

# LOŽISKA NEROSTNÝCH SUROVIN

## Část 2.

**doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.**

**Katedra geologie PŘF UP Olomouc, tř. Svobody 26, 77146 Olomouc,  
tel. 585634533, e-mail: zimak@prfnw.upol.cz**

**(říjen 2005)**

### **Obsah všech tří částí**

#### *Část 1.*

##### Úvod

- 1 Základní pojmy ložiskové geologie
- 2 Genetická klasifikace ložisek nerostných surovin
  - 2.1 Magmatická ložiska
  - 2.2 Pegmatitová ložiska
  - 2.3 Karbonatitová ložiska
  - 2.4 Skarnová ložiska
  - 2.5 Albititová a greisenová ložiska
  - 2.6 Hydrotermální ložiska
  - 2.7 Hydrotermálně sedimentární ložiska
  - 2.8 Sublimační (vulkanoexhalační) ložiska
  - 2.9 Subaerická krustální ložiska
  - 2.10 Hydrogenně infiltrační ložiska
  - 2.11 Rýžoviska ve zvětralinovém plášti
  - 2.12 Reziduální ložiska
  - 2.13 Halmyrolytická ložiska
  - 2.14 Rudní akumulace v zónách supergenního obohacení
  - 2.15 Klastická sedimentární ložiska
  - 2.16 Chemogenní a biochemogenní sedimentární ložiska
  - 2.17 Organogenní sedimentární ložiska
  - 2.18 Metamorfogenní ložiska

#### *Část 2.*

##### **3 Ložiska rud**

##### **3.1 Ložiska Fe**

- 3.2 Ložiska Mn
- 3.3 Ložiska Cr
- 3.4 Ložiska Ni
- 3.5 Ložiska Co
- 3.6 Ložiska Cu
- 3.7 Ložiska Pb-Zn
- 3.8 Ložiska Sb
- 3.9 Ložiska Hg
- 3.10 Ložiska Sn
- 3.11 Ložiska W
- 3.12 Ložiska Mo
- 3.13 Ložiska Al
- 3.14 Ložiska Ag
- 3.15 Ložiska Au
- 3.16 Ložiska platinoidů
- 3.17 Ložiska U

### *Část 3.*

- 4 Ložiska nerud
  - 4.1 Ložiska barytu
  - 4.2 Ložiska fluoritu
  - 4.3 Ložiska křemene
  - 4.4 Ložiska živce
  - 4.5 Ložiska mastku
  - 4.6 Ložiska magnezitu
  - 4.7 Ložiska grafitu
  - 4.8 Ložiska kamenné soli
  - 4.9 Ložiska draselných solí
  - 4.10 Ložiska anhydritu a sádrovce
  - 4.11 Ložiska síry
  - 4.12 Ložiska azbestu
  - 4.13 Ložiska apatitu a fosforitů
  - 4.14 Ložiska jílu (včetně bentonitu a kaolínu)
  - 4.15 Ložiska vápenců a dolomitů
  - 4.16 Ložiska diatomitu
  - 4.17 Ložiska písků a štěrků
  - 4.18 Ložiska stavebního kamene
  - 4.19 Ložiska kamene pro kamenickou výrobu a kamenosochařské práce
  - 4.20 Ložiska petrurgických surovin
  - 4.21 Ložiska drahých kamenů
- 5 Ložiska kaustobiolitů (fosilních paliv)
  - 5.1 Kaustobiolity uhelné skupiny
  - 5.2 Kaustobiolity živičné skupiny
- 6 Podzemní voda jako nerostná surovina
- 7 Rozmístění endogenních a endo-exogenních ložisek v návaznosti na globální tektoniku litosférických desek
- 8 Minerogenetické jednotky na území České republiky
  - 8.1 Moldanubická minerogenetická oblast
  - 8.2 Minerogenetická oblast bohemika
  - 8.3 Saskodurynská minerogenetická oblast

- 8.4 Lužická minerogenetická oblast
- 8.5 Moravskoslezská minerogenetická oblast
- 8.6 Minerogenetická oblast postorogenních permokarbonských pánví
- 8.7 Minerogenetická oblast platformního pokryvu
- 8.8 Minerogenetická oblast vnějších Západních Karpat

Literatura doporučená pro další studium

### 3 Ložiska rud

V této kapitole je obsažena stručná charakteristika hlavních průmyslových typů rud Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Sb, Hg, Sn, W, Mo, Al, Ag, Au, platinoidů a U. Jako příklady jednotlivých průmyslových typů jsou uvedena jak významná světová ložiska, tak i rudní akumulace na území České republiky, z nichž mnohé měly značný historický význam. V době vydání těchto skript bylo v ČR těženo pouze jediné rudní ložisko, a to ložisko uranových rud Rožná.

#### 3.1 Ložiska Fe

Z obrovského počtu minerálů železa má průmyslový význam hlavně magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $=\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$ ) a hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Na některých akumulacích je železo vázáno na limonit, tj. směs oxy-hydroxidů Fe, jejíž hlavní složkou bývá goethit  $\text{FeOOH}$ . Menší význam má siderit  $\text{FeCO}_3$ . Jen lokálně jsou těženy rudy s Fe-chlority, jejichž reprezentantem je chamosit  $\text{Fe}^{2+}_5\text{Al}[(\text{OH})_2|\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_6$ . Hlavní průmyslové typy ložisek železných rud: a) ložiska páskované Fe-rudy, b) skarnová ložiska, c) ložiska sedimentární oolitické rudy, d) hydrotermálně sedimentární ložiska, e) hydrotermální ložiska.

##### 3.1.1 Ložiska páskovaných Fe-rud (ložiska typu BIF, resp. BIQ)

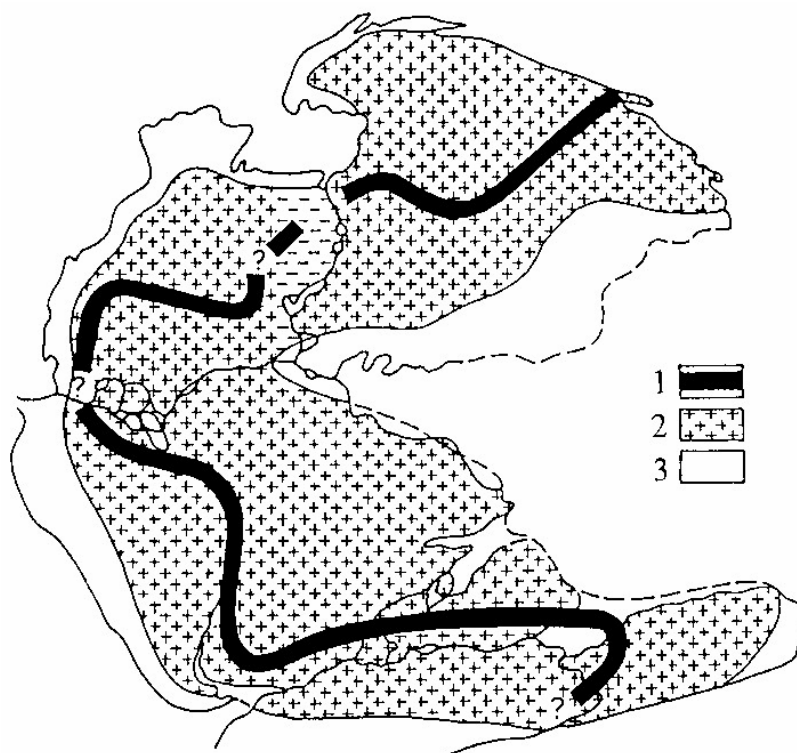
Metamorfogenní ložiska páskovaných železných rud představují průmyslově nejvýznamnější zdroj železa (pochází z nich zhruba 90 % světové produkce Fe-rud). V literatuře jsou často označována jako ložiska typu BIF (= banded iron formation) nebo BIQ (= banded iron quartzites). Rudy mají výraznou páskovanou texturu. V typických případech se v rudě střídají několik mm mocné pásy rudních minerálů (magnetit, hematit) s křemennými pásy (označovanými též jako rohvcovitě pásy). Nerostné složení rud odráží termodynamické podmínky metamorfózy (regionální), během níž došlo často k velmi výrazné deformaci jednotlivých pásků (detailní provrácení).

Termín „páskovaná železná ruda“ je jen deskriptivní a nevypovídá nic o stáří a genezi rudních akumulací. Mnozí geologové k rudním ložiskům typu BIF (resp. BIQ) přiřazují jen prekambriké akumulace, někteří k nim však řadí i fanerozoická ložiska, jejichž rudy mají odpovídající textury a struktury. Podle různých teorií vznikla ložiska rud typu BIF (resp. BIQ) metamorfózou železorudných akumulací chemogenního, biochemogenního nebo snad i hydrotermálně sedimentárního původu. Jedna z „chemogenních“ teorií vysvětluje jejich vznik výstupem chladné hlubinné mořské vody na teplý kontinentální šelf. Chladná hlubinná voda je nasycena  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$ . Na šelfu za poněkud vyšší teploty dochází k úniku  $\text{CO}_2$  a k oxidaci  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$ , které se sráží v podobě oxidů, oxy-hydroxidů nebo i silikátů. Táž hlubinná mořská voda se při výstupu na šelf stává přesycenou  $\text{SiO}_2$ , jenž se sráží jako rohovec. Jiná teorie chemogenního vzniku těchto ložisek uvažuje o vysoké koncentraci  $\text{Fe}^{2+}$  v primitivní kyselé vodě

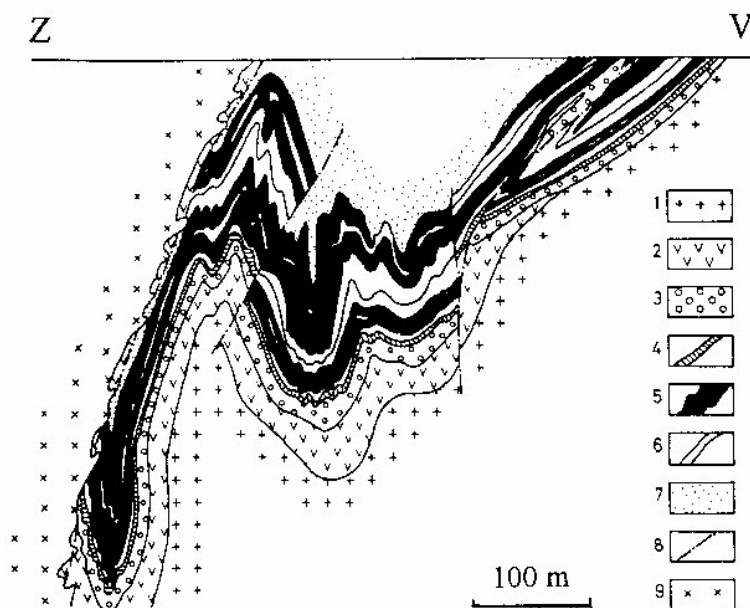
archaického moře (pH 6 a méně), která byla v rovnováze s tehdejší atmosférou bohatou na  $\text{CO}_2$  (za těchto podmínek mohlo být v mořské vodě přítomno ohromné množství železa ve formě  $\text{Fe}^{2+}$ , které bylo přinášeno ze zvětvávajících hornin nebo které mohlo pocházet i z hydroterm). Při výrazném snížení koncentrace  $\text{CO}_2$  v atmosféře během jejího dalšího vývoje došlo ke zvýšení pH mořské vody (díky úniku  $\text{CO}_2$  z ní), což vyvolalo srážení Fe v podobě sideritu a magnetitu. Postupné obohacování atmosféry kyslíkem a neustálé snižování podílu  $\text{CO}_2$  následně vedly k masovému srážení Fe z mořské vody za vzniku magnetitu, hematitu a sideritu.

Spodnoproterozoické rudy typu BIF patří mezi nejstarší rudní ložiska na Zemi. Tvoří samostatnou jednotku, kterou lze v podobě pásu sledovat na celém superkontinentu Pangea (viz obr. 7). Obrovská ložiska rud typu BIF jsou na Ukrajině (*Krivoy Rog* - obr. 8), v Rusku (v prostoru Kurské magnetické anomálie), Indii (ve státech Urisa a Goa), Číně (v provinciích Liaoning, Shandong, Hunan a Shanxi), Austrálii (oblast Hamersley v Západní Austrálii), JAR, Gabonu, Libérii, Mauretánii, Brazílii (např. *Itabira* a *Belo Horizonte* ve státu Minas Gerais, tato ložiska jsou součástí tzv. „Železného čtyřúhelníku“ - „*Quadrilatero ferrifero*“), Venezuele (*Cerro Bolivar*, *El Pao*, *San Isidro*), USA (u Hořejšího jezera) a Kanadě (na Labradorském poloostrově).

Na území ČR jsou malé akumulace prekambričských páskovaných křemen-magnetitových rud v desenském krystaliniku (*Vernířovice*).



Obr. 7. Rozšíření spodnoproterozoických páskovaných železných rud v prekambričské kůře Pangei (Vaněček et al. 1995 - upraveno).  
Vysvětlivky: 1 - pás Fe-rud typu BIF; 2 - prekambričská kůra; 3 - fanerozoická kůra.



Obr. 8. Vertikální řez ložiskem Fe-rud v krivonozské pánvi (Belevcev 1967 - upraveno).  
 Vysvětlivky: 1 - saksaganské tonality; 2 - amfibolity; 3 - spodní souvrství krivonozské série;  
 4 - mastek-karbonátový horizont; 5 - železorudné horizonty středního souvrství; 6 - břidličnaté  
 horizonty středního souvrství; 7 - svrchní souvrství; 8 - dislokace; 9 - krivonozské granodiority.

### 3.1.2 Skarnová ložiska Fe-rud

Ze všech existujících typů skarnových ložisek jsou nejrozšířenější ložiska Fe-rud. Skarnová ložiska vznikají regionální nebo kontaktní metamorfózou hornin vhodného složení (např. i metamorfózou akumulací sedimentárních železných rud) nebo vysokoteplotní hydrotermální přeměnou karbonátových i silikátových hornin. Skarnová tělesa jsou hlavně tvořena pyroxenem diopsid-hedenbergitové řady a granáty grossular-andraditové řady, k nimž v proměnlivém množství přistupuje amfibol, biotit, epidot, křemen, živec aj. Skarnová tělesa jsou obvykle diferenciována do zón a šmouh rozdílného nerostného složení, z nichž některé mohou obsahovat průmyslově významné koncentrace magnetitu nebo hematitu. Oba rudní minerály mohou tvořit vtroušeniny ve skarnu nebo i zóny (šmouhy) masivních Fe-rud.

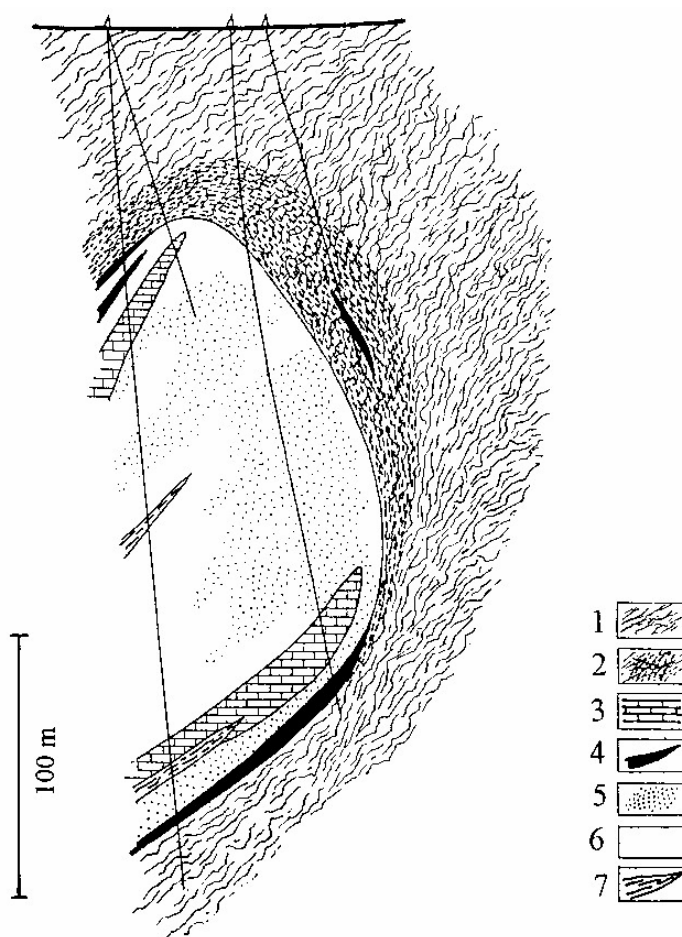
U nás jsou četné akumulace skarnových magnetitových rud v západní části Krušných hor (Měděnec, Přísečnice, Kovářská) a na Českomoravské vrchovině (Vlastějovice u Zruče nad Sázavou, Malešov u Kutné Hory, Budeč u Žďáru nad Sázavou, Věchnov a Pernštejn u Bystřice nad Pernštejnem, Županovice u Jemnice).

Na ložiskách Měděnec a Přísečnice jsou skarny uvnitř série parabřidlic a také na jejich styku s ortorulami a migmatity. Skarnová tělesa tvoří granát-pyroxenické až pyroxenické skarny s magnetitem v podobě vtroušenin a nepravidelných pásků. V centrální části měděneckého ložiska je až několik desítek metrů mocná poloha masivní magnetitové rudy. Lokálně skarny obsahují vyšší koncentrace sulfidů, zejména pyritu, chalkopyritu (jenž byl na měděneckém ložisku dokonce těžen), pyrhotinu a sfaleritu. Na Měděnci je skarnové ložisko proniknuto hydrotermálními kalcit-dolomitovými žilami jáchymovského typu (pětiprvková formace).

Na ložisku Malešov se skarnové těleso o mocnosti asi 300 m nachází v rulách a migmatitech kutnohorského krystalinika. Převládá v něm granát-pyroxenický skarn, méně hojný je pyroxen-amfibolický skarn a granátický skarn. Magnetit je ve skarnu přítomen v podobě vtroušenin. V centrální části skarnového tělesa se magnetit koncentruje do dvou poloh o mocnosti 5 až 7 m.

