

# **Minerogenetické( = nerostotvorné) procesy**

Procesy vedoucí ke vzniku minerálů můžeme rozdělit do 2 skupin:

- **Endogenní (hypogenní) nerostotvorné procesy**

Jsou spjaty s vnitřními geologickými silami.

Probíhají hlavně ve svrchním zemském plášti a hlubších částech zemské kůry

Do této skupiny patří především **magmatické, metamorfní a hydrotermální procesy**

- **Exogenní (hypergenní, supergenní) nerostotvorné procesy**

Jsou vyvolávány vnějšími geologickými silami a dochází k nim v přípovrchových částech zemské kůry, v kontaktu s hydrosférou, atmosférou, případně i biosférou.

Patří sem **procesy zvětrávání hornin a minerálů, transportu a sedimentace.**

# Magmatické procesy

- Vedou ke vzniku magmatických hornin

**Magmatický proces zahrnuje vznik magmatu natavením nebo roztavením pevných hornin, jeho výstup do svrchních částí zemské kůry (případně až na zemský povrch), jeho diferenciaci a krystalizaci.**

**Magma je přírodní, zpravidla silikátová tavenina**

**Hlavními složkami magmatu jsou  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  a  $\text{K}_2\text{O}$ , rozpuštěná voda  
Uvedené složky jsou základem většiny minerálů magmatických hornin  
(příklady)**

Existují i magmata zcela odlišného chemického složení (karbonátové, sulfidické taveniny).

**V určitém množství je v magmatu přítomna plynná fáze :**

**$\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_3$  a  $\text{N}_2$  (tyto látky jsou zčásti absorbovány v kapalně fázi, zčásti jsou v ní chemicky vázány)**

**Magma může obsahovat do 10 % pevné fáze :**

- minerály z počátečních stadií krystalizace magmatu
- reliktů (zbytků) původních hornin, jejichž roztavením magma vzniklo

**Asimilace – proces, při němž magma pohlcuje okolní horniny a rozpouští je v sobě**

*Př. Co se stane při pohlcení karbonátových hornin?*

## **Procesy diferenciace magmatu:**

- **frakční krystalizace**
- **gravitační**
- **filtrační**
- **var magmatu (oddělení plynné fáze)**

## **Základní typy magmat (dle četnosti na povrchu zemské kůry):**

- **kyselé magma (granitové)**  
obsah SiO<sub>2</sub> 65-75 i více %  
hlavní minerály: K-živce, plagioklasy, křemen, slídy
- **bazické (bazaltové magma)**  
obsah SiO<sub>2</sub> 45-55 %  
hlavní minerály: plagioklasy, pyroxeny
- **magma intermediárního složení (andezitové magma)**  
obsah SiO<sub>2</sub> 55-65 %  
hlavní minerály: plagioklasy, pyroxeny, amfiboly, slídy
- **ultrabazické magma (peridotity)**  
obsah SiO<sub>2</sub> 35-45 %  
hlavní minerály: olivín,, pyroxeny

## **Likvace**

- **rozdělení původně homogenní taveniny na dvě vzájemně nemísitelné taveniny (silikátovou a sulfidickou), při teplotě cca 1500 °C**

Sulfidická tavenina díky vysoké hustotě klesá k bázi magmatického tělesa, poté při ochlazování krystalizují horninotvorné minerály a formují se horniny.

**Sulfidická tavenina tuhne až při nižší teplotě – ložní tělesa, pásy, kumulace.**

**Pyrotin, chalkopyrit, pentlandit.**

Může pod tlakem také vystupovat po tektonice do již utuhlých matečných hornin.

Příklady:

Sudbury - Kanada

Staré Ransko

## **Krystalizace magmatu**

- **počáteční krystalizace (akcesorické minerály) – zirkon, apatit, pyrop, almandin-spessartin, spinelidy, ilmenit, .....**

Ranně krystalující minerály s větší hustotou, krystalující z ultrabazických (peridotity) nebo bazických (gabra) magmat, se hromadí ve spodních partiích magmatického tělesa jako „kumuláty“.

**Hovoříme o gravitační krystalizační diferenciaci.**

- *chromit –chromspinelidy*
- *ilmenit (titanomagnetit)*
- *platinoidy (Pt + příměsi Ir, Os, Ru, Rh, Fe, Pd)*

Chromit a platinoidy jsou převážně koncentrovány v dunitech a peridotitech, mnohdy serpentinizovaných.

