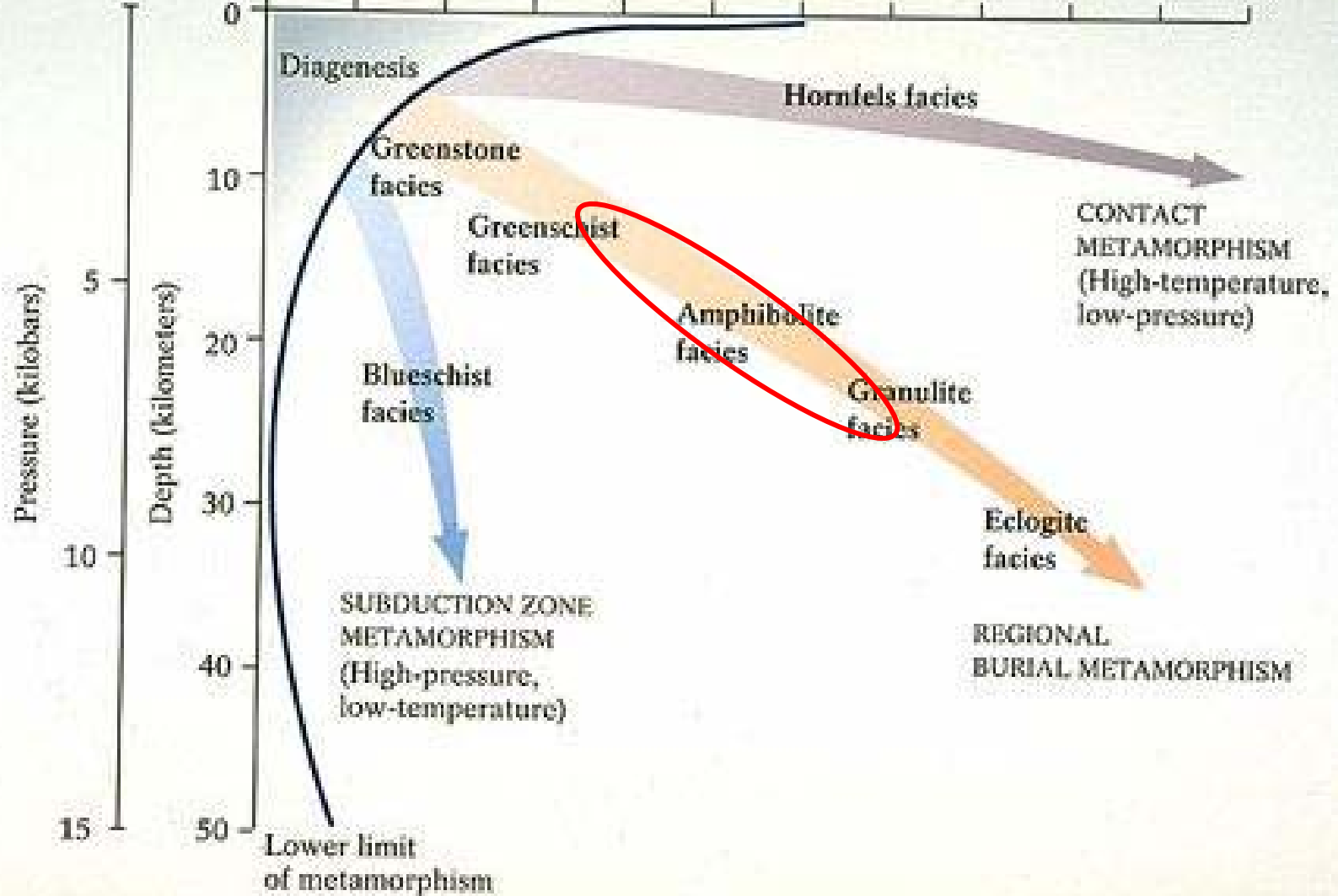


# Amfibolity, pararuly, ortoruly



Temperature (°C)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100



# Metamorfóza HP/HT

## 1) Granulity

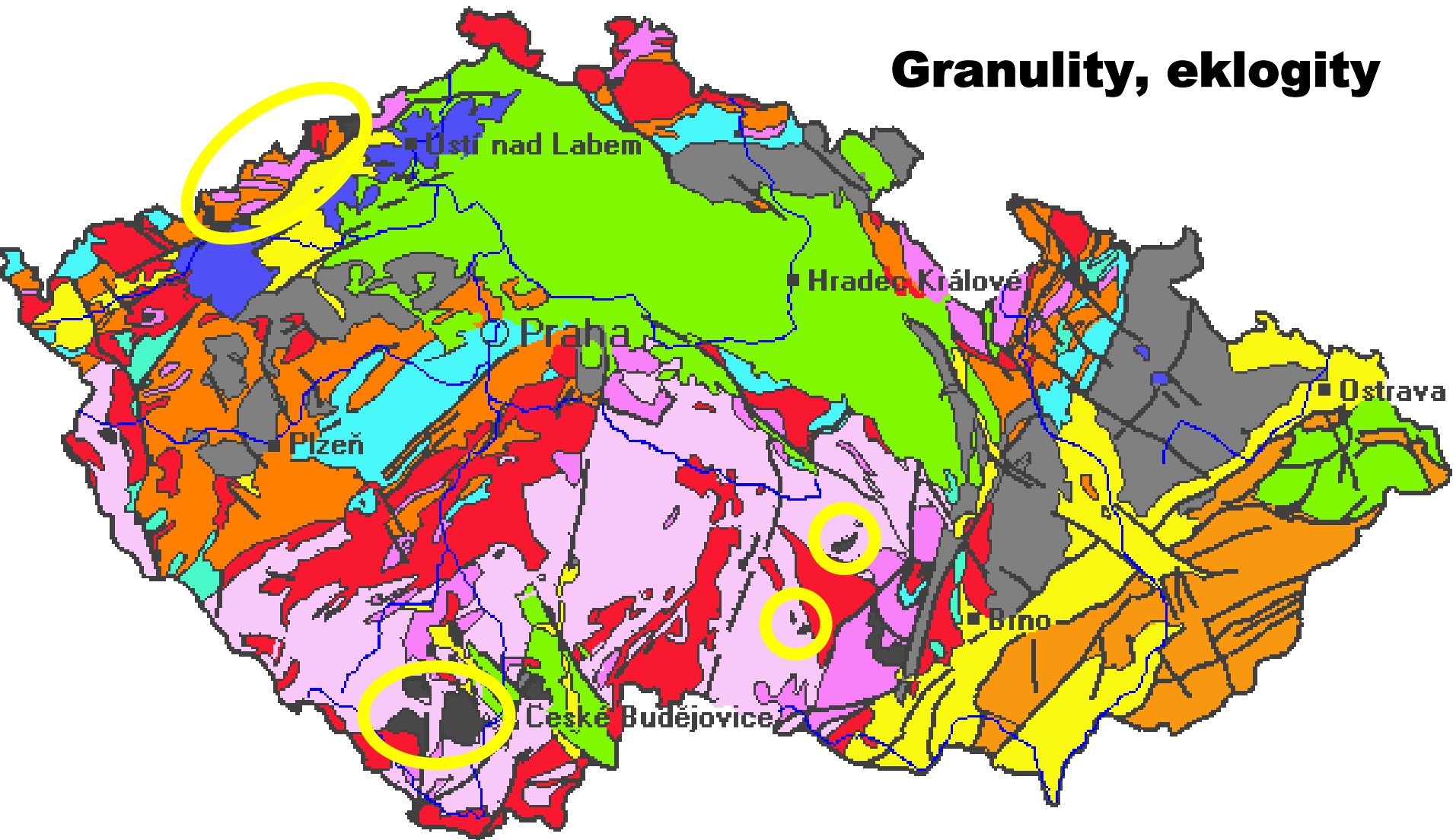
- draselný živec, oligoklas, křemen, granát, kyanit, (maf.  $Px+Grt+Pl+Kfs$ ) často retrográdní: Bt, Sil.
- saxothuringikum (údolí Ohře), moldanubikum (Blanský les, tělesa: prachatické, náměšťské, borské)

## 2) Eklogity

- saxothuringikum, kutnohorské krystalinikum, moldanubikum (Rouchovany, Bechyně).

