

# Metamorfni petrologie II

## **3. Anatexe a metamorfóza křemen-živcových hornin**

- *1. Anatexe (natavení)*
- *2. Dehydratační tavení (fluid-absent melting)*
- *3. Migmatity*
- *4. Křemenoživcové horniny*

# *1. Anatexe (natavení)*

- proces na rozhraní magmatických a metamorfních procesů
- reakce produkující novou fází – taveninu
- začátek tavení, množství a složení taveniny závisí na:
  - a) složení protolitu
  - b) P, T podmínkách
  - c) obsahu a složení fluid (water-saturated vs. fluid-absent)
- k natavení dochází (roztavení) hornin různých typů (magmatických, metamorfovaných) v různých úrovních zemské kůry i v plášti
- migmatity – nedojde ke segregaci taveniny, magmatity – tavenina oddělena od protolitu
- dochází k zásadní redistribuci chemických prvků, hlavních i stopových, a tak k diferenciaci v zemské kůře.

## 2) Dehydratační tavení (dehydration či fluid-absent melting)

- přítomnost, množství a složení fluidní fáze (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, F, B aj.) ovlivňuje množství a složení taveniny a také PT podmínky tavení
- nejnižší T tavení – vodou nasycený granit (625°C/5 kbar)
- dehydratační tavení obecného amfibolu u mafických hornin začíná při T cca 825°-850°C
- v běžných horninách (T ~ amfibolitová facie) množství volné vody v hornině nízké - tavení až za T kdy se rozpadá nějaký vodnatý minerál (slídy, amfiboly) = dehydratační tavení

## Metapelity

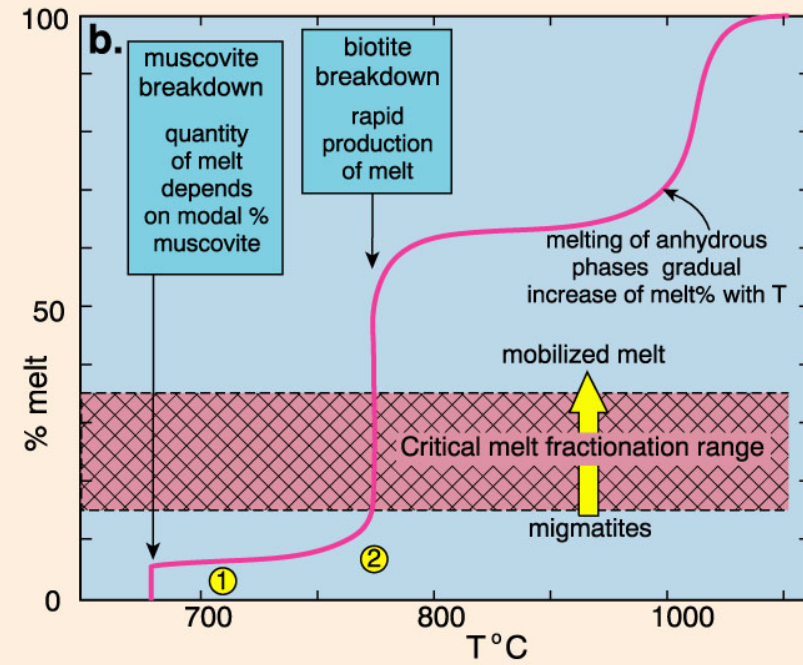
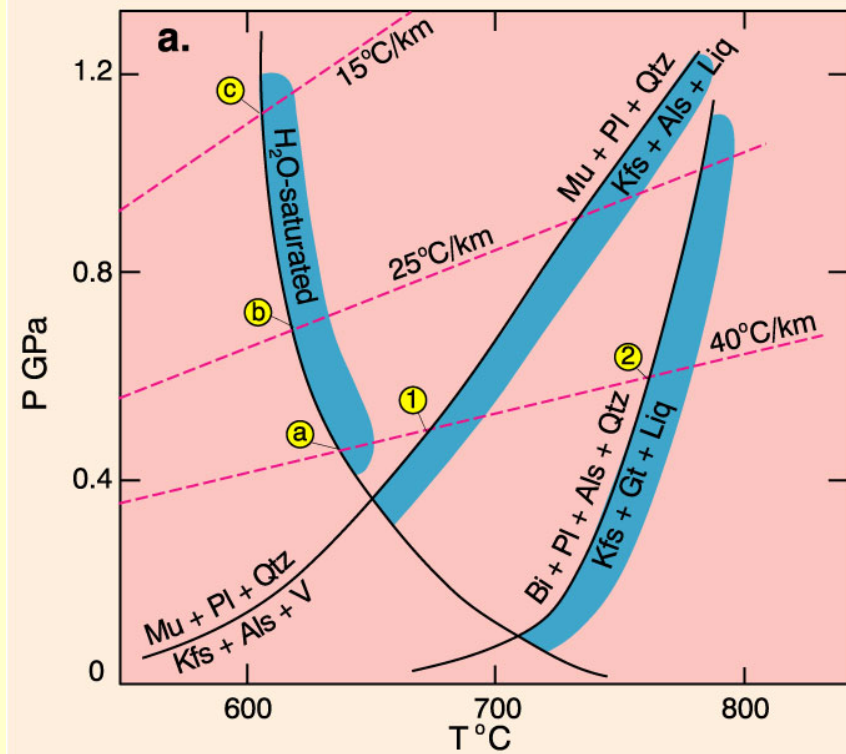
### A) tavení hornin s muskovitem (+křemen)