Chromit se zde nachází v páscích, šlírách a hrudkách, při menších koncentracích v jednotlivých zrnech.

***Př. Bushveldský komplex, Jižní Afrika***

- hlavní krystalizace (Bowenovo reakční schema – idealizace) – obr.

**Plagioklasy**

**Olivín**

**Pyroxeny**

**Amfiboly**

**Biotit**

**K-živec**

**Muskovit**

**Křemen**

**Produkty – horniny – viz. petrologické poznatky**

**Recentní poznatky o krystalizaci magmatu**

## Vznik minerálů ze sopečných exhalací (postvulkanogenní mineralizace)

### - exhalační ložiska -

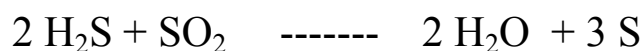
*fumaroly (100-800 °C)*

*solfatary (100-200 °C)*

Hlavní složky sopečných plynů: H<sub>2</sub>O (pára), HCl, NH<sub>4</sub>Cl, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>

Sopečné sublimáty (fumarolové nebo solfatarové) vznikají mimo sublimace:  
- chemickými reakcemi mezi plynnými složkami exhalátů při jejich ochlazení  
- chemickými reakcemi mezi složkami exhalátů a atmosferickým kyslíkem

*př: vznik ložiskových akumulací síry:*



Typické sublimáty: *salmiak (NH<sub>4</sub>Cl)*, *sassolin (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)*, *halit*, *sylvín*, *thenardit (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)*

- lokálně: hematit, magnetit, pyrit, realgar, auripigment, antimonit, cinnabarit

Minerály vznikající přeměnou vulkanických hornin interakcí s exhalacemi:  
sírany - *alunit*  $\text{KAl}_3/\text{SO}_4/2/\text{OH}/_6$ , *sádrovec*

Podobný charakter mají druhotné „mineralizace“ na hořících haldách uhelných dolů

# Hydrotermální procesy

- dochází ke krystalizaci minerálů z hydrotermálních roztoků

V podmínkách zemské kůry mají hydrotermální roztoky charakter vodných roztoků o teplotě cca 50 – 700 °C.

## Teplotní dělení:

- vysokoteplotní (katatermální) roztoky : 700 – 300 °C
  - středně teplotní (mezotermální) roztoky: 300 – 200 °C
  - nízkoteplotní (epitermální) roztoky: 200 – 50 °C
- /teletermální roztoky/  
alpské parageneze 350 - 50

pozn. ve starší literatuře se setkáváme s termínem *pneumatolytické roztoky*.

**Jde o vysokoteplotní roztoky, jejichž teplota je vyšší než kritická teplota čisté vody – t.j. 374 °C za tlaku 22 Mpa.**

- **kritická teplota hydrotermálních roztoků je vyšší v závislosti na obsahu rozpuštěných látek**  
**(např. 20% rozpuštěných solí .....kritický bod 600 °C)**

## Původ vody hydrotermálních roztoků:

- magmatogenní
- diagenetický
- metamorfní
- povrchový (meteorické, - vadózní vody), nasávání mořské vody v oblasti riftů a jejich ohřev, mineralizace

## Zdroje mineralizace

- **podobně jako zdroje vody roztoků**

## Formy transportu látek

*- největší význam má transport nerostných látek v podobě lehce rozpustných sloučenin, disociovaných na jednoduché ionty **nebo** **polymerní molekuly***

Informace o látkovém složení hydrotermálních roztoků dostáváme:

- ***výzkumem plynokapalných uzavřenin v hydrotermálních minerálech***
- ***studiem nerostných paragenezí hydrotermálního původu***
- ***izotopický výzkum O, C, S***



- přímo lze zkoumat hydrotermální roztoky v oblastech s doznívající sopečnou aktivitou (roztoky výrazně ovlivněny meteorickou vodou)

Složení hydrotermálních roztoků je velmi variabilní, zpravidla obsahují 2 – 16 hm.% rozpuštěných solí,