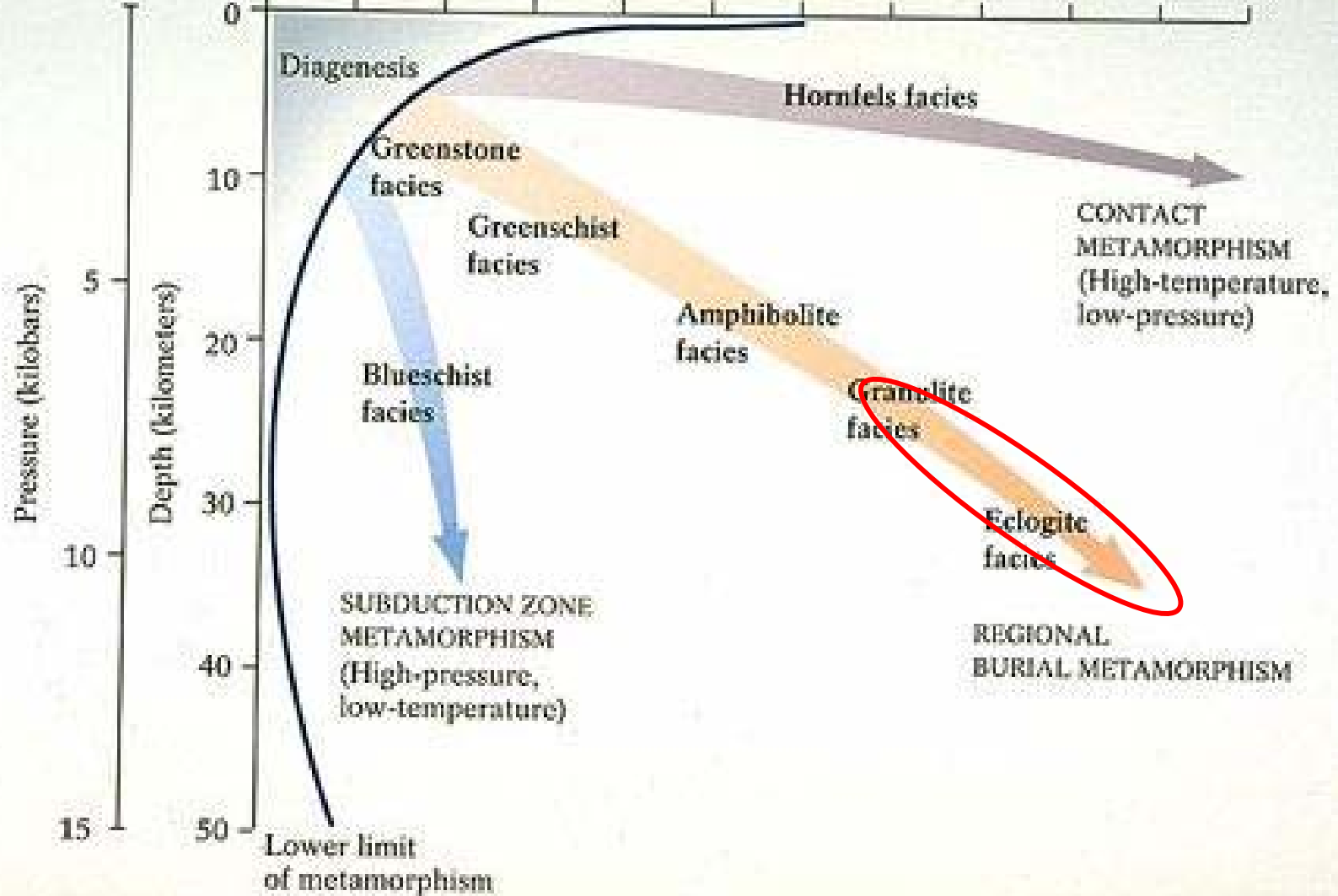


# Granulity, eklogity



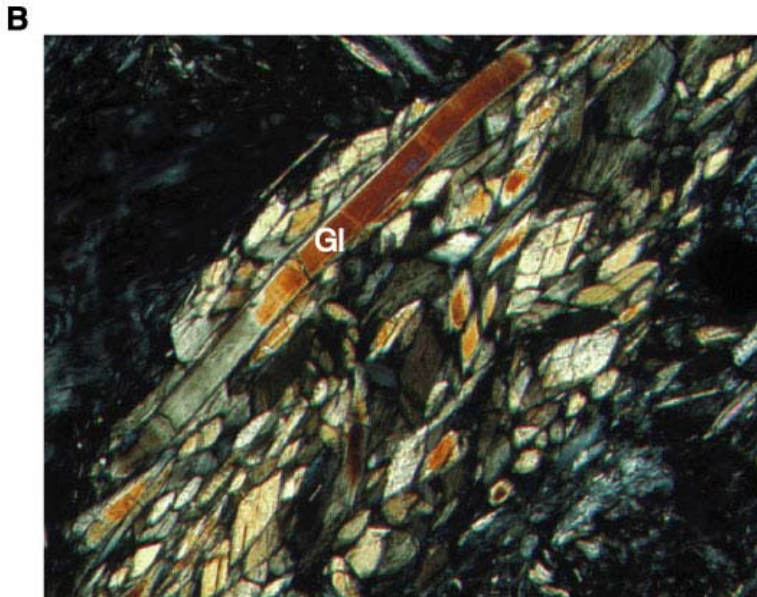
Temperature (°C)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100





