

# CVIČENÍ 3

JARO 2024

POKROČILÁ LOŽISKOVÁ  
GEOLOGIE  
LENKA SKŘÁPKOVÁ

# GENETICKÁ KLASIFIKACE LOŽISEK (upraveno podle Rozložník et al. 1987)

Série	Skupina	Typ	Formace	
Endogenní	magmatická	likvační	Cu-Ni + PGE	
		protomagmatická	Cr, PGE, C, Ti, REE	
		hysteromagmatická	Cr, Ti, magnetit-apatit	
	pegmatitová	jednoduché pegmatity	křemen-živec-slída	
		metasomatizované pegmatity	Li, Be, Nb-Ta, Sn, U-Th, Au, drahé kameny	
	karbonatitová		REE	
	hydrotermálních metasomatitů	skarnová	Fe, W, Cu, Pb-Zn, Co, Sn, Mo, U, ...	
		albititová	Nb-Ta, Zr, U, Be, ...	
		greisenová	Sn-W, Mo, Be, Li	
		porfyrových rud	Cu, Mo, U	
	hydrotermální	plutonická	Au, Sn, W, Mo, Cu, U, Ni-Co, Sb, ...	
		subvulkanická	Sn-W-Bi-Ag, Au-Ag, Cu-Pb-Zn, ...	
		teletermální	Pb-Zn, Hg-Sb, Cu, fluorit	
	Metamorfogenní	kontaktně metamorfogenní	kontaktně metamorfovaná	Fe, Mn, V, ...
			kontaktně metamorfní: metasomatická termometamorfní	viz skarny grafit, smírek, andalusit
regionálně metamorfogenní		regionálně metamorfovaná	Fe, Mn, kyzové formace, rýžoviska	
		regionálně metamorfní: restity pegmatity metasomatity metamorfně	grafit, sillimanit, azbest křemen-živec-slída viz skarny viz hydrotermální	

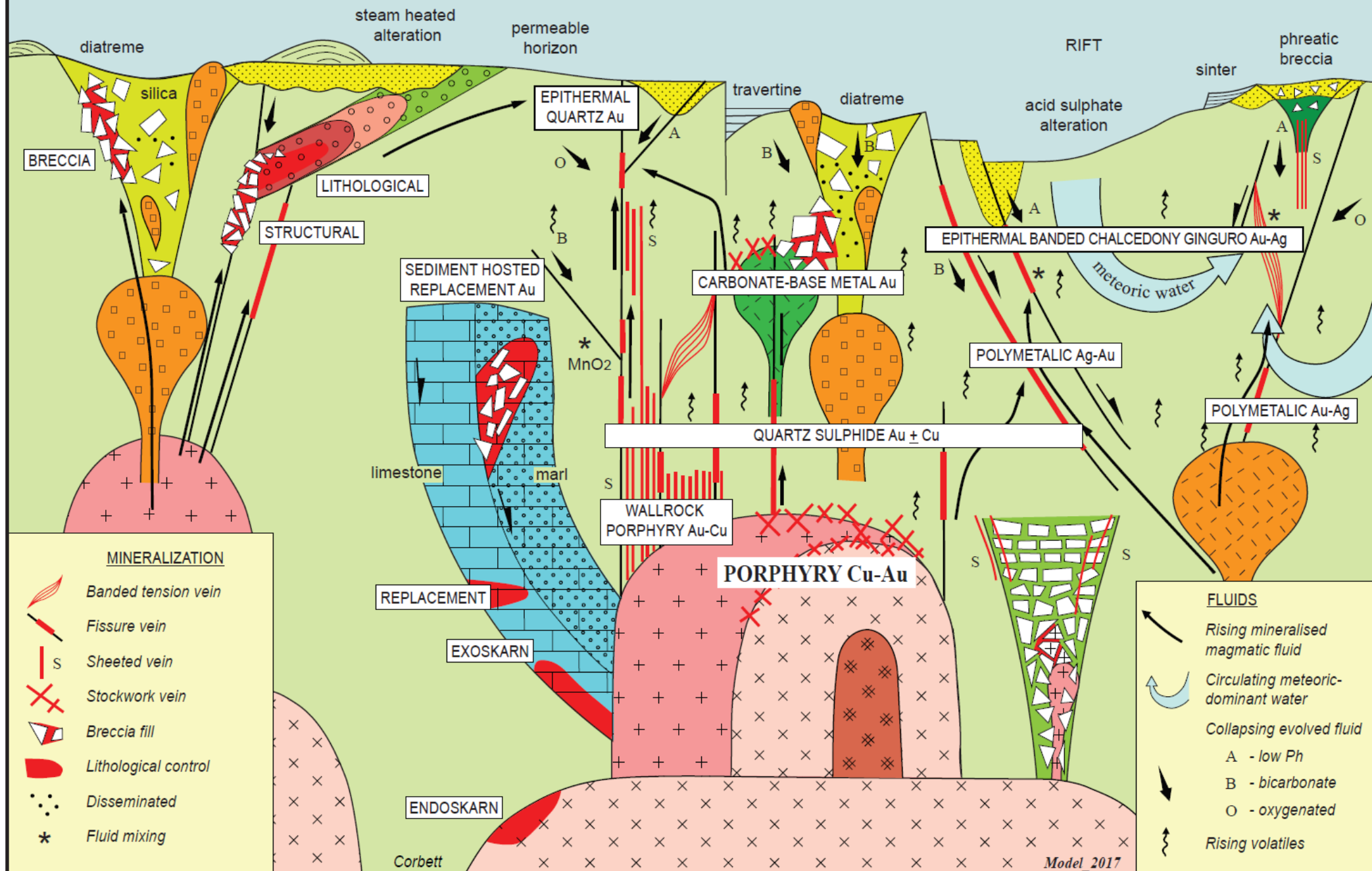
Endo-exogenní	subaerická	vulkanoexhalační	S, B
		krustální	travertin, sintry
		hydratogenní	pitná, léčivá, průmyslová voda geotermální energie
	submarinní	vulkanosedimentární	Fe (Lahn Dill), Mn, Cu+Pb-Zn+Au-Ag (kyzové formace)
hydrotermálně sedimentární		Cu-Co, Cu, Pb-Zn + Ag, kovanosné jíly	
Exo-endogenní	infiltrační	mineralizace hydrogenní: v pískovcích v karbonátech v kaustobiolitech	U, Cu red beds S, sádrovec, P U, Ge, P
Exogenní	zvětralinová	rýžoviska	Sn, Nb-Ta, W, diamant, pyrop
		reziduální	kaolin, bauxit, Fe, Ni-laterity, ...
		halmyrolytická	bentonit
		supergenního obohacení	druhotné oxidické a sulfidické rudy
	sedimentární	klastická	Au, Pt, diamant, Sn, Ti, Zr, Au-U, šterky, písky
		chemogenní a biochemogenní	evapority, karbonáty, silicity
organogenní		karbonáty, silicity, fosfority kaustobiolity	



# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA

# HIGH SULPHIDATION EPITHERMAL Au

# LOW SULPHIDATION EPITHERMAL Au-Ag



diatreme

steam heated alteration

permeable horizon

RIFT

phreatic breccia

silica

travertine

acid sulphate alteration

BRECCIA

EPITHERMAL QUARTZ Au

diatreme

sinter

LITHOLOGICAL

SEDIMENT HOSTED REPLACEMENT Au

CARBONATE-BASE METAL Au

EPITHERMAL BANDED CHALCEDONY GINGURO Au-Ag

STRUCTURAL

POLYMETALLIC Ag-Au

POLYMETALLIC Au-Ag

MnO<sub>2</sub>

QUARTZ SULPHIDE Au ± Cu

limestone

marl

WALLROCK PORPHYRY Au-Cu

PORPHYRY Cu-Au

REPLACEMENT

EXOSKARN

ENDOSKARN

Corbett

Model 2017

**MINERALIZATION**

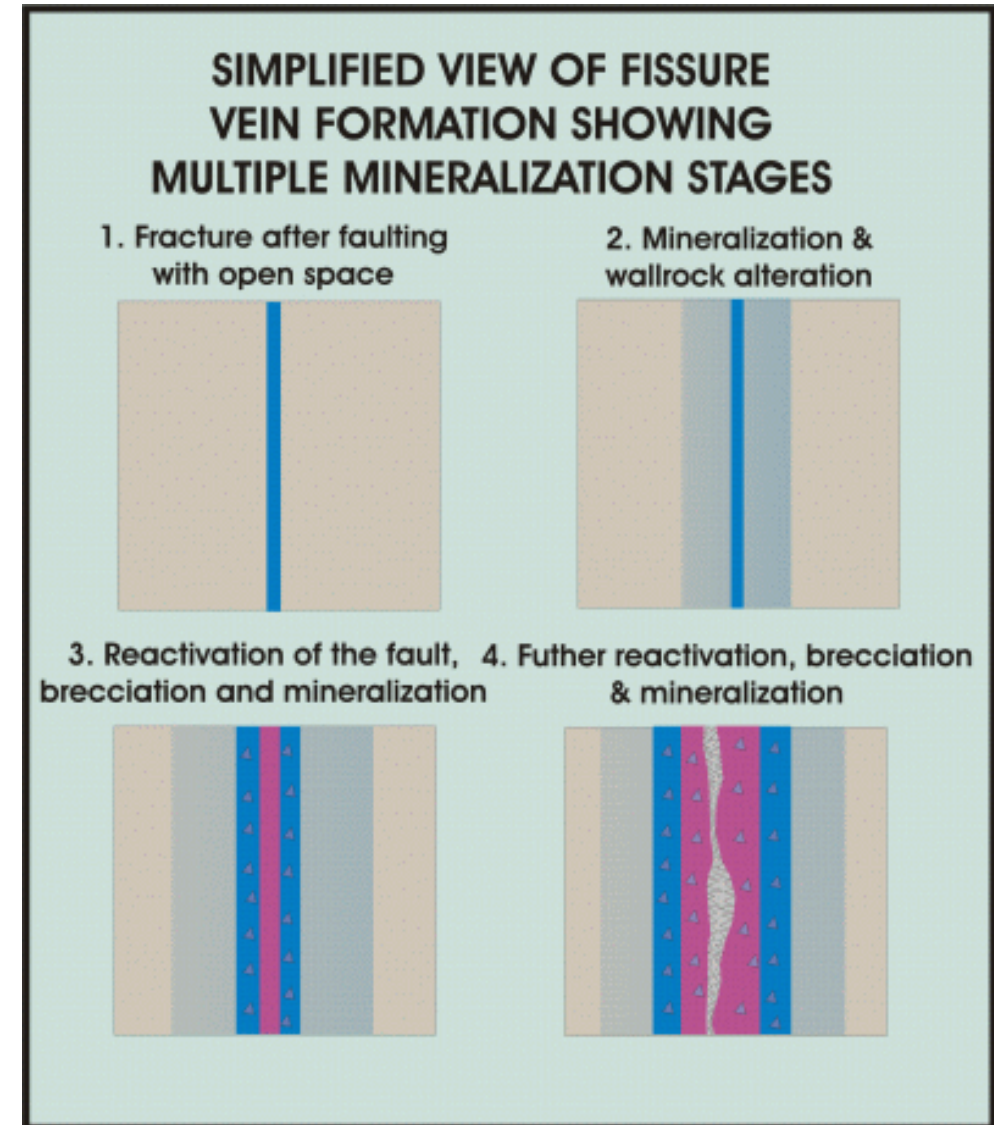
- Banded tension vein
- Fissure vein
- Sheeted vein
- Stockwork vein
- Breccia fill
- Lithological control
- Disseminated
- Fluid mixing

**FLUIDS**

- Rising mineralised magmatic fluid
- Circulating meteoric-dominant water
- Collapsing evolved fluid
- A - low Ph
- B - bicarbonate
- O - oxygenated
- Rising volatiles

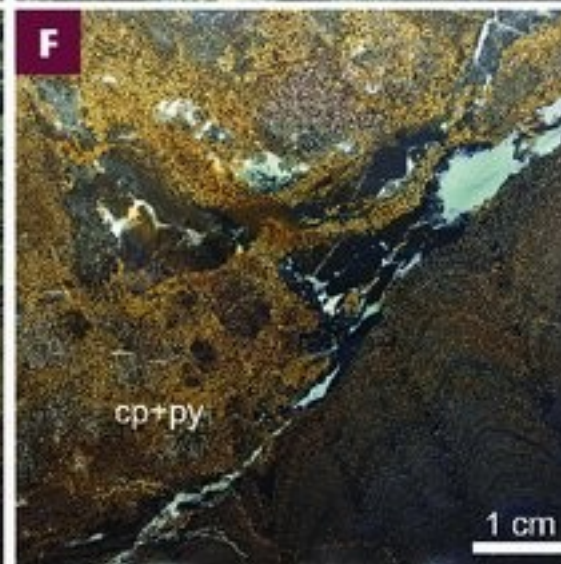
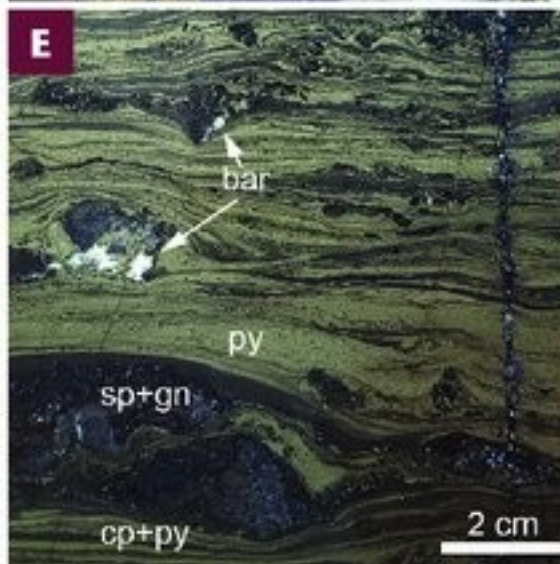
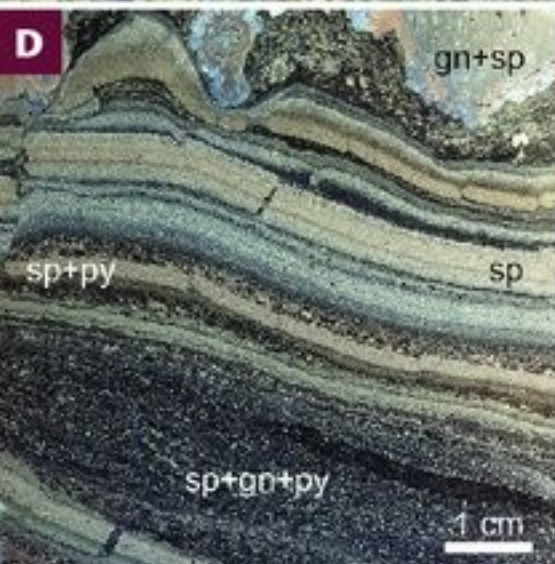
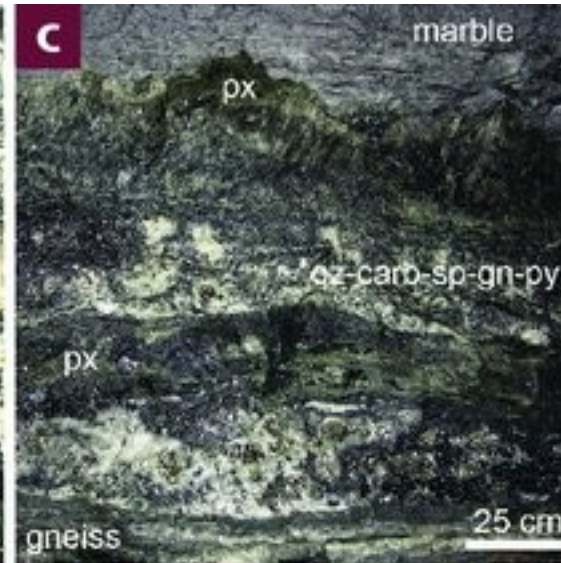
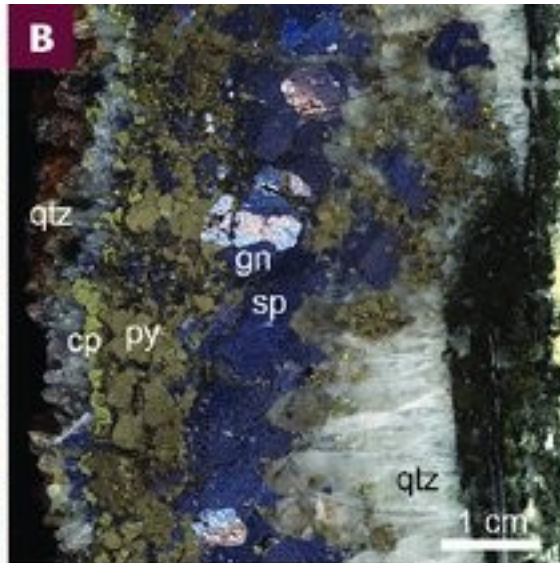
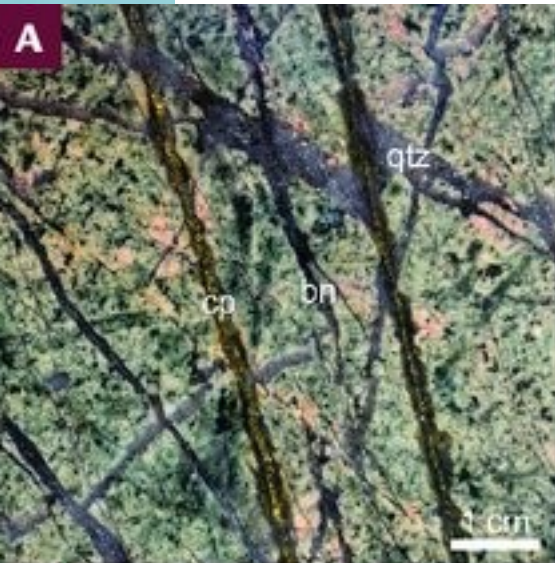
# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA

- **VZNIK** → vysrážením nerostných látek z hydrotermálních fluid
- velmi častá zonálnost a reaktivace žil
- opakovaná krystalizace určitého minerálu za odlišných **PTX** podmínek → více generací
- koncentrace rozpuštěných látek je v hydrotermálním roztoku variabilní → nejčastěji 2-16 hm. %, výjimečně až 40 hm. %





# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA



## RUDNÍ MINERÁLY

galenit, sfalerit, chalkopyrit,  
pyrit, molybdenit,  
arzenopyrit, antimonit,  
cinabarit

## NERUDNÍ MINERÁLY

křemen, baryt, fluorit,  
magnezit, azbest

## PRVKY

**Ag, Au, Cu, Pb, Zn, Hg,**  
Sb, Mo, U, Bi, Ni, Co, Mn,  
Sn, W, Fe

žíly, žilníky, čočky

rudní žíly, hydrotermální  
alterace (přetisk),  
impregnační ložiska,

## TEXTURY

masivní, vtroušeninová,  
brekciovitá, kokardovitá,  
páskovaná

# HYDROTERMÁLNÍ ROZTOKY - VODA

## MAGMATOGENNÍ

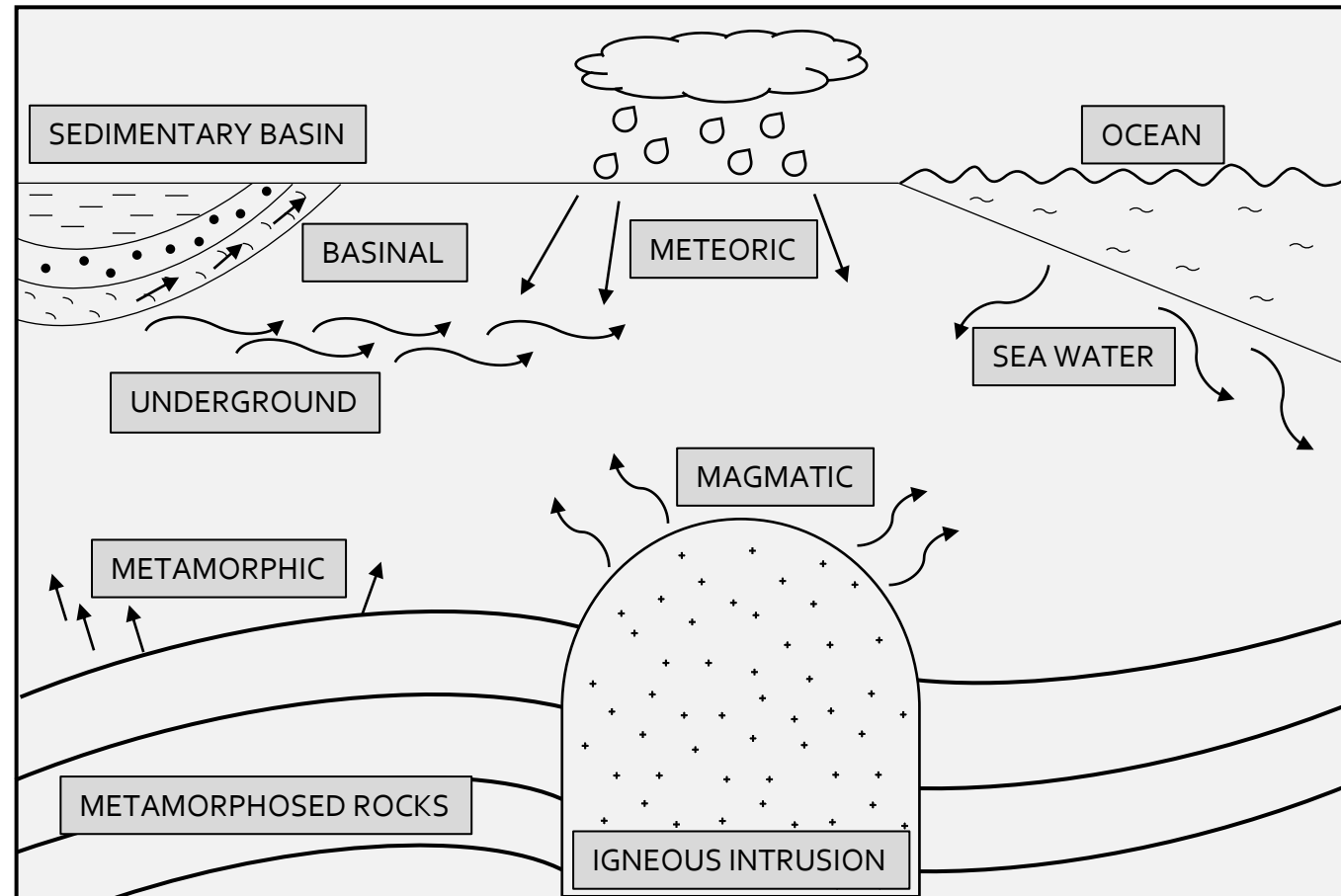
Uvolnění z magmatické taveniny poklesem vnějšího tlaku nebo krystalizační diferenciací.

## METAMORFOGENNÍ

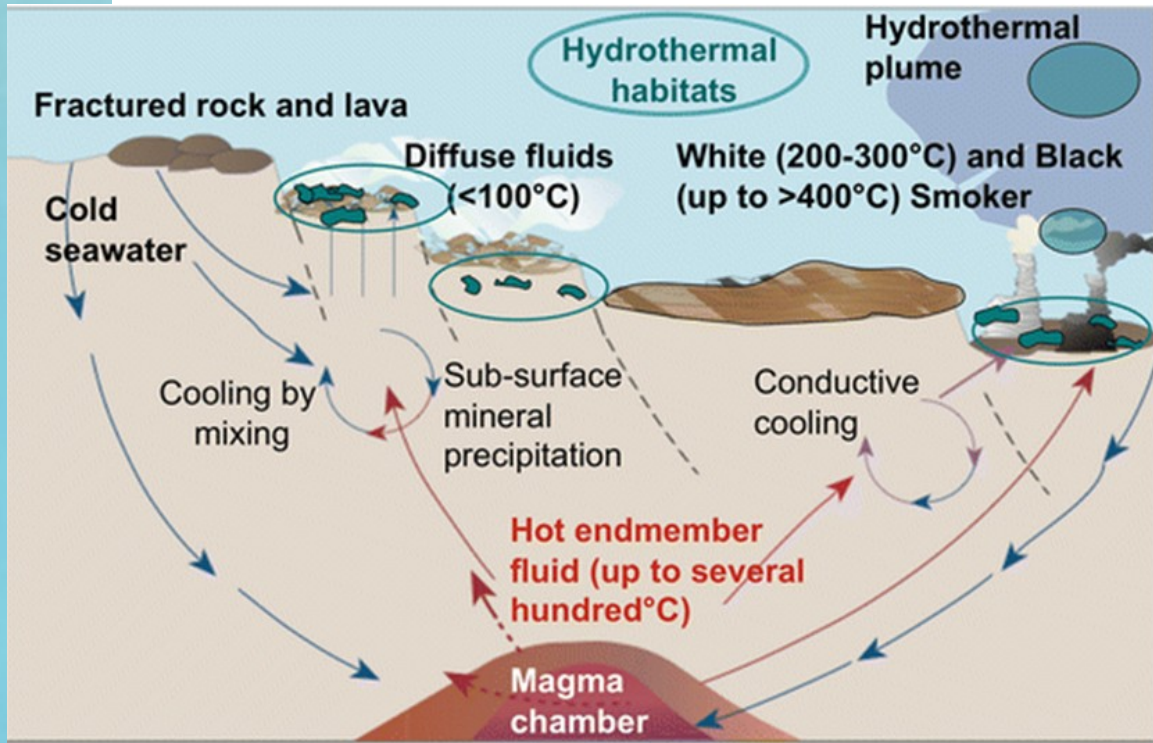
Uvolnění z pórů, puklin a minerálů hornin při diagenезi nebo metamorfóze.