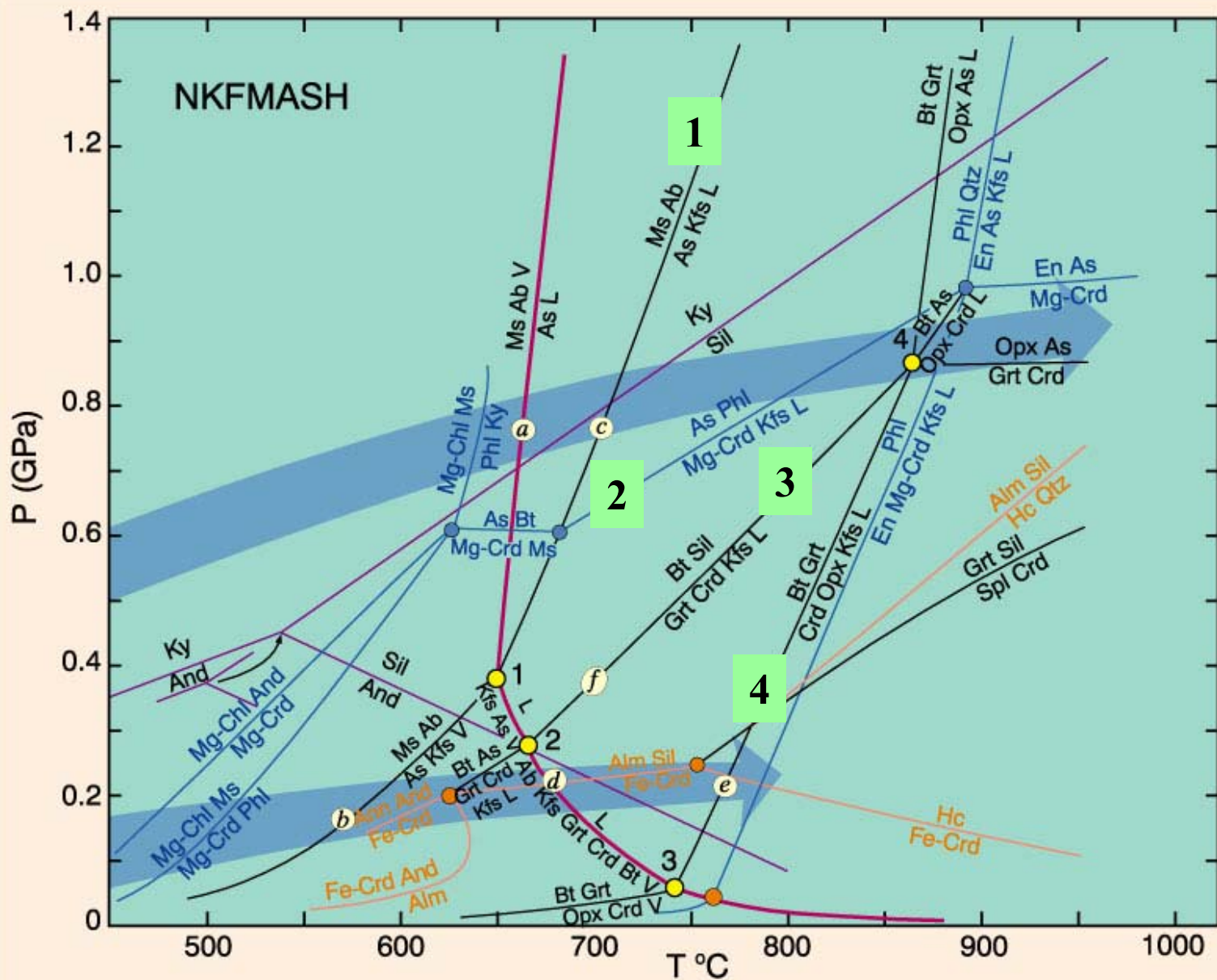
- muskovitické ruly a popř. svory, křemen-živcové horniny
- probíhá za T cca 650°C ( $P \geq 4$  kbar)
- při dehydratačním tavení Ms produkován s taveninou granitoidního složení Kfs + Al-silikát
- Horniny s muskovitem se taví za nízkých teplot, ale produkují jen malé množství taveniny.