0.25 mm



0.25 mm

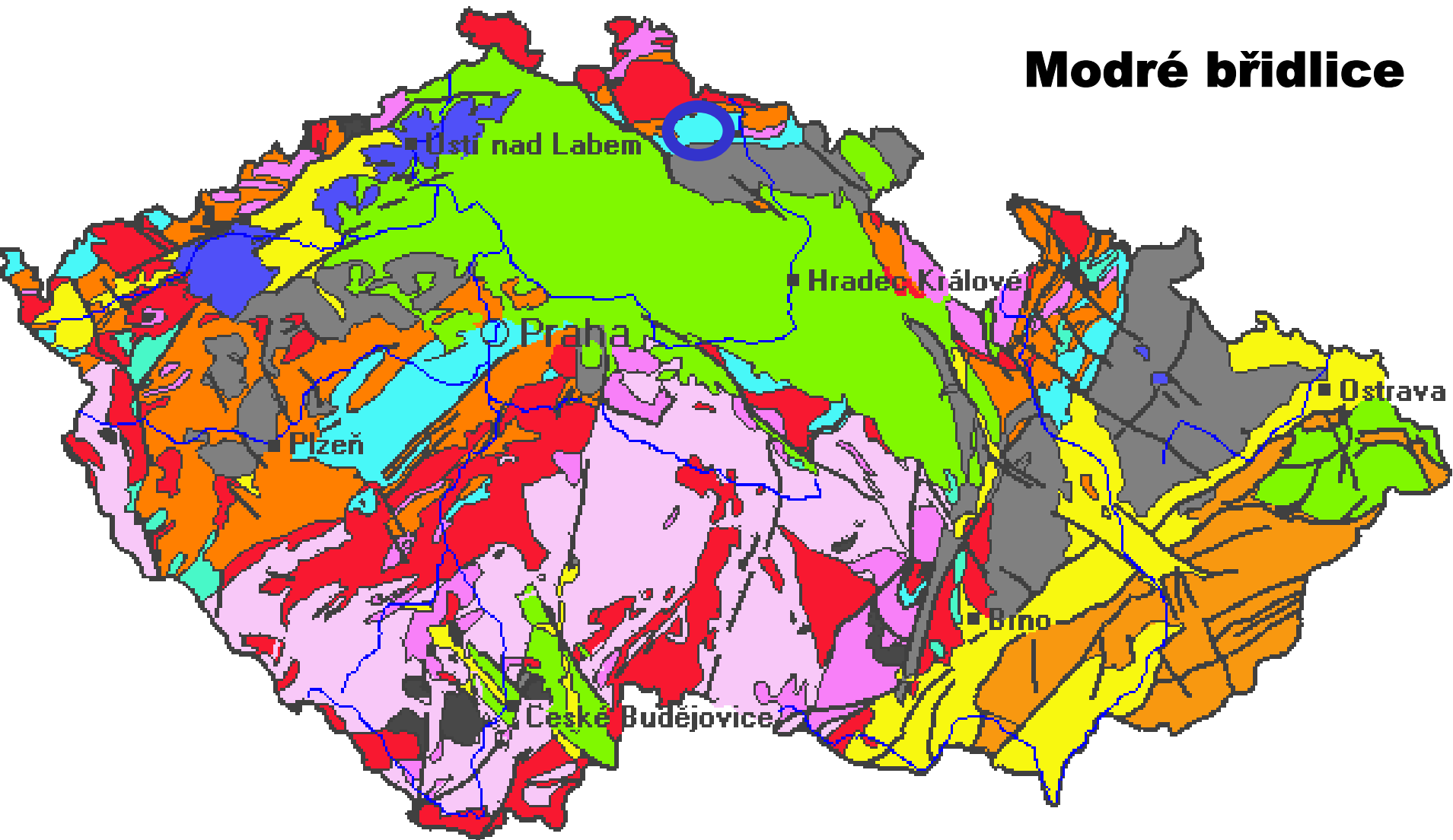
## • **Metamorfóza HP/LT**

### **Modré břidlice**

- indikátor vysokotlaké met.
- Krkonoše - železnobrodské krystalinikum
- vystupují společně se zelenými břidlicemi a chloriticko-sericitickými fylity (někdy s chloritoidem)