## VADÓZNÍ

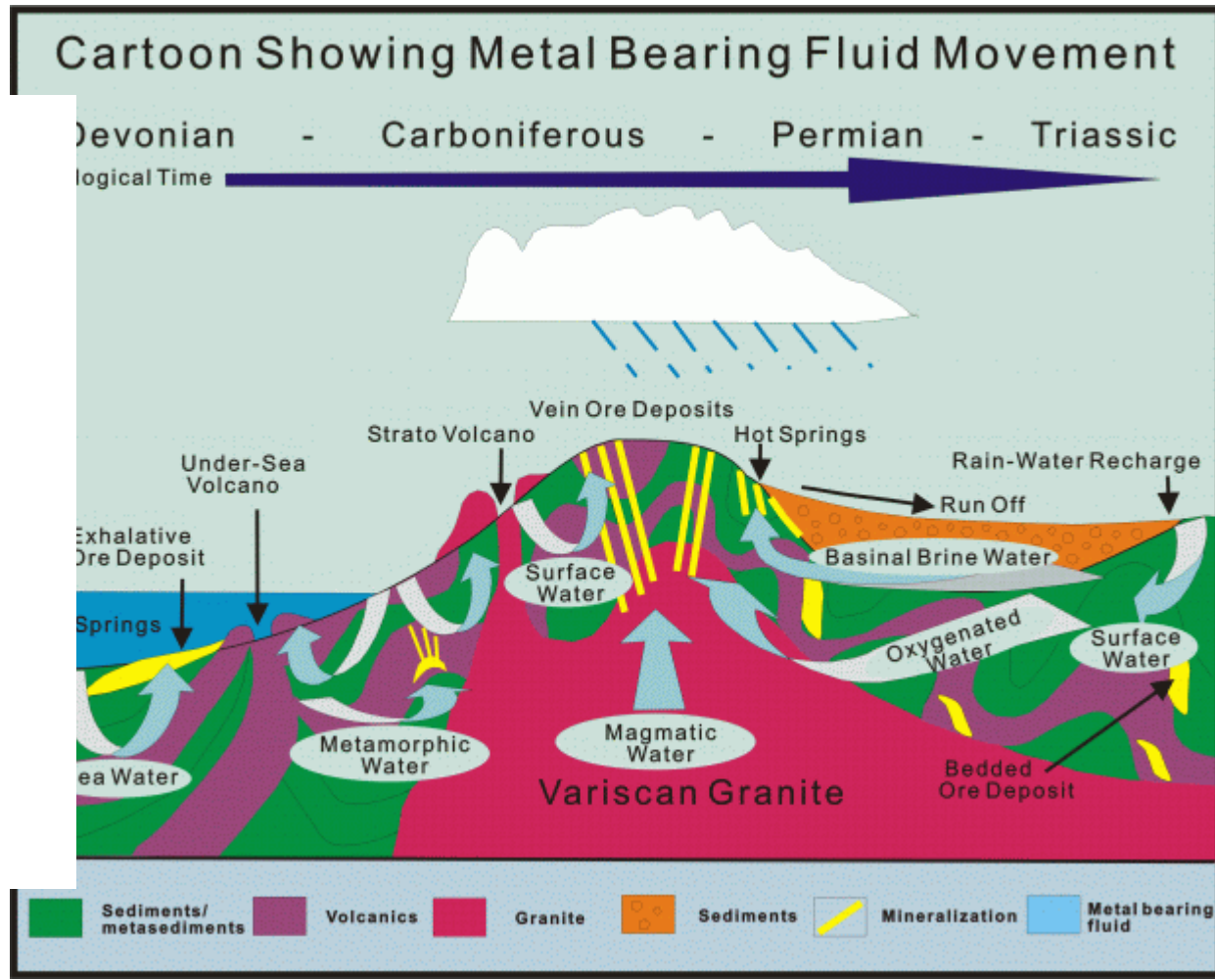
U povrchových vod dochází vlivem zvýšeného tepelného toku k jejich ohřevu, mineralizaci a přeměně na hydrotermální roztoky.







Koschinsky, 2014





# PŘENOS LOŽISKOTVORNÝCH KOMPONENT

Kovy se v hydrotermálních roztocích vyskytují v podobě elementární nebo lehce rozpustných sloučenin s S, O, Cl, F (vazba na tzv. ligandy).

K vysrážení z roztoku může dojít několika způsoby:

změnou teploty nebo/a tlaku

změnou pH či redox potenciálu

změnou chemismu (nerovnováha)

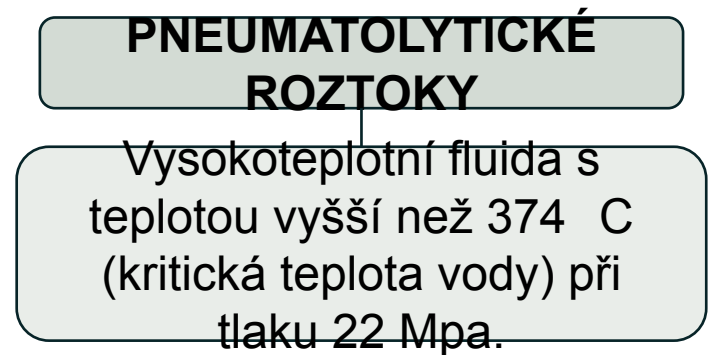
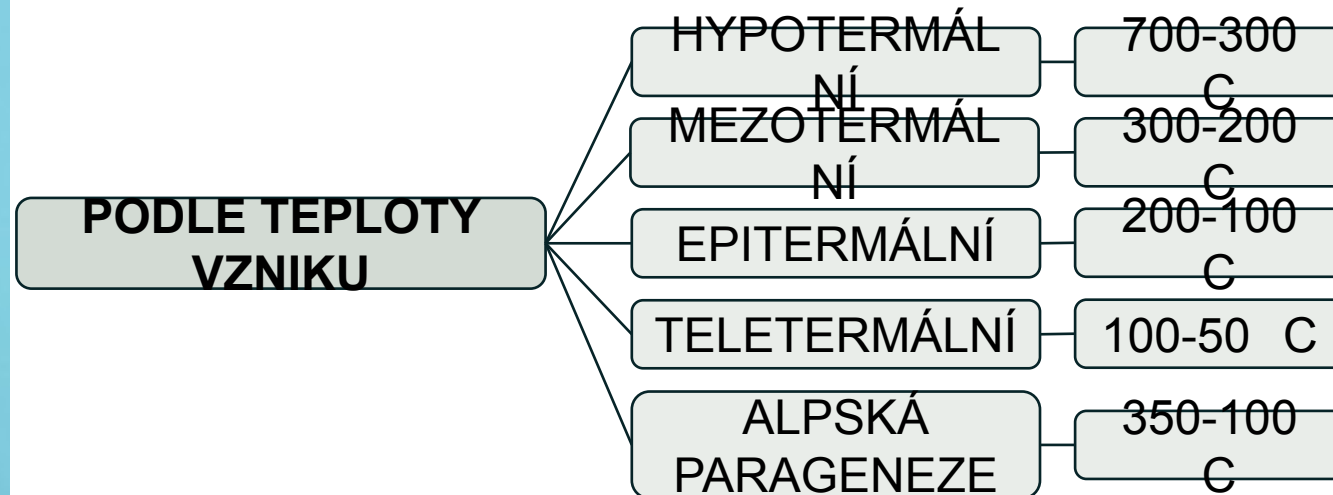
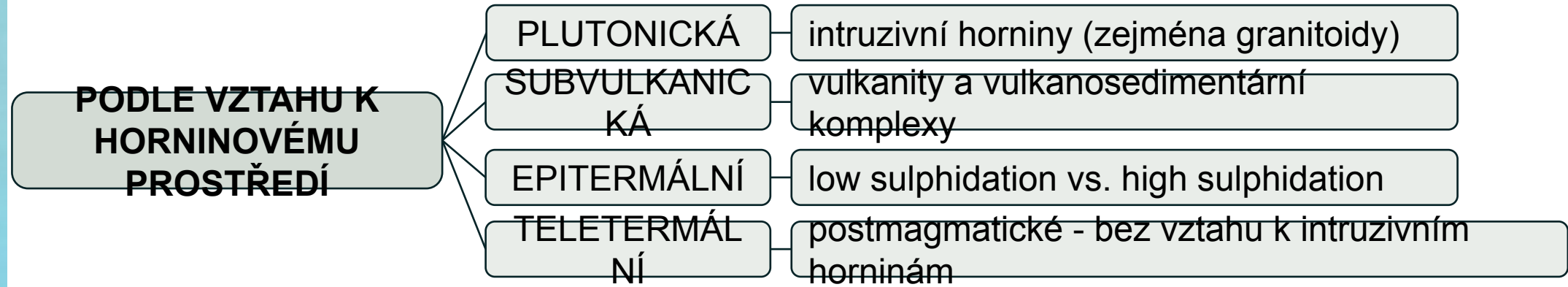
přesycením roztoku (evaporace)

únikem tekavých složek ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )

**NEB**  
**O**

metasomatickým zatlačováním

# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA - ROZDĚLENÍ





# HYDROTHERMÁLNÍ LOŽISKA – PLUTONICKÁ



# PLUTONICKÁ LOŽISKA

V asociaci s intruzivami spíše granitoidního typu, příp. i v krystalických břidlicích či karbonátových horninách.

Velké rozmezí PT podmínek vzniku.

Ložiska vázána na hloubky 3-15 km.

Polyfázový vznik ložisek.

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

žíly-žilné pásma, žilníky, metasomatická

páskovaná tělesa,

**TEXTURY**

brekciovitá, kokardovitá, drúzovitá,

**TEPLOTA**

vtroušeninová hypotermální - epitermální

# PLUTONICKÁ LOŽISKA

FORMACE		
<b>STARÁ ZLATONOSNÁ</b>	zvrásněné fundamenty platformních oblastí žilná mineralizace – Au ryzí nebo v sulfidech	Roudný, Jílové, Čelina-Mokrsko Mother Lode (USA), Kirkland (CA)
<b>KŘEMEN-WF-CST- MO</b>	asociace s malými intruzemi (Si-Cs, Si-Sulf) a greiseny (Si-Wf-Sch, Si-Cs-Wf, Si-Mo) žily, žilníky	Krupka Kazachstán, Zabajkalí
<b>URANINIT- KARBONÁTOVÁ</b>	uraninit-sulfidy-karbonáty žily, vtroušeninové zrudnění	Příbramsko, Rožínka Beaverlodge (CA)
<b>PĚTIPRVKOVÁ</b>	<b>Ag-U-Bi-Co-Ni</b> s dolomitem žily, vtroušeninové zrudnění	Jáchymov, Horní Slavkov Eldorado (CA)
<b>POLYMETALICKÁ</b>	Gn-Sp-Cpy s Ag + karbonáty, Si, Brt, Py, Apy	Kutná Hora, Příbram, Stříbro Leadville (USA-metasom.), Freiberg (DE)
<b>ANTIMONITOVÁ</b>	žily s křemenem, často v karbonátech	Pezinok, Magurka, Bohutín u Děčína



# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA – SUBVULKANICKÁ



# SUBVULKANICKÁ LOŽISKA

V asociaci s vulkanickými či vulkanosedimentárními komplexy (andezity, dacity, ryolity).

Ložiska vázána na hloubky 1.2-4.5 km.

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

žíly, žilníky, rudní sloupy

**TEXTURY**

páskovaná,  
brekciovitá,  
kokardovitá,  
drúzovitá

**TEPLOTA**

mezotermální -  
epitermální

## FORMACE

mladá zlatonosná Au-Ag, Ag-Au	v efuzivech cirkumpacifického pásma nebo vnitřní zóny karpatského oblouku	Kremnica El Oro (USA)
bolivijského typu Sn-W-Bi-Ag	třetihorní vulkanická centra	Potosí (BO)
polymetalická	vulkanosedimentární komplexy Cu-Pb-Zn (+ Ag-Au)	Hodruša, Banská Štiavnica
epitermální	vulkanogenní komplexy (andezit.	El Teniente, Chuquibambilla

# POTOSÍ – CERRO RICO

Sn-W-Bi-  
Ag

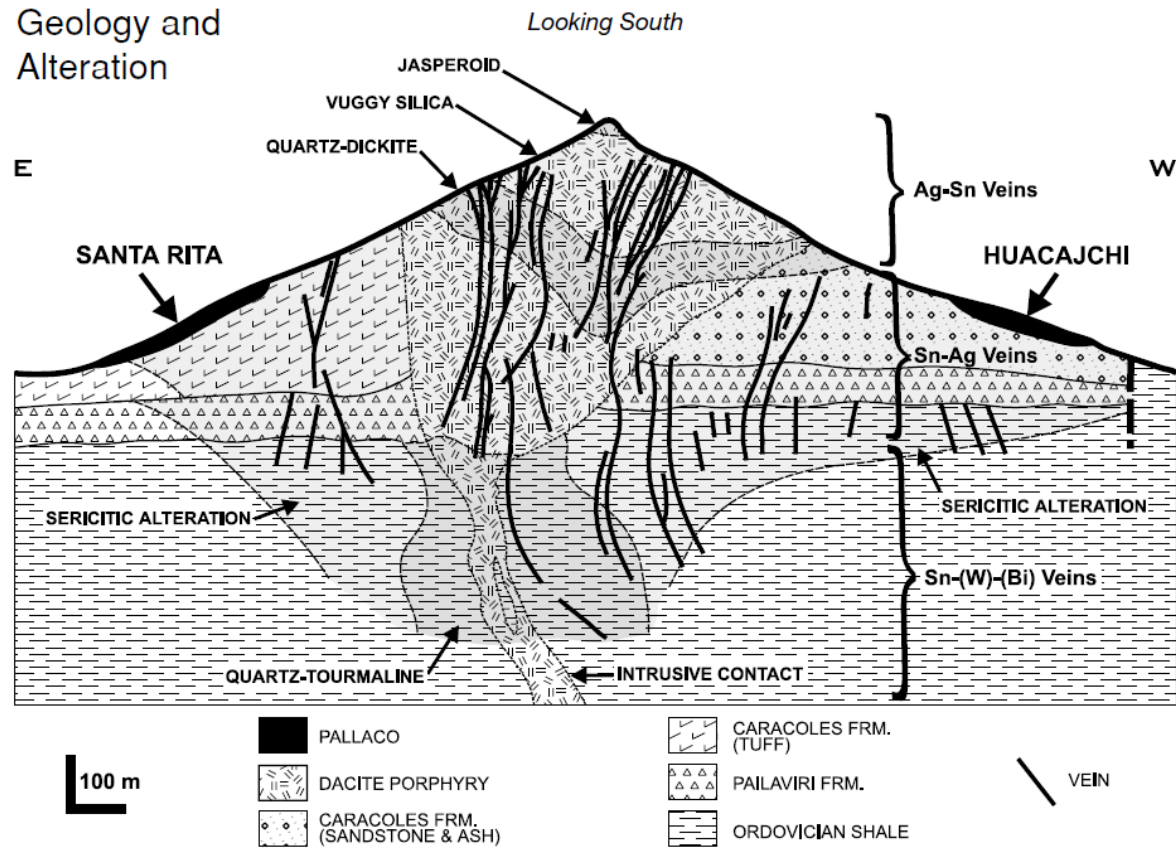
## MINERÁLY

kasiterit, wolframit, tetraedit,  
pyrargyrit, chlorargyrit, ryzí Ag,  
sfalerit, galenit, chalkozín-covelín

- ložisko Cerro Rico má unikátní tvar hory s **Sn-W** jádrem a **Ag-Pb-Zn** okraji
- intruze dacitu do sekvence ordovických břidlic s nadložními terciénními konglomeráty a vulkanity
- během chladnutí se vytvořila tvrdá křemenná slupka, díky které se ložisko zachovalo a unikátní tvar
- 35 hlavních žil + mnoho vedlejších splývajících do 5 hlavních systémů žil směrem dolů
- **několik pulzů hydrotermální fluid**
- ložisko se těží přes 450 let – počáteční obsah Ag byl až **25 hm. % (ca. 200 kg/t)**, dnes pouze **0.02 hm. % (174g/t)**
- **těží se do hloubky 1 150 m na 16 důlních patrech**

# POTOSÍ – CERRO RICO

## Geology and Alteration



Bartos, 2000

<https://www.riotimesonline.com/wp-content/uploads/2021/05/Bolivia-potosi-768x512.jpeg>





# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA – EPITERMÁLNÍ

# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA - EPITERMÁLNÍ

- nízkoteplotní žilná hydrotermální mineralizace → do 270 °C
- mělká ložiska uložená v prostoru mezi intruzí a zemským povrchem (max. hloubka cca do 1.5 km)
- vázána na aktivní vulkanismus → ostrovní oblouky
- stáří: mesozoikum-**kenozoikum** → asociovány s recentními subdukčními zónami  
paleozoikum → asociovány s původními subdukčními zónami
- **sulfidační stav** = poměr síry a chalkofilních prvků v rudních minerálech, určuje jaké rudní minerály se budou tvořit  
[https://www.youtube.com/watch?v=kcPVUkgZ\\_3k](https://www.youtube.com/watch?v=kcPVUkgZ_3k)
- **low-sulfidation**    **high-sulfidation**

# HIGH-SULPHIDATION DEPOSITS

150-300  
C

Uvolněná **horká acidní magmatická fluida** zůstávají téměř nezředěna meteorickou vodou, reagují pouze s omezeným množstvím podzemní vody a vytváří **silně kyselá fluida**.

Při průchodu horkých fluid horninou dochází k jejímu vyloužení a alteraci: živce → jílové minerály → „houbovitý SiO<sub>2</sub>“ (vuggy/muggy silica).

**oxidovaná** forma síry –

SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>

hloubka  
uložení:

**vyšší** salinita fluid (2-15 %) **500 - >1000 m**

**Produkty alterace: vuggy** SiO<sub>2</sub>, alunit-pyrophylit-dickit, sericit. **Alunit** je důkaz přítomnosti acidních fluid.

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

žíly, žilníky, masivní sulfidy

**TEXTURY**

vtroušeninová, masivní, replacement, brekcie,

**MINERALIZACE**

žilná  
**Au + Cu**, Ag, Bi, Te, Sn

**RUDNÍ MINERÁLY**

enargit, luzonit, covelin, chalkozín, chalkopyrit, pyrit, bornit, tetrahedrit-

**NERUDNÍ MINERÁLY**

tennantit  
alunit, baryt, kaolinit, sericit, pyrophylit

Nansatsu (JP), Kasuga Mines (JP), El Indio-Tambo (CL), Chuquicamata (CHL)

# LOW-SULPHIDATION DEPOSITS

< 300 C

Magmatická fluida jsou zchlazena a výrazně zředěna meteorickou vodou a cirkulující podzemní vodou → pH je zneutralizováno.

„boiling process“ → únik plynné fáze (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) → vysrážení Au a sulfidů v redukováná forma síry  
prasklinách a žilách

H<sub>2</sub>S  
nižší salinita fluid (do 10

hloubka uložení:  
0 - 800 m

**Produkty alterace:** adulár, kaolinit, sericit, karbonáty, jíly.

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

žíly, žilníky, masivní čočky

**TEXTURY**

brekcie, žilná, vtroušeninová

**MINERALIZACE**

**Au + Ag** Pb, Zn, As, Sb, Cu, Se, Hg

**RUDNÍ MINERÁLY**

sfalerit, galenit, arsenopyrit, pyrit, cinabarit, antimonit, markazit, pyrhotin, chalkopyrit

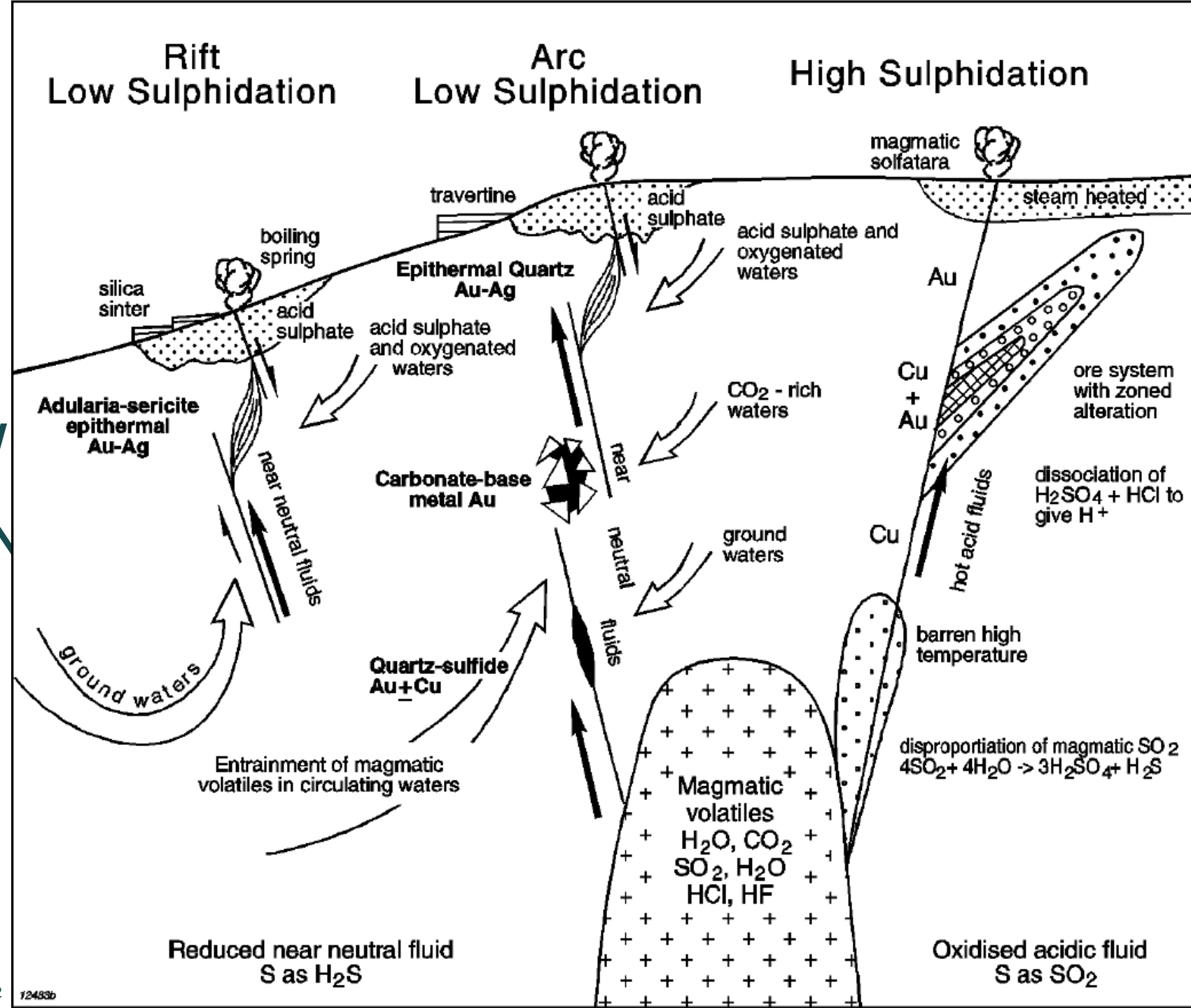
**NERUDNÍ MINERÁLY**

chalcedon, adulár, illit, kalcit, sericit, baryt, anhydrit, chlorit

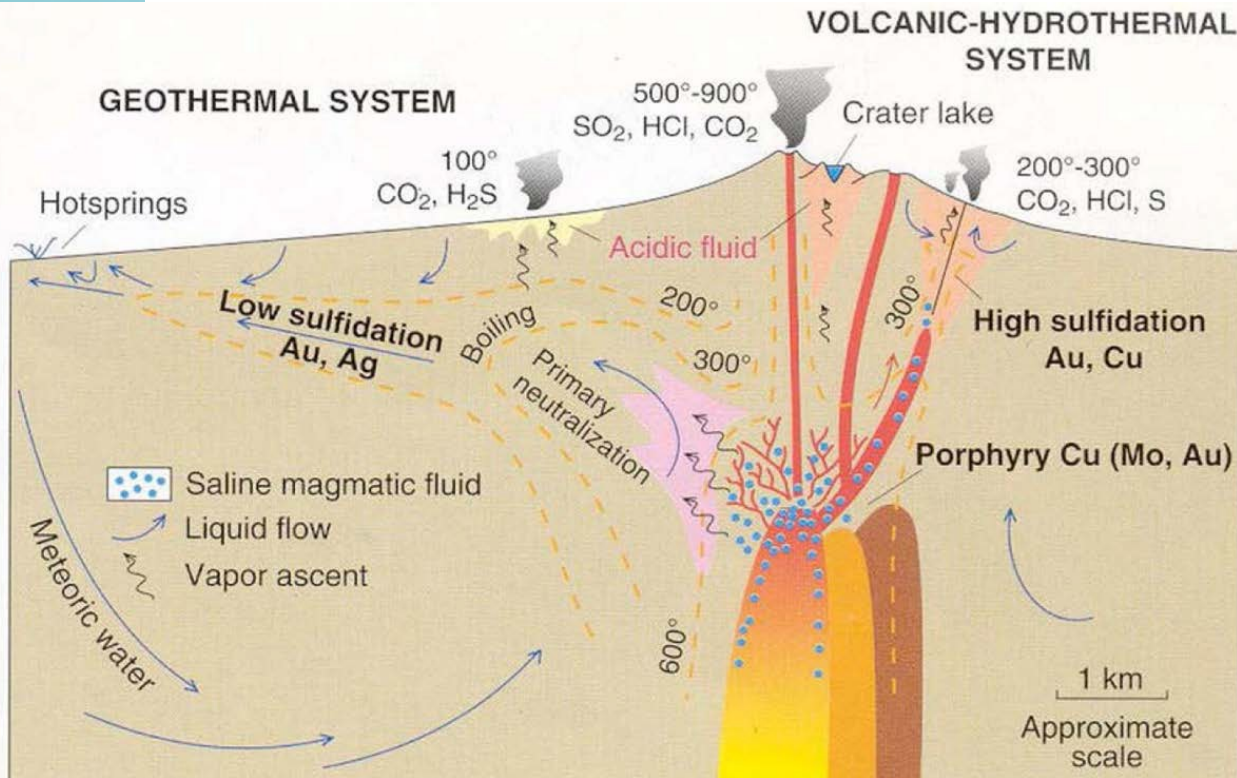
Hishikari deposit (JP), Round Mountain (USA)