Skarny na ložisku *Pernštejn* jsou součástí svrateckého krystalinika. V minulosti těžené skarnové těleso tvoří několik desítek metrů mocnou čočku, která je v nadloži lemována biotitickými rulami s granátem, jež směrem ke kontaktu se skarnem přecházejí do granát-biotitických rul a granát-biotitických břidlic. Ve vlastním skarnovém tělese lze rozlišit různé paragenetické typy skarnů s dosti variabilním nerostným složením: nejrozšířenější jsou granát-pyroxenické skarny, které přecházejí do pyroxenických skarnů, granátických skarnů a granát-amfibolických skarnů; napříč skarnovou čočkou probíhá deskovité těleso tvořené hruborným granátovcem s biotitem. Zóna s vysokým podílem magnetitu je podél rozhraní mezi granátickým a pyroxenickým skarnem (její mocnost je 2-3 m, místy jsou v ní až 10 cm mocné polohy téměř čistého magnetitu). Skarnová tělesa u *Pernštejna* (i na jiných výskytech na Českomoravské vrchovině) byla společně s okolními horninami postižena silnou regionální metamorfózou. Předmetamorfní charakter *pernštejnských* skarnů nebyl dosud spolehlivě rozpoznán. Je možné, že původně šlo o skarny, které byly produktem vysokoteplotní metasomatózy převážně karbonátových hornin, nebo současná skarnová tělesa mohla vzniknout metamorfním přepracováním hydrotermálně sedimentárních akumulací Fe-rud nebo i smíšených chemogenně klastických hornin, silně ovlivněných hydrotermální činností v submarinním prostředí (jiné alternativy jsou na základě stávajících poznatků velmi nepravděpodobné).

Geologický řez ložiskem *Županovice* je na obr. 9. Skarnové těleso má tvar čočky, jejíž mocnost dosahuje až 250 m. Převažujícím horninovým typem je pyroxenický skarn, obsahující magnetit a také vtroušeniny sulfidů (hlavně pyrotinu). Okolí skarnového tělesa tvoří silně migmatizované pararuly, kvarcitické ruly a kvarcity.



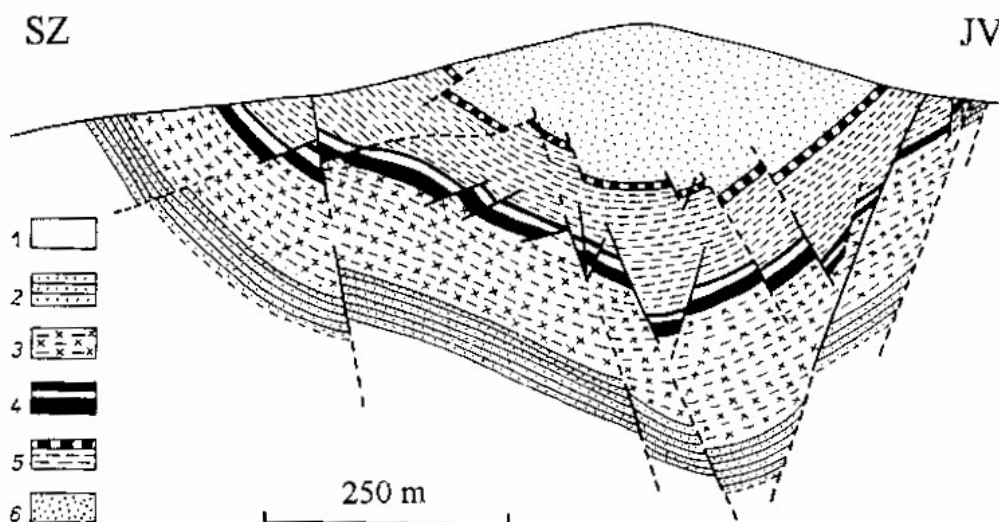
Obr. 9. Řez skarnovým ložiskem magnetitu *Županovice* (Němec 1964 - upraveno).  
Vysvětlivky: 1 - migmatitické ruly; 2 - rohovce; 3 - mramory; 4 - granát-biotitový skarn;  
5 - pyroxenický skarn s magnetitem; 6 - pyroxenický skarn; 7 - vložky rul ve skarnu.

### 3.1.3 Ložiska sedimentárních oolitických Fe-rud

Jihozápadní část *Barrandienu* je bohatá na akumulace železných rud ordovického stáří s typickou oolitickou stavbou. Rudní tělesa mají tvar čoček o mocnosti maximálně 20-30 m, a to

zejména v místech blízkých někdejšímu pobřeží, podél nějž se rudní akumulace tvořily. Nejdůležitější ložiska jsou ve spodnoordovickém vulkanosedimentárním komplexu (v šáreckých vrstvách - např. *Ejpvovice, Březina* u Rokycan, *Mníšek pod Brdy, Krušná hora* u Hudlic - obr. 10) nebo v čistě sedimentárním souvrství svrchně ordovického stáří (v černínských vrstvách - např. *Nučice, Chrustenice, Zdice*). Spodnoordovická ložiska jsou tvořena hlavně hematitem a sideritem. Ve svrchně ordovických akumulacích je hlavním nositelem železa většinou chlorit (chamosit) a siderit, místy je přítomen magnetit.

Významná ložiska oolitických Fe-rud tvořených převážně oxy-hydroxidy Fe (goethit) a Fe-fylosilikáty (Fe-chlority, Fe-montmorillonit) jsou na Kerčském poloostrově (Ukrajina) a na území Lotrinska (tzv. „lotrinská mineta“).



Obr. 10. Řez ložiskem Fe-rud Krušná hora (Petránek 1974 - upraveno).  
Vysvětlivky: 1 - proterozoické břidlice; 2 - ordovické slepence a pískovce; 3 - ordovické paleobazalty a jejich tufy; 4 - poloha hematitové rudy; 5 - ordovické břidlice a pískovce s polohou pelosideritu v nejvyšší části; 6 - křemence skaleckých vrstev (ordovik).

### 3.1.4 Ložiska hydrotermálně sedimentárních Fe-rud

Na území ČR jsou hydrotermálně sedimentární ložiska Fe-rud typu Lahn-Dill především ve vrbenské skupině (*Králová a Medlov* u Uničova, *Ruda, Horní Město a Malá Morávka* u Rýmařova, *Heřmanovice a Dolní Údolí* u Zlatých Hor) a ve šternbersko-hornobenešovském pruhu (*Chabičov a Krakořice* u Šternberka, *Horní Loděnice a Čabová* u Moravského Berouna, *Horní Životice a Horní Benešov* u Bruntálu, *Leskovec nad Moravicí*) - viz obr. 11. Rudní tělesa mají zpravidla povahu plochých čoček. Jsou buď v paleobazaltech (mandlovcových spilitech a diabasech) a bazických metatufech (jde o tzv. „vnitřní ložiska“) nebo na rozhraní vulkanické série a nadložních sedimentů (jde o tzv. „hraniční ložiska“). Na ložiskách v obou geologických jednotkách lze rozlišit dva typy rud: „zásadité rudy“ a „kyselé rudy“. Hlavní složkou zásaditých rud jsou fylosilikáty bohaté železem, reprezentované Fe-chloritem (jde o chamosit, v literatuře je v souladu se staršími klasifikacemi chloritů označován často jako thuringit), na některých akumulacích převažuje stilpnomelan. Bazické rudy mohou obsahovat ve větších koncentracích magnetit, lokálně je přítomen siderit (*Horní Benešov*). Kyselé rudy jsou tvořeny hlavně

hematitem, jaspilitem (tj. křemenem s jemnými šupinkami hematitu, které způsobují cihlově červeně zbarvení jaspilitu) a magnetitem. Zatímco zásadité rudy jsou přítomny hlavně v hraničních ložiskách, kyselé rudy jsou typické pro vnitřní ložiska (existuje však řada výjimek). V obou geologických jednotkách jsou rudy postiženy regionální metamorfózou; nejintenzivněji v severní části vrbenké skupiny (rostoucí stupeň metamorfózy se projevuje např. ubýváním hematitu a přibýváním magnetitu v rudě).



Obr. 11. Tělesa hydrotermálně-sedimentárních ložisek Fe-rud typu Lahn-Dill v sileziku (devonské horniny jsou šrafovány) (Skácel 1966 - upraveno).

### 3.1.5 Ložiska hydrotermálních Fe-rud

Z hydrotermálních ložisek Fe-rud jsou důležité akumulace sideritu, které mohou mít povahu žil nebo metasomatických těles. Na některých ložiskách sideritových rud je v ekonomicky významném množství přítomen baryt, časté jsou zvýšené koncentrace sulfidů Fe, Cu, Pb, Zn nebo Hg, příp. arzenidů (sulfoarzenidů) Ni a Co. Žilná ložiska sideritu jsou na Slovensku (Rudňany a Novoveská Huta u Spišské Nové Vsi, Rožňava) a v Německu (v Siegerlandu). Metasomatická tělesa sideritových rud jsou v Rakousku (Erzberg u Eisenerzu).



## 3.2 Ložiska Mn

Jako zdroj manganu má průmyslový význam pyroluzit  $\text{MnO}_2$ , manganit  $\text{MnOOH}$ , kryptomelan  $\text{K}(\text{Mn}^{4+}\text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$ , hollandit  $\text{Ba}(\text{Mn}^{4+}\text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$ , romanechit  $(\text{Ba},\text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ , hausmannit  $\text{Mn}_3\text{O}_4 (= \text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{3+}_2\text{O}_4)$  a rodochrozit  $\text{MnCO}_3$ .

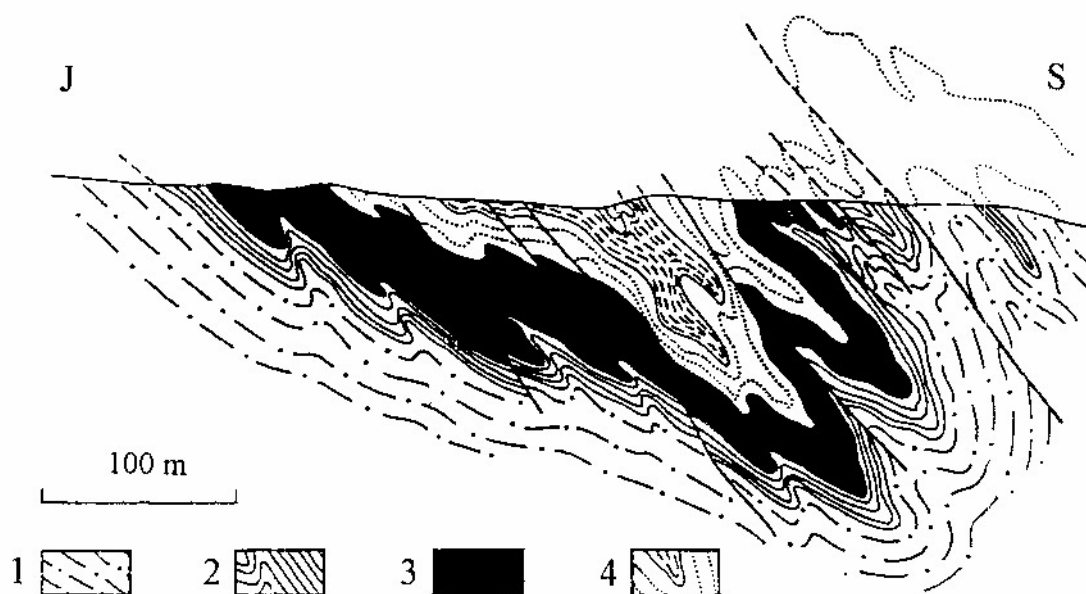
V mořských manganových konkréciích je mangan vázán na strukturně komplikované oxidy jako např. vernadit  $(\text{Mn}^{4+},\text{Fe}^{3+},\text{Ca},\text{Na})(\text{O},\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , birnessit  $\text{Na}_4\text{Mn}_{14}\text{O}_{27} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , todorokit  $(\text{Mn}^{2+},\text{Mg},\text{Ca},\text{Ba},\text{K},\text{Na})_2\text{Mn}^{4+}_3\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Významné akumulace manganových rud patří k těmto typům ložisek: a) sedimentární ložiska, b) hydrotermálně sedimentární ložiska, c) reziduální ložiska, d) akumulace manganových konkrécií.

### 3.2.1 Ložiska sedimentárních Mn-rud

Sedimentární ložiska manganových rud vznikají v mořském prostředí (viz stat' 2.16.3). Lze rozlišit dvě hlavní facie rud: oxidickou (z Mn-minerálů převažuje pyroluzit, kryptomelan, hollandit, romanechit, příp. manganit) a karbonátovou (rodochrozit). Obrovká ložiska jsou na Ukrajině (*Nikopol*) a v Gruzii (*Čiatura*). Regionálně metamorfované Mn-rudy (sedimentárního původu) jsou na ložisku *Chvaletice* v Železných horách.

Ložisko *Chvaletice* leží v severozápadním výběžku železnohorského proterozoika. Jde o stratiformní ložisko Fe-Mn-rud a pyritu, vázané na slabě regionálně metamorfované grafitické břidlice (obr. 12). Rudní poloha je tvořena především karbonáty Fe a Mn (hlavně Fe-rodochrozit), křemenem, grafitickým pigmentem a pyritem. V silněji metamorfovaných částech ložiska (při kontaktu s chvaletickou žulou) je Mn-karbonátový horizont přeměněn na silikátové rohovce (Fe a Mn jsou vázány na silikáty - např. spessartin), kromě pyritu je zde hojný pyrhotin. V letech 1952-1975 byl na ložisku těžen pyrit jako zdroj síry pro chemický průmysl (hlavně na výrobu kyseliny sírové).



Obr. 12. Schématický řez ložiskem pyrit-manganových rud Chvaletice (Kužvart et al. 1983 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - proterozoické břidlice a droby; 2 - grafitické břidlice s pyritem v podloží ložiska; 3 - pyrit-manganová ruda; 4 - nadložní grafitické břidlice s horizontem křemitých břidlic.

### 3.2.2 Ložiska hydrotermálně sedimentárních Mn-rud

Hydrotermálně sedimentární ložiska Mn-rud provázejí některé akumulace železných rud lahndillského typu. Podle nerostného složení lze rozlišit oxidickou a karbonátovou facii. Na metamorfně přepracovaných akumulacích bývá mangan vázán i na silikáty. Příkladem hydrotermálně sedimentárních ložisek Mn-rud jsou ložiska v Rumunsku (např. *Jacobeni*).

### 3.2.3 Reziduální ložiska Mn-rud

Reziduální akumulace Mn-rud vznikají v tropických oblastech zvětráváním hornin bohatých na mangan (jenž je v nich přítomen např. jako součást granátu a jiných Mn-silikátů nebo vázaný na karbonáty). Reziduální Mn-rudy jsou tvořeny hlavně pyroluzitem, manganitem, kryptomelanem, hollanditem a romanechitem. Příkladem jsou ložiska *Moanda* v Gabonu a *Nsuta* v Ghaně.

### 3.2.4 Akumulace manganových konkrecí

Manganové konkrece se tvoří recentně ve všech mořích a oceánech, bez ohledu na hloubku. Jejich bohaté akumulace však mohou vznikat jedině v oblastech, kde je velmi malá rychlost sedimentace terigenního materiálu, hloubka větší než kompenzační hloubka (tj. větší než 4000-5000 m) a kde je mírně zvlněný povrch dna omýván proudící mořskou vodou, která přináší Mn a další kovy z pevniny nebo z míst submarinní hydrotermální aktivity. Manganové konkrece se tvoří na povrchu dna. Mají obvykle hnědou až černou barvu, kulovitý až diskovitý tvar; jejich průměr je obvykle 3-6 cm (někdy až 1 m). Jsou složeny převážně z oxidů a oxy-hydroxidů Mn a Fe. Z ekonomického hlediska jsou však obsahy Mn a Fe v konkrecích druhořadé. Význam mají prvky sorbované na oxidy a oxy-hydroxidy Mn a Fe, mezi něž patří zejména Ni, Cu, Co a Zn.

## 3.3 Ložiska Cr

Prakticky jedinými průmyslovým zdrojem chromu je chromit  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ . Hlavní průmyslové typy ložisek Cr-rud: a) protomagmatická ložiska, b) hysteromagmatická ložiska, c) rýžoviska.

### 3.3.1 Ložiska protomagmatických Cr-rud

Protomagmatická ložiska chromitu tvoří horizonty hustě vtroušených až masivních rud ve stratifikovaných masivech (peridotity, gabra, pyroxenity, nority). Příkladem jsou obrovská ložiska v JAR (bushveldský masiv), Zimbabwe (masiv Ghartley a Selukwe) a USA (masiv Stillwater v Montaně).

### 3.3.2. Ložiska hysteromagmatických Cr-rud

Hysteromagmatická ložiska chromitu se vyskytují obvykle v peridotitech (serpentinizovaných), které jsou součástí ofiolitových komplexů. Rudní tělesa mají čočkovitý tvar (jde o tzv. podiformní chromitové rudy) nebo jde o žilná tělesa. Významná ložiska jsou v Turecku (v Anatólii - např. *Kopdag*), Rusku (na Urale), Bulharsku, Albánii, Řecku, na Filipínách, Nové Kaledonii a Kubě.

### 3.3.3. Rýžoviska Cr-rud

Rýžoviska chromitu vznikají lateritickým zvětráváním rudonosných hornin s protomagmatickým nebo hystermagmatickým chromitem. Jde o akumulace chromitu v eluviu nebo deluviu (např. v Zimbabwe, na Kubě, Filipínách a Nové Kaledonii), příp. o mořská příbřežní rýžoviska (např. při pobřeží Oregonu, Turecka a Albánie). Hospodářský význam rýžovisek chromitu je nepatrný.

## 3.4 Ložiska Ni

Průmyslovým zdrojem niklu na endogenních ložiskách jsou sulfidy a arzenidy jako např. pentlandit  $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ , nikelin  $\text{NiAs}$ , rammelsbergit  $\text{NiAs}_2$ , gersdorffit  $\text{NiAsS}$ ; na reziduálních ložiskách je nikl vázán na strukturně komplikované hydrosilikáty, jejichž reprezentantem je garnierit  $(\text{Ni,Mg})_3[(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5]$  (termín garnierit se často používá k označení celé skupiny složením blízkých hydrosilikátů Ni). Průmyslově významná ložiska Ni-rud patří k těmto typům: a) Ni-laterity, b) ložiska likvačních Ni-Cu rud, c) ložiska hydrotermálních sulfoarzenidových Ni-Co rud.

### 3.4.1 Ložiska Ni-lateritů

Niklonosné laterity vznikají lateritickým zvětráváním ultrabazických hornin. Nikl je v Ni-lateritech vázán na silikáty (garnierit, Ni-chlorit, Ni-antigorit, Fe-montmorillonit s obsahem Ni), které se koncentrují hlavně ve spodní části lateritického profilu. Velká ložiska Ni-lateritu jsou na Nové Kaledonii, Kubě a v Austrálii (v Queenslandu). U nás jsou drobné akumulace v okolí Křemže, Moravského Krumlova (*Polánka*) a na Znojemsku (*Bojanovice*); niklem bohaté laterity byly těženy v polské části Českého masivu (*Szklary*).