- maximálně kolem 40 %

**Kationty: Na, K, Ca, Mg, Ba**

**Anionty: Cl, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, F**

**Pro transport chalkofilních prvků (Pb, Zn, Ag, Cu,.....) mají velký význam ionty HS<sup>-</sup> a S<sup>2-</sup>.**

Schematická řada vylučování sulfidů jednotlivých kovů s klesající teplotou hydrotermálního roztoku:

**Bi - As - Au, Cu, U - Zn - Pb, Ag - Sb - As - Hg**

**Hydrotermální ložiska sulfidických rud tvoří jednak:**

- **rudní žíly** (vyplňování puklin nebo trhlin v horninách)
- **metasomatická ložiska** (zatlačení původního nerostu a nahrazení jiným nerostem)
- **ložiska impregnační** (sulfidy a doprovodné minerály se vylučují většinou v porézních horninách)

## **Formace sulfidických ložisek lze rozlišit podle charakteristických minerálů a dle klesající teploty vzniku:**

### **1. Zlatá a zlato-stříbrná formace**

Hlavním nerostem křemen, tvořící hlušinu žil.

Z rudních minerálů pyrit, arzenopyrit, chalkopyrit, vzácněji antimonit. Sulfidy jsou nositeli malých obsahů zlata.

Zlato bývá také v ryzí formě v křemenu.

### **2. Ag-Co-Ni-Bi-U formace**

Je zde několik typů, v nichž převládá některý z jmenovaných prvků (Jáchymov).

- typ stříbrných rud: argentit, proustit a pyrargyrit, sternbergit, stefanit, též ryzí stříbro (Kongsberg). V menším množství ryzí As, Sb, dále chloantit, smaltin, nikelin, löllingit.

Hlušinou žil bývá kalcit, dolomit (s pigmentem hematitu), křemen, fluorit, baryt.

- typ s převládajícími arzenidy Co a Ni: smaltin, arzenopyrit, Bi

- typ s uranem a Bi: vedle arzeniků sloučeniny Bi (bismutin). Uraninit (smolinec). Vedlejšími minerály Hg, pyrit, chalkopyrit nebo Ag-rudy a galenit.

Hlušinou žil bývají vedle křemene kalcit, dolomit, méně baryt, vzácněji fluorit.

### **3. Pyritová a chalkopyritová formace**

Ložiska s převládajícím pyritem a celkově chudou paragenezí nerostů (podružný chalkopyrit, arzenopyrit, sfalerit, galenit).

Nerudní složkou je siderit nebo baryt, řídce kalcit

Druhým typem jsou ložiska s převládajícím chalkopyritem, často s bornitem, pyritem a tetradritem. Přecházejí do ložisek polymetalického charakteru :  
+ sfalerit a galenit.

### **4. Pb-Zn-Ag formace**

Galenit a sfalerit. Galenit je stříbrnosný a sfalerit obsahuje Cd. Vzácnější Ag-minerály.

Někdy přechod do výše temperované chalkopyrit-pyritové formace, či níže temperované antimonitové formace

Nerudní výplň žil bývá baryt, siderit a kalcit.

### **5. Sb-As-Se formace**

Převládá antimonit, provázený pyritem. Vzácněji galenit nebo sfalerit.

Ložiska arzenu pak obsahují hlavně realgar a auripigment.

V obou případech kalcit

### **6. Hg formace**

Obsahuje jako hlavní a v podstatě jediný rudní minerál rumělku.

Hlušinou komponentou je kalcit.

Teploty vzniku se blíží atmosferickým teplotám.

# Vznik nerostů z nadkritických fluid, vznik greisenů (dříve pneumatolytické pochody)

## Vysokoteplotní hydrotermální mineralizace

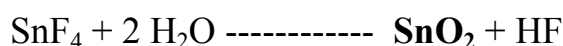
V procesu krystalizace pegmatitů (z taveniny) se vyloučí zbývající část silikátů, v minerálech se realizují vzácné plyny a prvky, převážná část manganu a fosfátů.