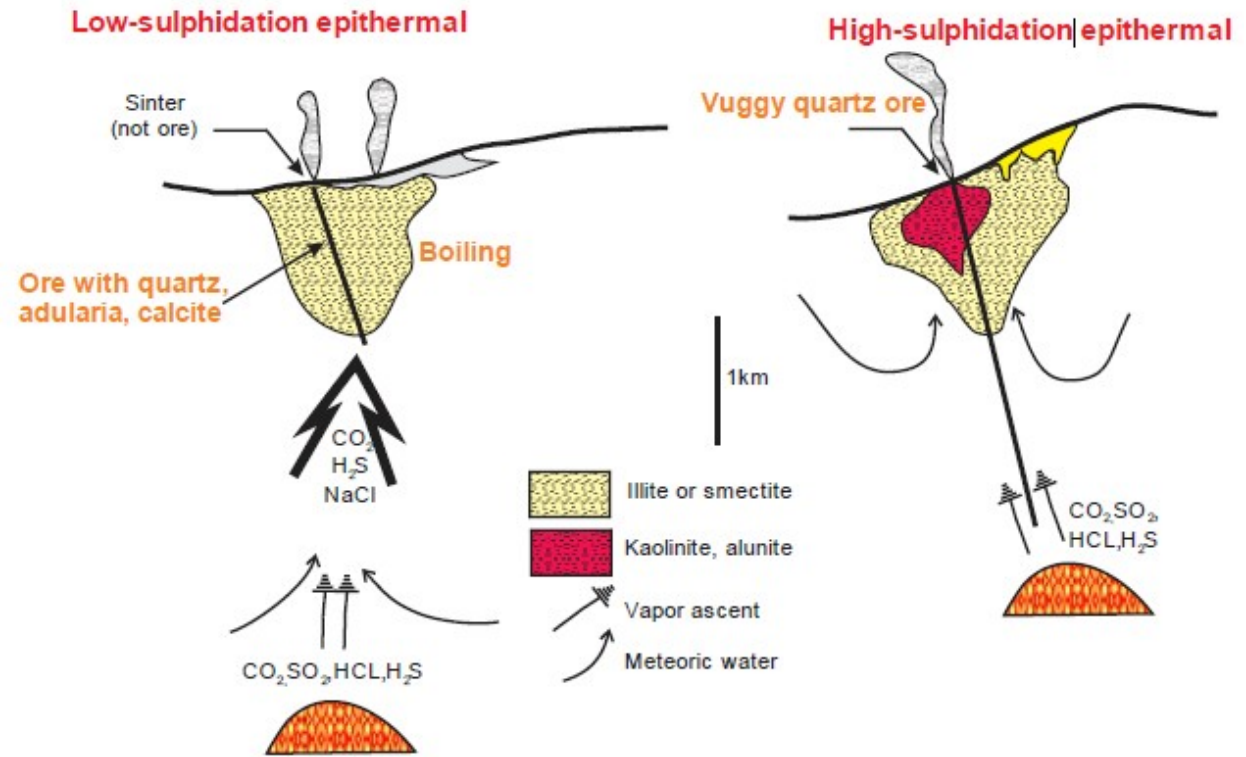
# HIGH VS. LOW SULPHIDATION



# HIGH-SULPHIDATION VS. LOW-SULPHIDATION



Hedenquist and Lowenstern, 1994



White & Hedenquist, 1995

# LOW VS. HIGH SULPHIDATION - SROVNÁNÍ

<b>LOW SULPHIDATION</b>	<b>HIGH SULPHIDATION</b>
<b>Au-Ag</b>	<b>Au-Cu</b>
neutrální fluida s nižší salinitou	kyselá fluida s vyšší salinitou
redukováná forma síry	oxidovaná forma síry
vzdálená od magmatické intruze	v blízkosti magmatické intruze
mineralizace žilná či brekciovitá	mineralizace primárně vtroušeninová
přítomnost minerálů Hg a Sb	vyloužené alterované horniny s „vuggy silica“
termální prameny	bahenní sopky, fumaroly



# HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA – TELETERMÁLNÍ



# TELETERMÁLNÍ-SEDIMENTÁRNÍ LOŽISKA

Ložiska v sedimentárních komplexech bez vztahu k

magmatické aktivitě.

Nicméně magmatická aktivita může být zdrojem tepla pro hydrotermální fluida.

Geosynklinály nebo sedimenty platformních pokryvů.

Pískovce, prachovce, jílovce, břidlice → obvykle mořské nebo deltové prostředí.

Stratiformní vs. strátidependentní stavba ložisek.

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

žilníky, stratiformní polohy, čočky, žíly

**TEXTURY**

páskovaná, brekciovitá, kokardovitá, drúzovitá

**TEPLOTA**

epitermální - teletermální

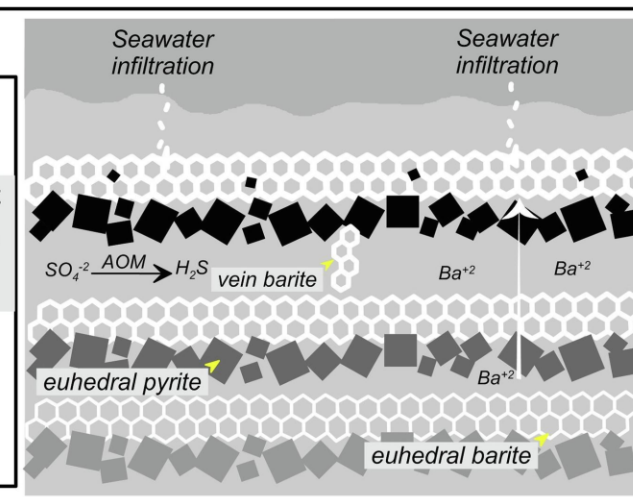
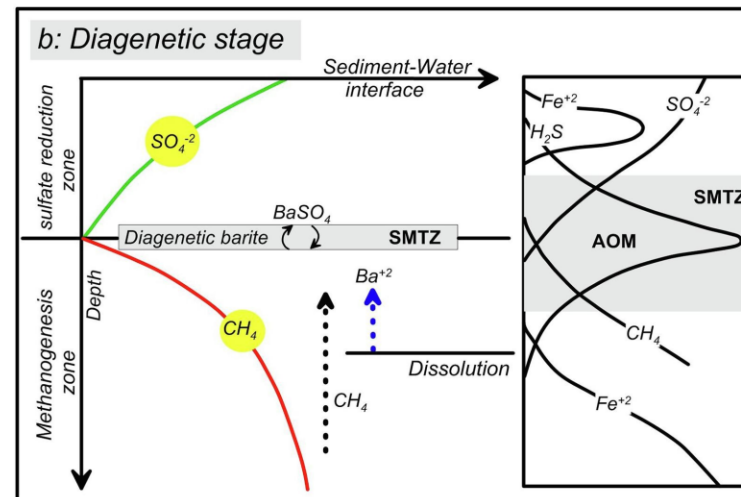
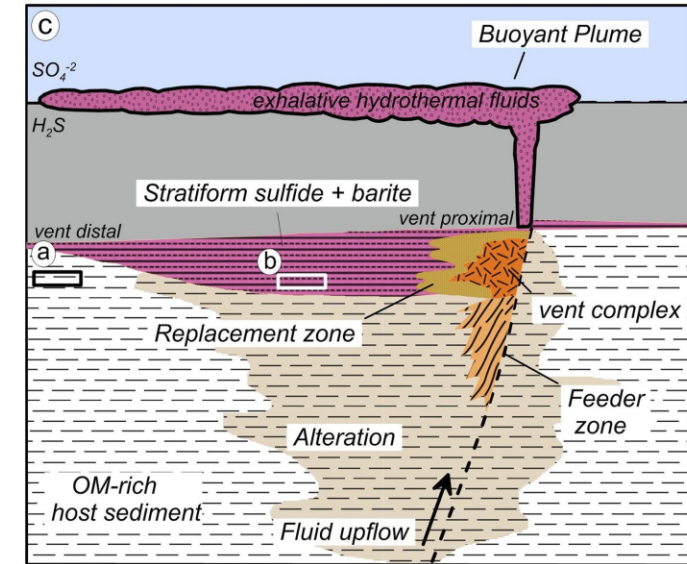
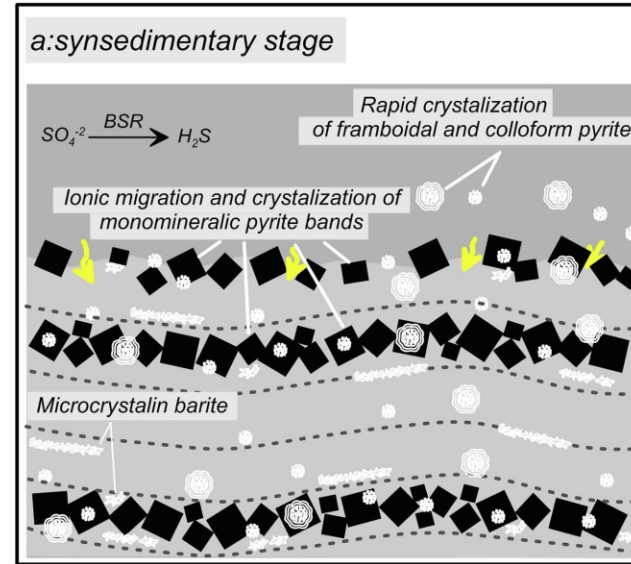
# TELETERMÁLNÍ HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA

## STRATIFORMNÍ LOŽISKA

syngenetická ložiska s vrstevnatou morfologií

## STRATIDEPENDENTNÍ LOŽISKA

epigenetická ložiska s vrstevnatou morfologií (výskyt vázán na určitou vrstvu)



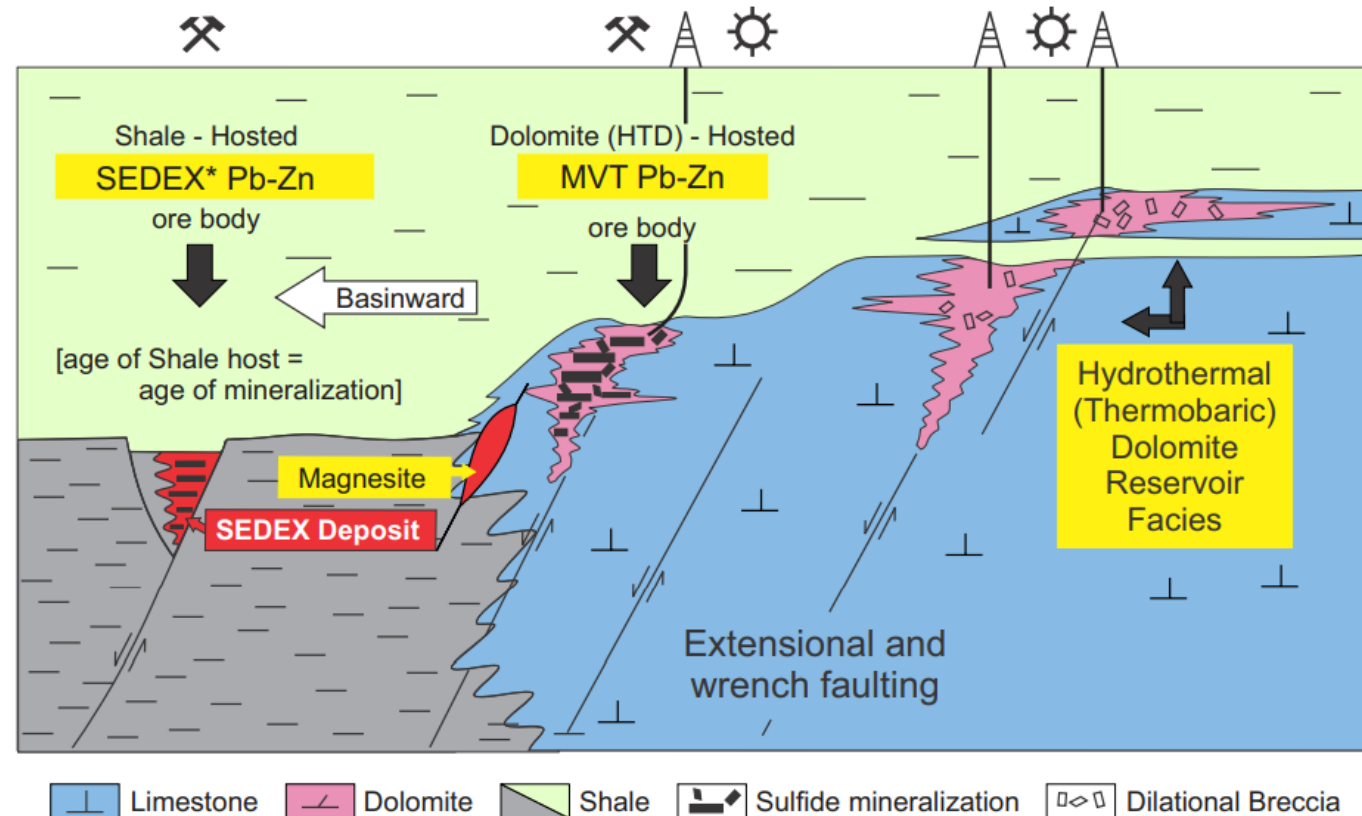
# TELETERMÁLNÍ HYDROTERMÁLNÍ LOŽISKA

Reakce síranů  $\text{SO}_4$  (oxidace) a organické hmoty (redukce)  $\rightarrow$  S.

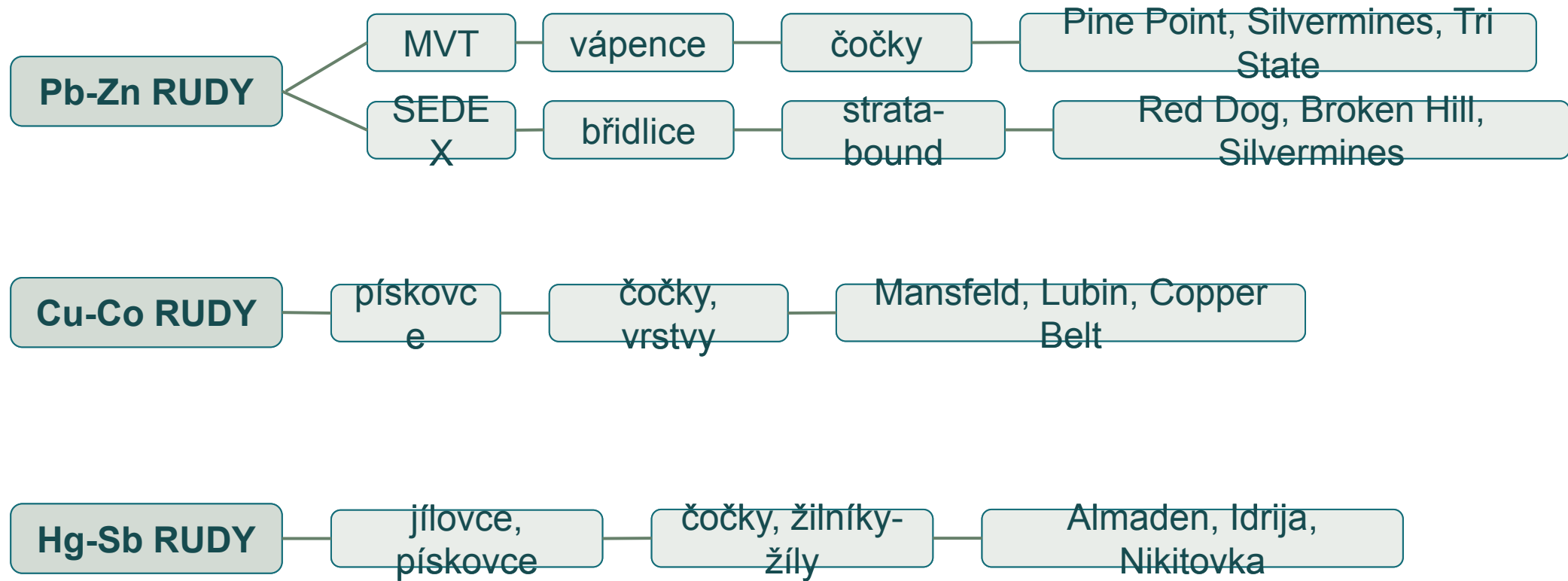
Pomalý proces probíhající při nízkých teplotách (60-250 °C).

MVT (Mississippi Valley Type)  
SEDEX (Sedimentary Exhalative)  
Kupferschiefer

Pb, Zn, Ag, Cu, Co, U, V



# TELETERMÁLNÍ-SEDIMENTÁRNÍ LOŽISKA - PŘEHLED





# MVT LOŽISKA (MISSISSIPPI VALLEY TYPE)

Zn-  
Pb

epigenetická → **stratidependentní**

**vázána na masivní karbonátové horniny** - dolomity, vápence, vzácně pískovce

devon-perm a křída-paleogén

mělká sedimentace těsně pod povrchem v mořských pánvích blízko rovníku (do 2 km)

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

čočky, space-filling

**TEXTURY**

páskovaná, brekciovitá, replacement

**TEPLOTA**

teletermální (75-150 C)

**LOŽISKA**

Hornoslezská pánev  
Pine Point (CA)  
Silvermines (IE)  
Tri State (USA)

# MVT LOŽISKA (MISSISSIPPI VALLEY TYPE)

obsah užitečné složky  
ca. **10-15 hm. % Zn+Pb**

MVT ložiska tvoří **25 %**  
světové těžby Zn+Pb

časté zlomy, poruchy,  
brekcie

**RUDNÍ  
MINERÁLY**

**sfalerit+galenit**, markazit,  
pyrit, chalkopyrit,  
arzenopyrit

**NERUDNÍ  
MINERÁLY**

**baryt+fluorit**, kalcit, dolomit

**BY-PRODUCTS**

**Ag, Ge, Ga, Cd, Cu**

# SEDEX LOŽISKA (SEDIMENTARY EXHALATIVE)

Pb-  
Zn

syngenetická → **stratiformní**

vázána na **karbonátové břidlice**,  
prachovce, vápence, příp. i tufity v  
sedimentárních pánvích

proterozoikum a mesozoikum

mělká sedimentace **na mořském  
dně** v důsledku dlouhodobé  
hydrotermální aktivity  
doprovázející **kontinentální rifting**  
→ 100 m – 2 km

**LOŽISKOVÁ  
TĚLESA**

čočky, kupy,  
tabulární tělesa

**TEXTURY**

**páskovaná**, masivní,  
vtroušeninová,  
brekcie

**TEPLOTA**

teletermální až  
epitermální (150-250  
C)

**LOŽISKA**

Red Dog (Aljaška)  
Mt. Isa, Broken Hill  
(USA)  
Sullivan (CA)  
Silvermines (IE)

# SEDEX LOŽISKA (SEDIMENTARY EXHALATIVE)

obsah užitkové složky až **25 hm. % Pb+Zn** (průměr 10 hm. %) v masivních rudách

Cu-Pb-Zn až **4 hm. % Cu** v masivních rudách

častá metamorfóza

spjaté s akumulacemi barytu

recentní analog → chladné metanové vývěry

**RUDNÍ  
MINERÁLY**

**galenit+ sfalerit,**  
pyrhotin, pyrit,  
chalkopyrit, markazit

**NERUDNÍ  
MINERÁLY**

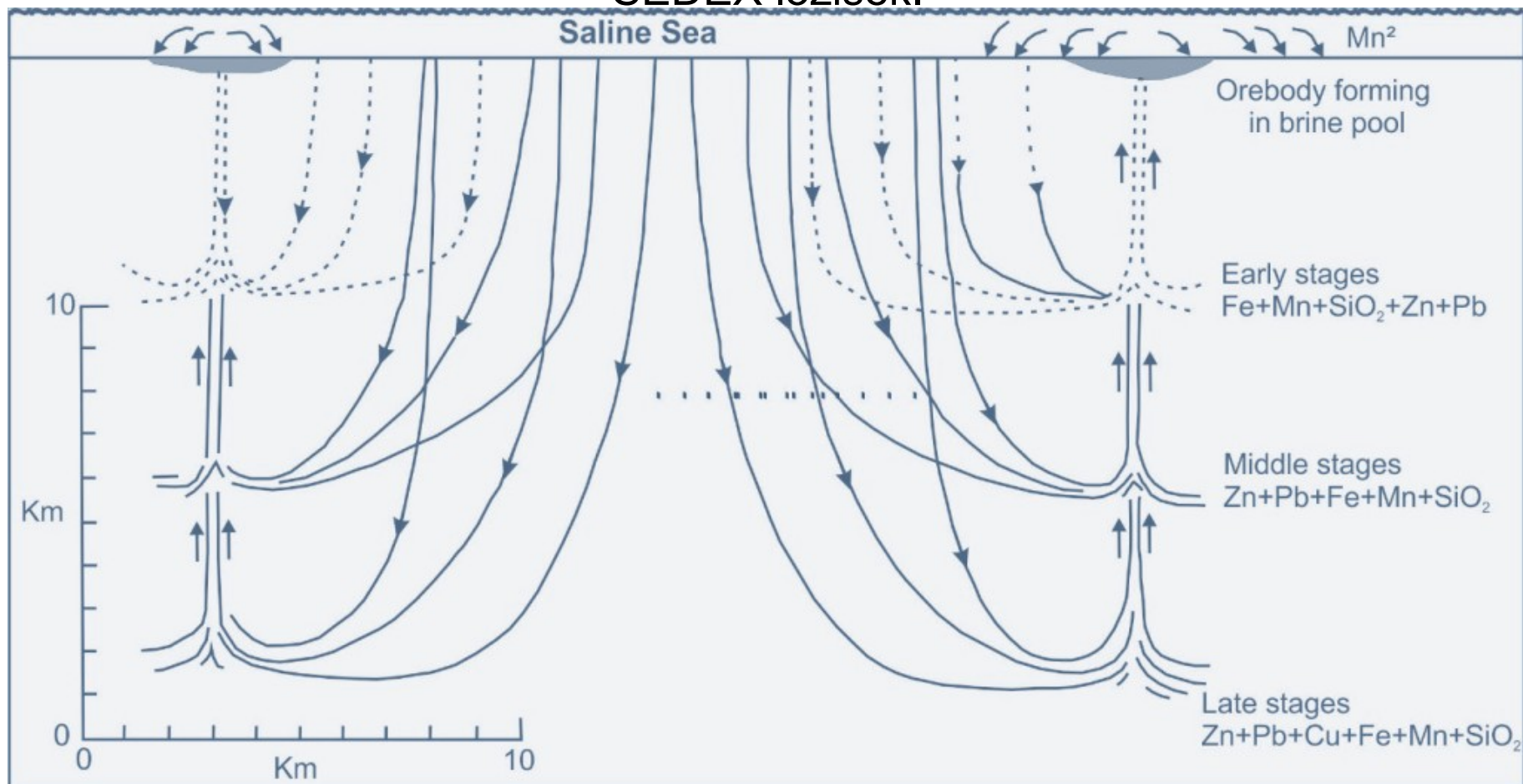
**baryt,** karbonáty,  
křemen

**BY-PRODUCTS**

**Ag, Cu**

# SEDEX LOŽISKA (SEDIMENTARY EXHALATIVE)

Cirkulace pánevních solanek skrz oceánskou kůru → podmínka pro vznik SEDEX ložisek.