### 3.4.2 Ložiska likvačních Ni-Cu rud

Likvační ložiska sulfidických rud Ni a Cu se vyskytují v bazických nebo ultrabazických horninách (gabra, nority, peridotity, často serpentinizované). Hlavními rudními minerály jsou pyrotin, pentlandit a chalkopyrit. Nejvýznamnější ložiska jsou v Kanadě (*Sudbury* v Ontariu), Rusku (*Norilsk* na Sibiři, *Pečenga* a *Mončegorsk* na Kolském poloostrově), JAR (v bushveldském masivu). Chudé likvační Ni-Cu zrudnění se vyskytuje v gabrech a peridotitech ranského masivu (*Staré Ransko*) a také v gabrech na Šluknovsku (*Rožany*).

### 3.4.3 Ložiska hydrotermálních sulfoarzenidových Ni-Co rud

Na některých žilných hydrotermálních ložiskách jsou ve větším množství přítomny arzenidy nebo sulfoarzenidy Co, Ni a Fe. Jde např. o ložiska tzv. pětiprvkové formace (U-Ag-Bi-Ni-Co), jejichž reprezentantem je *Jáchymov* nebo *Horní Slavkov* (viz stať 3.17.3).

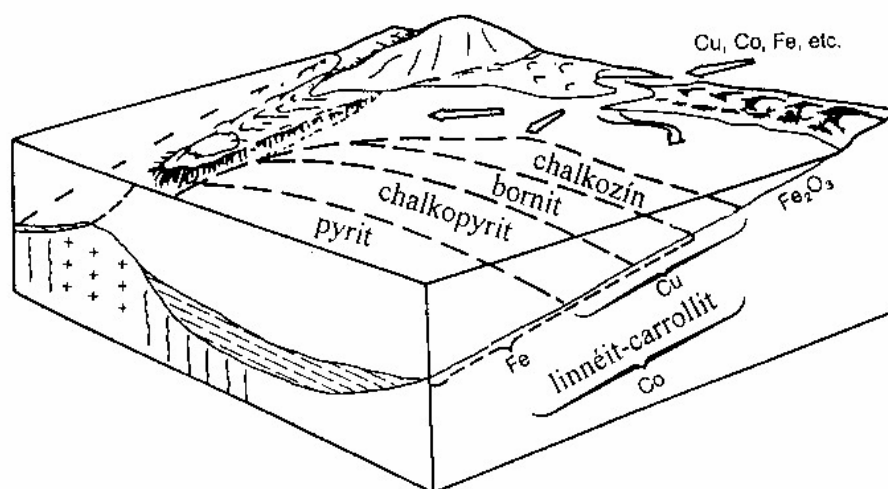
## 3.5 Ložiska Co

Hlavními ložiskotvornými minerály kobaltu jsou linnéit (resp. linnaeit)  $\text{Co}_3\text{S}_4$  ( $=\text{Co}^{2+}\text{Co}^{3+}_2\text{S}_4$ ), carrollit  $\text{CuCo}_2\text{S}_4$ , kobaltin  $\text{CoAsS}$ , skutterudit  $(\text{Co,Fe,Ni})\text{As}_{2-3}$ , safflorit  $(\text{Co,Fe})\text{As}_2$ , Co-pentlandit  $(\text{Fe,Ni,Co})_9\text{S}_8$  a asbolan (strukturně komplikovaný oxy-hydroxid Co, Ni a Mn). Ekonomicky významnými typy ložisek kobaltových rud jsou: a) ložiska stratiformních

Cu-Co rud, b) ložiska likvačních Ni-Cu rud, c) ložiska hydrotermálních sulfoarzenidových Ni-Co rud, d) akumulace Ni-lateritů.

### 3.5.1 Ložiska stratiformních Cu-Co rud

Typickým reprezentantem této skupiny ložisek jsou obrovská stratiformní ložiska sulfidických Cu-Co rud v tzv. „středoafrickém měďném pásu“ v Shabě a Zambii (na ploše 500 x 45-100 km). Zrudnění je tvořeno sulfidy mědi (chalkozín, bornit, chalkopyrit) a kobaltu (linnéit a carrollit) v proterozoických kvarcitech, kvarcitických břidlicích, metaarkózách a mramorech. Lokálně jsou v rudách zvýšené koncentrace uranu. Ložiska „středoafrického měďného pásu“ jsou obvykle považována za chemogenně sedimentární (viz obr. 13), některé znaky mineralizace však ukazují spíše na hydrotermální původ.



*Obr. 13. Schématické znázornění vzniku Cu-Co mineralizace ve „středoafrickém měďném pásu“: Měď, kobalt a nikl jsou přinášeny do mořské pánve říční vodou. Zatímco měď se v podobě sulfidů sráží v blízkosti pobřeží, železo se ve formě sulfidů ukládá ve větší vzdálenosti od břehu. Srážení Co probíhá současně se sulfidy Cu i Fe. Konkrétní minerály uvedené ve schématu jsou produktem diagenetických a metamorfních procesů (Guilbert, Park 1986 - upraveno).*

### 3.5.2 Ložiska likvačních Ni-Cu rud

Likvační Ni-Cu rudy (viz stať 3.4.2) běžně obsahují příměs kobaltu, jenž je vázán na sulfidy (hlavně pentlandit).

### 3.5.3 Ložiska hydrotermálních sulfoarzenidových Ni-Co rud

Akumulace rud tohoto typu jsou charakterizovány ve stati 3.4.3.

### 3.5.4 Ložiska Ni-lateritů

Niklonosné laterity (viz stať 3.4.1) mohou lokálně obsahovat zvýšené koncentrace kobaltu, většinou sorpčně vázaného na oxy-hydroxidy Mn.

### 3.6 Ložiska Cu

Hlavními ložiskotvornými minerály mědi jsou chalkopyrit  $\text{CuFeS}_2$ , tetradrit-tennantit  $\text{Cu}_{12}(\text{Sb,As})_4\text{S}_{13}$ , chalkozín  $\text{Cu}_2\text{S}$ , bornit  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , covellin  $\text{CuS}$  a enargit  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ . Lokální význam má ryzí měď, malachit  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ , azurit  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ , atakamit  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ , kuprit  $\text{Cu}_2\text{O}$  a tenorit  $\text{CuO}$ . Průmyslové typy ložisek Cu-rud: a) ložiska porfyrových Cu-rud, b) mědinosné pískovce a jílovce, c) vulkanosedimentární ložiska, d) likvační ložiska, e) subvulkanická ložiska, f) plutonická ložiska.

#### 3.6.1 Ložiska porfyrových Cu-rud

Porfyrové Cu-rudy se vyskytují v kořenových částech vulkanických komplexů (typu ostrovních oblouků), kde jsou spjaty s intermediárními až kyselými intruzívy porfyrového typu (např. granodioritový porfýrit, granitový porfýr), silně postiženými hydrotermálně metasomatickými procesy (K-metasomatóza a sericitizace). Jde o hydrotermální ložiska žilnikovitě-impregnačního typu, která se vyznačují relativně nízkou kovnatostí a často obrovskými zásobami rud. Rudní minerály jsou zastoupeny pyritem, chalkopyritem, bornitem, pyrhotinem, molybdenitem a magnetitem. Kromě Cu jsou zdrojem Mo a někdy také Au, Ag, Se, Te, Bi a Re. Největšími ložisky porfyrových Cu-rud jsou *Chuquicamata* (asi 22 mil. tun Cu v rudách s průměrnou kovnatostí 1,2 % Cu a 0,03 % Mo) a *El Teniente* v Chile. Obrovská ložiska jsou na jihozápadě USA (např. *Bingham* v Utahu s odhadem zásob 21 mil. tun Cu a 820 tis. tun Mo, *Butte* v Montaně, *San Manuel* v Arizoně), v kanadské části Kordiller, v Mexiku (ve státě Sonora), Kazachstánu (*Kounrad*), Arménii, Uzbekistánu, Íránu a Mongolsku (*Erdenet-Obo*).

#### 3.6.2 Ložiska mědinosných pískovců a jílovců

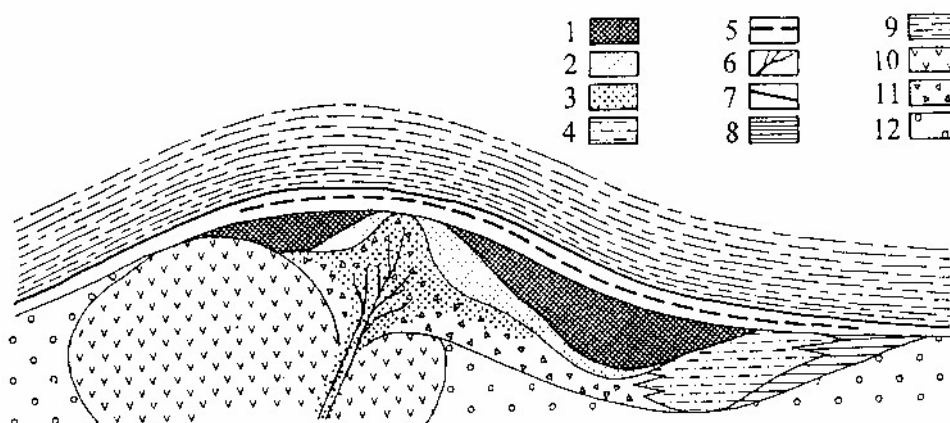
Ložiska mědinosných pískovců a jílovců vznikají v mělkovodních mořských pánvích (nejčastěji na šelfu, např. v deltových sedimentech), některé akumulace jsou však vázány na limnické nebo aluviální sedimenty. Rudonosná souvrství jsou tvořena pískovci, karbonátickými pískovci (až vápenci), prachovci, jílovcí, slínovci nebo jílovými břidlicemi s často vysokým podílem bituminózní hmoty (nebo horninami, které jsou produktem jejich metamorfózy). Na řadě akumulací jsou přítomny evapority a pestrá souvrství typu „red beds“, ukazující na aridní klima. Zdrojem zrudnění mohly být zvětralinové z okolního kontinentu nebo hydrotermální roztoky vyvěrající na dně sedimentačních pánví, v některých případech jde spíše o teletermální mineralizaci (zrudnění tedy může být syngenetické nebo epigenetické). Ložisková tělesa mají charakter vrstev nebo plochých čoček. Rudní minerály, které tvoří vtroušeniny nebo drobné žilky, jsou reprezentovány chalkozínem, chalkopyritem, bornitem, pyritem a také minerály Pb, Zn, Ag, Co, Ni, As, V, U, Re, Mo a dalších kovů. Příkladem mědinosných pískovců jsou unikátní ložiska v tzv. „středoafričtém měďném pásu“ v Shabě a Zambii (viz stat' 3.5.1), která jsou kromě Cu také zdrojem Co, U, Mo, příp. dalších kovů. Do skupiny mědinosných jílovců patří tzv. „měďnaté břidlice“ mansfeldského typu, které jsou permského stáří (zechstein). „Měďnaté břidlice“ mansfeldského typu kromě Cu-minerálů (bornit, chalkopyrit, covellin, chalkozín) obsahují také minerály Pb, Zn a Ag - nejvýznamnějším ložiskem byl *Mansfeld* v Německu. Zechsteinské mědinosné břidlice jsou i na polském území (ložiska *Lubichów* a *Konrad*). U nás jsou akumulace tohoto typu s Cu-mineralizací (s obsahy V a Ag) vázány na bituminózní jílovce a prachovce v podkrkonošské pánvi (*Horní Kalná, Rudník*) a v dolnoslezské pánvi (*Horní Verněřovice*).

### 3.6.3 Vulkanosedimentární ložiska rud Cu, Cu-Zn a Cu-Pb-Zn

Většina rudních akumulací tohoto typu byla postižena regionální metamorfózou, která ovlivnila morfologii rudních těles a stavbu rud. S tím souvisí i problémy s rozpoznáním předmetamorfnní povahy rudní mineralizace, která v prostoru některých ložisek byla zjevně hydrotermálně sedimentární, v jiných případech jde však o subvulkanickou mineralizaci (často je v prostoru ložisek společně přítomna mineralizace obou genetických typů). Rudní tělesa mají zpravidla charakter stratifonních poloh nebo různě deformovaných čoček. Rudy jsou vtroušeninové, často mají páskovanou texturu (primární nebo metamorfnního původu); bohaté rudní partie jsou masivní (tj. obsahující více než 60 obj.% sulfidů). Nejhojnějším rudním minerálem v prostoru ložiska je obvykle pyrit, hlavním užitkovým nerostem je chalkopyrit; ve variabilním množství je přítomen sfalerit, galenit, někdy i pyrhotin, tetraedrit-tennantit nebo ryzí zlato. Minerály hlušiny jsou reprezentovány křemenem, karbonáty (kalcit, dolomit, ankerit), příp. barytem.

Vulkanosedimentární ložiska, jejichž hlavní užitkovou složkou je chalkopyrit, se dělí na tři typy: a) ložiska kyperského typu (nebo také typu masivu Troodos), b) ložiska typu Besshi, c) ložiska typu kuroko. Ložiska kyperského typu jsou spjata s bazickými vulkanity (často charakteru polštářových láv) - jde o akumulace Cu-rud (označovaných jako „Cu-pyrity“, čímž jsou míněny masivní rudy tvořené pyritem a chalkopyritem). Ložiska typu Besshi se vyskytují většinou v asociaci s bazickými vulkanity, některá jsou však spjata s kyselými a intermediárními vulkanity - jde o ložiska rud Cu nebo Cu-Zn. Ložiska typu kuroko jsou prostorově spjata s produkty kyselého vulkanismu - jde o ložiska komplexních rud Cu-Pb-Zn (obr. 14). Rudy ložisek typu Besshi a kuroko mají často ekonomicky významné obsahy Ag a Au.

Příkladem obrovských vulkanosedimentárních ložisek mědi je *Rio Tinto* ve Španělsku (se zásobami 2 mil. tun Cu v převážně monometalických rudách s obsahy 0,7-2,5 % Cu), *Outokumpu* ve Finsku (Cu-rudy), *Flin Flon* v Kanadě (Cu-Zn rudy), *Besshi* v Japonsku (Cu, resp. Cu-Zn rudy) a *Mount Isa* v australském Queenslandu (Cu-Zn-Pb rudy). Monometalické Cu-rudy hydrotermálně sedimentárního původu jsou na ložisku *Tisová* (u Kraslic). Vulkanosedimentární ložiska monometalických Cu-rud jsou součástí zlatohorského revíru (jde o ložiska *Zlaté Hory - Hornické skály* a *Zlaté Hory-jih* - viz stať 3.7.2).



Obr. 14. Schématický řez ložiskem kyzových rud typu kuroko (Vaněček et al. 1995 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - ruda tvořená sfaleritem, galenitem a barytem s proměnlivým množstvím chalkopyritu, tetraedritu a pyritu; 2 - masivní ruda s převahou pyritu a chalkopyritu nad galenitem a sfaleritem; 3 - křemitá ruda s vtroušeným pyritem a chalkopyritem; 4 - sádrovec a anhydrit; 5 - poloha barytu; 6 - sulfidické žíly; 7 - železité rohovce (jaspilitu); 8 - jíl; 9 - nadložní sedimenty a kyselé tufy; 10- ryolity; 11 - vulkanická brekcie; 12 - pyroklastika.

### 3.6.4 Ložiska likvačních Ni-Cu rud

Akumulace rud tohoto typu jsou charakterizovány ve stati 3.4.2.

### 3.6.5 Subvulkanická ložiska rud Cu a Cu-Pb-Zn

Příkladem subvulkanických ložisek Cu-rud jsou ložiska chalkopyrit-enargit-chalkozínové formace v andezitech, v nichž hydrotermální mineralizace tvoří žíly nebo žilníky (např. ložisko *Bor* v Srbsku). K subvulkanickým akumulacím patří i ložiska ryzí mědi u Hořejšího jezera (ve státě Michigan), kde ryzí měď tvoří výplň mandlí v bazaltoidech a impregnace v nadložních konglomerátech. Subvulkanická ložiska Cu-Pb-Zn rud jsou stručně charakterizována ve stati 3.7.4.

### 3.6.6 Plutonická ložiska Cu-rud

Plutonická ložiska Cu-rud mají povahu žil nebo žilníků. Nositelem mědi je chalkopyrit, tetraedrit-tennantit nebo enargit. Hlušinové minerály jsou reprezentovány křemenem, karbonáty (kalcit, dolomit, ankerit, siderit), někdy barytem. Bohatá Cu-mineralizace tohoto typu je v prostoru ložiska porfyrových rud *Butte* ve státě Montana.

## 3.7 Ložiska Pb-Zn

Hlavním ložiskotvorným minerálem olova je galenit  $PbS$ ; lokálně může být významný cerusit  $PbCO_3$ , anglesit  $PbSO_4$ , pyromorfit  $Pb_5(PO_4)_3Cl$ , bournonit  $PbCuSb_3$  nebo boulangerit  $Pb_5Sb_4S_{11}$ . Hlavním minerálem zinku je sfalerit  $ZnS$  a také wurtzit  $ZnS$ . Lokálně může mít průmyslový význam např. smithsonit  $ZnCO_3$ , hemimorfit  $Zn_4[(OH)_2Si_2O_7] \cdot H_2O$  a hydrozinkit  $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$ . Průmyslové typy ložisek Pb-Zn rud: a) stratidependentní teletermální ložiska, b) vulkanosedimentární ložiska, c) plutonická hydrotermální ložiska, d) subvulkanická ložiska.

### 3.7.1 Stratidependentní teletermální ložiska Pb-Zn rud

Stratidependentní teletermální ložiska Pb-Zn rud bývají přítomna ve vápencích (jde o ložiska typu Mississippi Valley). Hydrotermální mineralizace těchto ložisek je tvořena sfaleritem, galenitem, pyritem a markazitem, na některých akumulacích je hojný i chalkopyrit. Rudy mají často ekonomicky významné obsahy stříbra. Minerály hlušiny jsou reprezentovány hlavně křemenem a kalcitem, lokálně barytem. Rudní tělesa jsou zpravidla stratiformní, na některých ložiskách je sulfidické zrudnění přítomno ve výplni krasových dutin nebo na tektonických poruchách. Vápence v prostoru rudních akumulací bývají postiženy dolomitizací, příp. prokřemeněním. V připovrchových partiích ložisek mohou při supergenních pochodech vznikat bohaté rudy Pb, tvořené cerusitem a anglezitem. Zinek pocházející z oxidační zóny se může v okolních vápencích koncentrovat v podobě smithsonitu nebo hemimorfitu. Stratidependentní teletermální ložiska Pb-Zn rud jsou v Polsku (*Bytom* a *Olkusz* v Horním Slezsku), Rakousku (*Bleiberg*), Irsku (*Silvermines*), USA (oblast *Tri State* na území JZ Missouri, SV Oklahomy a JV Kansasu) a v Kanadě (*Pine Point*).

