

# 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 zemské kůře

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

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

Jsou vyvolávány vnějšími geologickými silami a dochází k nim

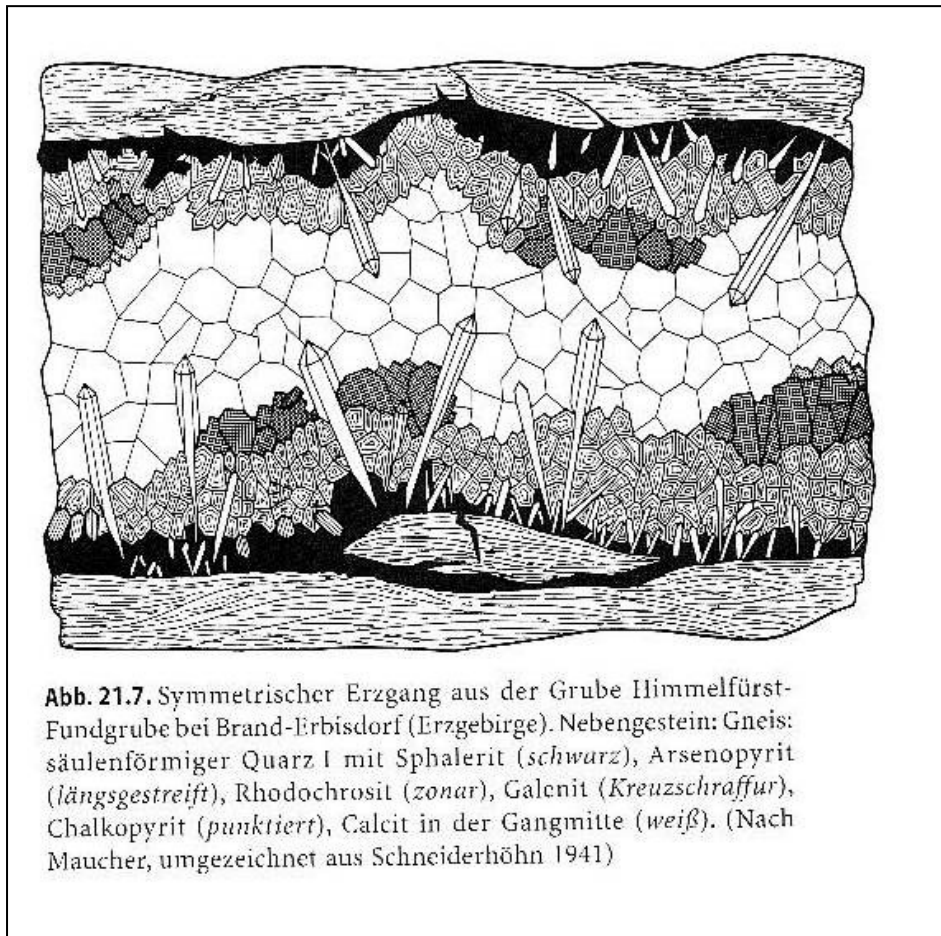
v přípovrchových částech zemské kůry, v kontaktu s hydrosférou a atmosférou.

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

## Hydrotermální procesy a mineralizace

- dochází ke krystalizaci minerálů z hydrotermálních roztoků

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



V typickém případě vznikají hydrotermální žíly (viz. obr)

## **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“ = puklinové mineralizace 350 – 50 °C

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

Jde o vysokoteplotní fluida, 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 látek,