### B) tavení hornin s biotitem (+křemen+plagioklas)

- různé typy biotitických rul a metadrob
- probíhá od T cca 800°C ( $P \geq 5$  kbar)
- při dehydratačním tavení muskovitu produkován s taveninou Kfs + Opx, za vyšších tlaků Grt
- Dehydratační tavení biotitu je velmi efektivní pro vznik taveniny především pro velké rozšíření biotitu v horninách zemské kůry. Začátek tavení, množství taveniny a její složení jsou závislé na složení protolitu (např. obsah Na<sub>2</sub>O, CaO, poměr Fe/Mg). Horniny s biotitem se taví za vyšší teploty než horniny s muskovitem, a může být produkováno i více než 50% taveniny.

- *Dehydratační tavení muskovitu*
- KASH: muskovit + plagioklas + křemen = K-živec +  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  + tav. (1)
- *Dehydratační tavení biotitu*
- KFMASH: biotit + plagioklas + sillimanit + křemen = granát + K-živec + tav. (2)
- KMASH: flogopit + sillimanit = Mg-cordierit + K-živec + tav. (3)
- KFMASH: biotit = ortopyroxen + K-živec + tav. (4)
- KFMASH: biotit + granát = ortopyroxen + K-živec + cordierit + tav. (5)



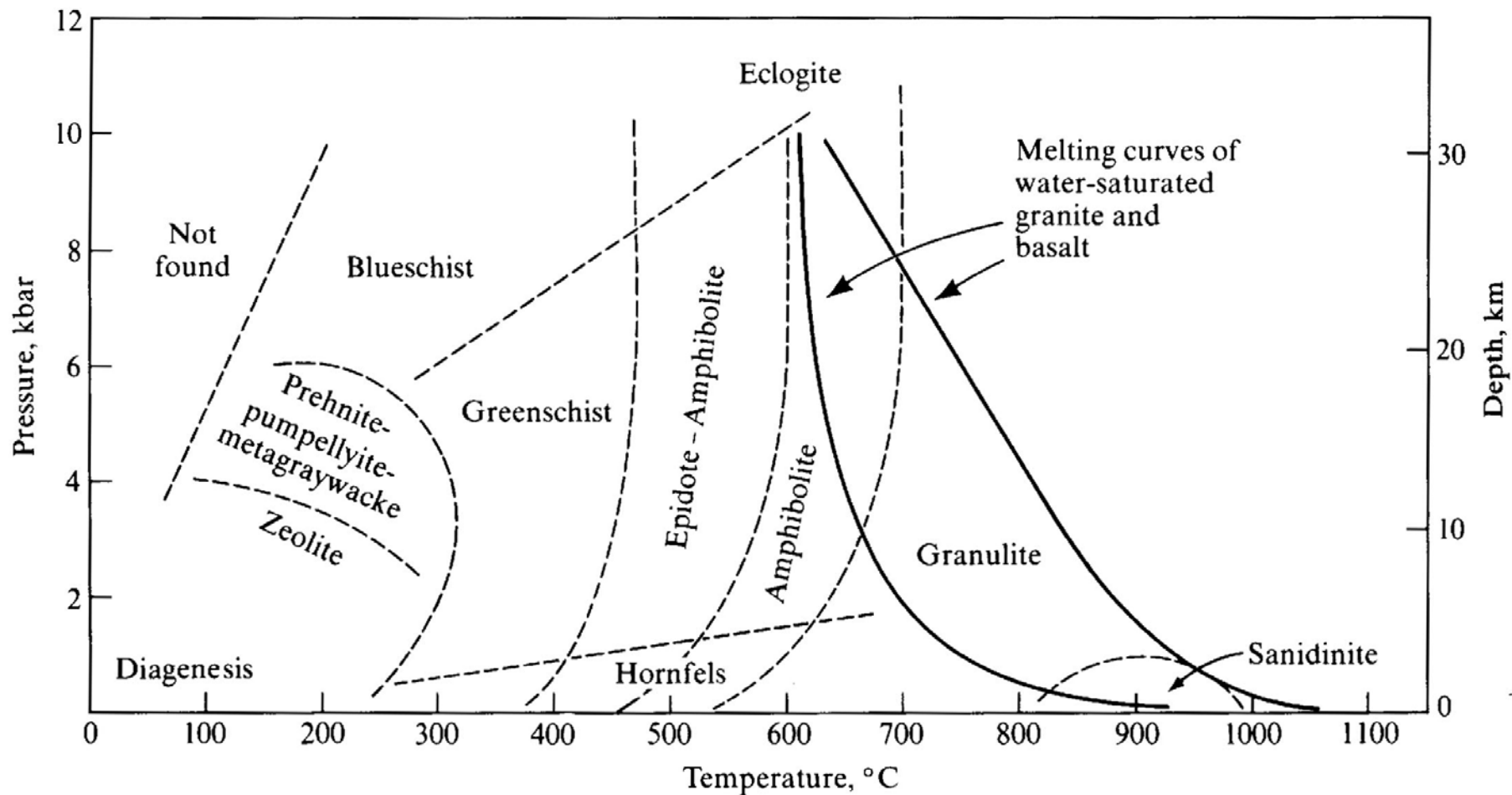


PT mřížka pro horniny vzniklé za vysokých teplot ukazuje vybrané dehydratační reakce a reakce produkující taveninu v systému  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  (NKFMASH), KFMASH (oranžové) a KMASH (modré).  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  trojný bod je  $550^\circ\text{C}$  a  $0.45$  GPa Pattison (1992). V =  $\text{H}_2\text{O}$  fluidní fáze (Spear *et al.* 1999).