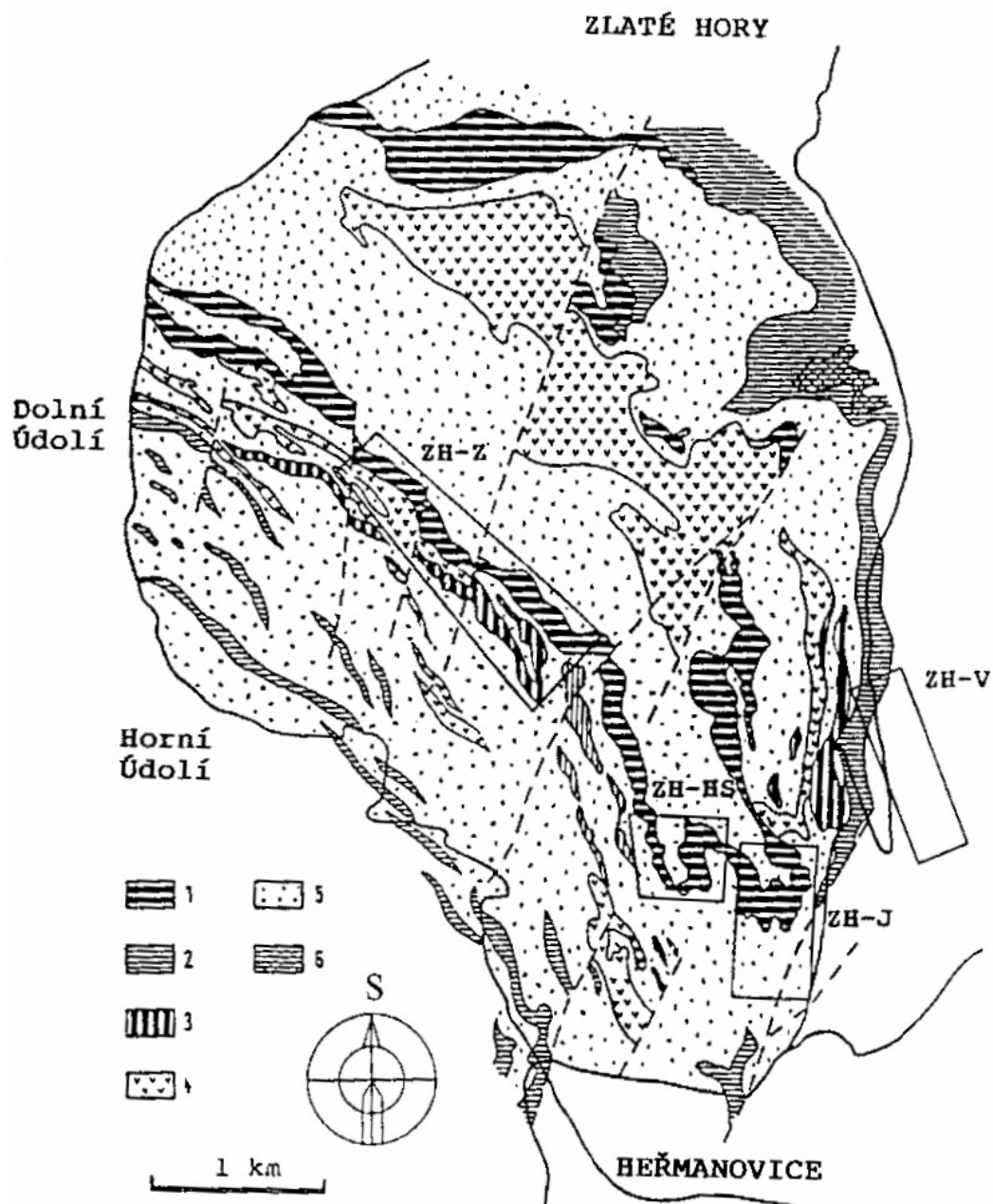
### 3.7.2 Vulkanosedimentární ložiska Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud

Charakter rudních těles a textur rud je obdobný jako u vulkanosedimentárních ložisek rud Cu, Cu-Zn a Cu-Pb-Zn (viz stať 3.6.3). Nejhojnějším rudním minerálem v prostoru ložiska je obvykle pyrit, hlavními užitkovými nerosty jsou sfalerit, galenit, někdy i chalkopyrit, tetraedrit-tennantit nebo ryzí zlato. Minerály hlušiny jsou reprezentovány křemenem, karbonáty (kalcit, dolomit, ankerit) a barytem. Kromě Pb a Zn jsou tato ložiska často také zdrojem Cu, Ag, Au, příp. dalších kovů. Kovnatost masivních Pb-Zn rud dosahuje až 25 % Pb+Zn (zinek obvykle převažuje nad olovem), masivní komplexní rudy Cu-Pb-Zn obsahují zpravidla do 4 % Cu. V případě chudých vtroušeninových rud jsou obsahy uvedených kovů výrazně nižší. Příkladem obrovských ložisek je *Broken Hill* (Nový Jižní Wales, Austrálie - rudy Pb-Zn), *Mount Isa* (Queensland - rudy Cu-Pb-Zn), *Sullivan* (Britská Kolumbie - rudy Cu-Pb-Zn), *Noranda* (Quebec - rudy Cu-Pb-Zn), *Flin Flon* (Manitoba - rudy Cu-Zn), *Rammelsberg* (Německo - rudy Cu-Pb-Zn) a *Meggen* (Německo - rudy Pb-Zn a také baryt v průmyslově významných akumulacích). Příkladem z území ČR je *zlatohorský revír* a další rudní akumulace v sv. části Českého masivu (*Horní Benešov* u Bruntálu, *Oskava* u Rýmařova a stratiformní mineralizace na ložisku *Nová Ves* u Rýmařova - viz stať 3.7.3).

*Zlatohorský revír* leží mezi Zlatými Horami, Heřmanovicemi, Horním Údolím a Dolním Údolím. Geologicky patří k severní části vrbenské skupiny, která má v prostoru zlatohorského revíru anomální stavbu a stratigrafii. Nad tzv. drakovskými kvarcicity je zde mohutný vulkanosedimentární komplex, jenž obsahuje produkty kyselého a bazického vulkanismu. Významným horizontem vulkanosedimentárního komplexu jsou kvarcicity Příčné hory (kromě kvarcicitů sedimentárního původu jsou v tomto horizontu přítomny také metamorfované kyselé vulkanity a jejich tufy). V nadloží kvarcicitů Příčné hory jsou grafitické fylity; nejvyšší část vrstevního sledu vrbenské skupiny tvoří heřmanovické vápence (mramory). Na obr. 15 je silně zjednodušená geologická mapa zlatohorského revíru s vyznačenými hlavními ložisky: Zlaté Hory - západ (ZH-Z), Zlaté Hory - Hornické skály (ZH-HS), Zlaté Hory - jih (ZH-J) a Zlaté Hory - východ (ZH-V). Všechna známá ložiska sulfidických rud a také primární ložiska zlata se nachází v horizontu kvarcicitů Příčné hory nebo v jeho blízkém nadloží nebo podloží. Zrudnění je tvořeno vtroušenými, ojediněle i masivními rudami s převládajícím pyritem a v proměnlivém množství přítomným chalkopyritem, sfaleritem, galenitem a pyrrhotinem; na ložisku ZH-západ je přítomno ryzí zlato, příp. elektrum. Zlato se na zlatohorsku těžilo rýžováním již v 10. a 11. století (druhotné akumulace zlata jsou zde ve fluvialních, proluviálních a zejména glaci-fluviálních sedimentech). Intenzivní těžba primárních ložisek zlata (v prostoru ložiska ZH-západ) začala ve 12. století a udržela se až do 16. století (společně s těžbou z rýžovisek). Během 17.-19. století bylo zlato ve zlatohorském revíru těženo jen v malém rozsahu, příležitostně se zde dobývaly Fe-rudy (magnetitové rudy lahndillského typu) a sulfidické rudy Cu a Pb. V r. 1965 byl otevřen důl na měděné rudy na ložisku ZH-jih, později byly těženy Cu-rudy na ložisku ZH-Hornické skály, Pb-Zn rudy s obsahem Ag na ložisku ZH-východ a nakonec i Au-rudy, společně s rudami Zn na ložisku ZH-západ. Těžba rud na ložiskách zlatohorského revíru byla ukončena v r. 1993.

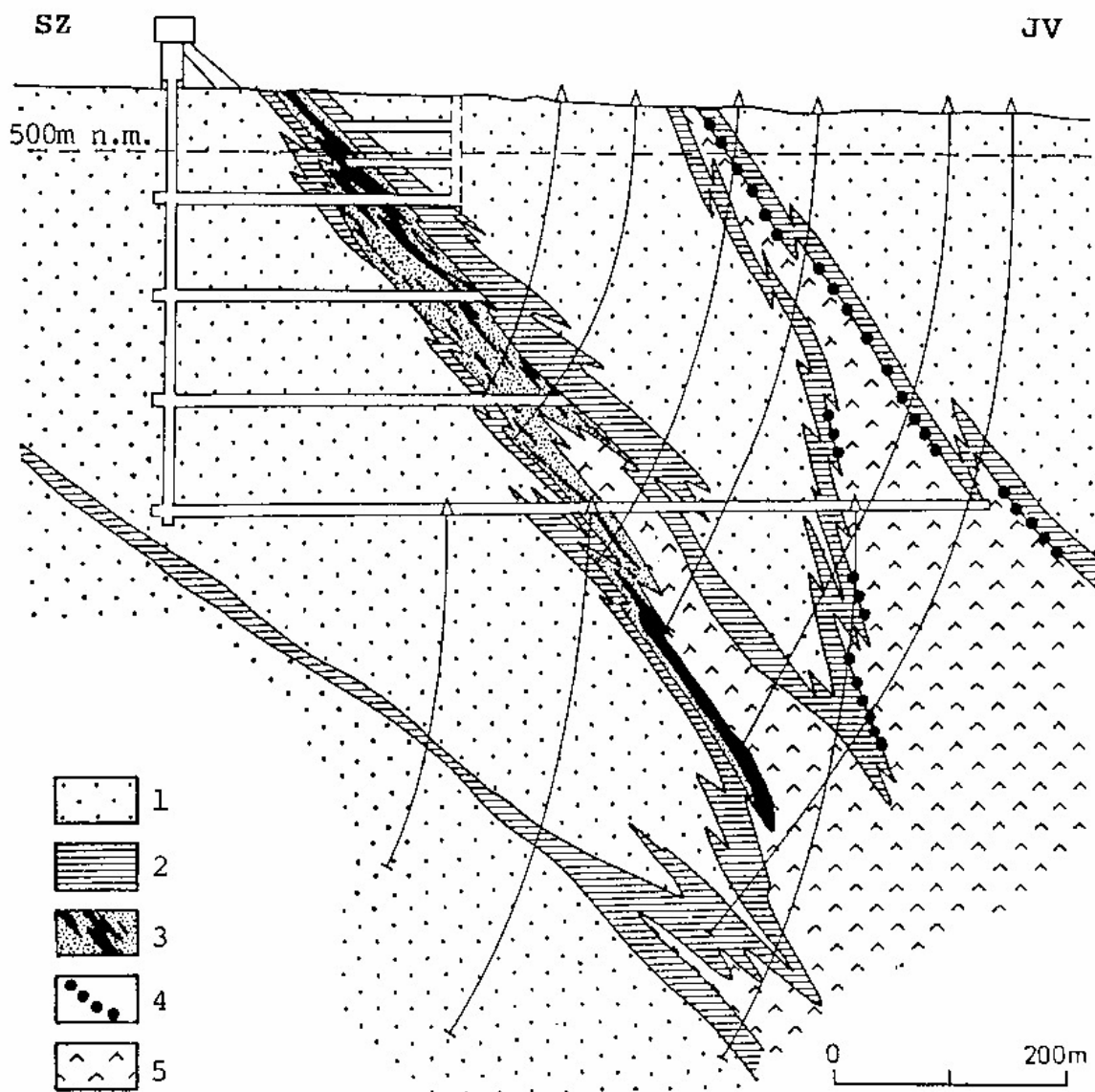
Ložisko *Horní Benešov* (u Bruntálu) je uloženo ve slabě metamorfovaných vulkanosedimentárních devonských horninách šternbersko-hornobenešovské skupiny s komplikovanou vrásovo-šupinovou stavbou (obr. 16). Sulfidická mineralizace je vázána na horizont tvořený sericitickými břidlicemi (které jsou produktem metamorfózy keratofyrových tufů), křemitými horninami nejasné geneze a metamorfovanými křemennými keratofyry (paleoryolity). Rudy mají většinou vtroušeninovou, šmouhovitou, žilníkovitou nebo páskovanou texturu. Hlavními rudními minerály jsou pyrit, sfalerit a galenit. Jedním z hlavních nerudních minerálů je baryt, jenž ve svrchních partiích ložiska tvoří i velké samostatné čočky. Ložisko bylo jako zdroj Ag a Pb těženo již ve 13. století. Na počátku 20. století zde byl krátkodobě těžen baryt; v letech 1964-1992 bylo hornobenešovské ložisko zdrojem relativně chudých Pb-Zn rud s obsahem Ag. Ve východní tektonické šupině se vyskytují i akumulace hydrotermálně sedimentárních železných rud typu Lahn-Dill (viz obr. 16).





Obr. 15. Generalizovaná geologická mapa zlatohorského revíru s vyznačením hlavních ložisek (Kalenda, Grygar 1993 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - kvarcify Příčné hory; 2 - metamorfované pelitické sedimenty (hlavně grafitické fylity); 3 - metamorfované kyselé vulkanity a jejich tufy; 4 - metamorfované bazické vulkanity a jejich tufy; 5 - metamorfované aleuritické a psamitické sedimenty (chlorit-muskovitické a muskovit-chloritické břidlice, lokálně kvarcitické; 6 - mramory.



Obr. 16. Řez vulkanosedimentárním ložiskem Pb-Zn rud Horní Benešov  
(Vaněček et al. 1995 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - spodnokarbonské (kulmské) sedimenty; 2 - svrchnodevonské břidlice;  
3 - rudonosný horizont (bohaté rudní akumulace znázorněny černě); 4 - schématické znázornění  
pozice těles železných rud typu Lahn-Dill; 5 - horniny spilit-keratofyrové formace.

### 3.7.3 Plutonická ložiska Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud

Plutonická ložiska Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud jsou buď žilného typu nebo jde (méně často) o metasomatická tělesa. Rudní minerály jsou zastoupeny hlavně galenitem, sfaleritem (a někdy i wurtzitem), pyritem, pyrhotinem, chalkopyritem a tetraedritem-tennantitem. Na složení žiloviny se podílí různou měrou hlavně křemen a karbonáty (kalcit, dolomit-ankerit, siderit), někdy je hojný baryt. K významným metasomatickým ložiskům patří např. *Leadville* (Colorado) a *Broken Hill* (Zambie). Plutonická hydrotermální ložiska Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud žilného typu jsou hojná na území Českého masivu. Příkladem jsou některá z ložisek příbramského rudního rajónu (*Březové Hory*, *Bohutín*, *Vrančice*) a ložiska kutnohorského revíru (*Kutná Hora*, *Kaňk*).

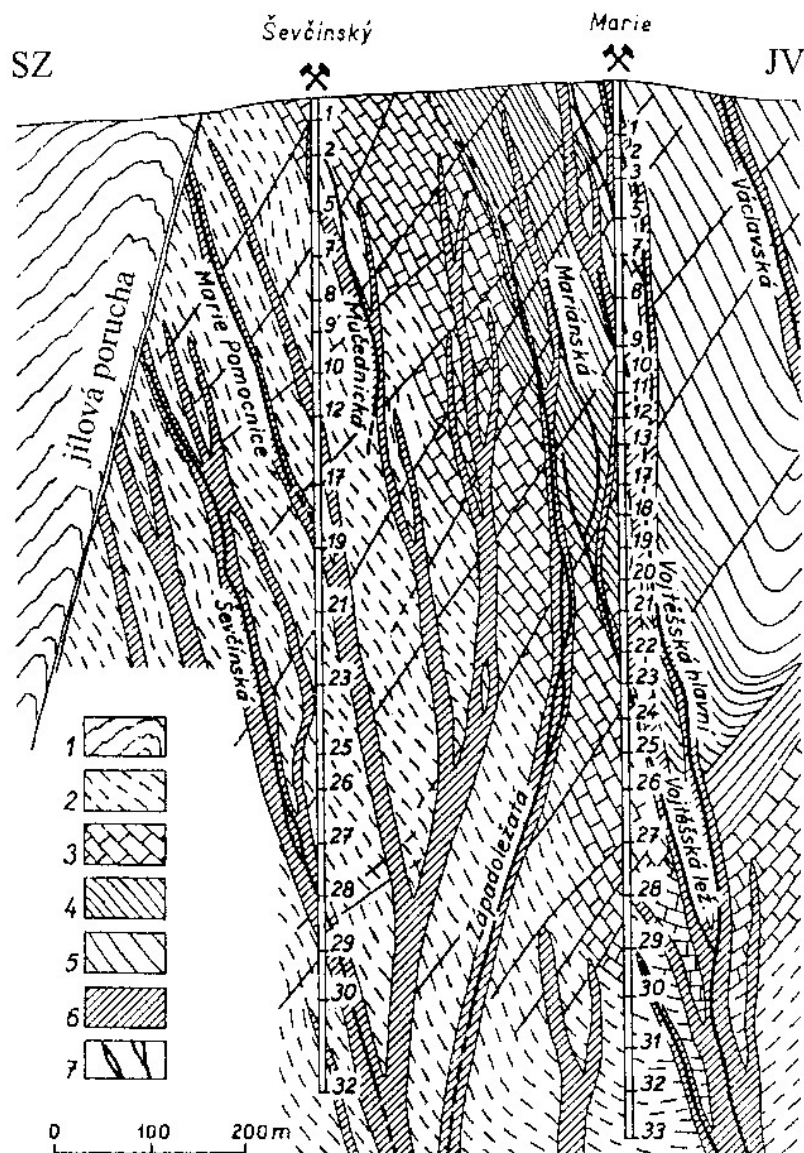
Méně významná ložiska jsou v okolí Stříbra, Havlíčkova Brodu a Jihlavy; níže je charakterizováno žilné zrudnění na ložisku *Nová Ves* u Rýmařova. Vedle Pb, Zn a příp. Cu jsou ložiska tohoto typu důležitým zdrojem Ag, příp. i dalších kovů (v minulosti byla výše uvedená ložiska hospodářsky významná hlavně díky vysokým koncentracím stříbra, a to jak v primární rudě, tak zejména v cementační zóně).