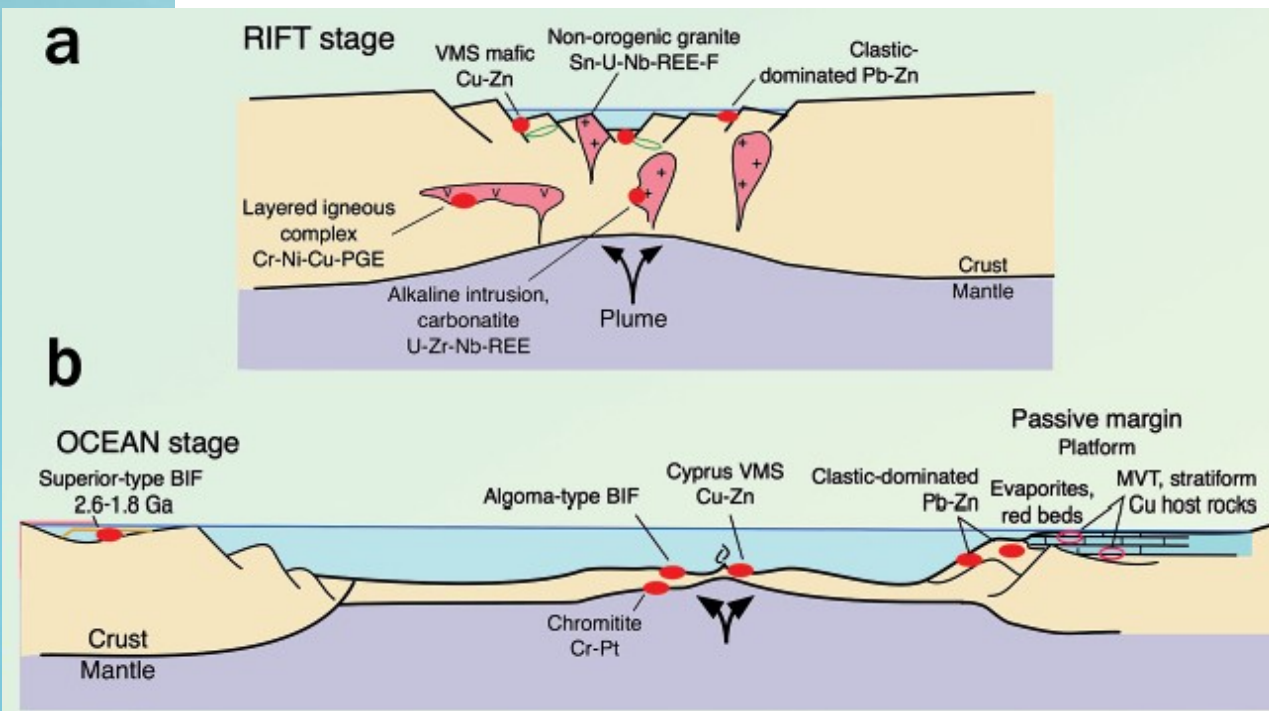




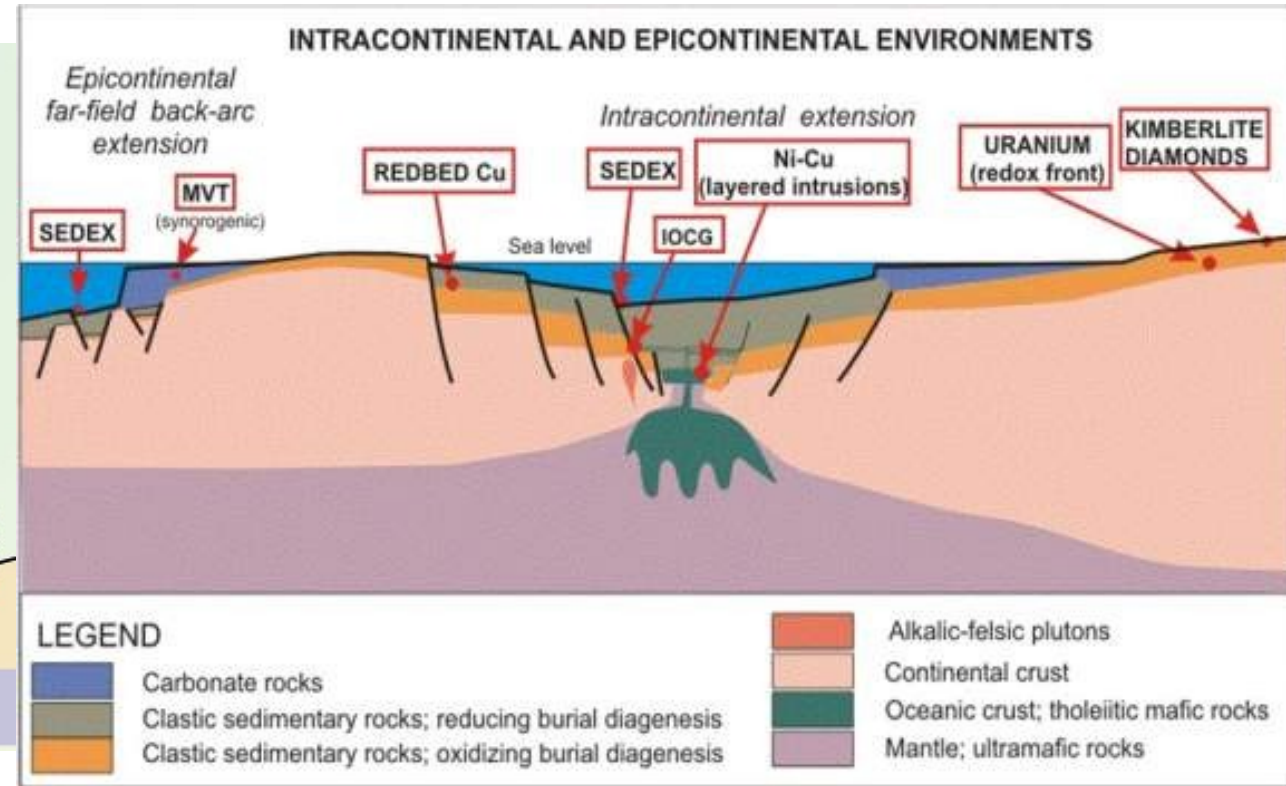
# MVT VS. SEDEX - SROVNÁNÍ

<b>MVT</b>	<b>SEDEX</b>
epigenetická	syngenetická
sedimentace tzv. open filling → pod povrchem karbonátové pánve → výplň volných prostor	sedimentace tzv. open space → na mořském dně nebo těsně pod ním
fanerozoikum	proterozoikum-fanerozoikum
platformní karbonátové pánve	vázáno na rifting
karbonáty	břidlice – siliciklasitcké sedimenty
kompresní prostředí	extenzivní prostředí

# LOŽISKA MVT A SEDEX - VZNIK

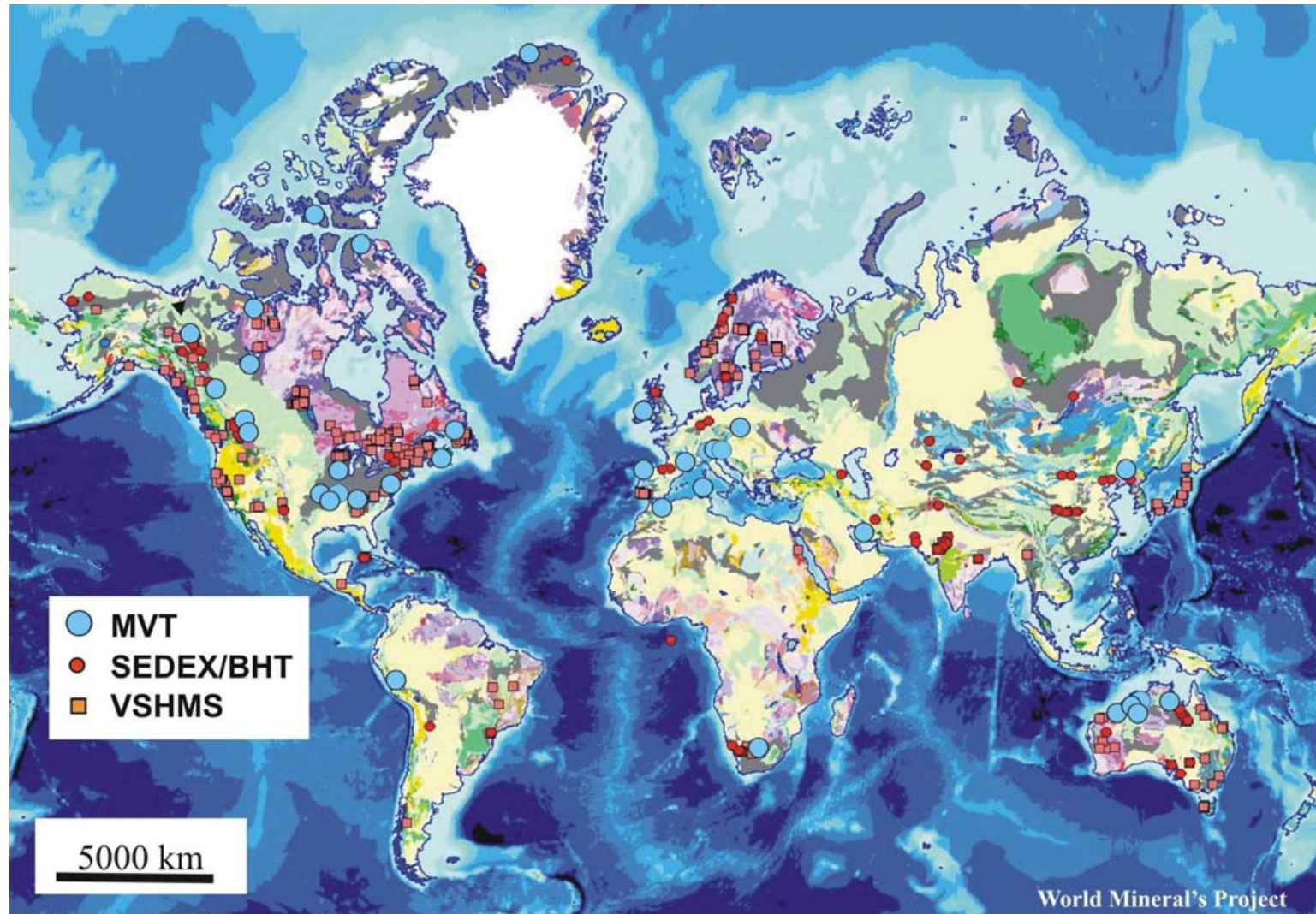


Arndt et al. 2017



Soltan, 2017

# LOŽISKA MVT, SEDEX A VMS



# CU-CO LOŽISKA

syngenetická → **stratiformní**

vznikala v období svrchního proterozoika až svrchního paleozoika

střídání oxidovaných vrstev (red-beds) s organikou bohatými vrstvami břidlic, karbonátů a jílu uložených v redukčních podmínkách

mělká sedimentace v kontinentálních riftových pánvích blízko rovníku (do 3 km)

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

čočky, pásy

**TEXTURY**

vtroušeninová, žilkování

**TEPLOTA**

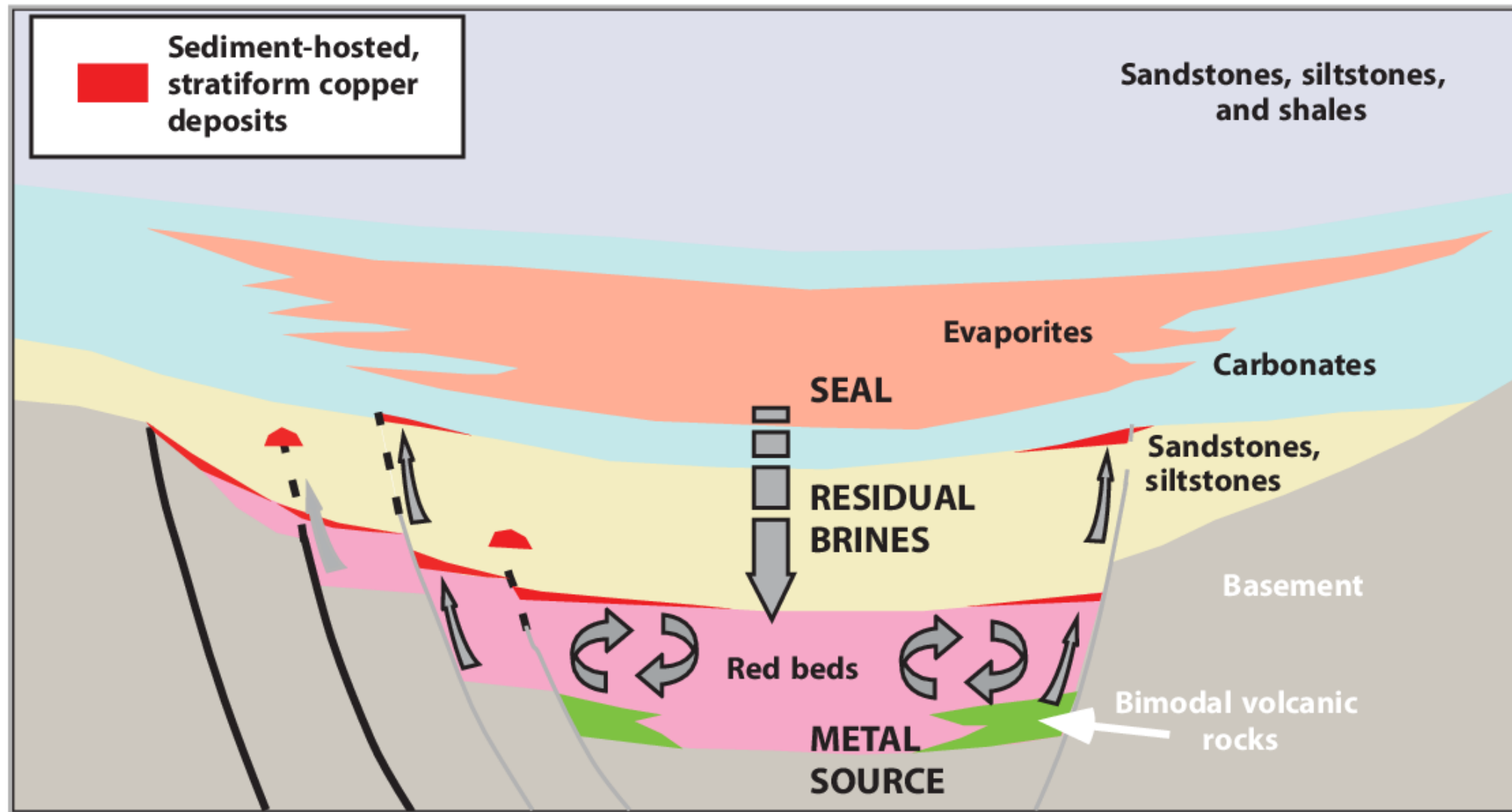
teletermální (100-150 C)

**LOŽISKA**

oblast Kupferschiefer Mansfeld (DE)  
Lubin, Rudna (PL)  
Copper Belt (ZA)  
White Pine (USA)



# CU-CO LOŽISKA





# KUPFERSCHIEFER (CU RED-BEDS)

paleozoické Cu-bohaté břidlice se střídají s vrstvami karbonátů, jílu, organické hmoty a pískovců

Kupferschiefer tvoří bazální součást Zechteinské pánve táhnoucí se od Polska přes Německo, Holandsko až do Velké Británie

hloubka cca 600-1500 m  
průměrná kovnatost – 1.5 %

## RUDNÍ MINERÁLY

bornit, chalkozín,  
chalkopyrit,  
galenit

## NERUDNÍ MINERÁLY

kalcit, křemen

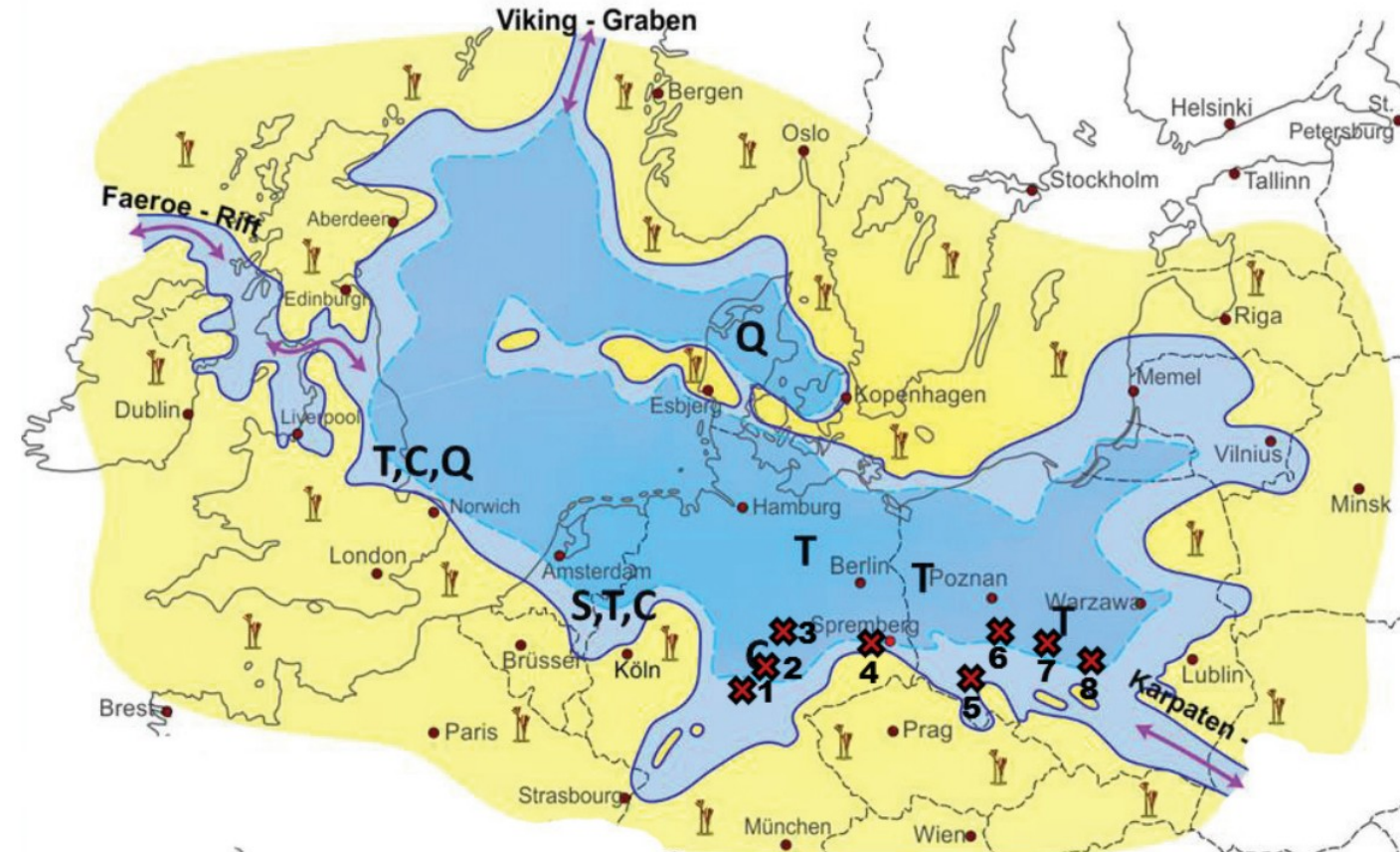
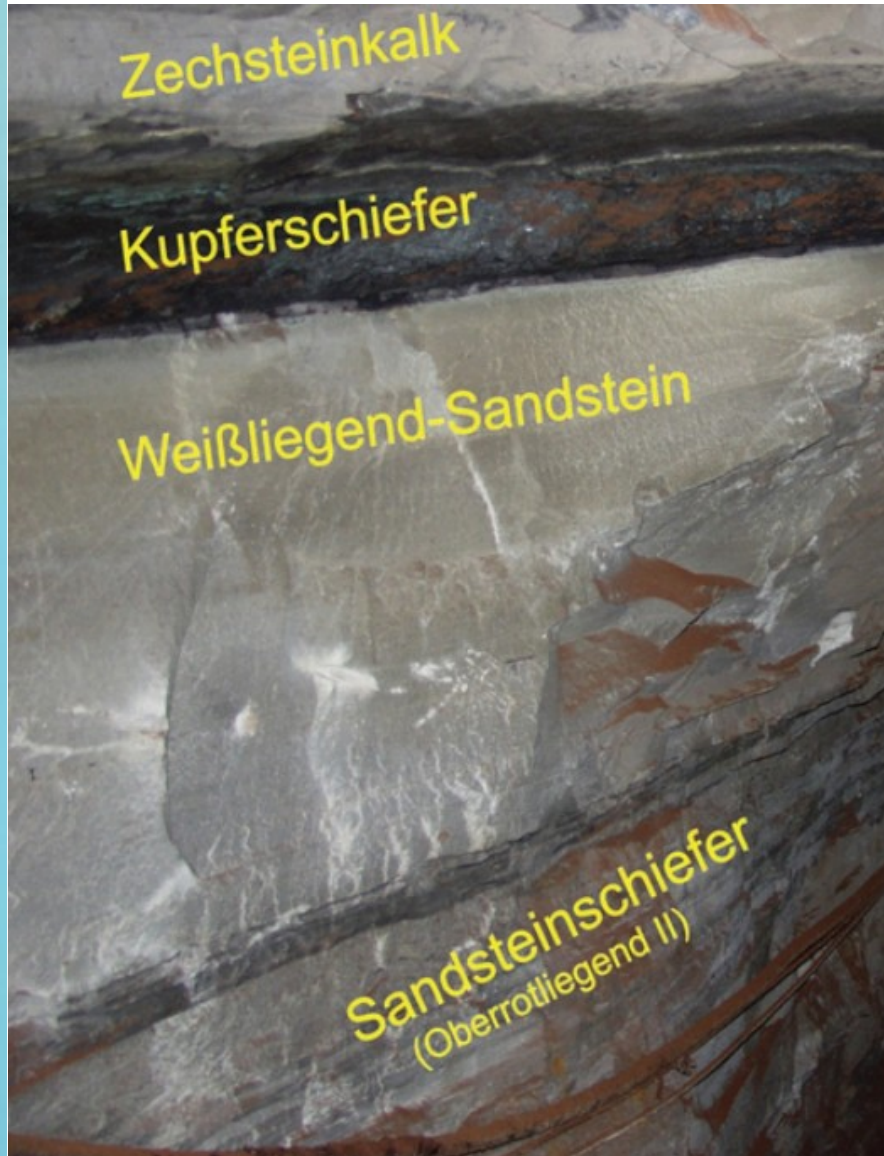
## BY-PRODUCTS

Ag, Au

## LOŽISKA

Mansfeld (DE)  
Lubin, Rudna  
(PL)

# KUPFERSCHIEFER (CU RED-BEDS)



Zechsteinská pánev; Keith et al. 2

# COPPER BELT

Cu-  
Co Ag

největší světové sedimentární  
ložisko mědi a kobaltu

vázáno na břidlice-dolomitické  
břidlice neoproterozoického stáří

průměrná kovnatost Cu+Co – 4 %

součást Central African Copperbelt

**RUDNÍ  
MINERÁLY**

bornit, chalkozín,  
chalkopyrit, pyrit,  
sfalerit

**NERUDNÍ  
MINERÁLY**

anhydrit, albit

**BY-PRODUCTS**

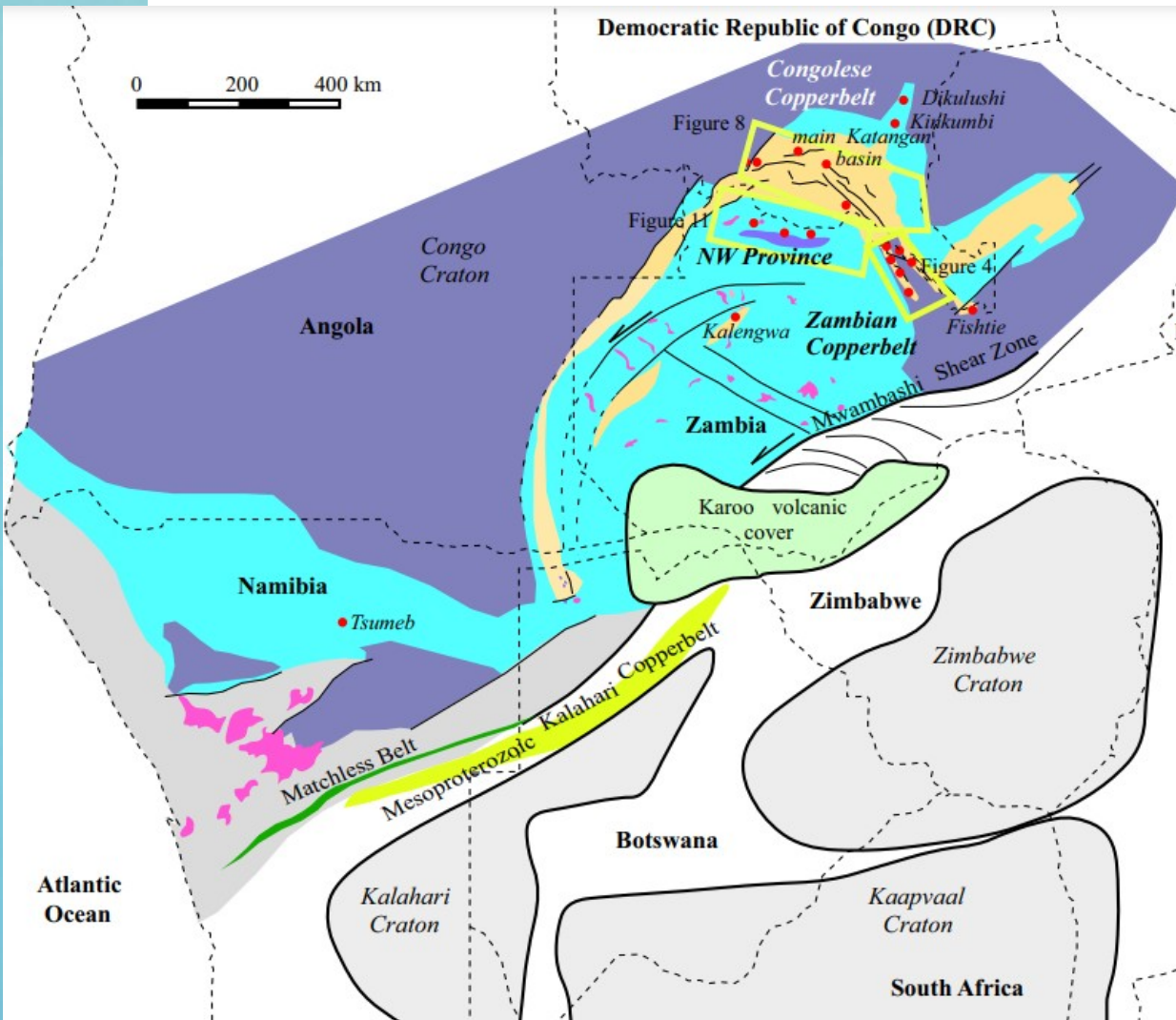
Ag, U, Mo, Ni, Au

**TEXTURY**

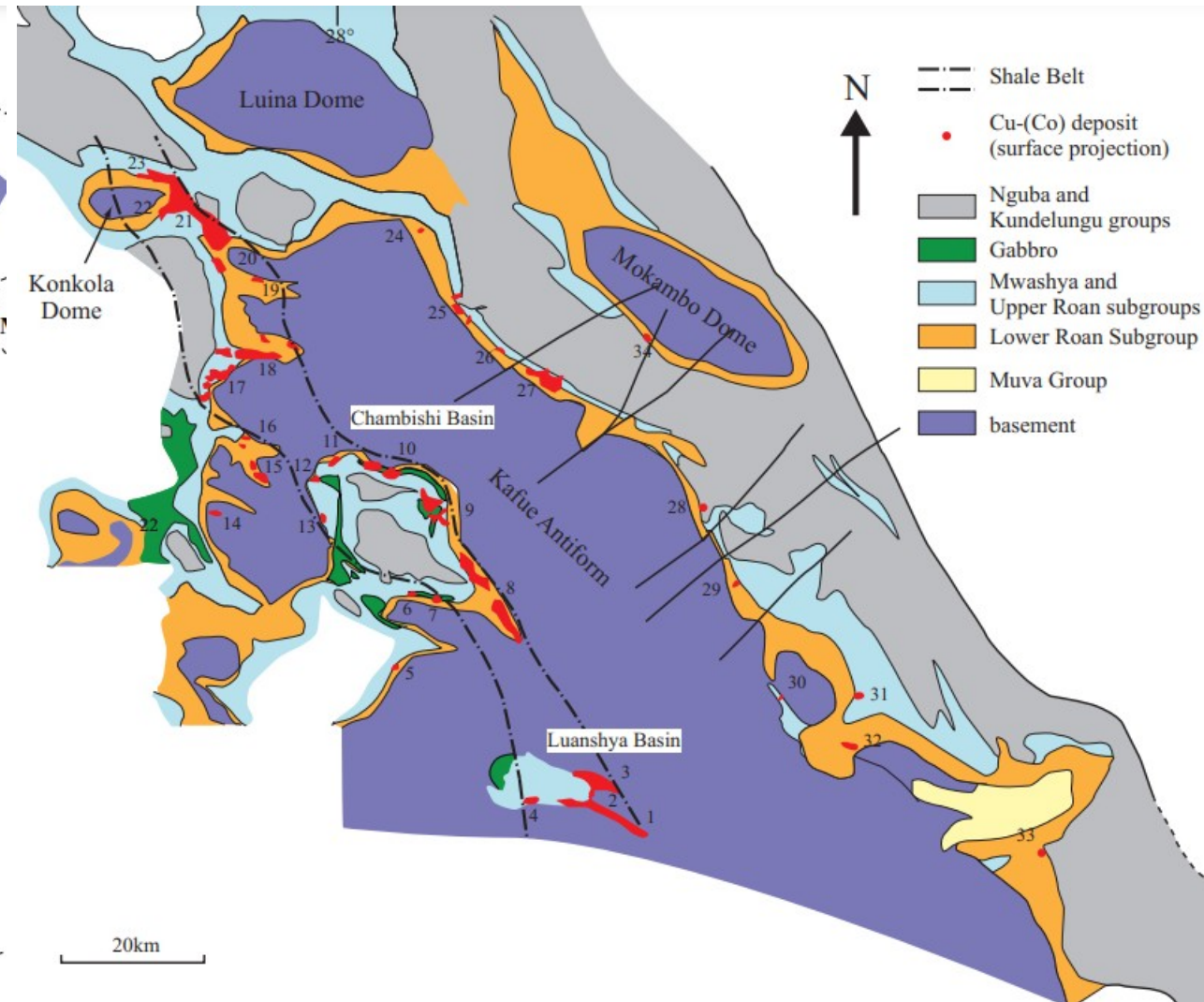
vtroušeninová



# COPPER BELT



Central African Copper Belt; Broughton, 2014



Zambian Copper Belt; Broughton, 2014

# WHITE PINE

Cu A

g

vázáno na prekambričké prachovce a  
pískovce

průměrná kovnatost – 1.2 %

1. Původní pyrit byl Cu-bohatými fluidy, které se uvolnily při **kompakci** sedimentů v pánvi Lake Superior, nahrazen chalkozínem. Zlomy, vzniklé v důsledku kompakce, poskytly cestu kovy bohatým fluidům, které následně prostoupily