**Koncentrace lehkých těkavých komponent se opět zvýší. Z kovových prvků ve fluidech přetrvávají a koncentrují se těžké kovy (Pb, Zn, Cu...) a prvky, které tvoří sloučeniny především s F a Cl.**

**Teplota zůstává nad kritickým bodem vody, systém obsahuje velká množství rozpuštěného SiO<sub>2</sub>.**

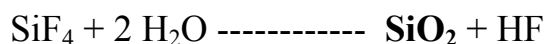
**V této etapě krystalizace se vylučují zejména prvky Sn, W a Mo.**

Sn je mobilní jako fluorid Sn a hydrolyzuje se v oblastech nižších teplot:



Vzniká kasiterit (cínovec) a uvolňuje se fluorovodík. Ten je velmi agresivní ke svému okolí, vyvolává greisenizaci žul – tvorbu topazu z původních žilců.

Podobně se vylučuje křemen:



**Následně se formují vysokoteplotní (katatermální) hydrotermální roztoky, obsahující část prvků z pegmatitové fáze (B, F, Li, Be, Mn, P).**



Takto vznikající hematit tvoří obvykle krásné drúzy krystalů (Elba).

Popsané procesy mineralizace z nadkritických fluid a vysokoteplotních hydrotermálních roztoků jsou fungující jen za vyšších tlaků, jinak dojde k úniku těkavých komponent.

### **Příklady z oblasti Krušných Hor a Slavkovského lesa**

- oblast je charakterizována mladovariskou Sn-W mineralizací (*asociace li-snw dle Bernarda*) se silnými pneumatolytickými jevy (silně alterované kyselé žuly „mladšího“ komplexu: 256 M.A.)

#### *Horní Slavkov - Krásno – Sn-W*

##### **Geologie:**

- karlovarský žulový pluton, pararuly, migmatity, ortoruly

##### **Huberův či Hubský peň (obr.), Schnödův peň, Vysoký kámen, Klinge**

- **elevace žul silně přeměněné v greisenové pně** (také topazizace, kaolinizace, sericitizace, cinvalditizace, albitizace, fluoritizace)
- **křemenné žíly: slídy, Sn-W minerály, molybdenit, chalkopyrit**
- **aplitové žíly s turmalínem**

##### **Minerály:**

- **kasiterit – 1 až 15 cm velké XX, jedny z nejkrásnějších celosvětově, převládají dvojčata**
- wolframit – štěpné tabulky v křemenných žilách
- scheelit – bílá, až 5 cm velká zrna, zaměnitelný s křemenem
- apatit – typický, zelené a fialové sloupečky až 3 cm velké
- topaz – sloupcovité XX, nejhezčí v ČR

- fluorit – zonálně zbarvené XX
- cinwaldit – jemněji lupenité agregáty než na Cínovci
- beryl
- albit
- **karfolit – nový minerál (slámově žluté jehlicovité agregáty, radiálně paprscité)**
- fosfáty: triplit
- **sulfidy: molybdenit, arzenopyrit, černý sfalerit, stanin, bismutin**
- **bismut**
- **sekundární minerály: W a Mo-okry, mnoho dalších**

*Cínovec, s. od Teplíc – na hranicích s SRN (viz mapka) – Li -Sn-W*

#### **Geologie:**

- **komplex křemenného teplického porfyru, albitické žuly klenbovité stavby**
- **mikroklinizace, albitizace, fluoritizace**
- **nepravidelná greisenová tělesa v žule**

#### **Ploché křemenné žíly s výplní:**

- **křemennou**
- **cinvalditovou**
- **topazovou**
- **K-živcovou**

#### **Minerály:**

- **křemen (XX záhněda, morion)**
- **kasiterit – 1 až 3 cm velké XX, muzejní ukázky, převládají dvojčata**
- **wolframit – hlavní rudní nerost na ložisku, XX až 10 cm velké, unikátní z celosvětového hlediska, v rovnováze ferberit: hübnerit**
- **scheelit – žlutohnědé XX až 1 cm velké**
- **apatit – vzácný, sloupcovitý**
- **topaz – sloupcovité XX – pyknit, zrnité agregáty**
- **fluorit – fialové nebo bezbarvé XX v dutinách žil**

- **cinvaldit** – popsán jako nový minerál, až několik cm velké pseudohexagonální tabulky
- **sekundární minerály**: W a Mo-okry, mnoho dalších