*Příbramský rudní rajón* je lokalizován podél severozápadního kontaktu granitoidů středočeského plutonu se svrchnoproterozoickými a kambrickými horninami. Součástí příbramského rudního rajónu jsou zejména ložiska *Březové Hory* (Pb-Zn mineralizace), *Bohutín* (Pb-Zn-Sb), *Vrančice* (Pb-Zn-Cu) a také hydrotermální uranová ložiska žilného typu (viz stať 3.17.3).

Ložisko *Březové Hory* leží ve stejnojmenné západní části města Příbram. Rudní žíly březohorského ložiska jsou vázány převážně na kambrické sedimenty (droby, pískovce, slepence) příbramské synklinály, které jsou hustě pronikány horninovými žilami (diabasy, resp. dolerity) směru S-J. Ložisko je v těsné blízkosti významné dislokace směru SV-JZ (se sklonem 70° k SZ), která je tradičně označována jako „žilová porucha“ nebo častěji „žilová rozsedlina“ (podél ní došlo k přesunutí proterozoika přes synklinální strukturu kambrického souvrství). Část rudních žil proniká za tuto poruchu do hornin svrchního proterozoika v tektonickém nadloží. Hlavní rudní žíly březohorského ložiska sledují průběh horninových žil (obr. 17). Na svrchních patrech je ložisko tvořeno složitou sítí žil, která se směrem do hloubky postupně redukuje na 5-6 hlavních žil a geologická stavba ložiska se tak v hloubce zjednodušuje. Nejvýznamnější žilou je *Vojtěšská hlavní žíla* o mocnosti obvykle 1-2 m (max. až 6 m), která byla otevřena do hloubky 1580 m (41. patro) a na vzdálenost 3,6 km. Pro žíly březohorského ložiska je charakteristická páskovaná a drúzovitá textura; zejména v hlubších partiích žil byl jejich významnou stavební jednotkou tzv. krušek (tj. křemen s jemně vtroušenými sulfidy). V žilovině převažuje křemen, siderit, ankerit, dolomit, kalcit, místy je hojný baryt, z rudních minerálů dominuje galenit a sfalerit, provázený např. pyritem, markazitem, chalkopyritem, Pb-sulfosolemi (boulangerit, bournonit) a tetradritem. Pro ložisko je charakteristická pestrá asociace Ag-minerálů, které jsou buď primární složkou rud nebo jsou produktem supergenních procesů. K hlavním nositelům stříbra na březohorském ložisku patří jak minerály stříbra (ryzí stříbro, argentit, sulfoantimonidy Ag a další), tak i stříbronosné sulfidické minerály (galenit, sfalerit, bournonit nebo boulangerit s mikroskopickými vrostlicemi Ag-minerálů). Ložisko Březové Hory bylo největším ložiskem stříbra a olova v Českém masivu (na ložisku bylo vytěženo celkem 18,1 mil. tun rudy s 3439 t Ag a 415888 t Pb). První písemný doklad o báňské činnosti na ložisku Březové Hory je z r. 1311. Rozkvět báňského podnikání zde nastává až v 2. polovině 18. století. V 19. století bylo ložisko Březové Hory společně s ložiskem *Bohutín* hlavním producentem obou kovů ve střední Evropě. Těžba na ložisku Březové Hory byla ukončena v r. 1978. Rudy zde těžené ve 20. století měly kovnatost 1,6-5,2 % Pb, 1-2 % Zn a 77-486 g/t Ag.

Na ložisku *Bohutín* (sz. od Příbrami) pronikají rudní žíly bohutínským křemenným dioritem a (podobně jako na Březových Horách) podél diabasových žil v kambrických sedimentech. Žilovina je tvořena hlavně křemenem a karbonáty (siderit, ankerit, kalcit, dolomit), místy je přítomen baryt. Z rudních minerálů dominuje galenit (stříbronosný) a sfalerit; na jedné ze žil byl hojně přítomen antimonit.

Rudní žíly ložiska *Vrančice* (jjv. od Příbrami) pronikají granitoidy středočeského plutonu (v menší míře i diority a gabry). V žilovině převažují karbonáty nad křemenem a barytem. Rudní minerály jsou zastoupeny hlavně sfaleritem, galenitem, chalkopyritem, tetradritem a také chalkozinem; přítomny jsou zde i Ag-minerály.



Obr. 17. Vertikální řez ložiskem Pb-Zn rud Březové Hory  
(Bernard, Rösler, Baumann 1967 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - svrchní proterozoikum; 2-5 - kambrické břidlice, slepence a droby; 2 - sádecko-bohutínské vrstvy, 3 - třemošské slepence, 4 - jinecké břidlice, 5 - březohorské droby; 6 - žíly paleobazaltů; 7 - rudní žíly.

Kutnohorský revír leží v kutnohorském krystaliniku, které je v prostoru revíru tvořeno hlavně kouřimskými ortorulami a biotitickými pararulami (částečně migmatizovanými). Hydrotermální mineralizace se sulfidickým zrudněním je vázána hlavně na strmé puklinové zóny směru S-J, místy směru SSV-JJZ a SV-JZ. Délka mineralizovaných zón (pásem) je až 2,6 km. Mocnost žilných pásem (rudních brekcí a impregnací) je zpravidla několik metrů (mocnost samotné žiloviny je zpravidla do 0,5 m). Hydrotermální nerudní minerály jsou zastoupeny hlavně křemenem, místy jsou hojné karbonáty (dolomit, kalcit, siderit a také kutnohorit). Z rudních minerálů převažuje pyrit, arzenopyrit, pyrhotin a sfalerit, méně hojný je galenit a Ag-tetraedrit. Lokálně je ve zvýšených koncentracích přítomen chalkopyrit a stanin. Povrchová těžba rud v kutnohorském revíru začala snad již v 10. století. Ve 13. a 14. století produkce ze zdejších ložisek představovala až 90 % těžby stříbra v českých zemích. Naposledy byla ložiska kutnohorského revíru těžena v letech 1958-1992 (v tomto období byly zdejší rudy zdrojem Zn, Pb, Ag, Cd a In).

Rudní žíly na ložisku *Nová Ves* (u Rýmařova) pronikají epizonálně metamorfovanými horninami vulkanosedimentárního komplexu, který je součástí vrbenské skupiny - v prostoru ložiska jde hlavně o grafitické fylity, kvarcitty a sericitické břidlice (sericitické břidlice jsou produktem metamorfózy keratofyrových tufů). Mocnost těžených žil byla v průměru kolem 1 m. Žíly jsou tvořeny karbonáty (hlavně sideritem), křemenem a sulfidy, zastoupenými hlavně sfaleritem, méně galenitem, pyritem a chalkopyritem. S delšími přestávkami zde probíhala těžba rud od středověku (tehdy bylo ložisko zdrojem Ag) až do r. 1959; v posledním období těžby v letech 1954-1959 byly dobývány rudy s obsahem 6-9 % Pb, 5-11 % Zn a kolem 100 g/t Ag. V prostoru historického ložiska s popsanou hydrotermální mineralizací žilného typu byly vrtným průzkumem zjištěny stratiformní polohy sulfidického vtroušeninového zrudnění (hydrotermálně sedimentárního původu) - toto zrudnění je tvořeno především pyritem, sfaleritem a galenitem, méně chalkopyritem, v akcosorickém množství je přítomen baryt. Je možné, že hydrotermální žíly novoveského ložiska vznikly metamorfní remobilizací staršího stratiformního zrudnění.

### 3.7.4 Subvulkanická ložiska Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud

Subvulkanická ložiska Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud (často s ekonomicky významnými obsahy Ag a Au) se vyskytují ve formě žil a žilníků nebo (méně často) metasomatických těles ve vulkanogenních komplexech andezit-dacit-ryolitové povahy. Rudní minerály jsou reprezentovány sfaleritem, galenitem, chalkopyritem, pyritem (často zlatonosným) a také ryzím zlatem. Z hlušinových minerálů je přítomen hlavně křemen společně s karbonáty, lokálně je hojný baryt. Příkladem jsou ložiska *Banská Štiavnica* (Slovensko), *Baia Mare* a *Baia Sprie* (Rumunsko) nebo obrovská ložiska v Mexiku a Peru.

## 3.8 Ložiska Sb

Hlavním ložiskotvorným minerálem antimonu je antimonit  $Sb_2S_3$ , lokální význam má tetraedrit  $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ , kermezit  $Sb_2S_2O$ , valentinit  $Sb_2O_3$ , senarmontit  $Sb_2O_3$  a stibiconit  $Sb^{3+}Sb^{5+}_2O_6(OH)$ . Průmyslové typy ložisek Sb-rud: a) stratidependentní teletermální ložiska, b) plutonická ložiska.

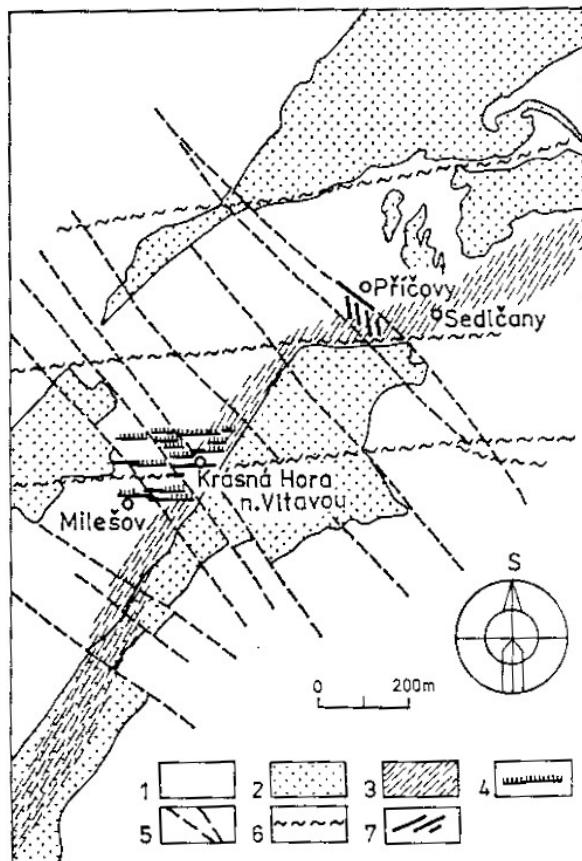
### 3.8.1 Stratidependentní teletermální ložiska Sb-rud

Stratidependentní teletermální ložiska antimonitu jsou nejčastěji přítomna v karbonátových horninách nebo pískovcích. Na některých akumulacích je antimonit provázen pyritem, cinabaritem (i v ekonomicky významných koncentracích), příp. dalšími sulfidy. Příkladem jsou obrovská ložiska v jižní Číně, obzvláště v provincii Hunan (ložisko *Sikuang-shan*).

### 3.8.2 Plutonická ložiska Sb-rud

Plutonická ložiska antimonu jsou tvořena křemennými žilami s antimonitem, jenž je na některých akumulacích provázen sulfidy Pb-Zn, příp. zlatem. V ČR se křemenné žíly s antimonitem a ryzím zlatem vyskytují na Sedlčansku (*Krásná Hora nad Vltavou*, *Milešov*, *Příčovy*). Antimonit v asociaci se sulfidy Pb a Zn je přítomen na některých žilách příbramského rudního rajónu (na ložisku *Bohutín* - viz stat' 3.7.3).

Ložiska *Milešov* a *Krásná Hora* leží při kontaktu granitoidů středočeského plutonu s metamorfovaným ostrovem sedlčansko-krásnohorským (obr. 18). V prostoru milešovsko-krásnohorského revíru probíhá tektonicky mobilní zóna východozápadního směru, podél níž vystoupily roje lamprofyrových žil a později stejných dislokací využily k výstupu i hydrotermální roztoky. Hydrotermální mineralizace se vyskytuje hlavně na křížení zmíněných dislokací směru V-Z s poruchami směru SZ-JV. Hlavním hydrotermálním minerálem je křemen, jenž je provázen antimonitem a malým množstvím pyritu. Lokálně je přítomno ryzí zlato; část Au je vázána na aurostibit ( $AuSb_2$ ). Těžba zlata v revíru probíhala od 12. století, v 19. a 20. století byla zdejší ložiska zdrojem antimonu a zlata.



Obr. 18. Sb-Au zrudnění mezi Milešovem, Krásnou Horou nad Vltavou a Sedlčany  
(Bernard, Pouba et al. 1986 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - granitoidy středočeského plutonu; 2 - jílovské pásmo a metamorfované ostrovy;  
3 - pásmo zvýšeného obsahu Au; 4 - lamprofyrové žíly; 5 - tektonické poruchy směru SZ-JV;  
6 - tektonické poruchy směru V-Z; 7 - hydrotermální Au-Sb mineralizace.

### 3.9 Ložiska Hg

Hlavními ložiskotvornými minerály rtuti jsou cinabarit HgS, ryzí rtuť a také schwartzit (tj. Hg-tetraedrit). Průmyslové typy ložisek Hg-rud: a) stratidependentní teletermální ložiska, b) subvulkanická ložiska, c) plutonická ložiska.

#### 3.9.1 Stratidependentní teletermální ložiska Hg-rud

Stratidependentní teletermální akumulace rtuti se vytvořily nejčastěji v pískovcích nebo karbonátových horninách. Jejich hlavním rudním minerálem je cinabarit, někdy provázený antimonitem, realgarem, auripigmentem, příp. dalšími sulfidy. Repräsentantem je ložisko *Almaden* v pohoří Sierra Madre ve Španělsku, vázané na polohy ordovických kvarcitů (jde o gigantické ložisko Hg-rud, největší na světě). K tomu typu ložisek dále patří *Idrija* (ve Slovinsku) a také *New Almaden* a *New Idrija* (obě v Kalifornii). Několik ložiskových akumulací bylo v minulosti těženo i na Slovensku (např. *Malachov* u Banské Bystrice).

### 3.9.2 Subvulkanická ložiska Hg-rud

Subvulkanická ložiska rtuti jsou spjata s kyselými a intermediárními neovulkanity. Hlavním rudním minerálem je cinabarit, jenž je zpravidla provázen pestrou asociací dalších rudních minerálů (ryzí rtuť, realgar, auripigment, antimonit, markazit, pyrit, sfalerit, chalkopyrit nebo ryzí zlato). Ložiska jsou v mediteránním pásmu (např. *Monte Amiata* v Itálii) a zejména v cirkumpacifickém pásmu (v Kalifornii, Texasu, Mexiku, Peru, Chile, Japonsku, na Kurilských ostrovech a Sachalinu).

### 3.9.3 Plutonická ložiska Hg-rud

Plutonická ložiska rtuti mají povahu žil tvořených křemenem, karbonáty (siderit, ankerit) a barytem. Rtuť je vázána na cinabarit nebo Hg-tetraedrit (tzv. schwartzit). Příkladem je ložisko *Rudňany* u Spišské Nové Vsi na Slovensku.

## 3.10 Ložiska Sn

Hlavním ložiskotvorným minerálem cínu je kasiterit  $\text{SnO}_2$ , lokálně je významný stanin  $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ . Průmyslové typy ložisek cínu: a) rýžoviska, b) subvulkanická ložiska, c) plutonická ložiska, d) greisenová ložiska, e) vulkanosedimentární ložiska, f) pegmatitová ložiska.

### 3.10.1 Rýžoviska Sn-rud

Jako průmyslový zdroj Sn-rud jsou významná hlavně příbřežní mořská rýžoviska, méně rýžoviska eluviální, deluviální a aluviální. Užitečnou složkou je kasiterit, jenž bývá provázen dalšími těžkými minerály, které mohou být ekomonicky zajímavým vedlejším produktem při zpracování vytěžené suroviny (např. wolframit, ilmenit, zirkon, minerály Ta, Nb a TR). Primárním zdrojem kasiteritu přítomného na rýžoviskách mohou být greiseny, subvulkanická ložiska kasiteritu, cínonosné skarny, cínonosné pegmatity nebo i akumulace jiných genetických typů. Nejvýznamnější rýžoviska kasiteritu jsou v jv. Asii, hlavně na území Malajsie, Indonésie, Thajska a také Barmy a Číny. Velká rýžoviska kasiteritu má i Nigerie, Konžská demokratická republika, Brazílie (stát Minas Gerais) a Rusko (např. v Jakutsku a na Čukotce). Malá aluviální rýžoviska kasiteritu jsou v Krušných horách (*Krupka*) a Slavkovském lese (*Horní Slavkov*).

### 3.10.2 Subvulkanická ložiska Sn-rud

Subvulkanická ložiska Sn-rud mají žilný charakter nebo je jejich zrudnění žilníkovité, příp. vtroušeninové. Vyskytují se v komplexech intermediárních a kyselých vulkanitů. Rudy jsou tvořeny kasiteritem, staninem, arzenopyritem, sulfidy a sulfosolemi Sn, Bi a Ag. Významná ložiska jsou v Bolívii (*Potosí*).

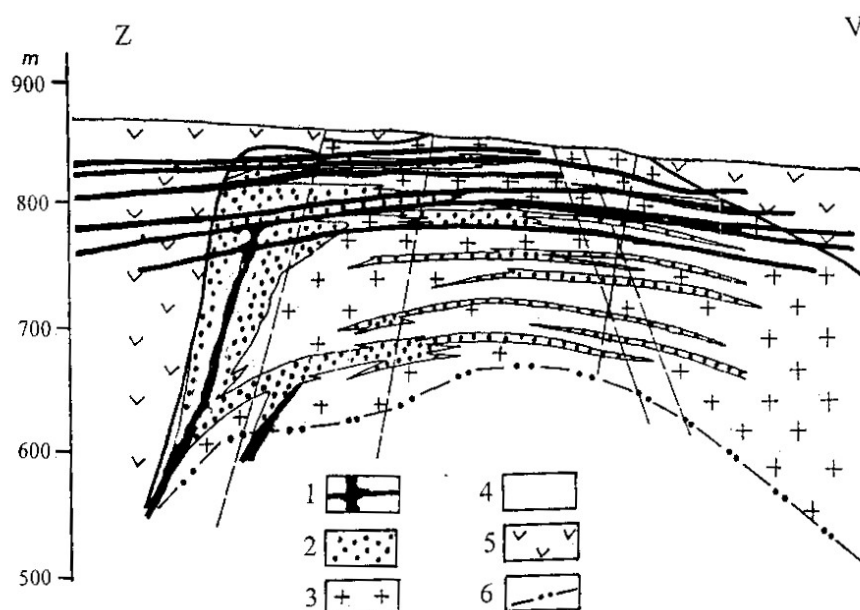
### 3.10.3 Plutonická ložiska Sn-rud

Plutonická ložiska Sn-rud jsou spjata s granitoidními intruzemi. Přímo v nich nebo v jejich bezprostředním okolí je přítomna hydrotermální mineralizace v podobě žil (příp. žilníků). Jde např. o křemen-turmalínové žily s kasiteritem, jenž je často provázen wolframitem a sulfidy (mineralizace tohoto typu je např. v Cornwallu v jz. Anglii).