2. Během druhé fáze mineralizace, vznikla ryzí měď spolu s ryzím stříbrem a chalkozínem. Předpokládá se, že tato stejná fluida umožnila vznik nedalekého, velmi rozsáhlého ložiska

**Keweenaw Peninsula.**

**RUDNÍ  
MINERÁLY**

chalkozín, ryzí Cu,  
chalkopyrit, bornit, sfalerit,  
galenit

**TEXTURY**

vtroušeninová,  
žilkování



Měď, stříbro, malachit; Rosemeyer, 1999

Foto: Peter Rodewald





V(H)MS

VOLCANOGENIC (HOSTED) MASSIVE  
SULPHIDE

# VMS

**Cu-Zn-Pb-Ag-  
Au**

přechodná **endo-exogenní**  
submarinní ložiska vázaná jak na  
**vulkanity** mafického-felsického  
složení, tak **sedimenty** → bazalty,  
břidlice, rohovce

mělká sedimentace těsně pod  
mořským dnem v blízkosti **aktivního**  
**vulkanismu** → rychlé zakrytí

ložiska vznikla většinou během  
relativně **krátké epizody** vulkanismu  
(< 2 mil. let)

**SYNGENETIC  
KÁ**

**LOŽISKOVÁ  
TĚLESA**

čočky, žíly, žilníky  
stratiformní  
polohy

**TEXTURY**

masivní, vtroušeninová,  
žilná

**TEPLOTA**

epitermální (200-350  
C)

# VMS

velmi častá je **silná deformace** a postižení metamorfózou

charakteristické jsou i **metasomatické přeměny**, jako chloritizace a sericitizace

během závěrečných fází hydrotermální aktivity – precipitace železa a manganoželeznatých silicisedimentů

**RUDNÍ  
MINERÁLY**

pyrit, pyrhotin, sfalerit, galenit, chalkopyrit, hematit, magnetit

**NERUDNÍ  
MINERÁLY**

baryt, křemen, anhydrit, karbonáty

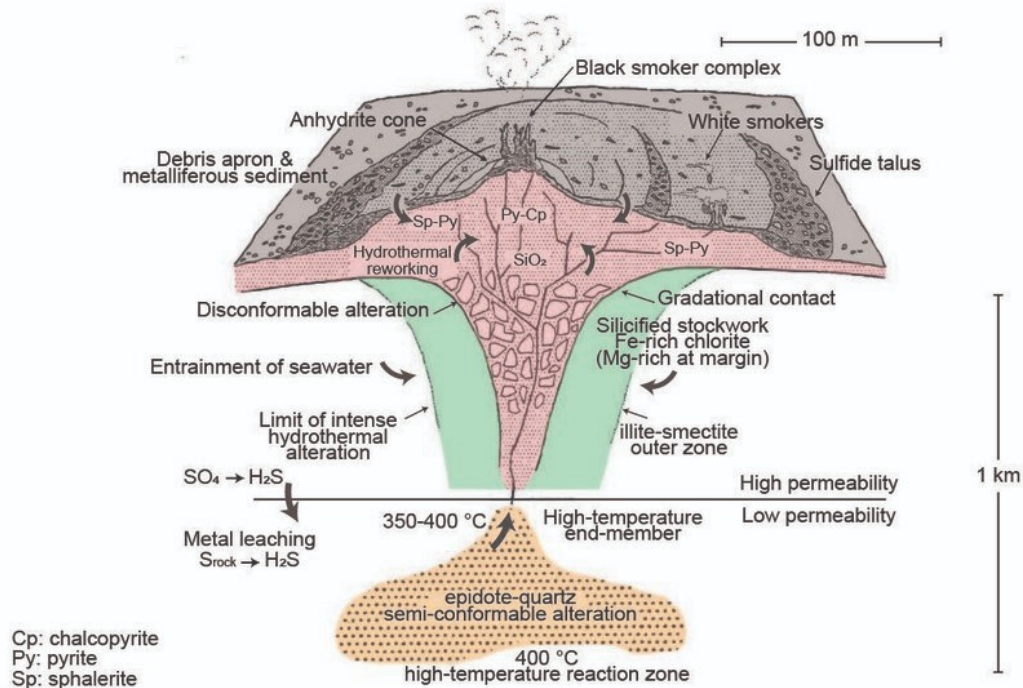
**BY-PRODUCTS**

Ag, Au

# VMS

## Volcanogenic Massive Sulfide (VMS) Deposits

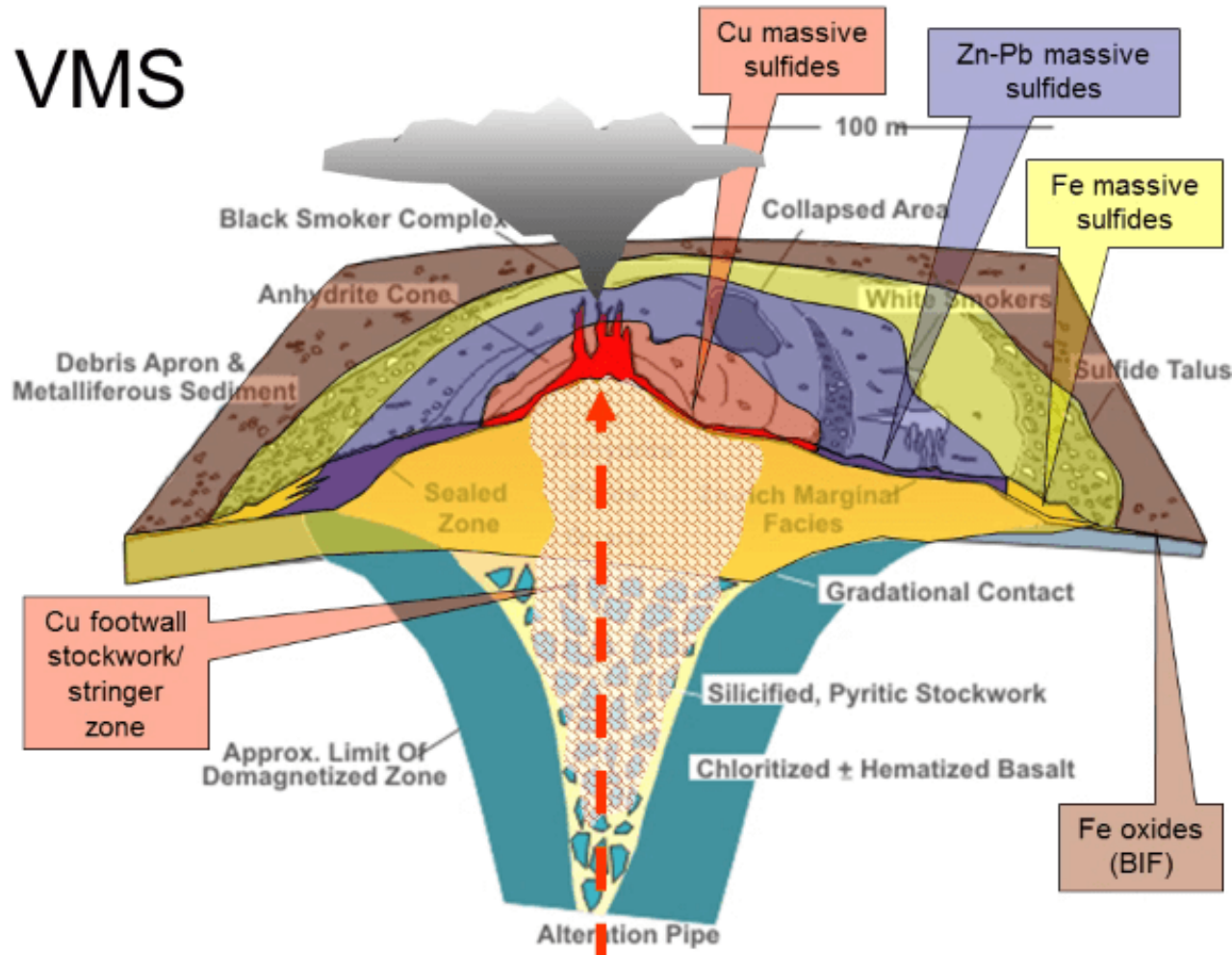
Physical and Chemical Processes of Seafloor Mineralization



Modified from Hannington et al. (1995)

Xuan-Ce Wang,  
2023

## VMS



<https://geologyscience.com/geology-branches/mining-geology/volcanogenic-massive-sulfide-vms-deposits/>

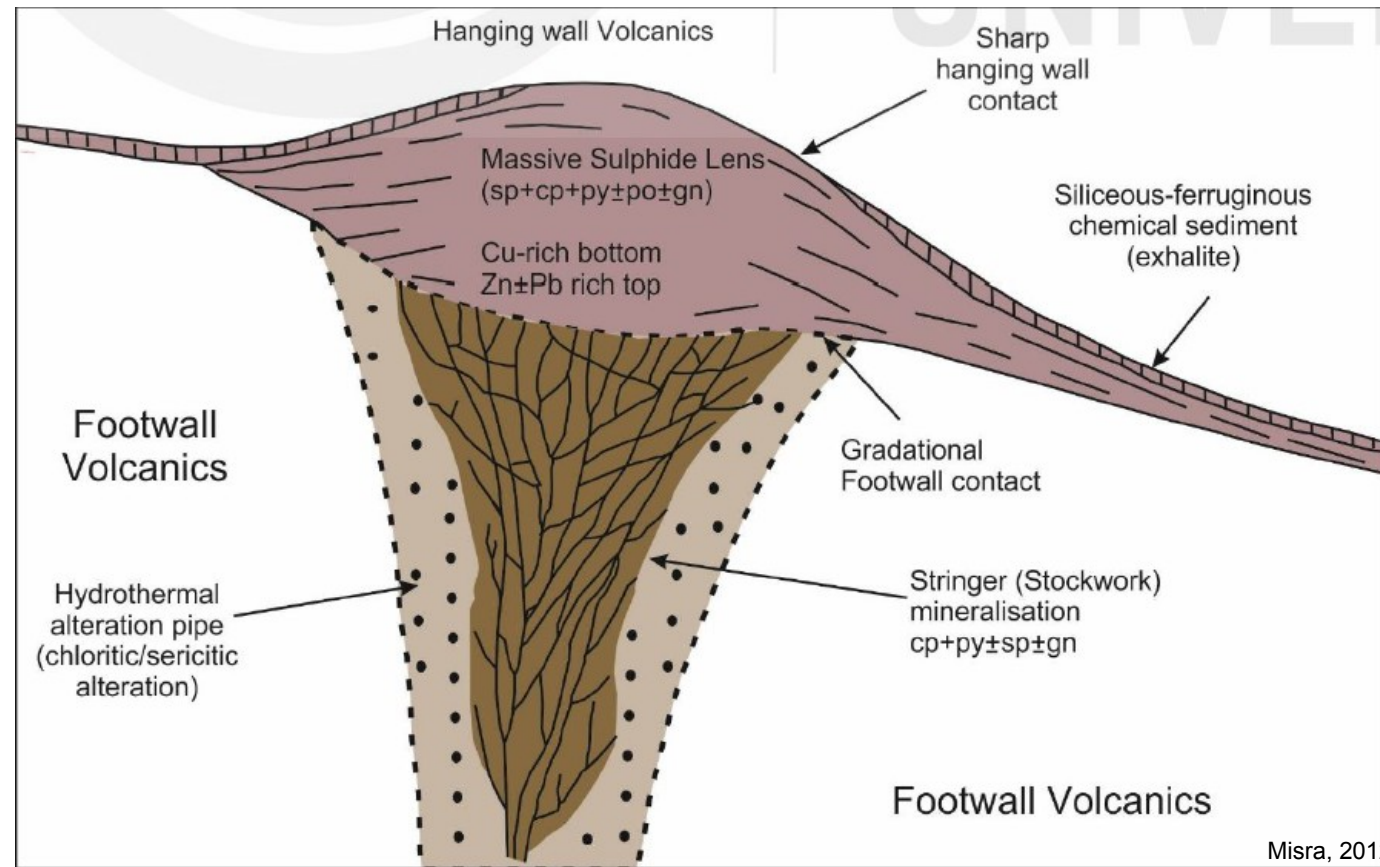
# VMS

ložiska lze rozdělit na dvě části:  
**čočku masivních sulfidů** (> 60 %  
sulfidů) a **žilnou-žilníkovou  
mineralizaci** v podloží

ložiska jsou charakteristická  
**vyšší kovy**

doposud je známo **850 ložisek** na  
světě

světová produkce:  
22 % Zn, 6 % Cu, 9.7 % Pb, 8.7 Ag,  
2.2 Au





# VMS – PODMÍNKY VZNIKU

**vulkanická aktivita** → např. výbuch podvodní sopky, uvolnění horkých fluid bohatých kovy

**hydrotermální cirkulace** → horká fluida reagují s vulkanickými horninami, jimiž prostupují, ale také s mořskou vodou

**vysrážení sulfidů** – hydrotermální fluida při kontaktu se studenou mořskou vodou, zchladnou a umožní tak vysrážení v nich obsažených sulfidů a jejich akumulaci na mořském dně

**vznik VMS ložiska** – akumulace sulfidů v průběhu času vytvoří ložisko s rozličnými typy mineralizace

rozlišujeme formaci rud typu **Lahn Dill** (Fe, Mn) a **kyzovou** (Pb-Zn-Cu-Au-Ag)

ložiska kyzové formace jsou často tvořena převážně železem (až 90 %) v podobě pyritu a pyrhotinu doprovázené polohami barytu

recentní analog – black and white smokers

**MOŘSKÁ VODA JE V NADKRITICKÉM STAVU**

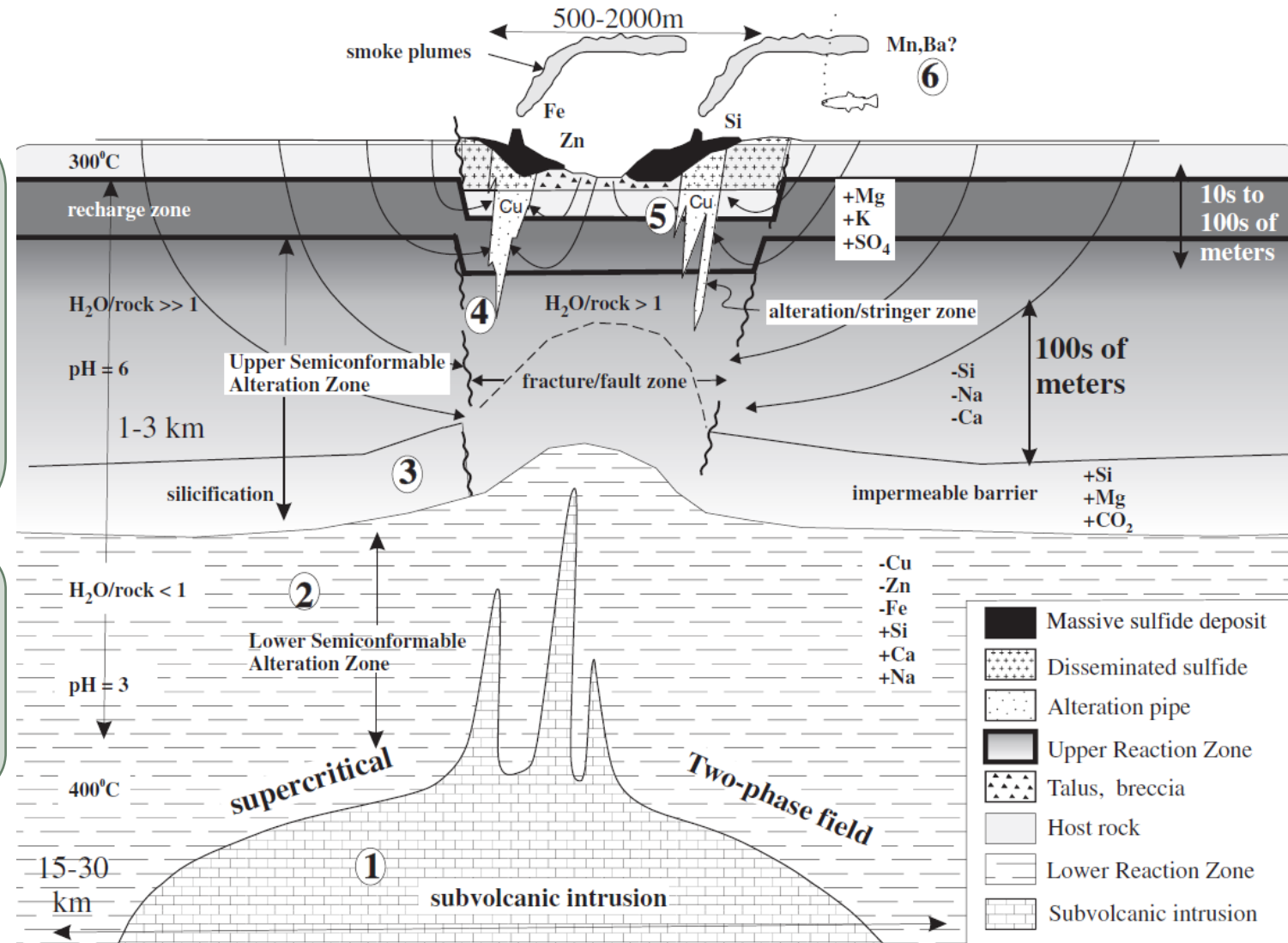


# VMS - VZNIK

## POČÁTEČNÍ FÁZE ALTERACE

Polohy vulkanitů v mocnosti několika tisíc metrů nad intruzí zahrnují regionálně rozsáhlé, alterační facie, vzájemně odlišné typickými metasomatickými minerálními asociacemi (chloritizace, spilitizace, silicifikace, epidotizace).

Alterační facie se souhrnně označují jako **SEMI-COMFORMABLE** alterační zóny, které vznikly v důsledku metasomatické reakce mezi mořskou vodou a intruzí.



# SEMI-COMFORMABLE ALTERAČNÍ ZÓNY

## Mg-K ZEOLITOVÁ METASOMATICKÁ FACIE (50-140

C)

felsické horniny → **adulár** – Mg-smektit

mafické horniny → **zeolit** – Mg-smektit

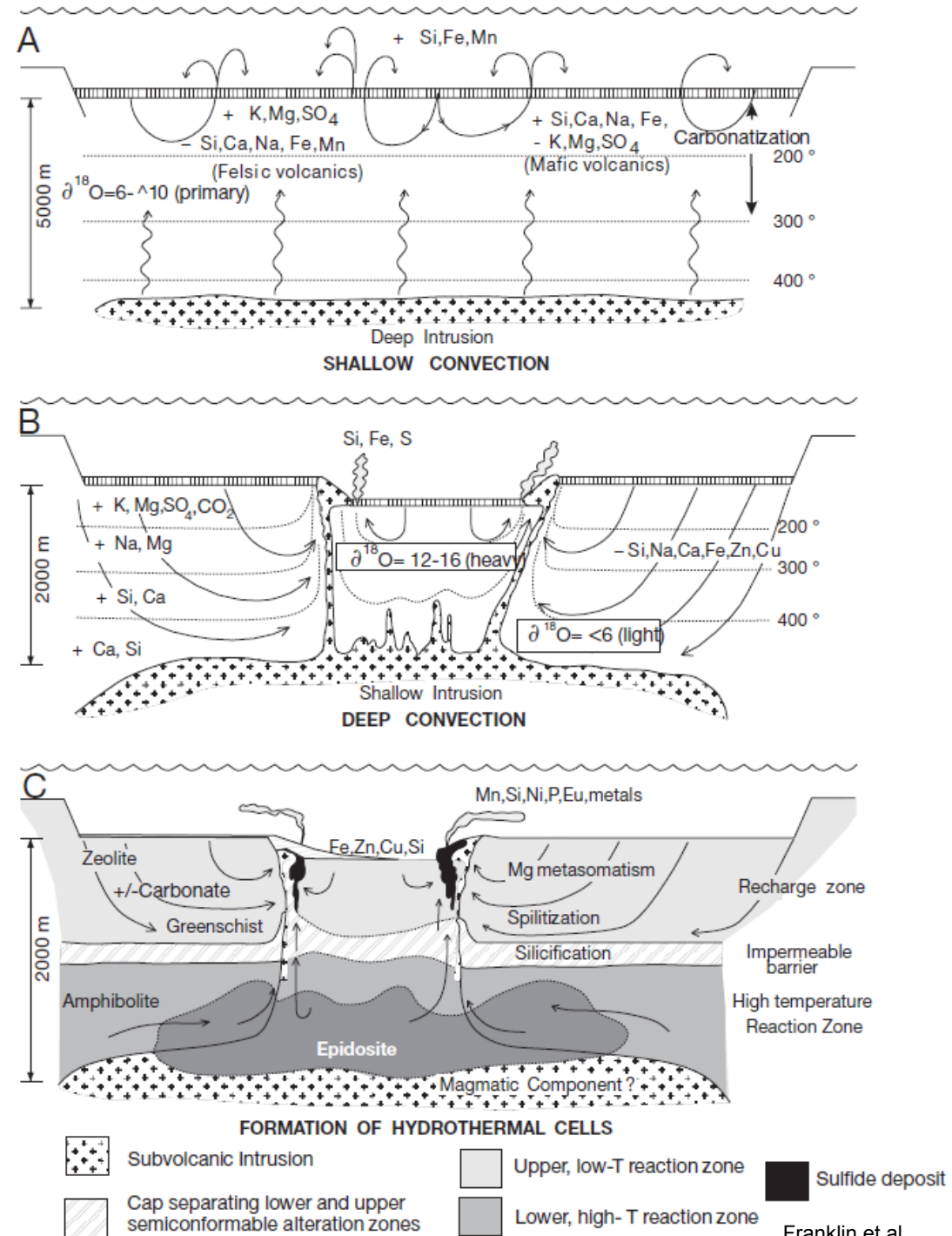
Tyto nízkoteplotní reakce nejsou dostatečné pro vyluhování kovů a síry, ale mohou extrahovat významné množství Fe, Si a Mn, a méně také Ca, Mg a S z vulkanické kupy. Tato facie je běžně překryta tenkou, ale rozsáhlou polohou Fe-Mn bohatých chemogenních

sedimentů.

## Na-Mg METASOMATICKÉ FACIE (140-300 C)

Typická minerální asociace: **Mg-smektit** – **chlorit** – **křemen** – **albit**.

Při teplotě > 200 C přechází metasomatismus z hořečnatého do sodného (**spilitizace**) → původní mírně alkalická fluida (Mg-K-Na-SO<sub>4</sub>) se změni na horká acidní (Na-Ca-Si).



# SEMI-COMFORMABLE ALTERAČNÍ ZÓNY

## Na METASOMATICKÁ FACIE ZELENÝCH BŘIDLIC (300-400 C)

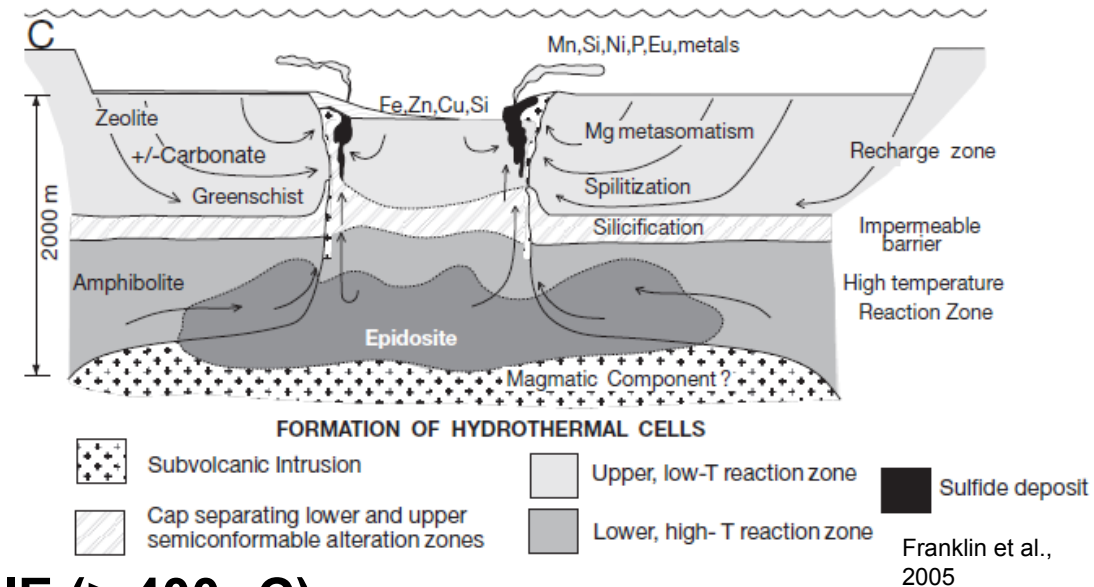
Typická minerální asociace **chlorit – aktinolit – epidot – albit**.