# Recentní submarinní hydrotermální procesy

## Vznik submarinní hydrotermální mineralizace je podmíněn:

- *výměnou tepelné energie a látek mezi litosférou a hydrosférou*

## Dochází k tomu :

- především podél globálního systému divergentních deskových rozhraní ( tj. na riftových zónách )
- na ostrovních obloucích
- v zaobloukových pánvích
- v areálech vnitrodeskového vulkanismu

Vznikají často sulfidické akumulace, které můžeme považovat za recentní analogy ložisek „Kuroko“, „Besshi“ a kyperského typu

## Podloží recentních hydrotermálně sedimentárních sulfidických akumulací a jeho hydrotermální alterace

- uložení na vulkanitech, případně vulkanoklastických horninách

Na středoceanických hřbetech jde o bazalty typu MORB (= mid-ocean ridge basalts), lokálně i andezity

- v zaobloukových pánvích kromě basaltů též ryolity, autobrekciované lávy a vulkanoklastické horniny, složením odpovídající uvedeným vulkanitům

## Vznik sulfidických rud, jejich nerostné složení a morfologie rudních těles

- vznik z hydrotermálních roztoků, vyvěrajících na mořské dno

Typickým produktem hydrotermální aktivity v obou geotektonických pozicích jsou komínovitá tělesa s.l. (komíny = „smokers“) a hydrotermální kupy („hydrothermal mounds“)

**Morfologie komínů je variabilní. Např. v hydrotermálním poli EPR:**

- štíhlé komíny s téměř kruhovým průřezem a úzkým centrálním kanálem /několik cm/, o výšce 1-2 m, výjimečně i přes 5 m
- mocnost stěny při bázi komínu závisí na jeho stáří /mm až dm/

*V případě aktivních komínů z nich rychle vystupují hydrotermální fluida obvykle zbarvená černě nebo bíle (v závislosti na přítomnosti a povaze suspendovaných částic)*

- „black smokers“                      teploty 330-380 °C
- „white smokers“                      20-300 °C

**Charakteristickým znakem všech „smokerů“ je jejich zonální /koncentrická/ stavba. Jde o mineralogickou zonálnost, jejíž hlavní příčinou je pokles teploty směrem k okraji komínu a reakce hydrotermálních fluid s mořskou vodou ve vnějších částech stěny komínu**

*Vnitřní zóna:*

- **chalkopyrit**
- **dále od kanálu hlavně pyrit, bornit, případně magnetit, lokálně pyrhotin, cubanit**

*Ve střední části stěny:*

- **sfalerit, wurtzit, chalkopyrit, pyrit a anhydrit**

*Vnější zóna stěny:*

- je menší mocnosti
- **pyrit, markazit, opál, baryt**

pozn. jsou známé také komíny barytové

Často jsou popisovány **dendritické útvary a kostrovité krystaly** některých rudních minerálů (sfalerit, baryt, galenit)

**Morfologicky zcela odlišným typem komínů jsou tzv. difuzéry („diffusers“), které nemají centrální kanál.**

**Hydrotermální fluida vystupují k povrchu relativně pomalu centrální porézní zónou a stěnami. K výstupu roztoků dochází tedy na celém povrchu tělesa. Difuzér v typickém příkladu získává kuželovitý tvar.**

**Mineralogicky se difuzéry liší vysokým obsahem pyrhotinu a absencí anhydritu. Některé difuzéry obsahují množství barytu. Dalšími rudními minerály jsou pyrit, sfalerit a cubanit.**

**Hydrotermální kupy – tělesa, která se tvoří srůstem většího množství komínů a nahromaděním fragmentů, vznikajících jejich rozpadem.**

**Rostoucí kupou prostupují hydrotermy, které způsobují metasomatické přepracování a rekrystalizaci materiálu uvnitř kupy.**

**Velikost sulfidických akumulací**

1/ **Kotlina „Atlantis II“ v riftové zóně Rudého moře:**

- 94 mil. tun rud s kovatostí 2.1 % Zn, 0.5 % Cu, 39 ppm Ag a 0.5 ppm Au

2/ Těleso masivních sulfidických rud o rozměrech 1000 x 150 m a výšce 35 m **v riftovém údolí Galapážského hřbetu.** Odhad 10 mil. tun rud.