- maximálně kolem 40 %

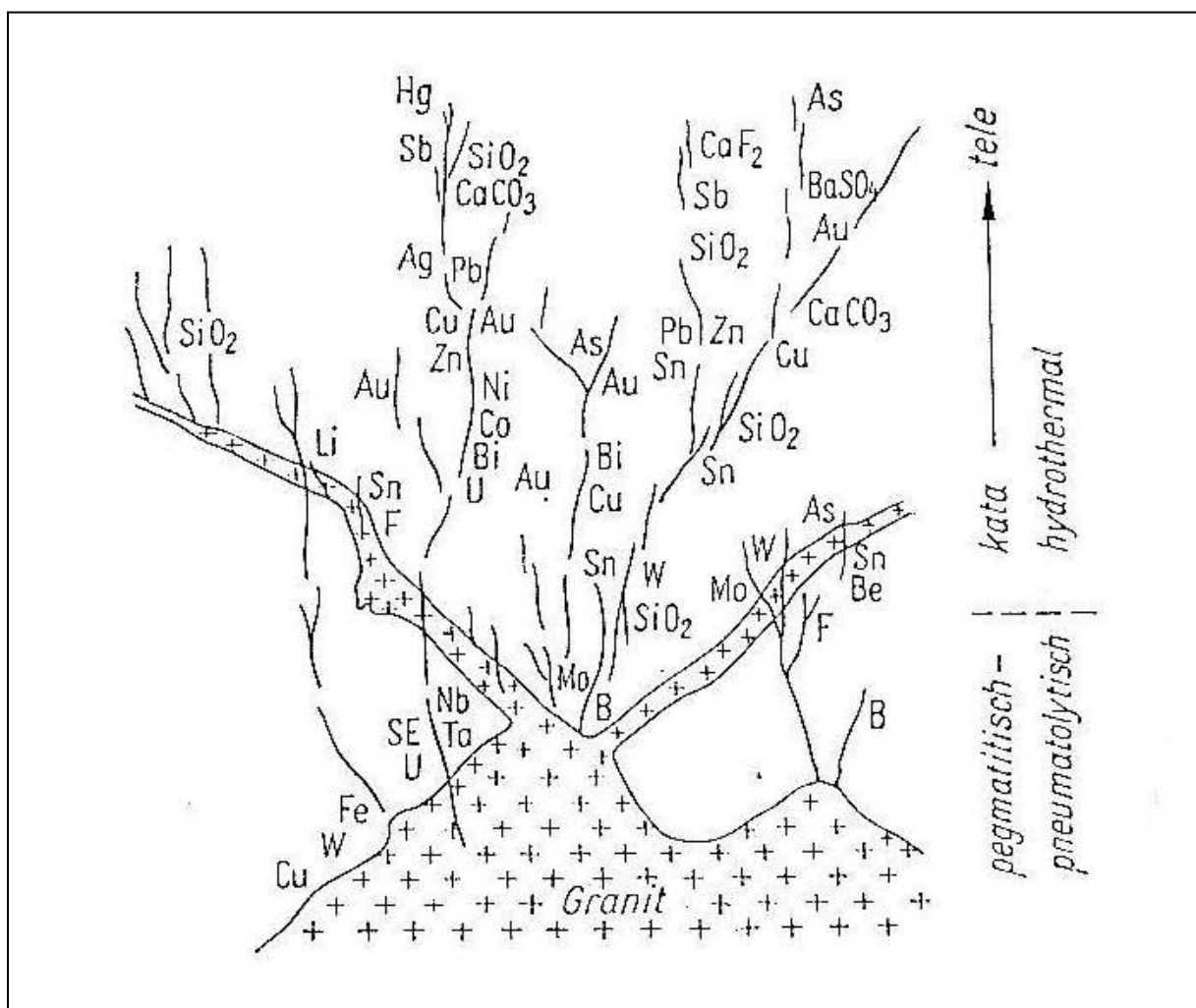
**Kationty: Na, K, Ca, Mg, Ba, Fe**

**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**



Klasická představa vývoje žilných zrudnění kolem plutonického tělesa

## 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 (pětiprvková)

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, nikelín, 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 paragenézí 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 minerál rumělkou.

Hlušinou komponentou je kalcit.

Teploty vzniku se blíží atmosférickým teplotám.