## Mafické horniny

- tavení hornin s amfibolem (+křemen+plagioklas)
- amfibolity, různé typy metabazitů
- rozpad (dehydratační tavení) obecného amfibolu začíná při T cca 825°-850°C (vliv složení Hb a Pl)
- spolu s taveninou tonalitového složení je produkován Cpx, Opx a akcesorie (Ilm, Spl, Ttn)
- Dehydratační tavení amfibolitů začíná za vyšších teplot než u hornin s biotitem, pod 10 kbar za teplot kolem 850 °C.





**Figure 18-1**

The metamorphic facies plotted as a function of pressure and temperature (from various sources). The hornfels facies is occasionally subdivided into pyroxene hornfels, hornblende hornfels, and albite-epidote hornfels. Hornfels facies rocks are distinguished from higher-pressure facies mainly on the basis of texture. Compare Figure 17-9 for the relationships between general types of metamorphism and facies. [The melting curves for water-saturated granites and basalts are from W. C. Luth, R. H. Jahns, and O. F. Tuttle, 1964, *Jour. Geophys. Res.*, 69, Fig. 1; and H. S. Yoder, Jr., and C. E. Tilley, 1962, *Jour. Petrology*, 3, Fig. 33.]

# Migmatity

- Migmatity jsou horniny s určitým množstvím vykrytalované taveniny - nedošlo k segregaci taveniny od restitu

důležité termíny:

- 1) leukosom: tavenina (pelity: Qtz + Pl + Kfs + slídy)
- 2) melanosom (restit): hornina ochuzená o taveninu (pelity: Grt + Bt + Sil + Pl + Qtz + Cdr).

texturní klasifikace dle podílu vyprodukované taveniny vůči netavenému zbytku:

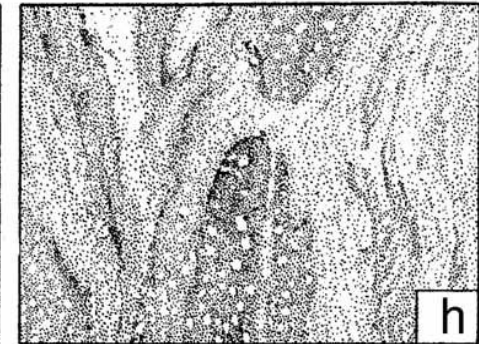
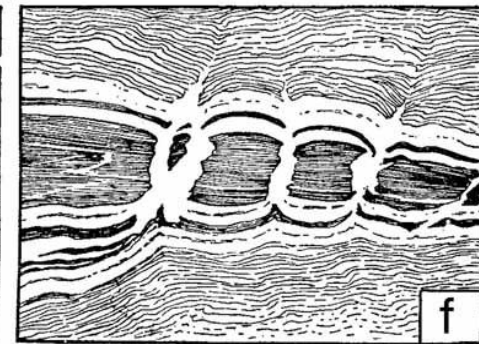
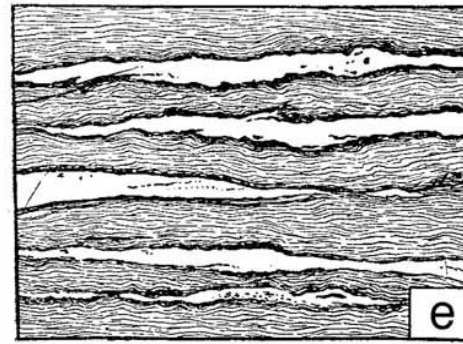
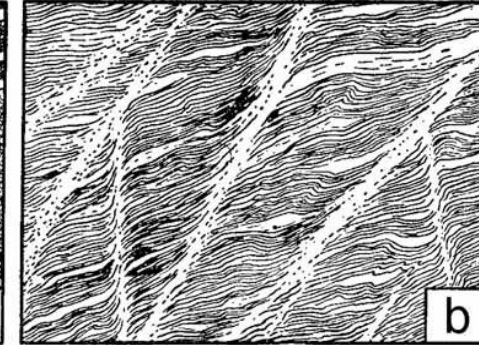
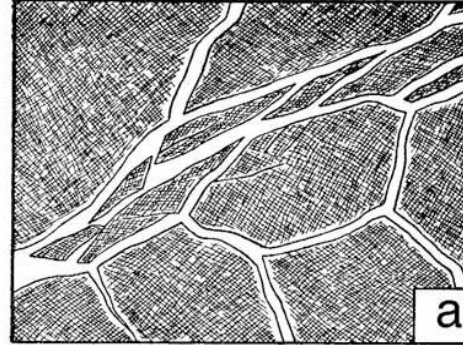
- ofalmity = bez segregace taveniny, malé množství taveniny
- stromatity = oddělení leukosomu od mesosomu a melanosomu, ca 20-40% taveniny
- agmatity = ostrohranné bloky mezi taveninou
- nebulity = uvolnění taveniny, 40-80% taveniny > RCMP
- Existují také migmatity injekční, tj. tavenina nebyla vytavena z okolní horniny ale přinesena z okolí a intrudovala podle reologicky oslabených zón do protolitu. Rozlišení obou typů může být velmi komplikované