## Hydrotermální chocholy („hydrothermal plumes“)

- typický fenomén pro hydrotermální pole
- jde o černé „kouře“, vystupující z ústí aktivních komínů, z trhlin na povrchu hydrotermálních kup, případně i z trhlin přímo v mořském dně
- vystupují do výše několik X0 až X00 m nad dno, zde se jejich pohyb mění na horizontální a následně dochází k sedimentaci

**Tvar horizontální části chocholu závisí na proudění mořské vody**

Černé zbarvení těchto „kouřů“ je způsobeno suspenzí sulfidů, které vznikají při reakci hydrotermálního roztoku z mořskou vodou.

Proces precipitace minerálů trvá několik sekund po vývěru:

- pyrhotin
- pyrit
- sfalerit
- chalkopyrit
- další fáze Fe, S, SiO<sub>2</sub>
- méně hojné jsou částice anhydritu, opálu, oxid-hydroxidů Fe, síry  $\alpha$
- vzácně markazit, covellin, cubanit, baryt a některé silikáty

Rozměry částic v suspenzi jsou velmi malé: 0.1 – 850  $\mu\text{m}$ .

Sedimentace z hydrotermálních chocholů probíhá ve vzdálenostech do několika X00 m až 2000 m (**viz. příklady**)

## Sulfidické rudy střeooceanických hřbetů jsou tvořeny především:

- sulfidy Fe, Cu a Zn, z nerudních minerálů převládají různé formy SiO<sub>2</sub> a sulfáty
- **akumulace takových rud: středoatlanský, východopacifický a galapážský hřbet, Rudé moře (Atlantis)**
- jde o recentní analogy rudních ložisek „kuroko“ a kyperského typu

## Složení sulfidických akumulací na spreadingových zónách v zaobloukových pánvích

je více variabilní v závislosti na litologii v prostoru konvekčně cirkulačních systémů:

- opět jde o recentní analogy rudních ložisek „kuroko“ a kyperského typu, která jsou ale mineralogicky pestřejší
- kromě výše jmenovaných jsou hojné minerály tetraedrit-tennantitové skupiny (obsahy Ag), sulfidy Pb a Ag, Au, baryt, anglesit

## ***„Alpské parageneze“***

**Termínem „alpská parageneze (asociace, žíly)“ jsou označovány specifické nízkoteplotní hydrotermální asociace, vyskytující se nejčastěji na puklinách hornin.**

**Krystalovaly z vodných roztoků o teplotě 100-360 °C.**

*Předpokladem je otevření trhlin v horninách při tektonických eventech.*

**Nízká mineralizovanost roztoků, postupujících trhlinami, způsobuje silné vyluhování prvků okolních hornin, roztoky se nepohybují na větší vzdálenosti a krystalizují z nich minerály.**

**Tím jsou alpské parageneze silně látkově (a minerálními asociacemi) závislé na hostitelských horninách.**

V České republice je alpská parageneze nejvýrazněji vyvinuta:

- na Čáslavsku a Kutnohorsku
- v Jeseníkách
- na Českomoravské vrchovině

## **Minerální asociace A**

(dle Bernarda)

- **v kvarcitech, svorech, fylitech, rulách (nízké obsahy Ca)**  
**= v kyselých horninách**

### Vernířovice u Sobotína – „Hackschlüssel“ = Mísečky

- **okolní horninou chloritické ruly desenské skupiny**

#### Minerály:

- **křemen zastoupen křišťálem a záhnědou, XX až 15 cm velké, čisté a bohaté na krystalové tvary (Burkart 1953)**
- **albit**
- **klinochlor (tmavozelené lístky)**
- hematit
- pyrit (až 1 cm XX)
- magnetit
- **titanit vytváří velmi malé (do 1 mm) bezbarvé či světle zelené XX se silným leskem) = sfén (varietà)**
- kalcit (XX)

### Kutná Hora

#### – lomy „Prachovna“, „V Hutích“, „Kamenná bába“ lom u Vrbova mlýna

- **okolní horninou katazonálně metamorfované ruly a migmatity kutnohorského krystalinika**

#### Minerály:

- **křemen zastoupen křišťálem, XX až 2 cm velké**
- **chlorit černozeleň, ve vějířovitých a paprscitých shlucích**
- **anatas (ocelově modré až šedé dipyramidy s silným leskem, do 5 mm)**
- brookit – vzácnější (nahnědlé rýhované velmi tenké tabulky, do 3 mm)
- **rutil (jako varietà „sagenit“, někdy i zarostlý v XX křišťálu)**
- **klinochlor (tmavozelené lístky)**
- turmalín - skoryl
- **fluorit ve štěpných agregátech nebo XX**
- ilmenit
- kalcit
- **laumontit – sukcesně nejmladší minerál**