Přehled izogenních minerálních asociací Českého masívu hydrotermálního původu  
a jejich typomorfní lokality

stáří zrudnění	značka	název asociace	typomorfní ložisko
1. prevariské	<i>a-pol</i>	prevariská polymetalická a.	Český Šternberk
	<i>a-mo</i>	prevariská molybdenitová a.	Černá Hora
	<i>a-cu</i>	prevariská měďnatá a.	Brno
	<i>a-wsn</i>	prevariská wolfram-cínová a.	Cetoraz
	<i>a-nicu</i>	prevariská niklo-měďnatá a.	Rožany
2. variské			
a) starovariské	<i>s-cu</i>	starovariská měďnatá a.	Zlaté Hory — jih
	<i>s-pol</i>	starovariská polymetalická a.	Zlaté Hory — východ
	<i>s-au</i>	starovariská zlatonosná a.	Jílové
	<i>s-mo</i>	starovariská molybdenitová a.	Požáry
b) středněvariské	<i>wsn</i>	wolfram-cínová a.	Rotava, Ovesná Lhota
	<i>mo</i>	molybdenitová a.	Žulová
c) mladovariské	<i>k-mo</i>	kyzová molybdenitová a.	Nová Bystřice
	<i>au</i>	zlatonosná a.	Roudný
	<i>li-snw</i>	lithná cíno-wolframová a.	Cínovec
	<i>k-pol</i>	kyzová polymetalická a.	Kutná Hora
	<i>pol</i>	nekyzová polymetalická a.	Ratibožské Hory
	<i>sb</i>	antimonitová a.	Bohutín
	<i>hg *</i>	rtuťová a.	Krušná hora
	<i>u</i>	uraninitová a.	Příbram, Jáchymov
	<i>se-ca</i>	sulfid-selenidová a karbonátová a.	Bukov
	<i>m-cu</i>	melafyrová měďnatá a.	Rybnice
	<i>p-cu</i>	porfyrová měďnatá a.	Běloves
d) pozdněvariské (saxonské)	<i>femn *</i>	železnato-manganová a.	Horní Blatná
	<i>qf *</i>	křemenno-fluoritová a.	Kožlí
	<i>p-pol</i>	pozdněvariská polymetalická a.	Stříbro
	<i>cu</i>	křemenná měďnatá a.	Mutěňín
	<i>fba</i>	fluorito-barytová a.	Moldava
3. postvariské	<i>as-coni</i>	Ag + As + Co + Ni ± Bi a.	Jáchymov
	<i>t-pol</i>	terciární polymetalická a.	Roztoky
	<i>t-femn</i>	terciární železnato-manganová a.	Vrchoslav
	<i>t-fba</i>	terciární fluorito-barytová a.	Jílové u Děčína

\* Pravděpodobné, ale nezajištěné stáří.

(podle Bernarda et al. 1981)



# **Vznik nerostů z nadkritických fluid, vznik greisenů**

(dříve pneumatolytické pochody)

## **Vysokoteplotní hydrotermální mineralizace**

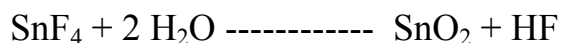
V procesu krystalizace pegmatitů (z taveniny) se vyloučí zbývající část silikátů, v minerálech se realizují vzácné plyny a prvky, převážná část manganu a fosfátů.

**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.**

**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 živců.

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

Krystalizuje význačná paragenese minerálů:

- křemen
- kasiterit
- wolframit
- topaz
- cinvaldit                      K, Li, Fe, Al - slída
- apatit (fluorapatit)
- triplit                           $(\text{Mn, Fe})_2 \text{F PO}_4$
- fluorit
- beryl
- turmalín

Pozn. cínovec se objevuje již v pegmatitech, zejména Li-pegmatitech (Rožná).