# Texturní typy migmatitů

- a.** Agmatit (Breccia structure): ostrohrannné úlomky melanosomu tmelené leukosomem .
  - b.** Diktyonity (Net-like structure): leukosom tvoří rozvětvenou síť žilek .
  - c.** Agmatit s převahou leukosomu (Raft-like structure).
  - d.** Migmatit s ptygmatickými žilkami - žilky silně zprohýbané.
  - e.** Stomatit (Stromatic structure) střídají se pásy leukosomu a melanosomu a pásy probíhají více méně rovně.
  - f.** Dilation structure.
  - g.** Stomatit s převahou leukosomu (Schleiren structure).
  - h.** Nebulitický migmatit (Nebulitic structure): melanosom tvoří rozplývavé skvrny v leukosomu.
- Upraveno podle knihy: Mehnert (1968) Migmatites and the Origin of Granitic Rocks. Elsevier.*

Často se ještě vyčleňují oftalmity (perlové ruly) charakterizované čočkovitými agragáty leukosomu nebo porfyroblasty živců.

Pozn. Migmatity patří mezi chorizmity: chorizmit (Huber, 1942): negenetický název pro smíšené horniny (můžeme odlišit dvě nebo více složek).



Jestliže dojde k oddělení taveniny od mohou vznikat horniny označované jako restity.