Reakce na hranici facie zelených břidlic s amfibolitovou vedou k intenzivnímu vyluhování kovů a **silicifikaci horniny**. Silicifikovaná hornina poté působí jako izolace, a díky tomu může pod ní ležící amfibolitová facie akumulovat Ca-Fe obohacení a

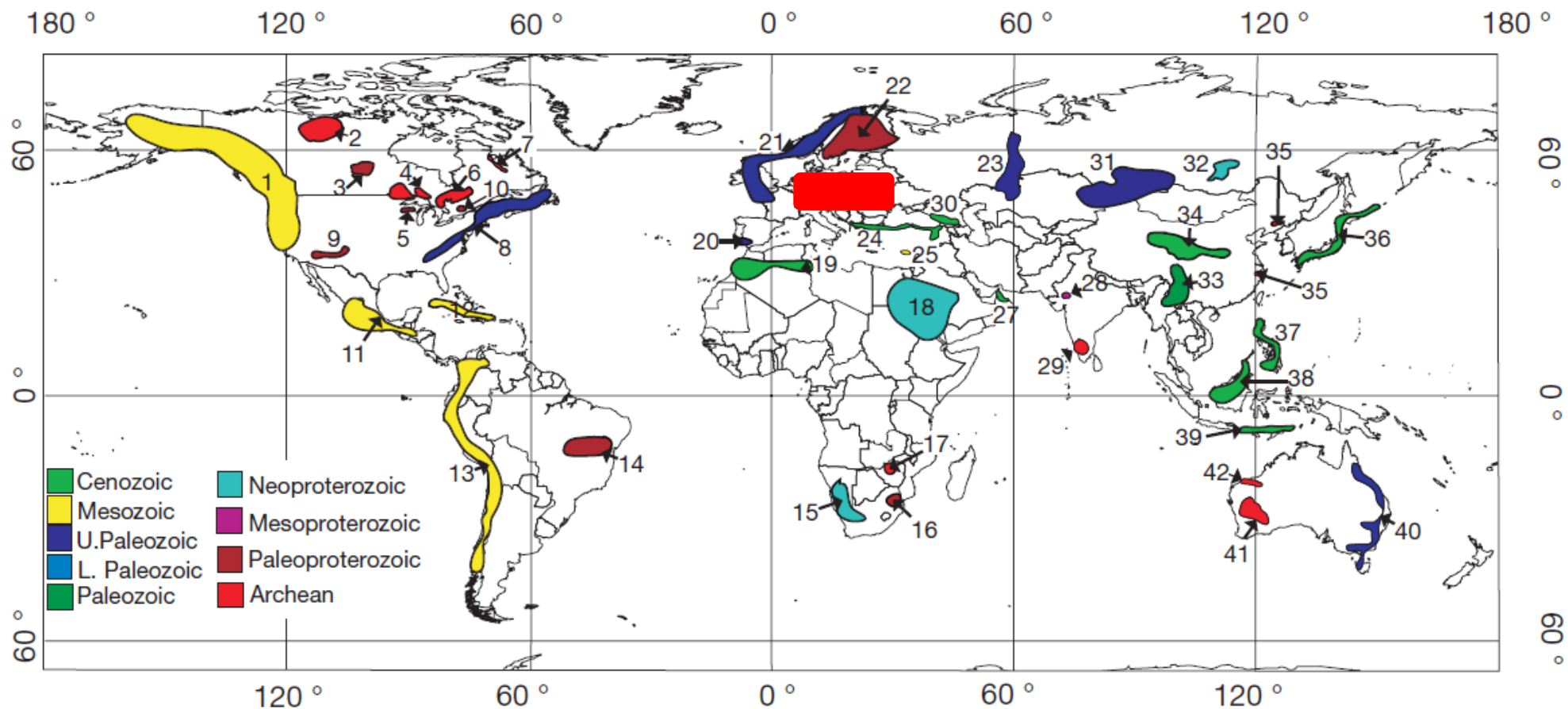
## AMFIBOLITOVÁ METASOMATICKÁ FACIE (> 400 C)

Typická minerální asociace: **křemen – Ca-amfibol – Fe-chlorit – epidot – Ca-plagioklas**.

Reakce horkých acidních Ca-Fe-S kovoносných fluid s vulkanickými horninami a magmatickou intruzí v jejich podloží. Opakované strukturní poruchy silicifikované nadložní horniny umožňují kovy-bohatým fluidům vystoupat k mořskému dnu a zde vytvořit masivní sulfidická ložiska. Mezi intruzí a amfibolitovou facií se obvykle vytvoří v oblasti vysokého toku fluid poloha **epidositu**, a to jako důsledek reakcí fluid s intruzí.



# VMS - PŘEHLED



**Příklad ČR:  
Zlaté Hory**

FIG. 1. Location of principal orogens containing VMS deposits, classified by Era. See Appendix Table A1 for list of deposits and ages. 1 = northern Cordilleran, 2 = Slave (Kenoran), 3 = western Trans Hudson, 4 = western Superior (Kenoran), 5 = Penokean (Trans Hudson), 6 = Superior (Kenoran), 7 = Labrador trough (Trans Hudson), 8 = Appalachian, 9 = Yavapai, 10 = Sudbury impact, 11 = central Cordillera, 12 = Caribbean arcs, 13 = southern Cordillera, 14 = Amazonian, 15 – Gariep-Damara, 16 = Magondi, 17 = Barberton, 18 = Pan African (Arabian), 19 = Atlas (Alpine), 20 = Iberian (Hercynian), 21 = Caledonides, 22 = Svecokarelian, 23 = Uralian (Caledonian; Hercynian), 24 = Pontides (Tethyan), 25 = Troodos (Tethyan), 26 = [redacted], 27 = Semail (Tethyan), 28 = Aravalli, 29 = Dharwar, 30 = Caucasian, 31 = Altaides (Hercynian), 32 = Baika-Vitim (Caledonian), 33 = north Qilian (Caledonian), 34 = Indonesian platform (Tethyan), 35 = Sino-Korean (Tethyan), 36 = Japan-Kurile Arcs (Tethyan), 37 = Philippines arc (Tethyan), 38 = Kalimantan arc (Tethyan), 39 = Banda arc (Tethyan), 40 = Tasman, 41 = Yilgarn, 42 = Pilbara.



# VMS VS. SEDEX - SROVNÁNÍ

VMS	SEDEX
riftové zóny	kontinentální okraje
spíše vulkanické horniny, ale i sedimenty	sedimentární horniny - břidlice
aktivní vulkanismus	bez vulkanické aktivity
polymetalické	Pb-Zn Ag
fluida (modifikovaná mořská voda) nesou kovy i síru	fluida (pánevní solanky) nesou primárně kovy, síra je dodána z externího zdroje (redukované sulfáty, biogenní sulfidy)



# FORMACE TYPU LAHN DILL NA MN-RUD

## FORMACE Fe-RUD LAHN DILL

vázána na mělký spilit-keratofyrový  
submarinní vulkanismus / paleobazalty  
(spility) a bazické metatufy / rozhraní  
vulkanitů a sedimentů

hematit > magnetit, siderit, Fe-  
chlorit, jaspilit, **křemen**, chamosit,  
kalcit

čočky, stratiformní polohy

povodí řek Lahn a Dill (DE), Ural  
Uničov, Chabičov, Horní Benešov

## FORMACE Mn-RUD

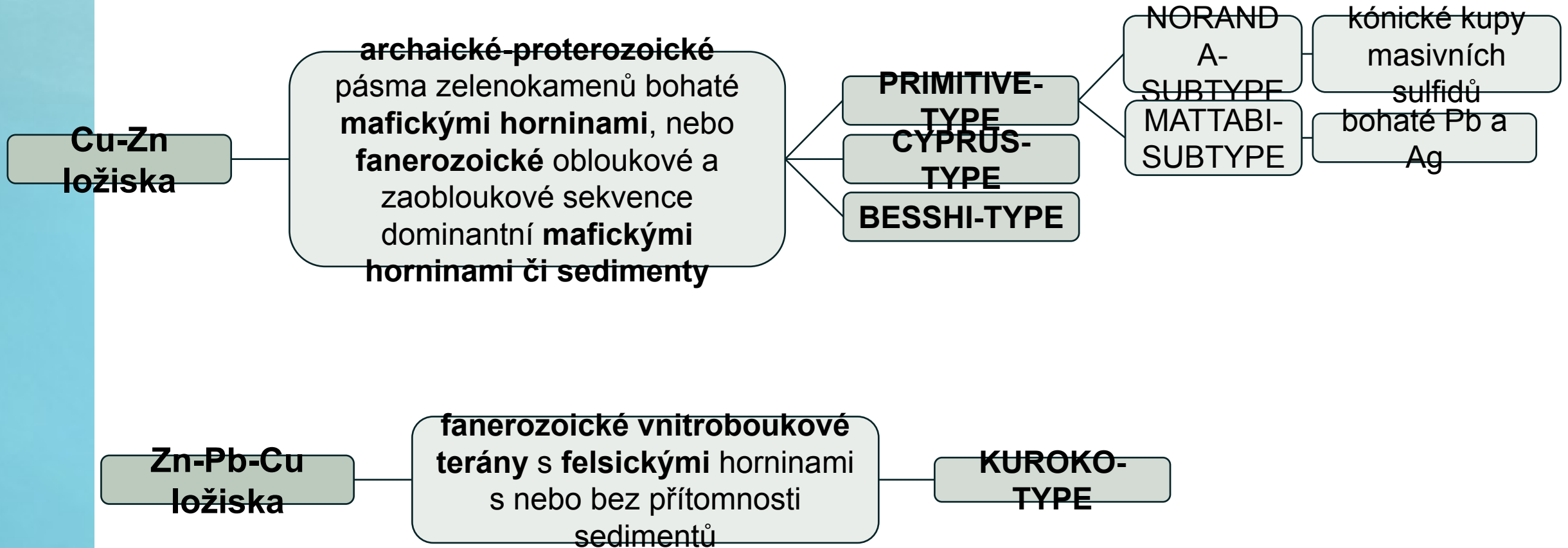
vázána na spilit-keratofyrový  
submarinní vulkanismus /  
neovulkanity (ryolity-trachyty-  
andezity)

psilomelan, pyroluzit,  
rodochrozit, rodonit

doprovází ložiska Fe

Rumunsko, Ural, Chvaletice  
(s pyritovými rudami kyzové  
formace)

# KYZOVÁ FORMACE



# KYZOVÁ FORMACE Cu-Zn

## CYPRUS-TYPE (MAFIC)

Cu-Zn Au, Co, Ni

vázáno na **ofiolity** a výlevné bazaltové sekvence

### Troodos ophiolite na Kypru

spíše menší kupovitá až čočkovitá tělesa s masivním pyritem přecházející do žilníků

leží obvykle při povrchu, nebo uvnitř sekvencí

polštářových láv v podloží typicky Qz-Cu

žilníky s výrazně

chloritizovanými bazalty

pyrit, chalkopyrit, sfalerit

Kypr, Omán, Løkken (NO), Chabičov, Horní Benešov

## BESSHI-TYPE (MAFIC-SILICICLASTIC)

Cu-Zn Au, Ag

vázáno **vulkano-sedimentární prostředí** – turbidity, do kterých

intrudovaly bazaltové žíly

### Sanbagawa Schist Belt v Japonsku

chalkopyrit, sfalerit + typické tenké, laterálně rozsáhlé polohy masivního pyrotinu či pyritu

relativně malá tělesa

Windy Craggy (CA), Besshi (JP), Ducktown (USA)

## PRIMITIVE-TYPE (BIMODAL-)

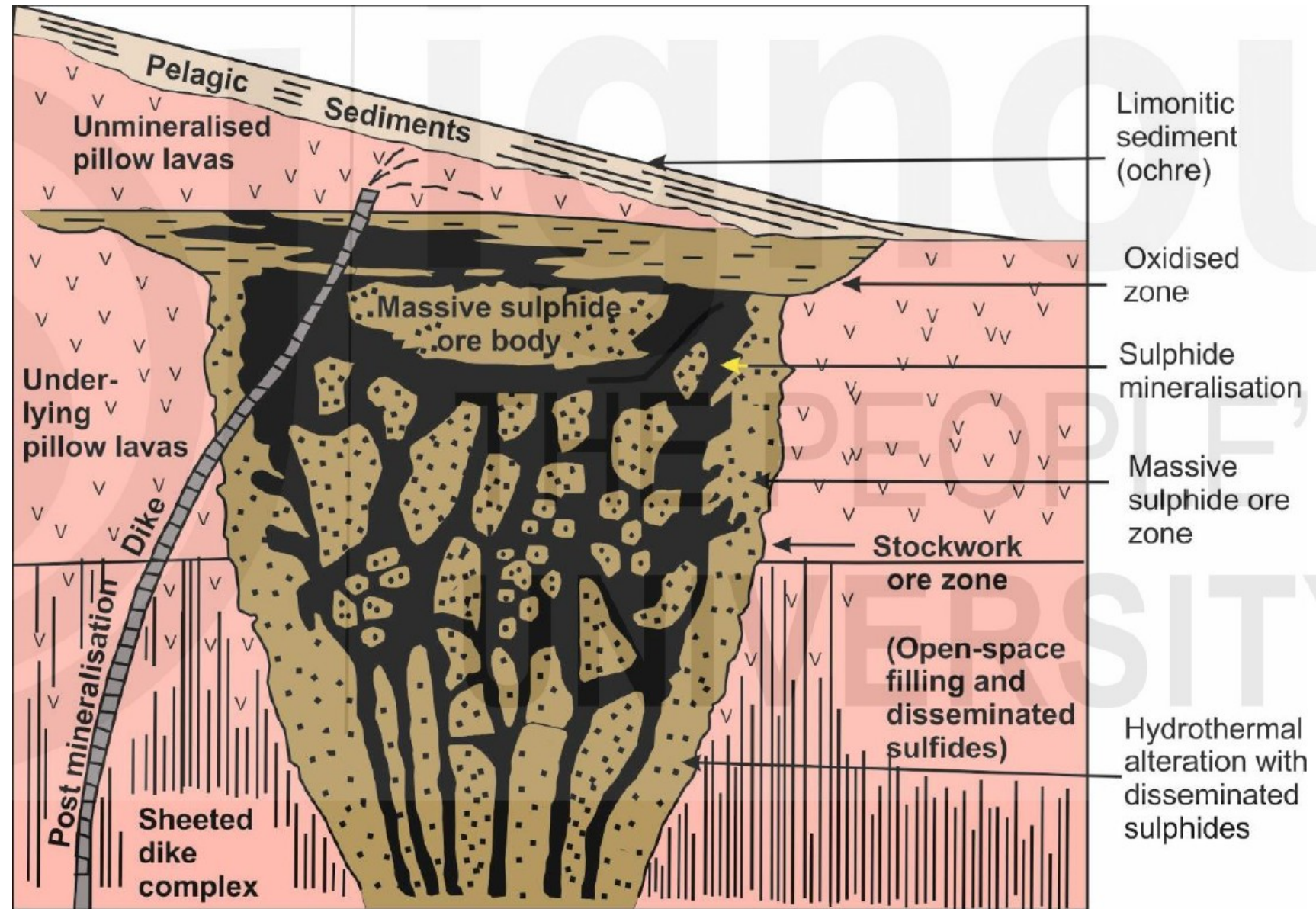
Zn-Cu Ag-Au

vysoce diferenciované bazalty-ryolity a pyroklastika v rámci pásem zelenokamenů

vysoce mineralizovaná, relativně rozsáhlá kupovitá tělesa mělce uložená (do 1 km)

Mattabi (CA), Kid Creek (CA), Mattagami Lake (CA)

# PŘÍKLAD LOŽISKOVÉHO TĚLESA KYPERSKÉHO TYPU





# KYZOVÁ FORMACE Zn-Pb-Cu

**KUROKO-TYPE  
(BIMODAL-  
FELSIC)**

**Zn-Pb-Cu-Ag-Au-  
Sb**

vázáno na **intermediální-felsické horniny** v extenzním prostředí obloukového vulkanismu, tzn. tufy, lávy, breccie či ryolity

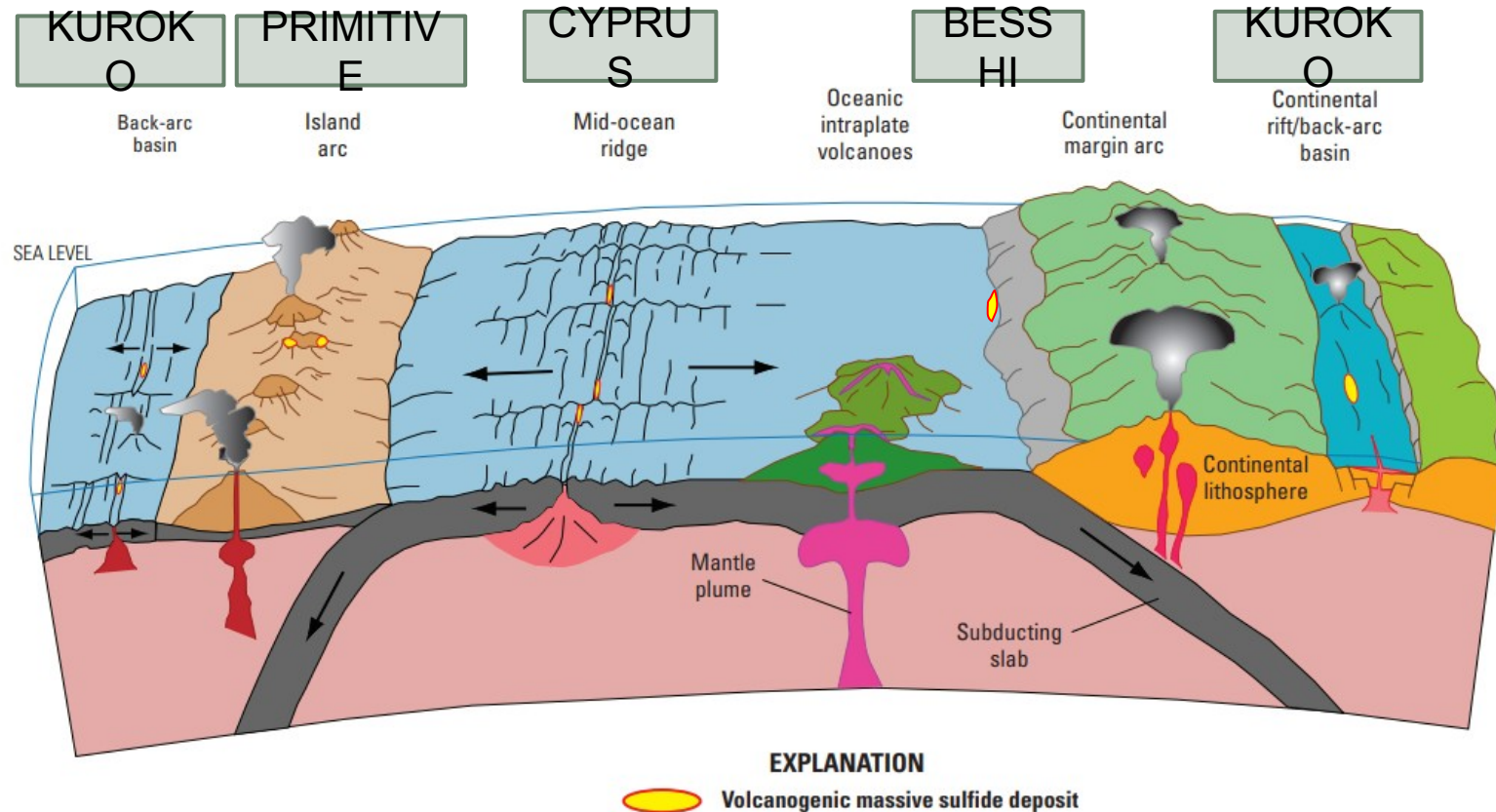
**Green Tuff belt v Japonsku**

vysoce mineralizovaná, relativně rozsáhlá kupovitá tělesa

v podloží mohou být Qz-Cu žilníky

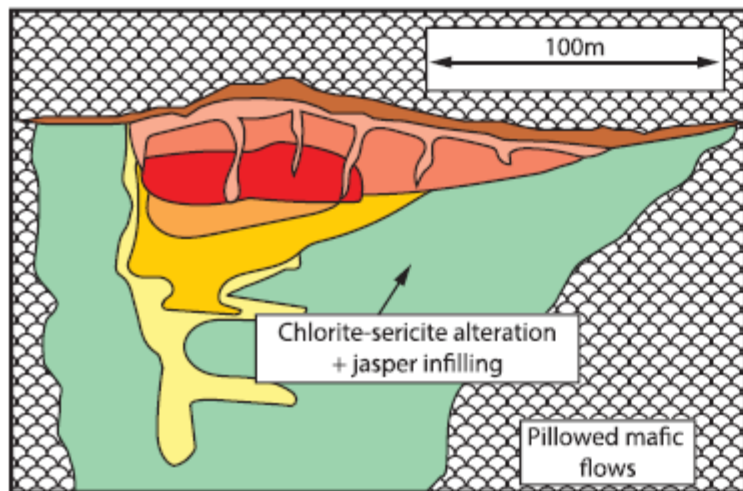
obvykle dobře vyvinutá laterální i vertikální zonálnost směrem od kuřáku → Zn-Pb-

Ag  
Iberian Pyrite Belt (Rio Tinto, Neves Corvo), Kuroko (Black Ore)





# KYZOVÉ FORMACE LOŽISKA

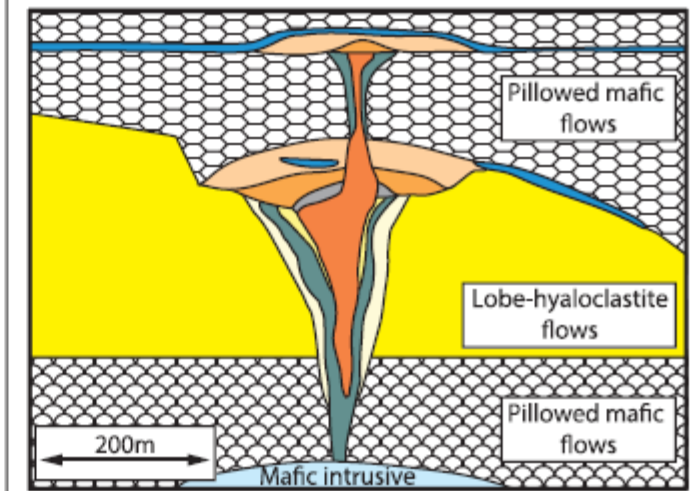


## Mafic CYPRUS

Average 1.3 Mt  
Median 2.3 Mt

3.2% Cu  
1.9% Zn  
0.0% Pb  
15 g/t Ag  
2.5 g/t Au

- Banded jasper-chert-sulfide
- Sphalerite-chalcopyrite-rich margin
- Pyrite-quartz in situ breccia
- Pyrite-quartz breccia
- Pyrite-quartz stockwork
- Chlorite-pyrite stockwork
- Massive pyrite

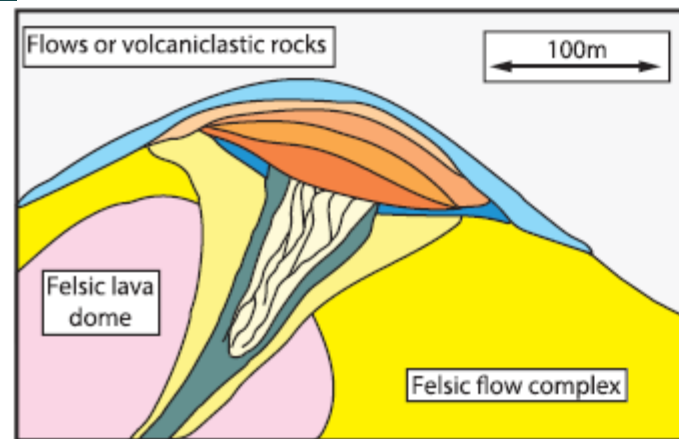


## Bimodal Mafic PRIMITIVO

Average 6.3 Mt  
Median 113.9 Mt

1.7% Cu  
5.1% Zn  
0.6% Pb  
45 g/t Ag  
1.4 g/t Au

- Sericite-chlorite
- Massive magnetite-pyrrhotite-chalcopyrite
- Sulfidic tuffite/exhalite
- Quartz-chlorite
- Pyrrhotite-pyrite-chalcopyrite stockwork
- Massive pyrite-sphalerite-chalcopyrite
- Chlorite-sulfide
- Massive pyrite-pyrrhotite-chalcopyrite