### 3.10.4 Greisenová ložiska Sn-W rud

Greisenová ložiska Sn-W rud se vyskytují ve vrcholových partiích granitoidních intruzí a také v jejich exokontaktu. Mineralizace je provázána greisenizací okolních hornin. Rudní tělesa mají charakter žil nebo žilníků; na některých ložiskách jde o tělesa greisenových metasomatitů s vtroušeninovým zrudněním. Rudní mineralizace je tvořena hlavně kasiteritem, wolframitem, Li-slídami (cinvaldit), molybdenitem a scheelitem. Nerudní minerály jsou zastoupeny zejména křemenem, živci, topazem, fluoritem a apatitem. Greisenová ložiska Sn-rud se vyskytují v typické podobě v evropských variscidách (Cornwall, Iberská Meseta, Armorický masiv, Český masiv). Klasickým příkladem je krušnohorská oblast s ložisky *Altenberg* a *Ehrenfriedersdorf* v Německu, *Cínovec* a *Krupka* na Teplicku. Rudonosné greiseny jsou také na ložisku *Krásno* u Horního Slavkova ve Slavkovském lese.

Ložisko *Cínovec* leží ve vrcholové části Krušných hor. Státní hranicí je rozděleno mezi ČR a Německo - větší část je na našem území, menší na území Německa (zde jde o *Zinnwald*). Cínovecké ložisko je vázáno na vrcholovou část intruze granitu v tělese teplického ryolitu. Granit je postižen greisenizací, K-živcovou metasomatózou, albitizací a dalšími hydrotermálními přeměnami. Ložisko je tvořeno žilami složenými z křemene, cinvalditu, K-živce, topazu, fluoritu a jílových minerálů; rudní minerály jsou zastoupeny hlavně kasiteritem, wolframitem a scheelitem. Horniny v okolí žil jsou greisenizované. Kromě žil provázených greisenizací jsou na ložisku přítomny greisenové čočky, které jsou prostorově nezávislé na průběhu žil. Zatímco žíly mají zhruba stejné zastoupení kasiteritu a wolframitu, v greisenech výrazně převažuje kasiterit nad wolframitem. Ložisko bylo těženo již ve 14. století; k ukončení těžby na našem území došlo v r. 1978. Řez ložiskem je na obr. 19.



Obr. 19. Vertikální řez greisenovým ložiskem Cínovec

Vysvětlivky: 1 - žilné greiseny; 2 - zóny greisenizace; 3 - albitický lithný granit; 4 - biotitický granit; 5 - teplický křemenný porfyr (paleoryolit); 6 - hranice mezi nealterovaným a alterovaným granitem.

### 3.10.5 Vulkanosedimentární sulfidická ložiska s příměsí Sn

Některá sulfidická vulkanosedimentární ložiska mohou obsahovat zvýšenou koncentraci Sn-minerálů, reprezentovaných kasiteritem, staninem, příp. cínonosným tetraedritem. Příkladem je kanadské ložisko Cu-Pb-Zn rud *Kidd Creek*. Vtroušeninové zrudnění tvořené kasiteritem, pyritem, pyrhotinem, chalkopyritem a arzenopyritem je ve svorových fylitech v pruhu *Gieryn - Nové Město pod Smrkem* (v Jizerských horách).



### 3.10.6 Cínonosné pegmatity

Cínonosné pegmatity (Sn-pegmatity) jsou obvykle spjaty s granitoidními masivy (pegmatitové žíly se vyskytují v okolí i uvnitř těchto masivů). Cínonosná jsou zpravidla pegmatitová tělesa silně postižená metasomatickými procesy (albitizací, Li-metasomatózou). Cín je přítomen v podobě kasiteritu. Sn-pegmatity jsou např. v Kanadě a Konžské demokratické republice. U nás byly lokálně zvýšené koncentrace kasiteritu v lithném pegmatitu u obce *Rožná* (viz kapitola 2.2).

## 3.11 Ložiska W

Hlavními ložiskotvornými minerály wolframu jsou wolframit  $(\text{Mn,Fe})\text{WO}_4$  a scheelit  $\text{CaWO}_4$ . Průmyslové typy ložisek wolframu: a) kontaktně metasomatická ložiska, b) plutonická ložiska, c) stratiformní ložiska, d) greisenová ložiska.

### 3.11.1 Kontaktně metasomatická ložiska W-rud

Kontaktně metasomatická ložiska W-rud se vyskytují nejčastěji na kontaktu karbonátových hornin a granitoidních intruzí. Rudní tělesa jsou vyvinuta obvykle na exokontaktech. Ruda petrograficky obvykle odpovídá granát-pyroxenickému skarnu (v případě granátu jde o grossular, v pyroxenu převažuje diopsidová složka). Hlavním rudním minerálem je scheelit, někdy provázený kasiteritem nebo i wolframitem, molybdenitem a dalšími sulfidy, příp. i ryzím zlatem. Rudní minerály tvoří ve skarnu vtroušeniny nebo drobné žilky. Významná ložiska jsou např. na Velkém Kavkazu (*Tyrny-auz*) a v Číně (v provincii Hunan).

### 3.11.2 Plutonická ložiska W-rud

Plutonická ložiska W-rud mají povahu žil nebo žilníků v prostoru granitoidních intruzí. Často jde o křemenné žíly s wolframitem a také kasiteritem, sulfidy Fe, Cu, Pb, Zn, turmalínem, topazem, fluoritem, živci a dalšími minerály (např. ložisko *South Crofty* v anglickém Cornwallu). Na některých ložiskách je hlavní užitkovou složkou scheelit (např. *Boguty* v Kazachstánu).

### 3.11.3 Stratiformní ložiska W-rud

Stratiformní ložiska W-rud se vyskytují zpravidla v regionálně metamorfovaných vulkanosedimentárních komplexech. Užitkovou složkou je scheelit, jenž bývá přítomen v podobě vtroušenin, žilek nebo pásků (tvořených např. křemenem, živcem a scheelitem) v různých typech metamorfitů (pararuly, amfibolity, erlany, mramory, kvarcity). Příkladem je rakouské ložisko *Mittersill*. Na území ČR se stratiformní scheelitová mineralizace (resp. zrudnění scheelit+zlato) vyskytuje v horninách pestré skupiny moldanubika (např. *Kašperské Hory* nebo drobné rudní akumulace na Humpolecku).

### 3.11.4 Greisenová ložiska Sn-W rud

Ložiska tohoto typu jsou charakterizována ve stati 3.10.4.

### 3.12 Ložiska Mo

Hlavním ložiskotvorným minerálem molybdenu je molybdenit  $\text{MoS}_2$ , lokálně je významný tzv. „molybdoscheelit“  $\text{Ca}(\text{W},\text{Mo})\text{O}_4$ , powellit  $\text{CaMoO}_4$  a wulfenit  $\text{PbMoO}_4$ . Průmyslové typy ložisek molybdenu: a) ložiska porfyrových rud Mo, resp. Cu-Mo, b) žilná hydrotermální ložiska, c) greisenová ložiska.

#### 3.12.1 Ložiska porfyrových rud Mo a Cu-Mo

Ve stati 3.6.1 je uvedena stručná charakteristika porfyrových Cu-rud. Ložiska porfyrových Mo a Cu-Mo rud jsou jejich obdobou. Nositelem Mo je molybdenit, jenž je přítomen na drobných křemenných žilkách, které síťovitě prostupují hydrotermálně alterovanými horninami. Molybdenit je provázen pyritem, chalkopyritem, méně magnetitem, hematitem, bornitem, sfaleritem a galenitem. Kovnatost rud je relativně nízká, jejich zásoby však bývají obrovské. Příkladem jsou největší ložiska Mo na světě: *Climax* (s 2 mil. tun Mo v rudách s průměrným obsahem 0,33 %) a *Henderson* (obě ve státě Colorado, USA).

#### 3.12.2 Hydrotermální žilná ložiska Mo-rud

Reprezentantem této skupiny ložisek jsou křemenné žíly s molybdenitem. Často provázejí ložiska Mo a Cu-Mo rud porfyrového typu nebo jsou v masivech granitů (někdy v prostorovém sepětí s greisenovými ložisky Sn-W rud). Významná ložiska jsou v jižním Norsku.

#### 3.12.3 Greisenová ložiska Mo-rud

Greisenová ložiska Mo-rud jsou vázána na apikální části granitových masivů, přičemž největší akumulace bývají v exokontaktu bezprostředně nad vrcholem granitové kopule. Rudní tělesa mají povahu žil, žilníků nebo greisenizovaných zón. Hlavními rudními minerály jsou zpravidla molybdenit a wolframit, jež jsou provázeny např. kasiteritem, pyritem a sulfidy Cu, Pb, Zn.

Velká ložiska tohoto typu jsou v Kazachstánu.

### 3.13 Ložiska Al

Hlavním průmyslovým zdrojem hliníku jsou bauxity (tj. sedimenty ze skupiny allitů). Dominantní složkou bauxitů jsou oxy-hydroxidy hliníku - jde o minerály boehmit (resp. böhmit)  $\gamma\text{-AlOOH}$ , diaspor  $\alpha\text{-AlOOH}$  a gibbsit  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; ve variabilním množství jsou v bauxitech přítomny oxidy a oxy-hydroxidy Fe (reprezentované goethitem a hematitem), jílové minerály a další složky. Existují dva hlavní průmyslové typy bauxitových ložisek: a) lateritické bauxity, b) bauxity mediteránního typu.

Na výrobu hliníku jsou stále více využívány nebauxitické suroviny. Jde především o nefelin  $(\text{Na},\text{K})[\text{AlSiO}_4]$ , jehož zdrojem jsou např. nefelinické syenity a hystermagmatické akumulace nefelin-apatitových rud, které jsou těženy v Rusku na Kolském poloostrově. Lokální význam jako zdroj hliníku mají ložiska alunitu  $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ , která vznikají hydrotermální alterací vulkanitů.

### 3.13.1 Ložiska lateritických bauxitů

Akumulace lateritických bauxitů jsou součástí zvětralinového pláště v nadloží různých alumosilikátových hornin (jílů, jílových břidlic, bazaltů...), jejichž zvětráváním se vytvořily. Některé akumulace vznikly redepozicí (přeplavením a opětným uložením) produktů lateritického zvětrávání do přilehlých depresí. Mocnost ložisek lateritických bauxitů bývá 2-15 m, v případě velkých ložisek až 30 m. Největší ložiska jsou v severní a západní části Austrálie (ložisko *Weipa* v Queenslandu a *Gove* v Severním teritoriu). Velké zásoby těchto rud má Guinea, Kamerun, Ghana, Sierra Leone, Burkina Fasso, Brazílie, Surinam, USA (stát Arkansas), Indonésie a Indie.

### 3.13.2 Ložiska bauxitů mediteránního typu

Bauxity mediteránního typu se často označují jako krasové bauxity, příp. Ca-bauxity. Jejich geneze je vysvětlována různě, a to často i v rámci jednoho ložiska. V některých případech jde o akumulace terra rossy, jež se vytvořila zvětráváním karbonátových hornin s příměsí jílových minerálů, nebo jsou bauxity mediteránního typu považovány za produkt tropického zvětrávání různých klastických sedimentů, které byly naplaveny na zkrasovatělé karbonátové horniny. Někdy je vznik bauxitů mediteránního typu vysvětlován redepozicí lateritických bauxitů. Vzhledem k tomu, že bauxity mediteránního typu vyplňují deprese v krasových oblastech (např. s hlubokými závrti), je tvar jejich těles velmi nepravidelný. Velká ložiska bauxitů tohoto typu jsou na Jamajce a také v mediteránním pásmu (v jižní Francii, Chorvatsku, Černé Hoře, Bosně, Hercegovině, Řecku a také Maďarsku).

## 3.14 Ložiska Ag

Na ložiskách těžených v současnosti je hlavním koncentrátorem stříbra galenit, tetraedrit, příp. chalkopyrit (v uvedených minerálech je Ag přítomno jako diadochní příměs). Lokálně má průmyslový význam ryzí stříbro a někdy argentit  $\text{Ag}_2\text{S}$ , akantit  $\text{Ag}_2\text{S}$ , proustit  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ , pyrargyrit  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ , stefanit  $\text{Ag}_5\text{SbS}_4$  a polybazit  $(\text{Ag,Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$ . Průmyslové typy ložisek stříbra: a) subvulkanická ložiska, b) plutonická ložiska, c) vulkanosedimentární ložiska, d) stratidependentní teletermální ložiska, e) mědinosné pískovce a jílovce (a stříbrnosné pískovce).

### 3.14.1 Subvulkanická ložiska Ag

Subvulkanická ložiska s ekonomicky významnými koncentracemi stříbra se vyskytují ve vulkanických a vulkanosedimentárních komplexech tvořených andezity, ryolity, dacity a jim odpovídajícími pyroklastiky. Ložisková tělesa jsou žilného nebo žilníkového typu, méně často jde o metasomatická tělesa. Stříbro bývá přítomno na subvulkanických ložiskách Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud (viz stať 3.7.4) nebo na ložiskách tzv. bolivijské formace (viz stať 2.6.2). Vysoké obsahy stříbra jsou ve formacích Ag-Au a Au-Ag, které jsou např. v americké části cirkumpacifického vulkanického pásma (hlavně v Mexiku). Stříbro a zlato se na těchto ložiskách vyskytují v ryzí formě. Stříbro je však z velké části vázáno také na sulfidy (např. argentit), lokálně jsou přítomny i teluridy Ag a Au.

### 3.14.2 Plutonická ložiska Ag

Primární rudy některých formací obsahují tak vysoké koncentrace stříbra, že tento kov může být jejich ekonomicky nejvýznamnější složkou (příkladem je pětiprvková formace,

reprezentovaná ložiskem *Jáchymov* - viz stať 3.17.3). V případě formací Pb-Zn nebo Cu-Pb-Zn mohou být zvýšené obsahy stříbra již v primární rudě nebo může dojít k akumulaci stříbra v cementační zóně ložisek (např. *příbramský rudní rajón* nebo *kutnohorský revír* - viz stať 3.7.3).

### 3.14.3 Vulkanosedimentární ložiska Ag

Sulfidické rudy vulkanosedimentárních ložisek zinku, olova a mědi často obsahují relativně vysoké koncentrace stříbra, které je pak vedlejším produktem při zpracování těchto rud. Příkladem jsou ložiska *Sullivan*, *Flin Flon* a *Kidd Creek* v Kanadě, *Mt. Isa* a *Broken Hill* v Austrálii. U nás jsou zvýšené koncentrace Ag v některých sulfidických akumulacích zlatohorského revíru (např. *Zlaté Hory-východ*) a na ložisku *Horní Benešov* (viz stať 3.7.2).

### 3.14.4 Stratidependentní teletermální ložiska Ag

V hydrotermální mineralizaci stratidependentních teletermálních ložisek Pb-Zn rud (viz stať 3.7.1) jsou často ekonomicky významné koncentrace stříbra. Příkladem jsou ložiska v Polsku (*Bytom* a *Olkusz* v Horním Slezsku), Irsku (*Silvermines*) a Kanadě (*Pine Point*).

### 3.14.5 Mědinosné pískovce a jílovce s Ag (a stříbrnosné pískovce)

Mědinosné pískovce a břidlice (viz stať 3.6.2) často obsahují zvýšené koncentrace Ag (např. v „středoafričtém měďném pásu“ 1 až 10 g/t Ag, mansfeldské měďnaté břidlice mají v průměru 140 g/t Ag). Příkladem unikátní akumulace tzv. „stříbrnosných pískovců“ je ložisko *Silver Reef* (Utah), jehož stratiformní polohy bohatých vtroušeninových Ag-rud obsahují až 2,6 kg/t Ag a 2,3 kg/t Se (zrudnění je tvořeno sulfidy a selenidy Ag, provázenými Cu-minerály).

## 3.15 Ložiska Au

Hlavním ložiskotvorným minerálem zlata je ryzí zlato. Průmyslově významné jsou relativně běžné sulfidy (pyrit, arzenopyrit, sfalerit), které mohou zlato obsahovat jako diadoční příměs nebo v podobě velmi jemných inkluzí (jde o tzv. „neviditelné zlato“). Spíše lokální význam mají teluridy Au (a často také Ag) - jde např. o sylvanit  $(\text{Au,Ag})_2\text{Te}_4$ , krennerit  $\text{AuTe}_2$ , calaverit  $\text{AuTe}_2$ , petzit  $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$  nebo nagyagit  $\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te,Sb})_4\text{S}_{5-8}$ . Průmyslové typy ložisek zlata: a) zlatonosné konglomeráty, b) subvulkanická ložiska, c) plutonická ložiska a metamorfogenně hydrotermální ložiska, d) vulkanosedimentární ložiska, e) rýžoviska.

### 3.15.1 Zlatonosné konglomeráty

Nejvýznamnější zlatonosnou oblastí světa je jihoafrický *Witwatersrand* s hlavními ložisky v okolí Johannesburgu. Ryzí zlato je zde přítomno v plošně rozsáhlých horizontech konglomerátů (na ploše 300 x 150 km), v nichž je provázeno minerály uranu (proto se tyto konglomeráty často označují jako zlato-uranonosné). Mocnost těžených poloh dosahuje 3,6 m, obsah zlata 10-12 g/t. Geneticky jde o metamorfovaná rýžoviska svrchnoarchaického a spodnoproterozoického stáří. Ložiska ve Witwatersrandu již poskytla zhruba 40 tisíc tun Au; zbylé zásoby se odhadují na 25 tisíc tun Au. Při těžbě Au a U se zde jako vedlejší produkt získávají platinoidy, vzácné zeminy, stříbro a také diamanty.

### 3.15.2 Subvulkanická ložiska Au

V ekonomicky významných koncentracích může být zlato přítomno na subvulkanických ložiskách Pb-Zn a Cu-Pb-Zn rud (viz stať 3.7.4). Vysoké obsahy zlata jsou ve formacích Ag-Au a Au-Ag, v nichž se zlato vyskytuje v ryzí formě (často jde o elektrum), vázané na arzenopyrit nebo jako součást teluridů. Příkladem subvulkanických ložisek, v nichž je zlato hlavní užitkovou složkou, jsou ložiska v americké části cirkumpacifického vulkanického pásma (hlavně v Mexiku a Nevadě) a také na Filipínách (ostrov Luzon). V Evropě patří k tomuto typu ložiska v tzv. „zlatém čtverci“ v oblasti Bradu v Rumunsku (*Brad, Sacaramb, Cavnice, Rosia Montana, Zlatna, Baia de Aries*) a v oblasti středoslovenských neovulkanitů (např. *Kremnica*).