(není ostré hranice mezi pegmatitovým stádiem a pneumatolytickým stádiem)

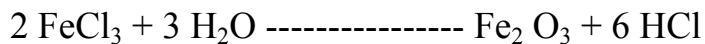
**Kasiterit je většinou doprovázen wolframitem. Na úkor wolframitu se někdy tvoří mladší scheelit.**

**Z nadkritických fluid krystalizují i některé sulfidy. Typický je molybdenit. Z následných vysokoteplotních hydrotermálních roztoků se nejčastěji vylučují chalkopyrit a arzenopyrit.**

**Formace Sn – W**

**Formace Sn – W - Li**

Pneumatolytickým minerálem může být také **hematit**. Železo mobilní v podobě chloridu Fe podléhá za poklesu teploty hydrolyze:



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

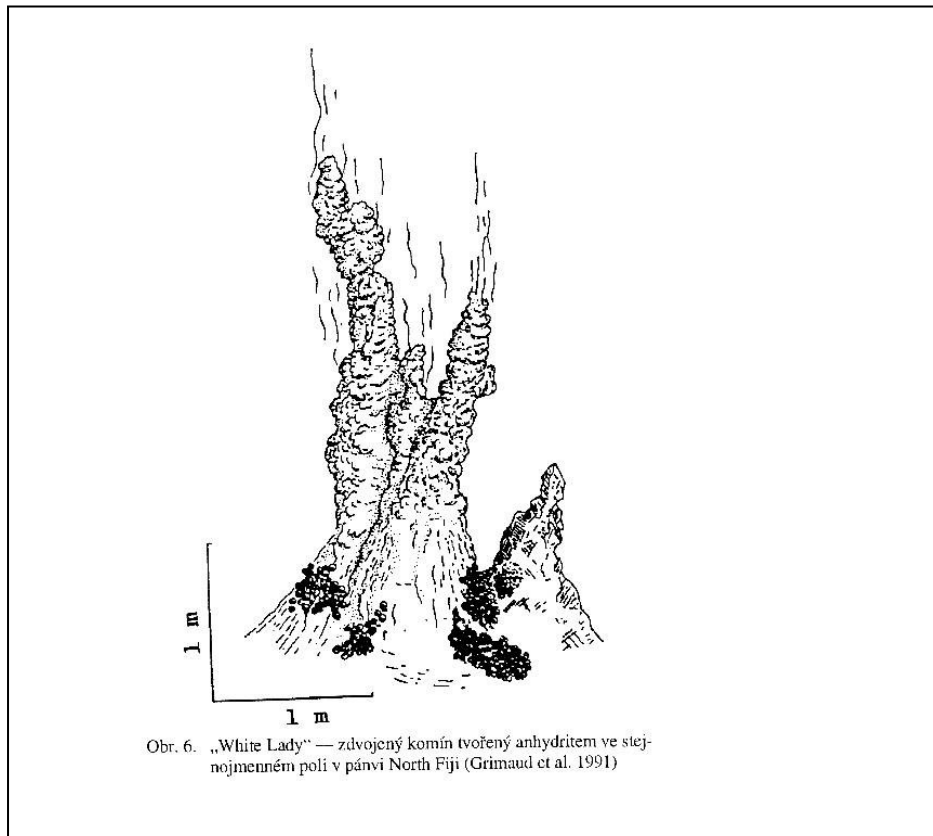
Typickým produktem hydrotermální aktivity v obou geotektonických pozicích jsou komínovitá tělesa s.l. ( komíny = „smokers“) a hydrotermální kupy („hydrothermal mounds“)

**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:

- pyrrhotin
- 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 nerudných 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

**pravděpodobné příklady v ČR: Zlaté Hory, Horní Benešov**

## **„Alpské parageneze“**

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

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

**Vztah chemismu hostitelské horniny a asociace minerálů**

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)**

#### Vernířovice u Sobotína – „Hackschlüssel“

- **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)**
- 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 tabulky, do 3 mm)**
- **rutil (jako varieta „sagenit“ 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“

- 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 (mikroclin)

- **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, paprsčité XX)**
- **albit**
- **křemen (xx kolem 1 cm, někdy křišťál)**
- **amfibol (aktinolit – paprsčitý),**
- **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**
- **dravit- jemně vláknitý**
- **křemen**
- **sulfidy: alabandin (MnS), pyrit, markazit**