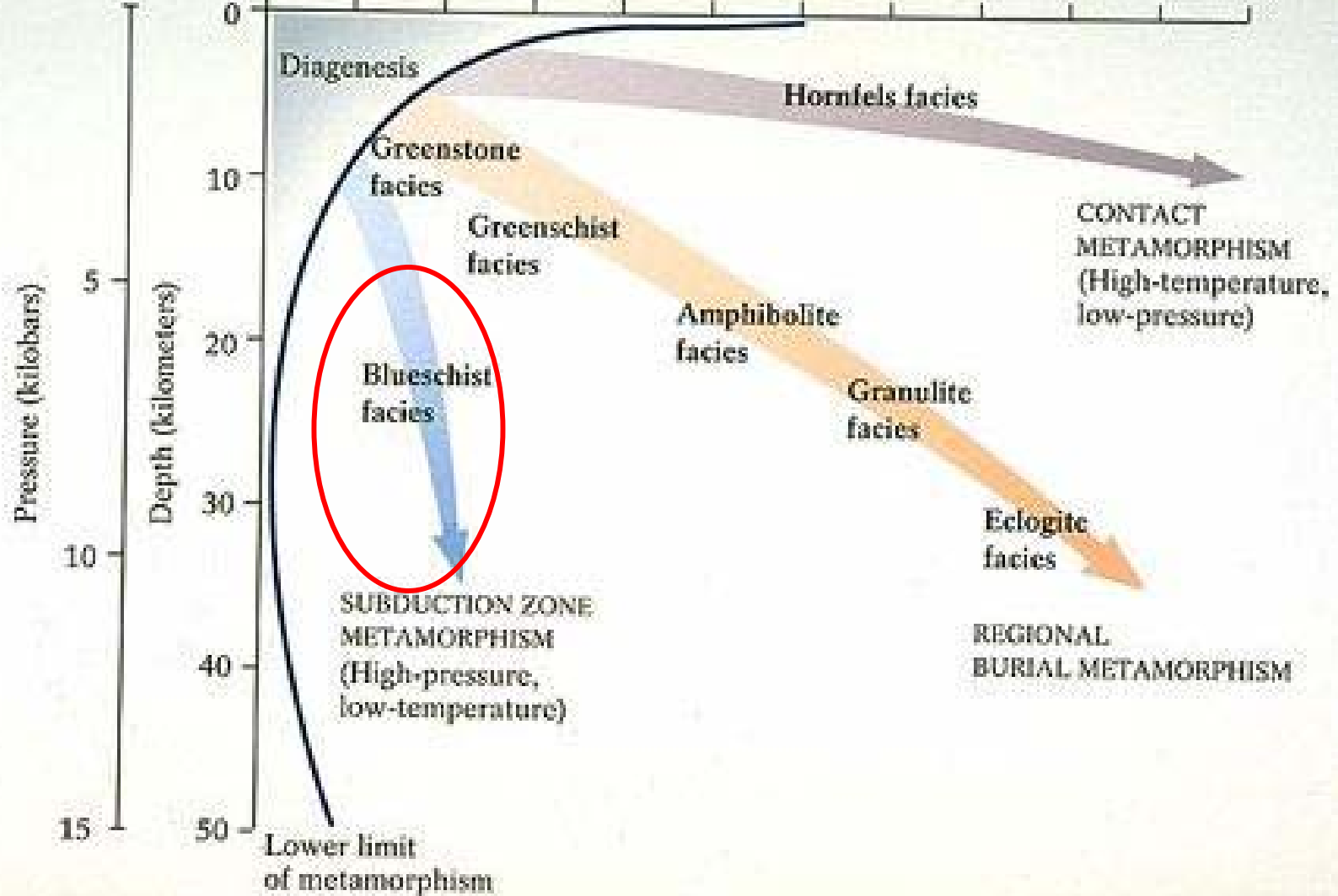
# Modré břidlice



- |   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  Neogene      |  Upper Paleozoic   |  Granitoide  |  Granulite               |
|  Paleogene    |  Lower Paleozoic   |  Orthogneiss |  Moldanubicum            |
|  Neovolcanics |  Upper Proterozoic |  Basic Rock  |  Dislocation, Overthrust |
|  Mesozoic     |   |  |   |

Temperature (°C)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100



# Ostatní horniny

## 1) Serpentinity

- kutnohorské krystalinikum (Bečváry), moldanubikum (Mohelno, Křemže, Dolní Bory, Klet'), brněnský masiv (Modřice), letovické krystalinikum