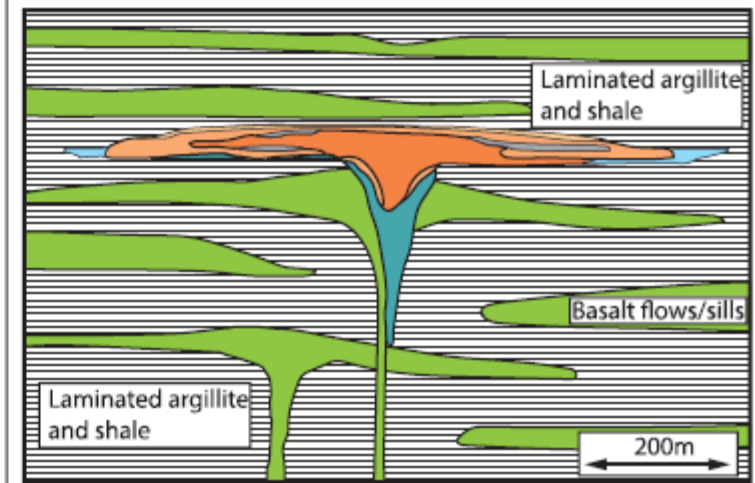
## Bimodal Felsic KUROKO

Average 5.5 Mt  
Median 14.29 Mt

1.3% Cu  
6.1% Zn  
1.8% Pb  
123 g/t Ag  
2.2 g/t Au

- Sericite-quartz
- Detrital Pyrite-sphalerite-galena tetrahedrite-Ag-Au
- Chlorite-sericite
- Massive Pyrite-sphalerite-galena
- Quartz-chlorite
- Massive Pyrite-sphalerite-chalcopyrite
- Chalcopyrite-pyrite veins
- Massive Chalcopyrite-pyrrhotite-pyrite

- Barite (Au)
- Carbonate/gypsum



## Mafic-Siliciclastic BESSHI

Average 34.3 Mt  
Median 148 Mt

1.6% Cu  
2.6% Zn  
0.36% Pb  
29 g/t Ag  
<0.9 g/t Au

- Pyrrhotite-pyrite-magnetite transition zone
- Chert-carbonate-sulfide
- Pyrrhotite-pyrite-chalcopyrite zone
- Pyrite-sphalerite zone
- Pyrrhotite-chalcopyrite-pyrite-sphalerite stockwork zone
- Massive pyrite zone

# RECENTNÍ SUBMARINNÍ HYDROTERMÁLNÍ SYSTÉMY

## BLACK SMOKER

teplota ca. 400

°C

**černá barva** v

důsledku

rozpuštěných **sulfidů**  
fluida jsou horká, lehce

acidní, redukována a

nabohacená kovy

fluida jsou obohacena sulfidy až  
při průchodu horninami

bazaltového složení, z nichž

kovy asimilují

baryt, anhydrit, pyrit,  
chalkopyrit, pyrhotin a sfalerit,

křemen

**černí kuřáci na riftových  
zónách jsou analogem VMS**

**ložisek**

## WHITE SMOKER

teplota ca. 260-300

°C

**bílá barva** v důsledku rozpuštěných  
alkálií, křemene a barytu a  
**chybějících sulfidů**

vznik v počátečních fázích již  
ustáleného hydrotermál. systému,  
nebo při smíchání horkých fluid  
černých kuřáků s chladnou  
oceánskou vodou při mořském dně

při smíchání horkých fluid černých  
kuřáků s chladnou oceánskou vodou  
při mořském dně **může vzniknout  
žilná-žilníková mineralizace Cu-Zn**  
v podloží

3 % Cu, 10 % Pb, Zn  
Au a Ag v X0-X00  
ppm

komínovitá tělesa,  
hydrotermální kupy

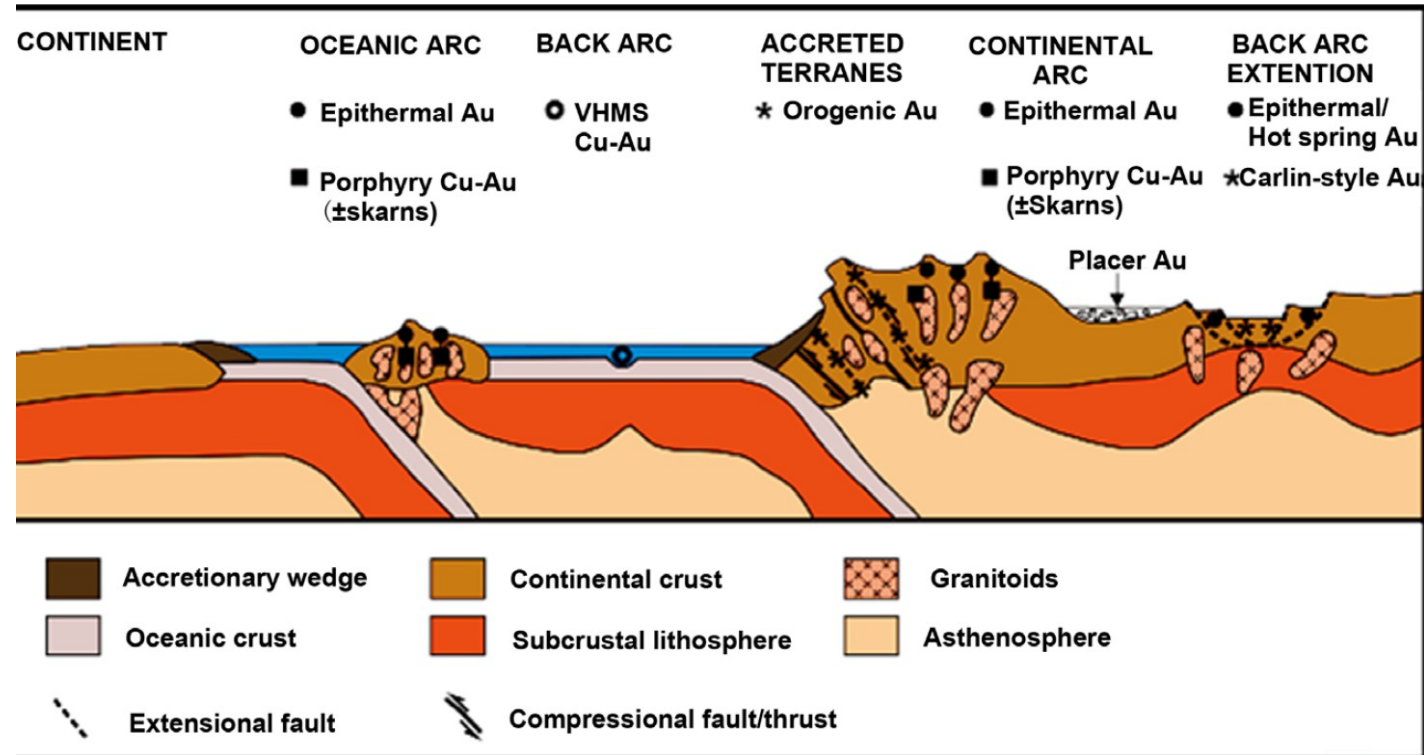
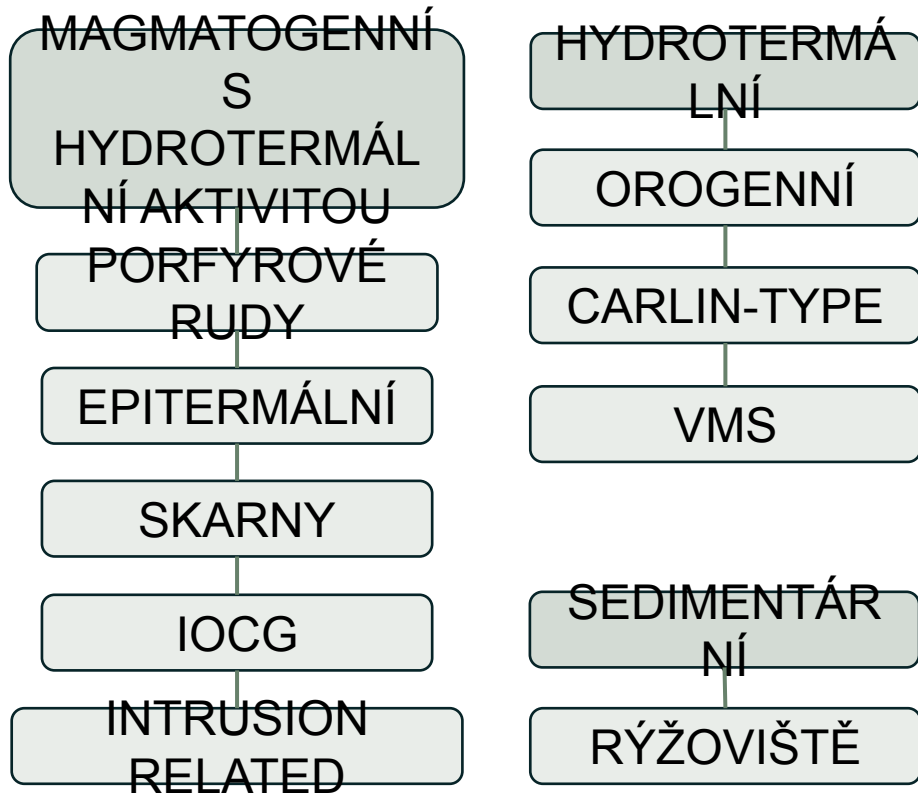
středoocéánské hřbety,  
centra rozšiřování  
okrajových a  
zaobloukových pánví,  
podmořské vulkány





# LOŽISKA ZLATA

# LOŽISKA ZLATA - ROZDĚLENÍ





# OROGENNÍ PROSTŘEDÍ HYDROTERMÁLNÍCH LOŽISEK

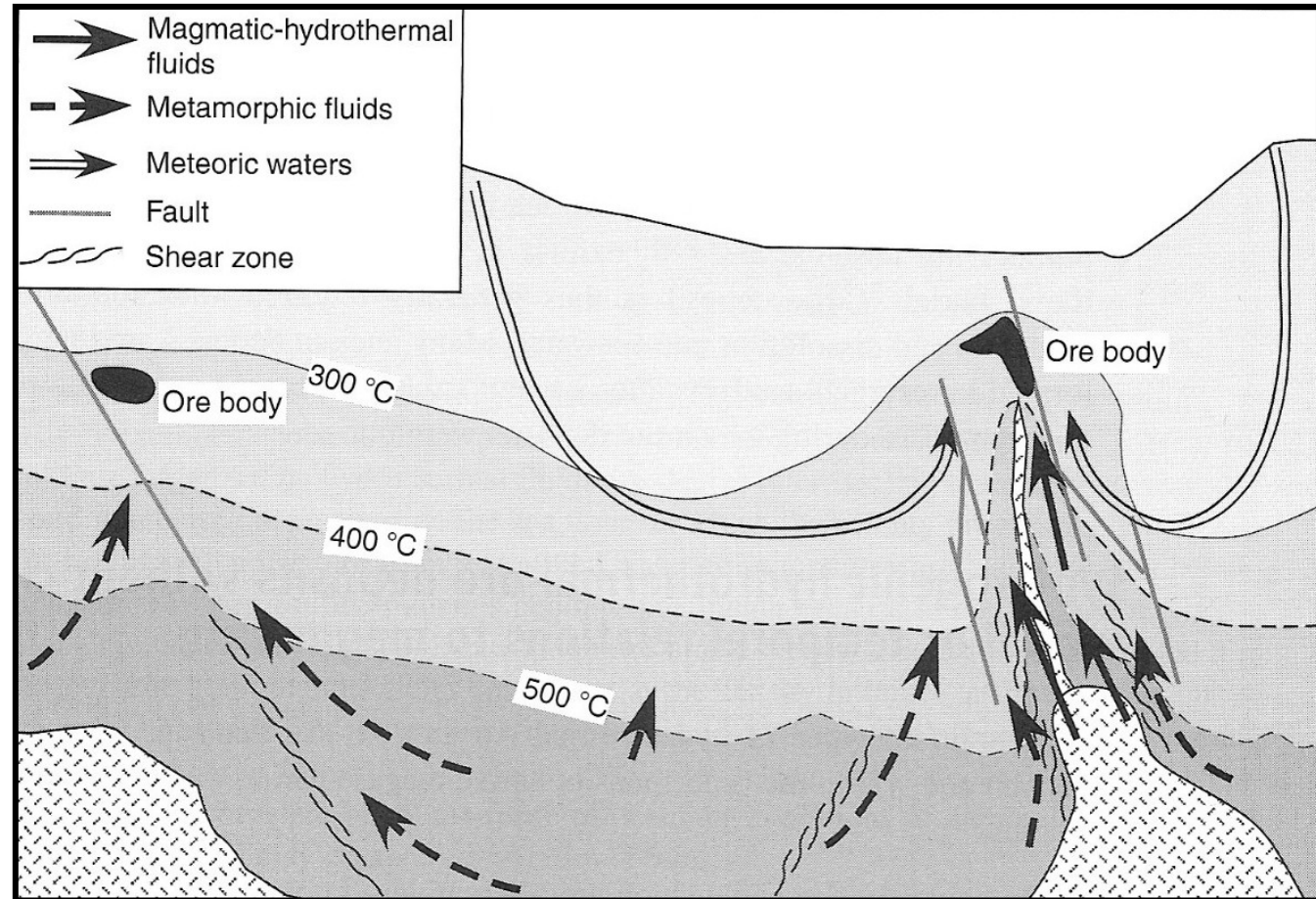
ložiska **Au a Au-Cu** spjatá s tektonickými a časově i magmatickými procesy → orogeneze

**fluida magmatická, metamorfní a meteorická**

bez vazby na konkrétní intruzi

metamorfní fluida → nízká salinita, neutrální pH a míchání H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>

teplota 300-350 °C



# OROGENNÍ LOŽISKA AU

ložiska vázána na aktivní okraje kontinentů nebo prostředí kolize kontinentů → **kompresní prostředí**

**zlato** se objevuje v **ryzí** podobě nebo v **sulfidech** (pyrit, pyrhotin, arzenopyrit)

mineralizace asociována s křemen-karbonátovo-sulfidickými žilami

kovnatost ca 5-30 g/t

pokrývají 30 % světové produkce Au

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

**žily** – výplň sutur/zlomů mezi kontinentálními bloky

**TEXTURY**

masivní, vtroušeninová

**TEPLOTA**

mezotermální-hypotermální (200-650 C)

**TLAK**

0.5-5 kbar (hloubky až 25 km i více)

**BY-PRVKY**

Ni, As, Au, W, V, Cr

# OROGENNÍ LOŽISKA AU - VZNIK

Ložiska jsou úzce spjata tektonicko-termálními událostmi během orogeneze, uložena typicky v metamorfovaných horninách, nejčastěji ve facii zelených břidlic.

Metamorfní fluida uvolněná z horniny během dehydratačních reakcí v průběhu progradní metamorfózy, vytvoří regionální hydrotermální systémy.

Fluida jsou vodnatá, bohatá  $\text{CO}_2$  s nízkou salinitou.

Původ zlata se předpokládá jak z těchto metamorfních fluid, tak vyluhováním z hornin, kterými tato fluida prochází.

Zlatonosná fluida poté prochází skrze hlavní diskontinuity, podél jejichž okrajů reagují s mateřskou horninou a vytváří laterální alterační zóny.

K uložení mineralizace dochází až během destabilizace zlatonosných sulfidických komplexů.

# OROGENNÍ LOŽISKA AU

## ARCHAİKUM

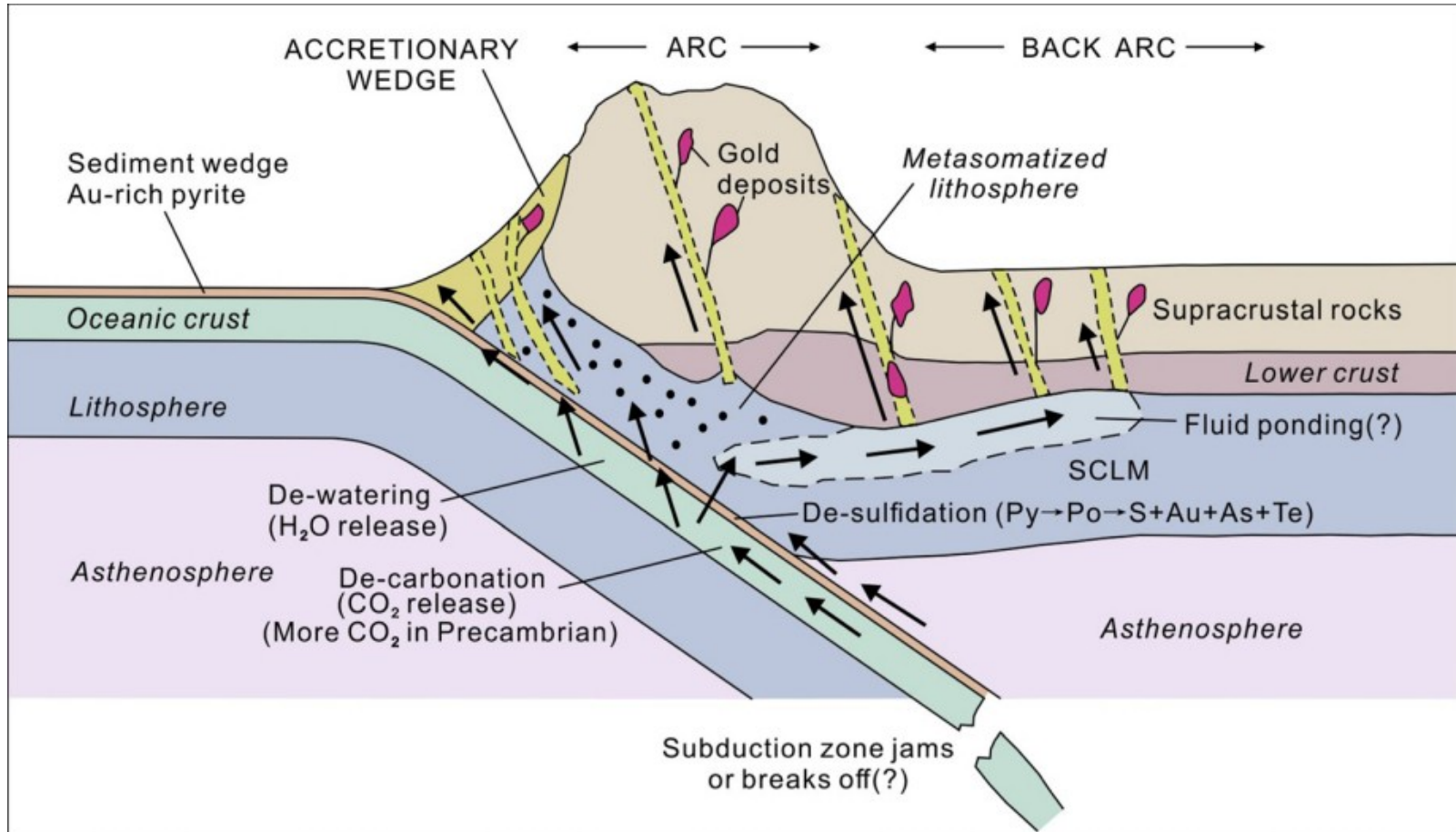
pásky zelenokamenů

Golden Mile (AU), Sigma (CA),  
Barberton (ZA)

## PROTEROZOIKUM- FANEROZOIKUM

metamorfované turbidity  
(facie zelených břidlic)

Macraes Flat (NZ),  
Mother Lode (USA)



# CARLIN-TYPE AU

ložiska vázána na karbonátové horniny → **extenzní prostředí**

**zlato** se objevuje v arzenem nabožených **sulfidech** (pyrit, arzenopyrit, markazit)

vysrážení Au je pravděpodobně vázáno na procesy neutralizace slabě kyselých fluid rozpouštěním karbonátu sulfidizace, silicifikace, argilitizace, kaolinizace

kovnatost ca 1-4 g/t

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

strukturně vázané strata-bound

**TEXTURY**

vtroušeninová

**TEPLOTA**

epitermální (140-240 C)

**TLAK**

0.5-1 kbar  
(hloubky obvykle 1-4 km)

**BY-PRVKY**

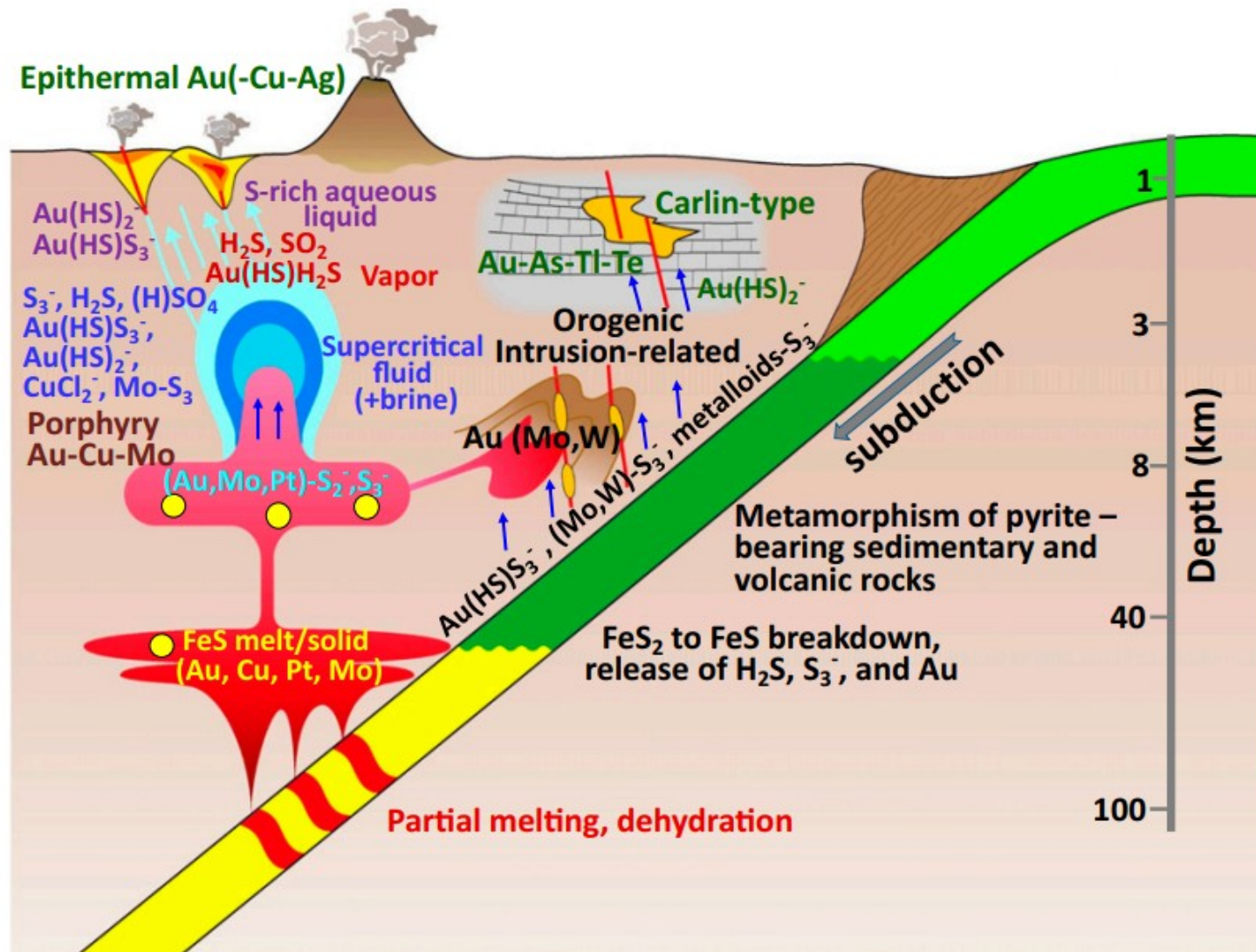
As, Sb, Tl, Cu, Hg, Ag, Pb

**LOŽISKA**

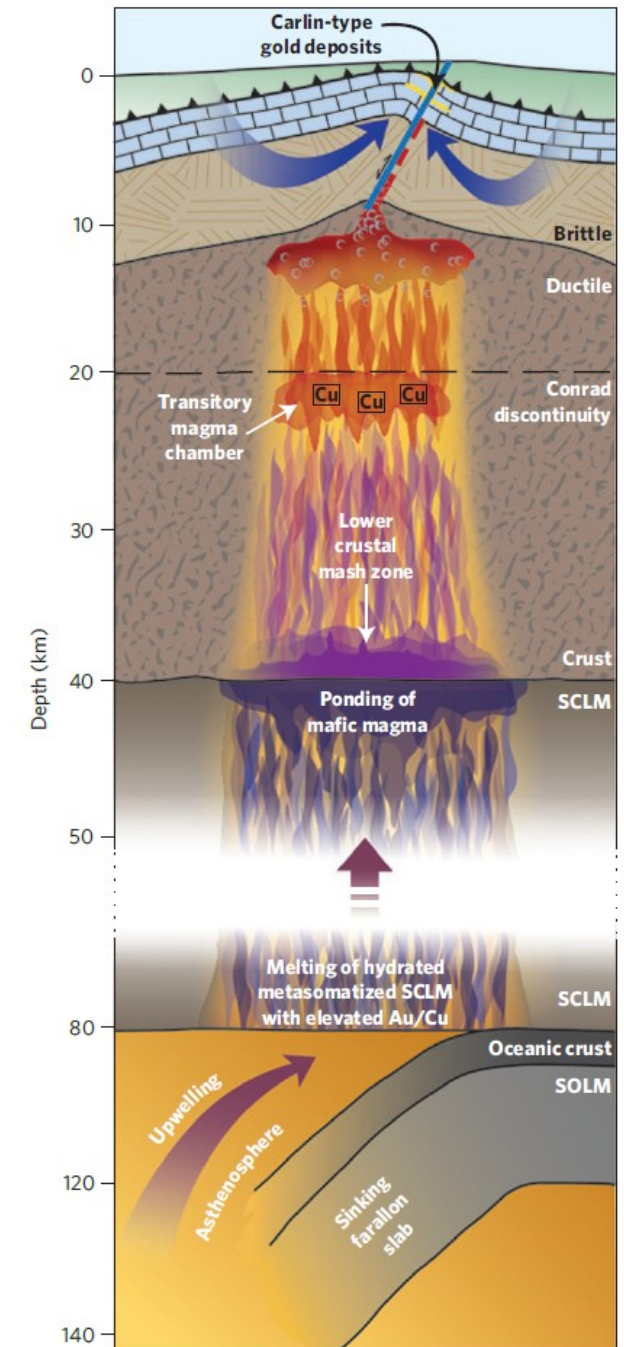
Carlin-Nevada (6000 t Au), Čína, Makedonie



# CARLIN-TYPE AU



Pokrovski et al.