T61

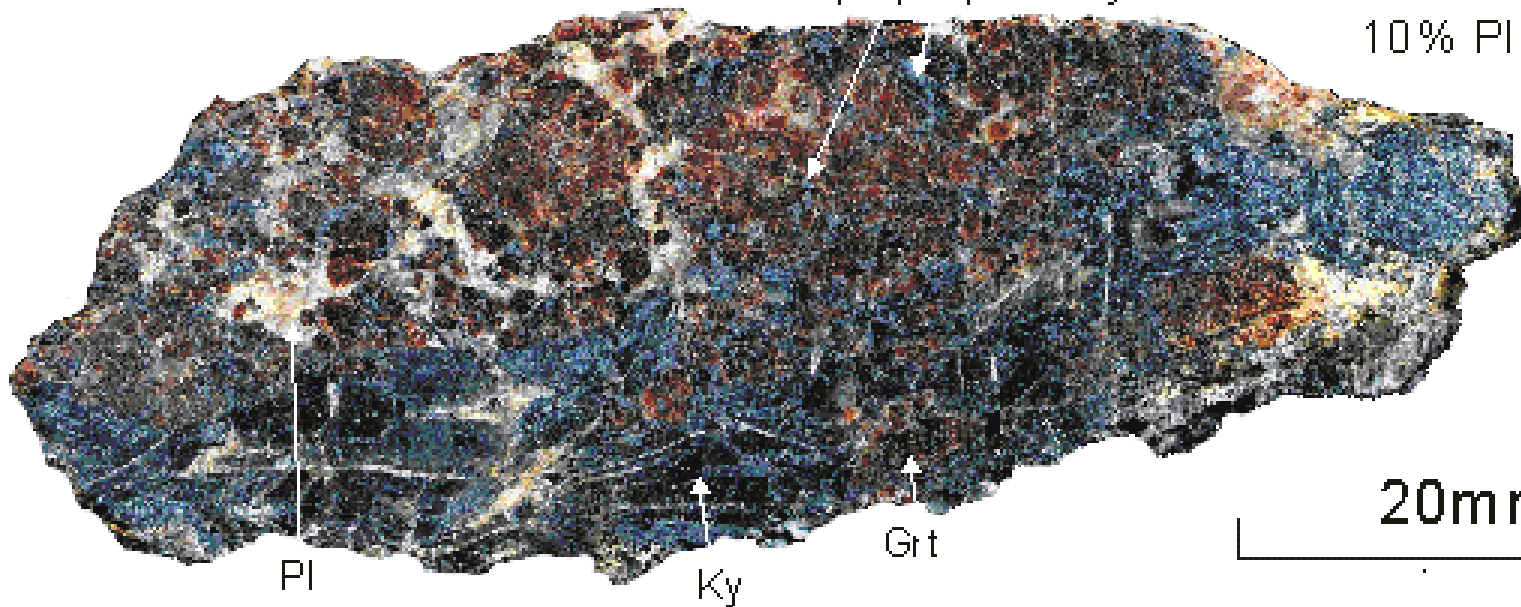
Restite South Greaval

70% Ky

20% Grt

10% Pl (Qtz & Ilm)

Opaque probably Ilm



20mm

# Křemenoživcové horniny

- systém:  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-Na}_2\text{O-CaO-H}_2\text{O}$  (KASH, KNASH, KCNASH)
- metamorfované a deformované granitoidy  $\Rightarrow$  ortoruly  $\Rightarrow$  kyselé granulity
- **1) ortoruly**
- minerální asociace: křemen-draselný živec-plagioklas-biotit-muskovit $\pm$ granát
- akcesorie: apatit, zirkon
- **2) kyselé granulity(granulitová facie)**
- minerální asociace: granát - alumosilikát (Sil/Ky) - draselný živec - křemen - plagioklas
- draselný živec je pertitický (odmíšeniny Pl v Kfs)  $\Rightarrow$  ternární živec (vysokoteplotní)
- podřízené – muskovit, biotit (větš. sekundární)  $\Rightarrow$  s rostoucím množstvím biotitu – granulitová rula
- akcesorie: zirkon, monazit, rutil, ilmenit
- textura: všesměrná, páskovaná
- struktura: porfyroblasty granátu popř. kyanitu, granoblastická někdy deformovaná základní hmota (diskovité křemeny, jemnozrnná rekrystalovaná základní hmota)
- reakce: biotitizace granátu (přínos vody, klesá teplota)
- pseudomorfózy sillimanitu po kyanitu (pokles tlaku)
- lemy spinelu (hercynitu) kolem kyanitu
- sericitizace živců (přínos vody, pokles teploty)