## 2) Mramory

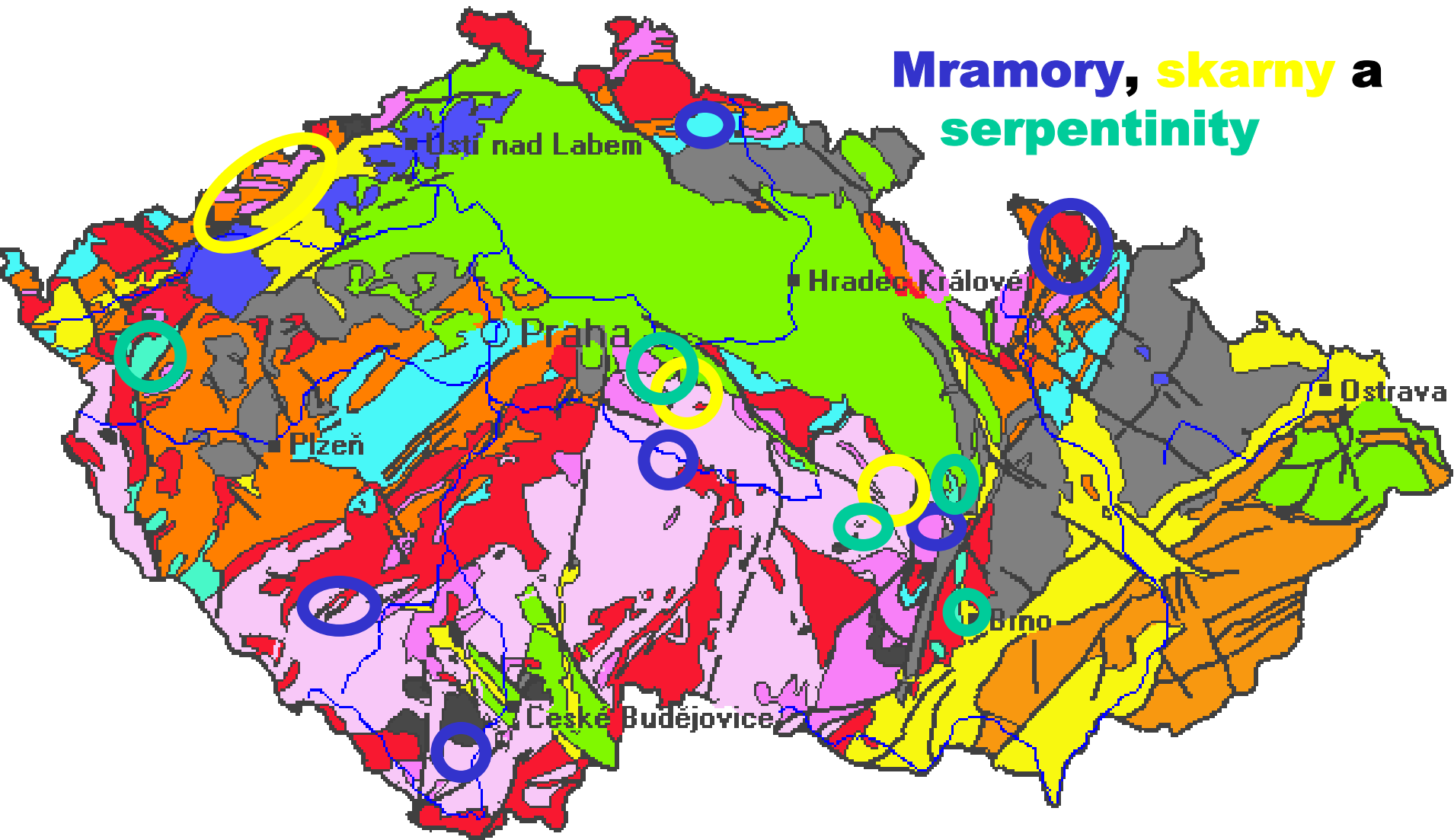
- moldanubikum (Sušicko, Českokrumlovsko Moravské Budějovice), moravikum (Olešnice), silezikum (Vápená, Supíkovice), Svratecké krystalinikum (Nedvědice)

## 3) Skarny

- svratecké krystalinikum (Líšná), moldanubikum (Budeč, Vlastějovice u Ledče nad Sázavou)



# Mramory, skarny a serpentinity



# Literatura

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