### 3.15.3 Plutonická ložiska Au a metamorfogenně hydrotermální ložiska Au

Plutonická a metamorfogenně hydrotermální ložiska zlata mají zpravidla povahu žil nebo žilníků. Zlato bývá na těchto ložiskách přítomno jako ryzí (někdy jde o zlato s vysokým podílem stříbra - tzv. elektrum) nebo jako příměs v sulfidech (hlavně v arzenopyritu a pyritu), méně často je zlato vázáno na teluridy. Příkladem plutonických a metamorfogenně hydrotermálních ložisek zlata je *Homestake* (Jižní Dakota), *Mother Lode* (Kalifornie), *Passagemá* (Brazílie), *Berezovsk* (Ural, Rusko), *Kolar* (Indie), *Kalgoorlie* (Západní Austrálie) a *Boliden* (Švédsko). Na území ČR jde např. o ložiska *Jílové* u Prahy, *Čelina* a *Mokrsko* na Sedlčansku, *Roudný* u Vlašimi, *Kašperské Hory* u Sušice, *Suchá Rudná* u Vrba pod Pradědem a *Zlatý Chlum* u Jeseníku; patří sem i zlatonosná hydrotermální mineralizace v prostoru milešovsko-krásohorského revíru (viz stať 3.8.2) i v prostoru příbramského rudního rajónu.

Ložisko *Jílové* leží v nejsevernější části jílovského pásma. To je v prostoru jílovského revíru tvořeno hlavně slabě regionálně a kontaktně metamorfovanými svrchnoproterozoickými vulkanity spilit-keratofyrové formace a albitickými granity. Minerální složení jednotlivých žil a žilníků je pestré. Z hlušinových minerálů převažuje křemen nad karbonáty (ankerit, dolomit, kalcit). Ryzí zlato je provázeno pyritem, arzenopyritem, pyrhotinem, markazitem, teluridy Bi, teluridy Au a dalšími rudními minerály. Mocnost žil dosahuje výjimečně i přes 1 m. Akumulace zlata v prostoru jílovského revíru byly těženy zejména ve středověku a s delšími přestávkami až do 2. poloviny 20. století (v posledním období exploatace v letech 1958-1968 zde bylo vytěženo 420 kt rudnin o průměrné kovnatosti 3,2 g/t a získáno 1133 kg zlata).

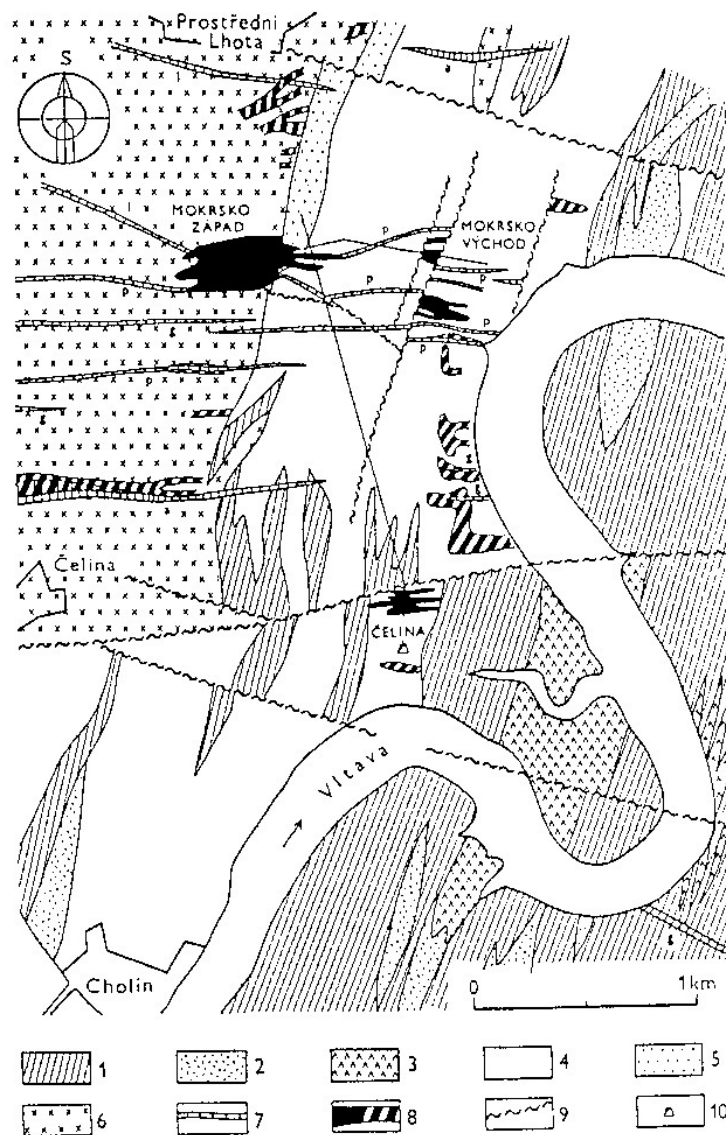
Na ložisku *Čelina - Mokrsko* ve středním Povltaví je zlatonosná hydrotermální mineralizace přítomna na styku svrchnoproterozoických vulkanitů a vulkanosedimentárních hornin jílovského pásma s granitoidy středočeského plutonu (obr. 20). Zlatonosné zrudnění je vázáno na síť křemenných žil a žilek, jejichž mocnost kolísá od vlasových žilek do 0,5 m. Součástí hydrotermální mineralizace jsou sulfidy (arzenopyrit, pyrhotin, místy molybdenit) v množství pod 1 % objemu žiloviny. Zlato je přítomno převážně jako submikroskopické, jeho průměrná koncentrace v rudní zóně je kolem 2 g/t. Ekonomicky zajímavou doprovodnou složkou zlatonosné mineralizace je scheelit. Ložiskové akumulace u Čeliny a Mokrsku jsou metamorfního původu - vznikly remobilizací zlata ze svrchnoproterozoického vulkanosedimentárního komplexu.

Ložisko *Roudný* leží v severní části blanické brázdy při rozhraní pestré a monotónní skupiny moldanubika. Rudní těleso má charakter žilníku (mocnost jednotlivých žil je výjimečně až 70 cm) s přechodem do impregnačního zrudnění v sillimanit-biotitických pararulách. Místy je zlatonosné zrudnění lokalizováno také v ortorulách a pegmatitech. Z rudních minerálů je kromě zlata (zpravidla jde o elektrum) přítomen hlavně pyrit a arzenopyrit, jenž bývá silně zlatonosný (obsahuje jemně dispergované zlato). Nerudní hydrotermální minerály jsou zastoupeny křemenem a karbonáty (dolomit, kalcit, siderit). Obsahy zlata ve zlatonosné zóně se pohybovaly v rozmezí 4 až 25 g/t (v některých úsecích až 10 kg/t). Počátky dolování na ložisku Roudný sahají do 14. století, naposledy zde těžba probíhala v letech 1904-1930 (v tomto období bylo vytěženo 661 kt rudniny, získalo se zde 5770 kg ryzího zlata).

Ložisko *Kašperské Hory* leží při rozhraní pestré a monotónní skupiny moldanubika. Zlatonosná mineralizace je vázána na křemenné žíly a prokřemenělé polohy v biotitických plagioklasových pararulách (často migmatitizovaných). Mocnost žil kolísá od několika cm až do 5 m. Obsahy zlata v rudnině jsou velmi variabilní, v průměru 4 až 8 g/t. Ryzí zlato je provázeno arzenopyritem, pyritem, pyrhotinem a minerály Bi a Te. V pararulách v prostoru Au-ložiska je přítomna stratiformní scheelitová mineralizace. Řez ložiskem je na obr. 21.

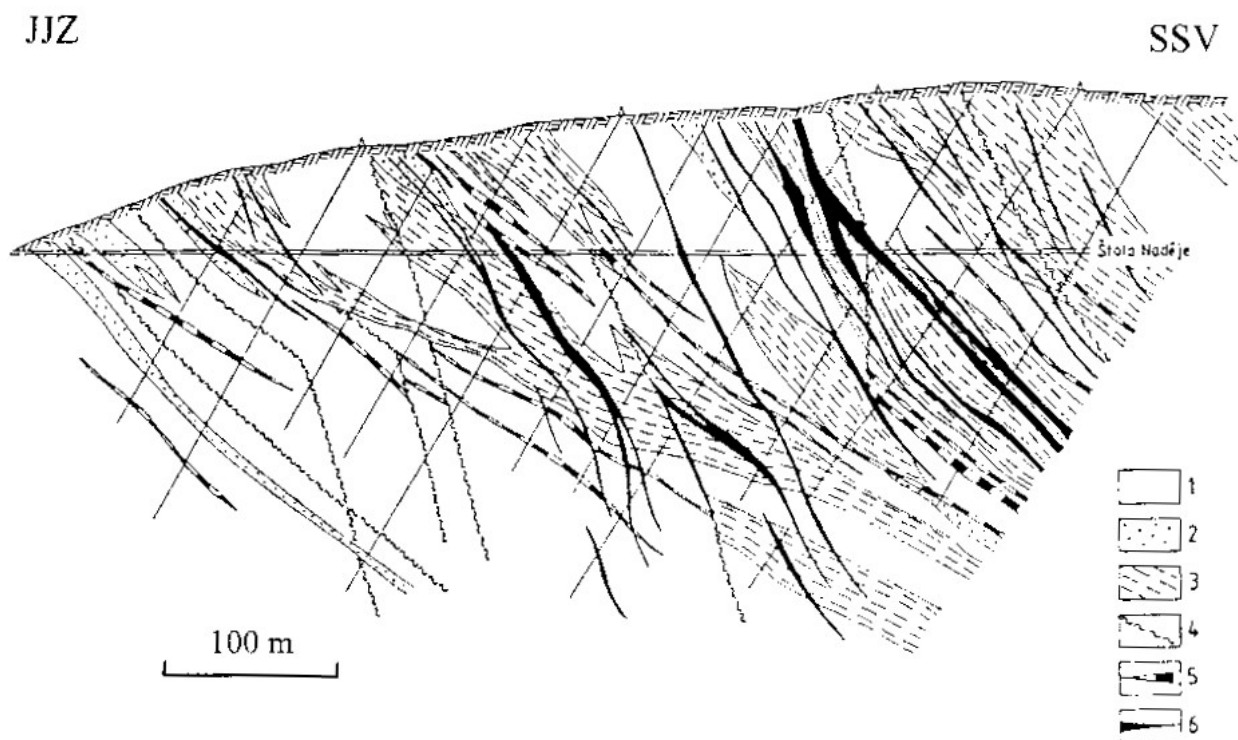
Na ložisku *Zlatý Chlum* u Jeseníku je zlato vázáno na křemenné polohy a křemenné žilky v horninách rejevské skupiny (kvarcitu, svory, pararuly). Ryzí zlato je provázeno pyritem, pyritem a teluridy Bi.

Na ložisku *Suchá Rudná* se zlatonosná mineralizace vyskytuje v pyritizovaných a karbonatizovaných grafitických fylitech andělskohorského souvrství. Zvýšené koncentrace zlata jsou v zónách tektonicky silně zbrzdličnatělých hornin. Zlato je zde přítomno jako ryzí i vázané na sulfidy (arzenopyrit a pyrit). Průměrné obsahy zlata v rudnině jsou jen 1 až 2 g/t.



Obr. 20. Geologická mapa zlatonosného revíru Psí hory u Čeliny a Mokrska (Morávek et al. 1992 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - bazické až intermediární vulkanity jílovského pásma; 2 - kyselé vulkanity jílovského pásma; 3 - albitické granity jílovského pásma; 4 - vulkanosedimentární souvrství v nadloží vulkanitů jílovského pásma; 5 - svrchnoproterozoické břidlice a droby; 6 - amfibolbiotitický granodiorit slapského výběžku střežočeského plutonu; 7 - žilné horniny (a = aplity, p = porphyry, l = lamprophyry, g = žilné žuly); 8 - zóny zlatonosného zrudnění (plně - detailně ověřené průzkumnými pracemi, šrafované - ověřené pouze orientačně nebo podle starých těžebních prací); 9 - dislokace; 10 - průzkumná štola.



Obr. 21. Profil ložiskem Kašperské Hory podél štoly Naděje (Morávek 1999).  
 Vysvětlivky: 1 - biotitické pararuly; 2 - kvarcity; 3 - migmatizované pararuly; 4 - dislokace, zóny mylonitizace; 5 - scheelitová mineralizace; 6 - zlatonosná křemenná mineralizace.

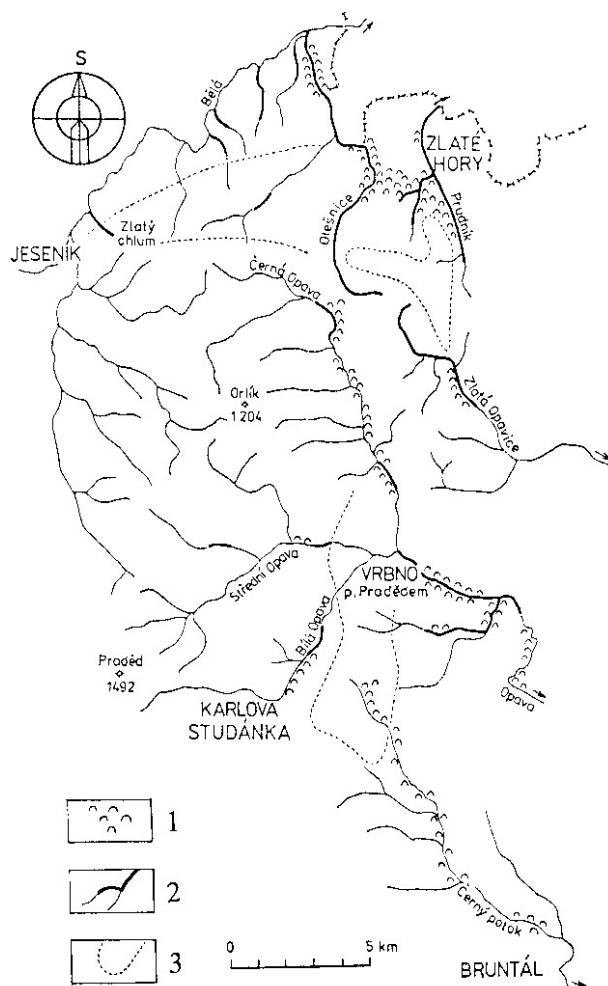
### 3.15.4 Vulkanosedimentární sulfidická ložiska s příměsí Au

Zlato může být v průmyslově významných koncentracích přítomno v rudách vulkanosedimentárních ložisek typu Cu, Cu-Zn, Cu-Pb-Zn a Pb-Zn (viz stať 3.6.3 a 3.7.2). V průběhu regionální metamorfózy se zlato částečně uvolňuje z hostitelských minerálů (při rekrystalizaci zlatonosných sulfidů - např. sfaleritu, pyritu nebo chalkopyritu). Díky metamorfní remobilizaci se v prostoru původního ložiska (ale i ve větší vzdálenosti od něj) může tvořit hydrotermální Au-mineralizace (např. křemenné žíly se zlatem). Příkladem vulkanosedimentárních ložisek s vysokými obsahy zlata je kanadské ložisko *Flin Flon*, jehož Cu-Zn rudy obsahují 2 g/t Au. Ve zlatohorském revíru (viz stať 3.7.2) byly průmyslově významné obsahy zlata na ložisku *Zlaté Hory-západ* (6 mil. tun rudy s 0,9-2,4 g/t Au, 2,1-2,8 g/t Ag, 1,2-2,4 % Zn, 0,06-0,2 % Pb a 0,13-0,16 % Cu); zvýšené obsahy Au byly i v polymetalických rudách ložiska *Zlaté Hory-východ*.

### 3.15.5 Rýžoviska Au

Primární ložiska zlata jsou téměř vždy provázena jeho akumulacemi ve zvětralinovém plášti a hlavně aluviálními rýžovisky. Příkladem aluviálních rýžovisek jsou historicky významná ložiska na řekách Yukon a Klondike na Aljašce nebo bohatá rýžoviska v povodí řek Lena a Amur v Rusku. Velký hospodářský význam mají i příbřežní plážová rýžoviska zlata, která jsou např. při pobřeží Aljašky (*Nome*) a Chile. V ČR jsou aluviální rýžoviska zlata téměř na všech jihočeských řekách včetně četných přítoků. Jejich největší koncentrace byla na Otavě v okolí

Sušice, Horažďovic, Strakonice, Protivína a Písku. Další rýžoviska v oblasti jižních a jihozápadních Čech jsou na řece Blanici, Lužnici, Volyňce a také na řece Vltavě, podél níž se rýžoviska táhnou až téměř ku Praze. Rýžoviska zlata jsou i na dolním toku Sázavy a také podél Želivky a Kocáby. Významná rýžoviska zlata jsou i ve Slezsku. Jde zejména o aluviální rýžoviska ve zlatohorské oblasti podél Prudníku, Opavice a Olešnice a také o rýžoviska ve vrbenské oblasti v povodí Černé, Střední a Bílé Opavy a na řece Opavě pod soutokem u Vrba pod Pradědem (viz obr. 22). V okolí Zlatých Hor jsou i akumulace zlata v sedimentech glaciálního a fluvioglaciálního původu.



Obr. 22. Výskyty zlata na území mezi Jeseníkem, Zlatými Horami a Bruntálem (Skácel, Vaněček 1981 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - rýžoviska zlata (zachovaná nebo historicky doložená); 2 - úseky vodotečí se zvýšenými obsahy zlatinek v recentních sedimentech; 3 - primární zdrojové oblasti zlata.

### 3.16 Ložiska platinoidů

Platinoidy se vyskytují jako příměs v sulfidech (např. pyrhotin, pentlandit) nebo v podobě slitin, jejichž názvy jsou v současné mineralogické nomenklatuře totožné s názvem v nich nejzastoupenějšího platinoidu (např. platina, iridium...). Ze sloučenin platinoidů má lokální význam např. sperrylit  $PtAs_2$ . Průmyslové typy ložisek platinoidů: a) likvační ložiska, b) hystoromagmatická ložiska, c) rýžoviska.



### 3.16.1 Ložiska likvačních Ni-Cu rud s platinoidy

Ni-Cu rudy likvačních ložisek mohou obsahovat průmyslově významné akumulace platinoidů, které jsou v nich přítomny jako příměs v sulfidech (hlavně v pyrhotinu a pentlanditu) i v podobě samostatných minerálů. Vysoké koncentrace platinoidů jsou na ložisku *Sudbury* (Ontario), *Norilsk* (Rusko) a zejména na ložiskách likvačních rud ve stratifikovaném bushveldském masivu (JAR), kde v horizontu zvaném „Merensky Reef“ platinoidy představují dokonce hlavní užitkovou složku rud (Ni a Cu se zde získávají jen jako vedlejší složka).