## **Minerální asociace B**

(dle Bernarda)

**– v granitech, granodioritech, pegmatitech, rulách  
(přechodný typ mineralizace s kolísavým obsahem Ca)**

### Černá Voda u Žulové – „Nový lom“

- okolní horninou biotitové granity, granodiority a pegmatity žulovského masivu

#### Minerály:

- **křemen** vytváří šedobílé XX kolem 1 cm velké
- **albit XX v drúzách**
- **epidot – klinozoisit (stébelnaté až paprscité agregáty i několik cm velké, zbarvení šedé až ostře zelené, klasifikačně většinou epidoty)**
- **chlorit = chamosit (Losos a kol. 1994), ve varietě „strigovit“ (jemně zrnité až celistvé černozelelé agregáty), v trhlinách pegmatitů**
- hematit – lupenité agregáty, často s epidotem a stilbitem
- kalcit
- pyrit
- **stilbit – časté snopkovité a vějířovité agregáty (průměr až 3 cm) a XX na puklinách granitoidů**
- heulandit

## **Minerální asociace C**

(dle Bernarda)

- **na puklinách amfibolitů, amfibolických rul, skarnů, dioritů, gaber**
- (mineralizace s vysokým obsahem Ca)**

### **Sobotín – „Pfarrerb“ (Farský důl)**

- asi 0.5 km východně od kostela v Sobotíně, při cestě na kótu Smrčina
- horniny sobotínského amfibolitového masivu (amfibolity, amfibolické ruly)

#### **Minerály:**

- **epidot je zde světově známým minerálem, jeho XX jsou sytě zelené, někdy průhledné. Největší X 140 x 26 mm (Nepejchal 1994)**
- **albit** – tvoří drúzy bílých nebo bezbarvých XX, několik mm velkých, často zdvojitých
- **adulár (mikroklin)**
- **aktinolit** v podobě azbestu
- **apatit** (nízce sloupečkovité XX bílé nebo nafialovělé barvy)
- **diopsid** je nejstarším minerálem (350 °C a tlak 2-3 kbar dle Nováka a kol.1991)
- **titanit (sfén)** – klínovité XX do 0.5 cm velikosti, žlutozelené barvy a průhledné
- **prehnit** (bílý až světle zelený, v kulovitých a hřebenitých agregátech v dutinách)
- **ilmenit**
- **Ca-zeolity /heulandit/** (nejmladší fáze asociace) – cca 150 °C a tlak 1 kbar

## Mirošov – činný lom

- horniny strážeckého moldanubika (amfibolity, amfibolické ruly migmatitizované)

### Minerály:

- epidot (dlouze sloupcovitý, paprscité XX)
- albit
- křemen (xx kolem 1 cm, někdy křišťál)
- amfibol (aktinolit – paprscitý), prehnit
- titanit – klínovité a psaníčkovité typy XX
- chlorit (klinochlor) – kulovité radiálně lupenité agregáty
- axinit
- pyrit, markazit, hematit
- apatit
- stilbit (nasedá na křišťál), chabazit

## **Minerální asociace D**

(dle Bernarda)

- **specifický typ převážně karbonátových žilek v sedimentárním komplexu chvaletického ložiska Fe-Mn rud (mineralizace s vysokým obsahem Mn)**

### **Chvaletice**

- **horniny chvaletického proterozoika**

#### **Minerály:**

- **rodochrozit a kutnohorit, ankerit**
- **neotokit ( /Mn Fe/ Si O<sub>3</sub> . H<sub>2</sub>O )**
- **Mn-cummingtonit v azbestové formě**
- **cronstedtit** (sk. serpentinu)
- **hyalofan**
- **K, Ba – živce, Ba-heulandit**
- **Pyrofanit (MnTiO<sub>3</sub> )**
- **dravit- jemně vláknitý**
- **křemen**
- **sulfidy: alabandin (MnS), pyrit, markazit**
- **hevlín, rutil, opál**