Převážně se mění  
stavba horniny a  
minerální asociace  
zůstává zachována



Mění se stavba a  
minerální asociace  
horniny



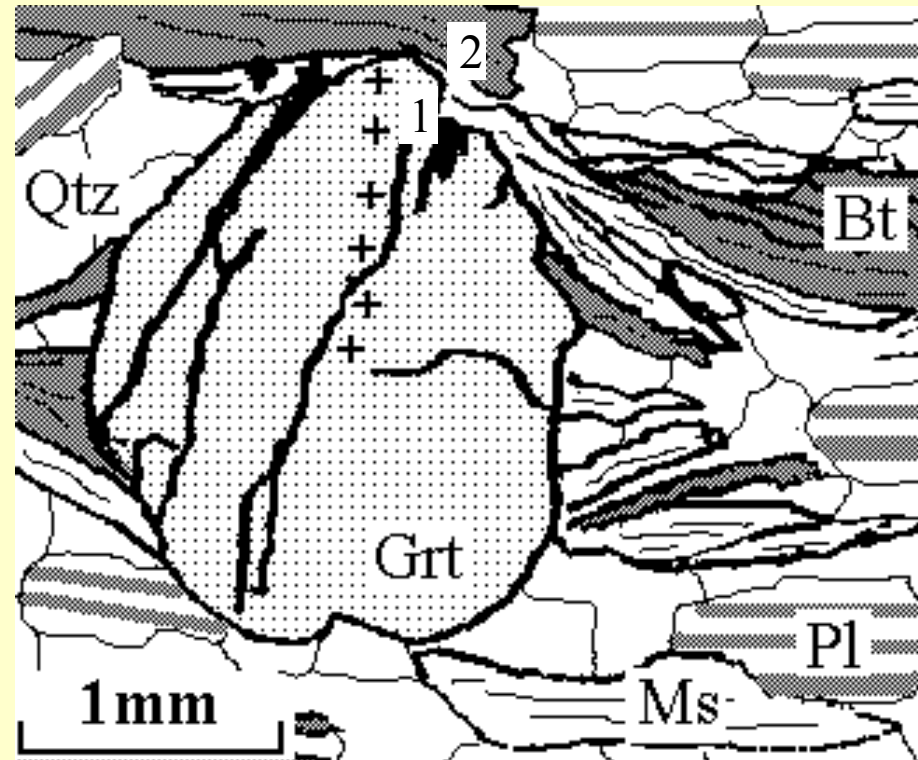
# METAMORFNÍ PETROLOGIE CV. I.

Rula má složení Qtz + Pl + Bi + Ms + Sill + Grt (viz. obrázek).

Vypočtěte krystalochemické vzorec těchto minerálů z uvedeného vzorku :

Hmot%	1) Granát	2) Biotit	3) Plag.
Na <sub>2</sub> O	-	-	10,31
MgO	2,33	8,31	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,6	19,03	23,62
SiO <sub>2</sub>	35,99	35,27	63,20
K <sub>2</sub> O	-	10,13	0,22
TiO <sub>2</sub>	-	3,00	-
CaO	0,55	-	3,27
MnO	10,81	0,33	-
FeO	29,46	19,47	-
Sum.	99,74	95,54	100,62

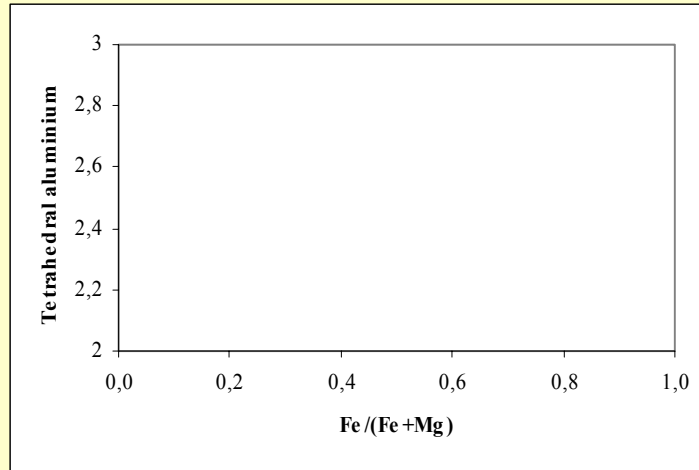
Tabulka chemických analýz z elektronové mikrosondy uvedené v hmotnostních procentech oxidů.



# METAMORFÓZA CV. II.

Vyneste chemizmus minerálů vypočítaný ve cv. I do klasifikačních diagramů:

**Biotit** (diagram je definován pro 22 kyslíku ve vzorcové jednotce)



**Granát** vyneste do trojúhelníku v jehož vrcholech budou komponenty, které v granátu převažují.

**Plagioklas** vyneste do trojúhelníku Or-An-Ab