### 3.16.2 Ložiska hystermagmatických chromitových rud s platinoidy

Ložiska platinoidů v hystermagmatických chromitových rudách jsou někdy označována jako ložiska uralského typu. Vyskytují se na středním Uralu (nižnětagilský masiv), kde se platinoidy koncentrují v hystermagmatických akumulacích chromitu v dunitech, peridotitech a pyroxenitech.

### 3.16.3 Rýžoviska platinoidů

Průmyslově významná aluviální rýžoviska platinoidů jsou na středním Uralu v prostoru nižnětagilského masivu, v Tasmánii (na řece Adams), Zimbabwe a Konžské demokratické republice. Příbřežní mořská rýžoviska platinoidů jsou na pobřeží Kolumbie a Oregonu.

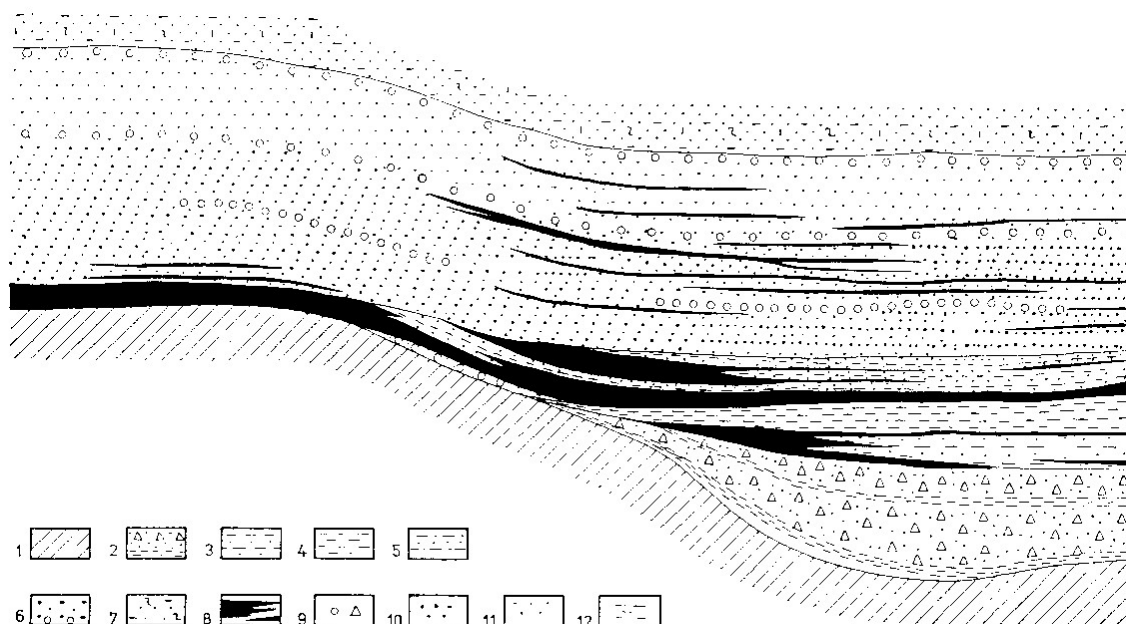
## 3.17 Ložiska U

Průmyslově nejvýznamnějším minerálem uranu je uraninit  $\text{UO}_2$ . Pro málo soudržné povlaky, žilky nebo i práškovité agregáty uraninitu se používá označení „uranová čern“ . K dalším významným minerálům uranu patří coffinit  $\text{U}[\text{SiO}_4]_{1-x}(\text{OH})_{4x}$ , brannerit  $(\text{U,Ca,Y,Ce})(\text{Ti,Fe})_2\text{O}_6$ , davidit-(La), tj. lanthanový davidit  $(\text{La,Ce})(\text{Y,U,Fe}^{2+})(\text{Ti,Fe}^{3+})_{20}(\text{O,OH})_{38}$ , uranofan  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{SiO}_3(\text{OH})]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , carnotit  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , autunit  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$  torbernit  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{-}12\text{H}_2\text{O}$ . Průmyslové typy ložisek uranu: a) uranonosné pískovce, b) Au-U konglomeráty, c) plutonická ložiska.

### 3.17.1 Uranonosné pískovce

Do této skupiny patří morfologicky i geneticky rozmanité akumulace U-minerálů v klastických říčních, jezerních, deltových a mořských sedimentech. Uranová mineralizace je nejčastěji epigenetická (hydrogenně infiltrační, na některých akumulacích snad i hydrotermální). V některých případech může jít částečně o synsedimentární akumulace inertních minerálů, příp. o mineralizaci, která se dotvářela v průběhu diagenetických procesů. Uran je v uranonosných pískovcích přítomen v podobě uraninitu a coffinitu; značná část uranu bývá vázána na oxidy a oxy-hydroxidy Ti, fosfáty, vanadáty a organickou hmotu. Jako vedlejší produkt se z těchto rud často získává V, Cu, Mo, Se a Ag. Obrovská ložiska uranonosných pískovců jsou v USA v oblasti Colorado Plateau (mineralizace U-V-Cu se zde vyskytuje v sedimentech karbonu až svrchní křídly na více než 2000 samostatných ložisek). Na území ČR jsou velká ložiska v severní části české křídové pánve (např. *Hamr*).

Na ložisku *Hamr* je uranová mineralizace přítomna v cenomanských sedimentech strážského bloku české křídové pánve. Ložisková tělesa mají charakter stratiformních poloh (obr. 23). Uran je vázán hlavně na uraninit (zpravidla jde o uranové černě), je však také sorbován na Zr-silikát (tzv. hydrozirkon), oxidy a oxy-hydroxidy Fe, oxidy Zr, přítomen je i coffinit a další minerály uranu. Přítomnost velkého množství hydrozirkonu a oxidů Zr činí z mineralizace na ložisku Hamr obecně výjimečný typ zrudnění.



Obr. 23. Příčný řez ložiskem Hamr se schematickým vyznačením U a U-Zr akumulací v křídových sedimentech (Syka et al. 1978 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - předkřídové podloží; 2 - splachové sedimenty; 3 - souvrství říčních a jezerních pískovců; 4 - souvrství jezerních a močálových prachovců; 5 - souvrství rozmyvových uloženin; 6 - souvrství rozpadavých pískovců; 7 - souvrství fukoidových pískovců; 8 - U a U-Zr akumulace; 9 - slepence; 10 - hrubozrnné a středozrnné pískovce; 11 - jemnozrnné pískovce; 12 - prachovce a jílovce.

### 3.17.2 Au-U konglomeráty

Uranová ložiska typu Au-U konglomerátů jsou stručně charakterizována ve stati 3.15.1. Uraninit a další U-minerály jsou součástí tmelu konglomerátů (společně se zlatem, pyritem, monazitem, xenotimem a dalšími minerály). Příkladem jsou obrovská ložiska v jihoafrickém Witwatersrandu.

### 3.17.3 Plutonická ložiska U-rud

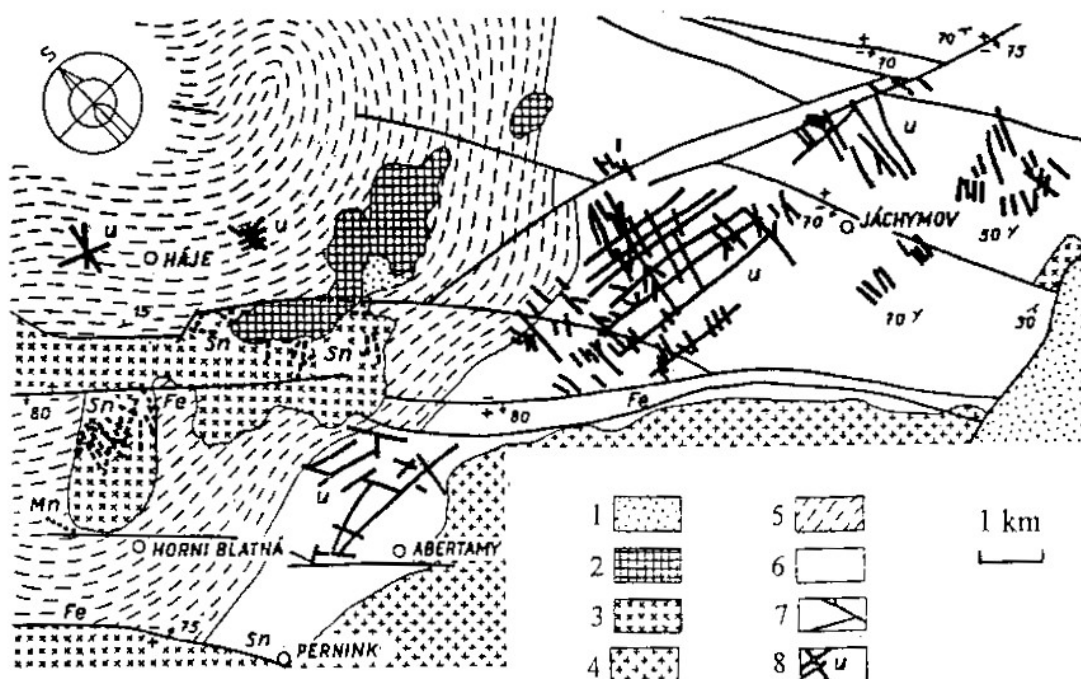
V rámci této skupiny uranových ložisek se vyčleňuje značný počet formací, z nichž jsou v této stati zmíněny tři nejvýznamnější: a) tzv. pětiprvková formace (U-Ag-Bi-Co-Ni, resp. U-Ag-As-Bi-Co-Ni), b) U-sulfidická formace, c) U-karbonátová formace.

Ložiska pětiprvkové formace jsou žilného typu. Žilovina je tvořena křemenem, karbonáty (kalcit, dolomit), příp. barytem a fluoritem. Uran je vázán v podobě uraninitu. Na ložiskách je přítomna pestrá asociace arzenidů a sulfoarzenidů Co, Ni a Fe, společně s minerály Bi a Ag (mnohá z ložisek byla v minulosti významným zdrojem stříbra). Hydrotermální mineralizace těchto ložisek se formovala během několika stadií. Uraninitová mineralizace je starší než mineralizace arzenidová a sulfoarzenidová. Proto je někdy existence pětiprvkové formace zpochybňována a její charakteristická nerostná asociace je považována za výsledek prostorového překrytí U-mineralizace a formace Ag-Bi-Co-Ni, resp. Ag-As-Bi-Co-Ni. Příkladem ložisek řazených k pětiprvkové formaci jsou obrovská ložiska U-rud v oblasti Velkého medvědího jezera v Kanadě (revír *Port Radium*). Na území ČR je reprezentantem pětiprvkové formace ložisko *Jáchymov* v Krušných horách a *Horní Slavkov* ve Slavkovském lese.

Ložiska U-sulfidické formace mají charakter žil s křemen-karbonátovou hlušinou, na nichž je uran přítomen v podobě uraninitu nebo i coffinitu. Hojně jsou zastoupeny sulfidické minerály (pyrit, galenit, sfalerit, chalkopyrit, příp. i minerály Bi, Ag a As). Ložiska náležející k této formaci jsou v USA, Kanadě a Francii. K této formaci patří i *příbramské uranové ložisko*, vzhledem k velikosti často označované jako *příbramský uranový revír*.

Na ložiskách U-karbonátové formace je zrudnění tvořeno uraninitem, jenž je často provázen coffinitem, příp. branneritem. Hlušinné minerály jsou zastoupeny karbonáty, k nimž ve variabilním množství přistupuje křemen. Ložiska této formace se vyskytují hlavně na kanadském štítu (např. u jezera Athabasca). V ČR k této formaci náleží např. ložisko *Rožná* u Bystřice nad Pernštejnem.

Uranonosné žíly na ložisku *Jáchymov* (resp. v jáchymovském revíru) pronikají horninami jáchymovského svorového pruhu, v prostoru ležícím východně od jeho kontaktu s karlovarským žulovým plutonem. Svorový komplex protínají četná tělesa žilných hornin (lamprofyry, žulové porfyry). Hydrotermální U-mineralizace je lokalizována ve výplni dislokací různých směrů, zejména však SZ-JV, S-J a V-Z (obr. 24). V žilné výplni lze rozlišit několik mineralizačních stadií: nejstarší je křemen-sulfidické stadium (sulfidy jsou zastoupeny arzenopyritem, pyritem, chalkopyritem, sfaleritem a galenitem), pak následuje uraninit-karbonátové stadium (karbonát je zastoupen hlavně dolomitem), dále karbonát-arzenidové a sulfoarzenidové stadium (dolomit společně s arzenidy a sulfoarzenidy Co, Ni a Fe, ryzím As, ryzím Ag, dalšími Ag-minerály a často také s mladší generací regenerovaného uraninitu), potom mladší sulfidické stadium (kalcit s pyritem, chalkopyritem, sfaleritem, galenitem a tennantitem) a nakonec nejmladší křemen-hematitové stadium. Historie jáchymovských dolů začíná těžbou stříbra od r. 1516. Již v r. 1519 byl Jáchymov povýšen na horní město s pověstnou mincovnou, v r. 1534 měl 18200 obyvatel a stal se tak druhým nejlidnatějším městem v Čechách (Praha tehdy měla 50000 obyvatel). V 16. století byl Jáchymov největším evropským producentem stříbra (v letech 1516-1600 zde bylo vytěženo zhruba 340 tun Ag). Na počátku 17. století se těžba v Jáchymově dostala do hluboké krize. Od poloviny 17. století se zde začaly dobývat kobaltové rudy a v 18. století i uranové rudy na výrobu barviv. Objev a izolace radia z jáchymovského uraninitu v posledních letech 19. století orientovaly zdejší těžbu na radiovou surovinu. V období po 2. světové válce zde byl těžen uran jako energetická surovina a také na výrobu jaderných zbraní (v letech 1945-1962). Od r. 1964 jsou z opuštěných dolů jímány radioaktivní vody pro lázeňské účely.



Obr. 24. Geologická mapa jáchymovské rudního revíru a nejbližšího okolí (Bernard, Rösler, Baumann 1967 - upraveno).

Vysvětlivky: 1 - tercierní sedimenty; 2 - tercierní bazalty; 3 - autometamorfovaných granit (s Sn mineralizací); 4 - normální granit; 5 - fylity; 6 - svory; 7 - zlomy; 8 - hydrotermální U-Ag-As-Bi-Co-Ni mineralizace.

Na ložisku *Horní Slavkov* je hydrotermální mineralizace jáchymovského typu přítomna převážně na žilách, které probíhají horninami slavkovské rulové kry v jižní části karlovarského žulového masivu.

*Příbramské uranové ložisko* tvoří 1 až 2 km širokou zónu, která v délce zhruba 25 km probíhá podél sz. kontaktu středočeského plutonu se svrchnoproterozoickými sedimenty, a to mezi obcemi Modřovice (na JZ) a Obořiště (na SV). Jde o světově unikátní a v ČR největší ložisko uranu žilného typu. Průzkumné a otvírkové práce, soustředěné na území o rozloze zhruba 20 km<sup>2</sup> (mezi Kamennou a Dubencem), místy dosahovaly hloubky téměř 2 km. Rudní žíly jsou především v kontaktně metamorfovaných sedimentech dobříšské série svrchního proterozoika (původně šlo o jílovce, prachovce, pískovce a slepence) a ve vulkanosedimentárním davelském souvrství (jílovce, silicity, tufy, tufity), méně v horninách kambria a v granitoidech středočeského plutonu. Převažují strmé žíly směru S-J nebo SZ-JV. Délka žil dosahuje i přes 1 km, mocnosti jsou obvykle pod 1 m, výjimečně až 15 m. Na ložisku lze rozlišit čtyři hlavní stadia formování žilné výplně: nejstarší siderit-sulfidické stadium (hlavními minerály jsou siderit, dolomit, ankerit, křemen, galenit, sfalerit, tetraedrit, chalkopyrit a baryt), pak kalcitové stadium (kalcit provázený hematitem a také sulfidy), dále kalcit-uraninitové stadium (hlavními minerály jsou uraninit a kalcit) a nejmladší kalcit-sulfidické stadium (kalcit, vysoce polymerizovaný bitumen označovaný jako antraxolit, uraninit, coffinit a druhově pestrá asociace sulfidů a sulfosolů společně s ryzím stříbrem a dalšími minerály). Těžba uranových rud na příbramském uranovém ložisku probíhala v letech 1949-1991 (v tomto období se zde vyprodukovalo zhruba 48 tisíc tun uranu).

Uranové ložisko *Rožná* je součástí rožnoolšínského rudního pole (nazvaného podle obcí Rožná a Olší u Bystřice nad Pernštějnem), které leží na východním okraji strážeckého moldanubika. Prostor ložiska je tvořen prekambriky sedimentárními, vulkanosedimentárními a vulkanickými horninami, metamorfovanými za podmínek amfibolitové facie (lokálně granulitové facie) - jde hlavně o ruly (postižené různě intenzivní migmatitizací), amfibolity, mramory a erlany. Lokalizaci uranové mineralizace na ložisku podmiňuje hlavně zlomová tektonika. Jde zejména o dislokace směru SSZ-JJV, tvořící až 25-30 m mocné poruchové zóny se sklonem 45-70° k ZJZ. Tyto zóny jsou zpravidla vyplněny různě intenzivně grafitizovanou, pyritizovanou a chloritizovanou horninovou drtí; žilné minerály (zastoupené hlavně karbonáty) tvoří jen max. 5 % z celkového objemu poruchových zón. Uran je zde přítomen v podobě uraninitu (často jako „uranové černě“), coffinitu a branneritu. Vznik U-mineralizace na poruchových zónách byl provázen metasomatickými procesy, jimiž se vytvořilo vtroušeninové uranové zrudnění, místy s drobnými žilečkami obsahujícími U-minerály. Koncentrace U-minerálů zvolna klesá ve směru od rudního tělesa do okolních nezrudněných hornin, a proto je tento typ mineralizace často označován jako „nekontrastní zrudnění“ (těžené rudy obsahují 0,15-0,25 % U). Na zpeřené pukliny jsou vázány karbonátové žíly (příp. křemen-karbonátové žíly), v nichž jsou karbonáty zastoupeny kalcitem, sideritem, dolomitom a ankeritem. U-mineralizace se vyskytuje výhradně na kalcitových žilách. Protože uranové zrudnění obvykle nepřechází za hranici těchto žil, je tento typ U-mineralizace označován jako „kontrastní zrudnění“. Ložisko Rožná bylo největším ložiskem uranových rud na Českomoravské vrchovině (s velikostí zásob před zahájením dobývání cca 20 kt U). Těžba uranu na ložisku Rožná probíhá od roku 1957.