Muntean et al. 2011

# OROGENIC VS CARLIN-TYPE AU - SROVNÁNÍ

	Orogenic	Carlin-type
Temperature and pressure	200–650 °C, 0.5–5 kbar	180–240 °C, 0.5–1 kbar
Major host rocks	Greenstones and turbidites	Shelf carbonate with high carbon content
Alteration	Sericite, quartz, carbonate	Illitic sericite, quartz, jasperoid, removal of carbonate
Gold form	Abundant free gold; minor solid solution in pyrite	Solid solution in pyrite
Trace element associations	Au, Ag, As, Te, Sb, W, S	Au, As, Sb, Cu, Tl, Hg
Quartz veining	Abundant	Absent
Gold setting	Dominantly quartz veins	Areas of increased porosity and permeability (faults, hinge zones of anticlines, lithological contacts, etc.)
Tectonic setting	Compressional	Mildly extensional
Age of mineralization	>3.0 Ga, ca. 2.8–2.55 Ga, ca. 2.1–1.8 Ga	42–36 Ma

# INTRUSION-RELATED AU

ložiska asociována s porfyrovými ložisky, skarny, žilnou a replacement mineralizací

mineralizace spjatá s **posledním magmatickým pulsem**, nejčastěji fanerozoického stáří

metaaluminické, subalkalické intruze, intermediální až felsické intruze → **redukované S-typové granity** (běžná Sn-W a Bi-Te-As-Sb-Mo), nebo **oxidované I-typové granity** (Cu-chudá porfyrová ložiska)

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

žíly, žilníky

**TEXTURY**

vtroušeninová, replacement, brekcie

**TEPLOTA**

mezotermální-hypotermální (200-600 °C)

**TLAK**

0.5-3 kbar

**BY-PRVKY**

Bi, Te, As, **W**, Mo, Sb, **Sn**, Pb, Cu

**LOŽISKA**

Fort Knox, Shotgun (Tintina Gold Province), Austrálie, NZ, Rusko, **Mokrsko**



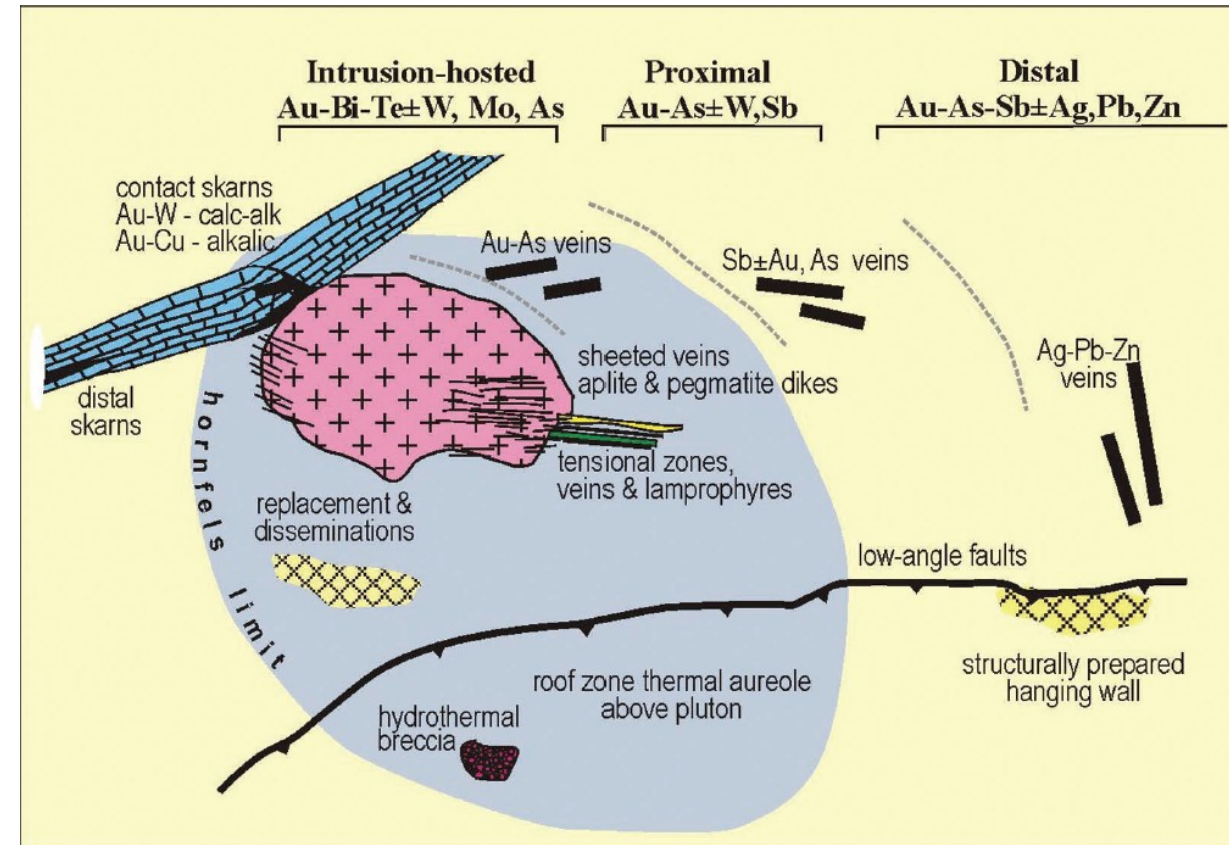
# INTRUSION-RELATED AU

zlato v ryzí podobě, nebo inkorporováno v tellurových či bismutových fázích, možná asociace se scheelitem

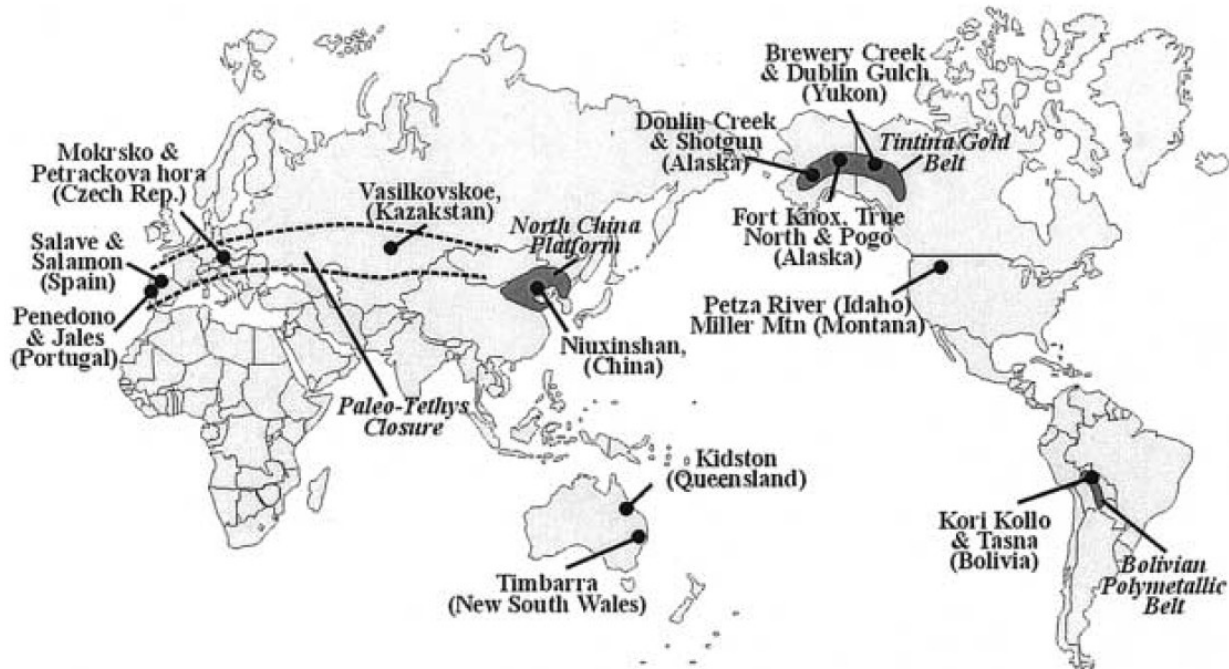
nízký obsah sulfidů a základních kovů (< 5 %) → max. arsenopyrit, pyrhotin, pyrit

kovnatost 1-3 hm. % Au

fluida mají **nízkou salinitu a vysoký obsah CO<sub>2</sub>**



# INTRUSION-RELATED Au



Lang & Baker, 2001

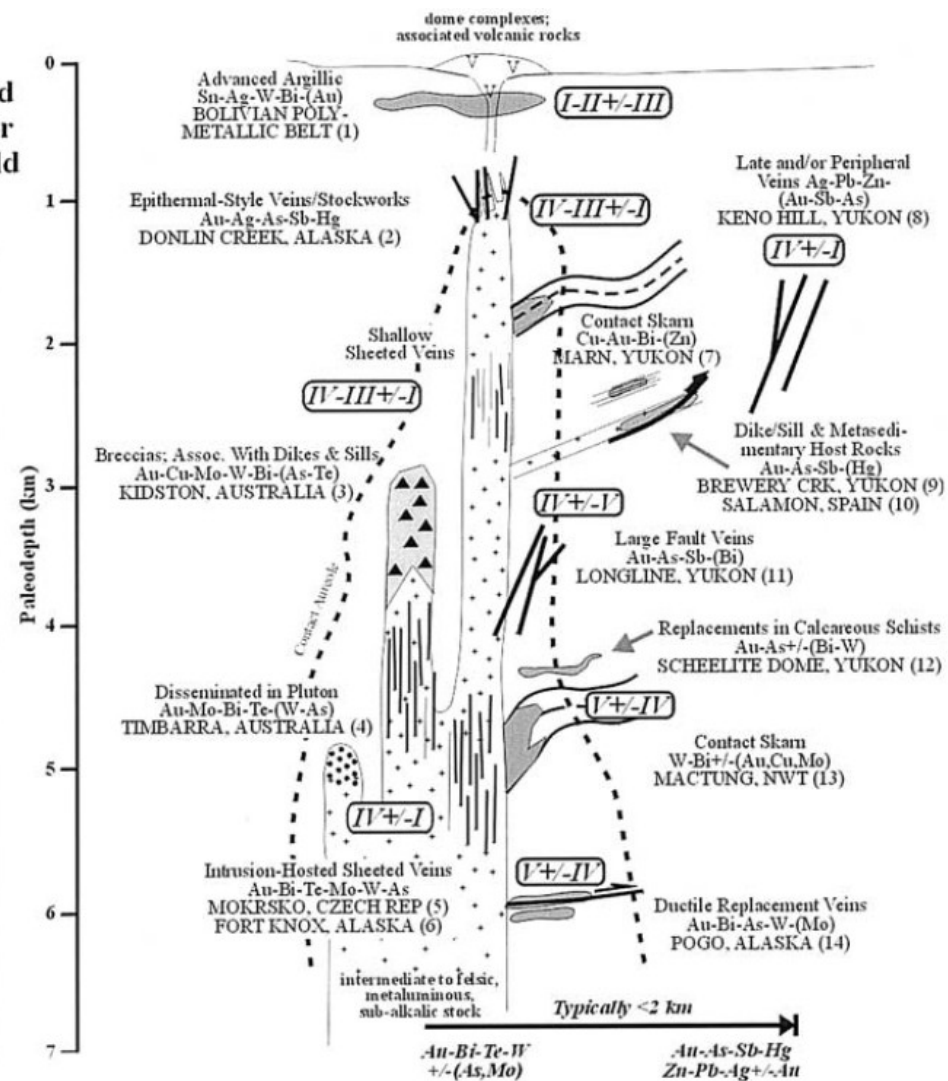
## Spatial Geological and Exploration Model for Intrusion-Related Gold Systems

### Hydrothermal Fluids

- I Liquid-rich, aqueous, low to moderate salinity
- II Vapour-rich, aqueous, low salinity
- III High salinity, halite-bearing
- IV  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}+/-\text{CH}_4$
- V  $\text{CH}_4\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$

### Deposit References

- 1 Sillitoe et al. 1998
- 2 Ebert et al. 2000
- 3 Baker and Andrew 1991
- 4 Mustard, this volume
- 5 Moravek 1995
- 6 Bakke 1995
- 7 Brown and Nesbitt 1987
- 8 Lynch et al. 1990
- 9 Diment and Craig 1998
- 10 Crespo 1998
- 11 Ritcey et al. 2000
- 12 O'Dea et al. 2000
- 13 Dick and Hodgson 1982
- 14 Smith et al. 1999



Lang & Baker, 2001



# IOCG (IRON OXIDE – COPPER – GOLD)

**magmaticko-hydrotermálně-metamorfní ložiska** vázaná na **horniny vulkanosedimentárních pánví**, které byly **metamorfovány** v nízkém-středním stupni před či během vzniku **Cu-Au-Fe formace**

metasedimenty, metavulkanity, migmatity felsického-mafického složení

**zlato** jako inkluze v **sulfidech, hematitu** nebo hlušině (křemen, baryt, kalcit, siderit), electrum nebo Au-Bi-Sb-Te

kovnatost zlato: 0.1-1.4 g/t (výjimečně až 10 g/t)

kovnatost Cu: 1-10 %

**LOŽISKOVÁ TĚLESA**

žíly, čočky, trubkovitá tělesa, žilníky

**TEXTURY**

vtroušeninová, brekcie structurally controlled

**TEPLOTA**

mezotermální-hypotermální (200-570 °C)

**BY-PRVKY**

U, Cu, Au, **low-Ti Fe**, LREE, Ag, As, Co, Ni, Mo, **Ba, F, P**

**MINERÁLY**

**magnetit, hematit**, pyrit, pyrhotin, chalkopyrit, bornit, chalkozín, **aktinolit**

# IOCG

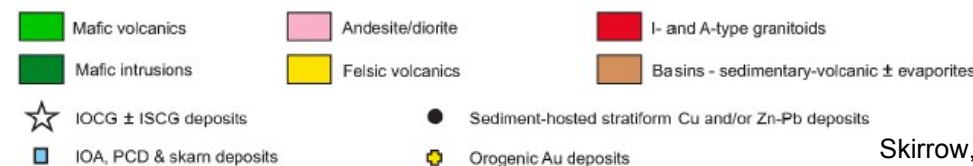
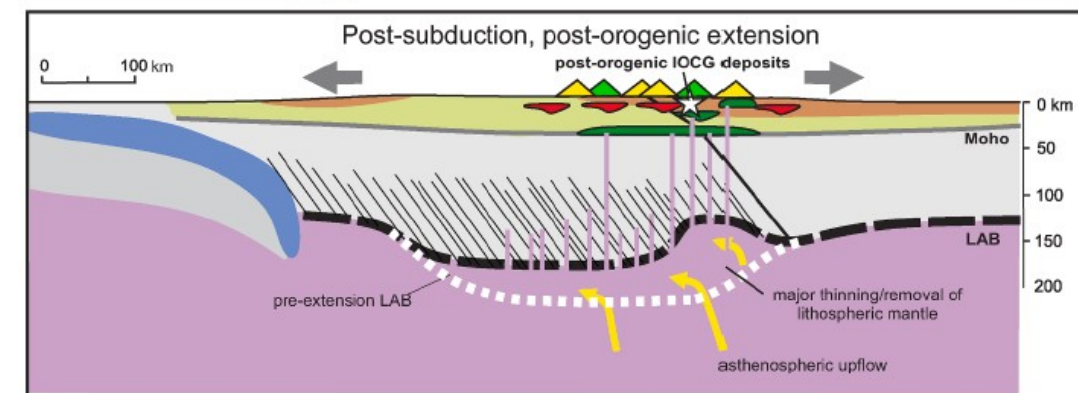
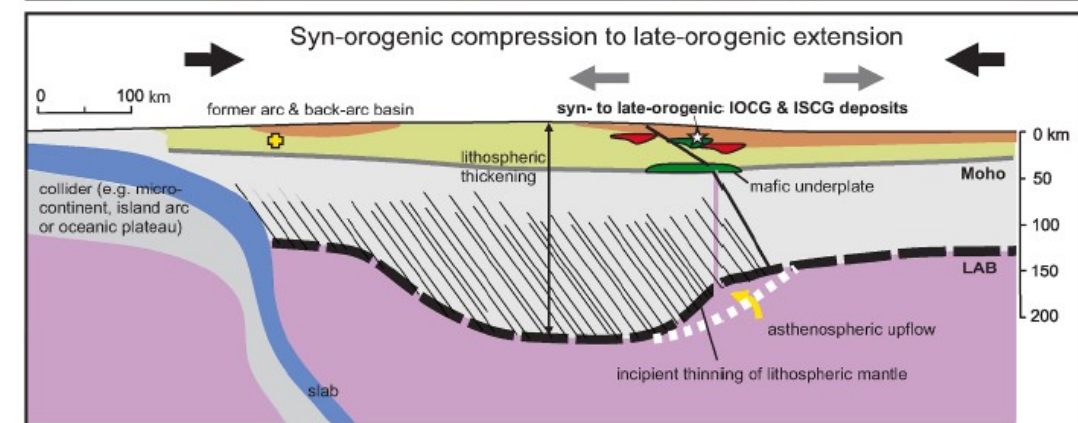
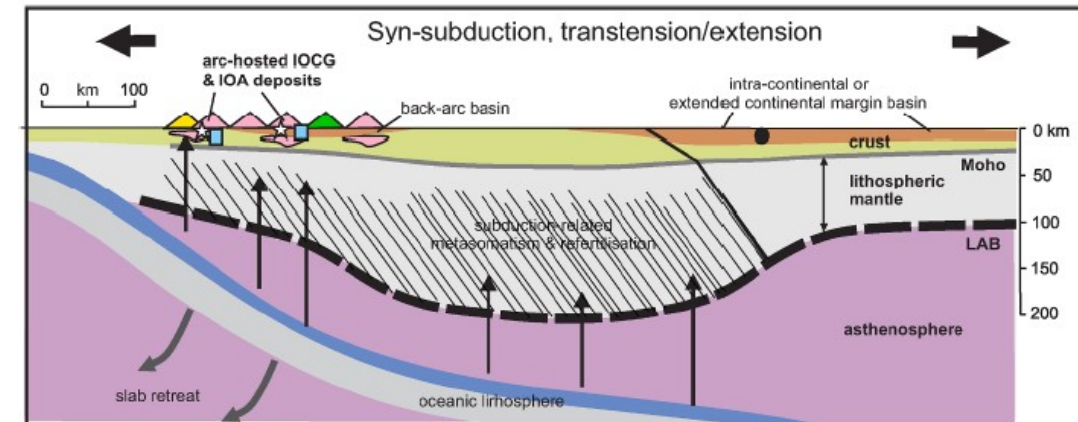
celkem **11 IOCG** provincií s.s. na světě (Zhu, 2015)

stáří: **archaikum-mesozoikum**

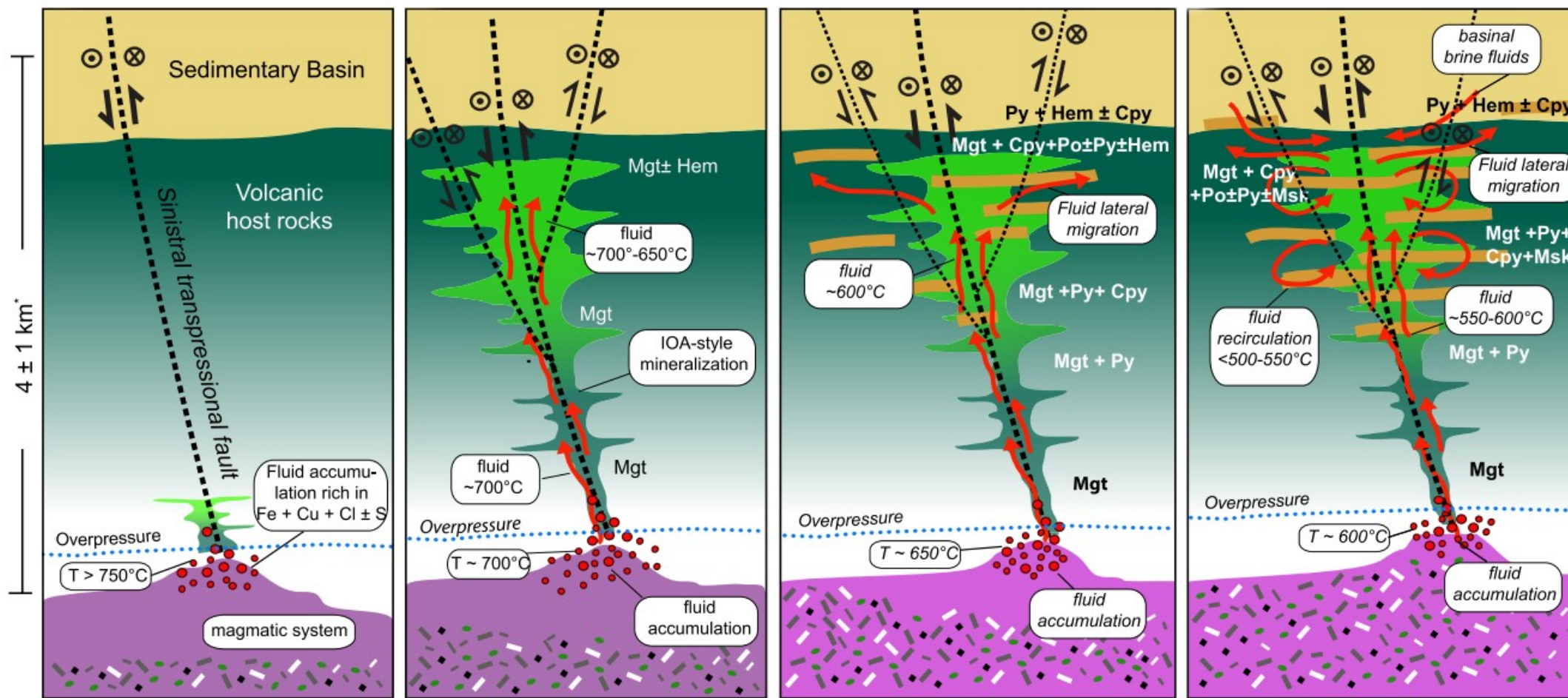
uvnitř kratonů nebo kontinentální okraje (extenze – Andský typ)

korové prostředí, střížné zóny, metamorfóza

**hydrotermální Na-Ca, Fe, a K alterace**

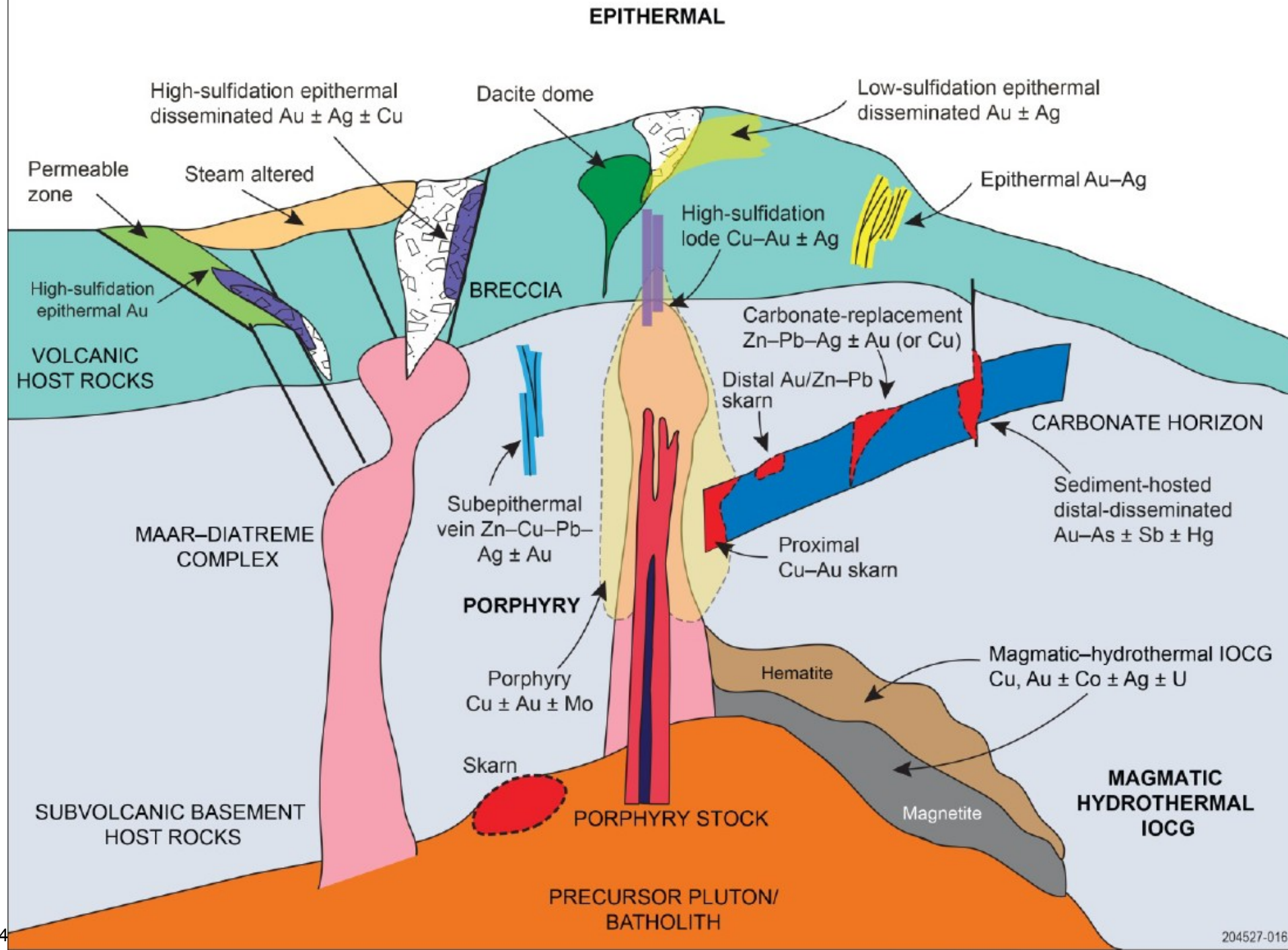


# IOCG

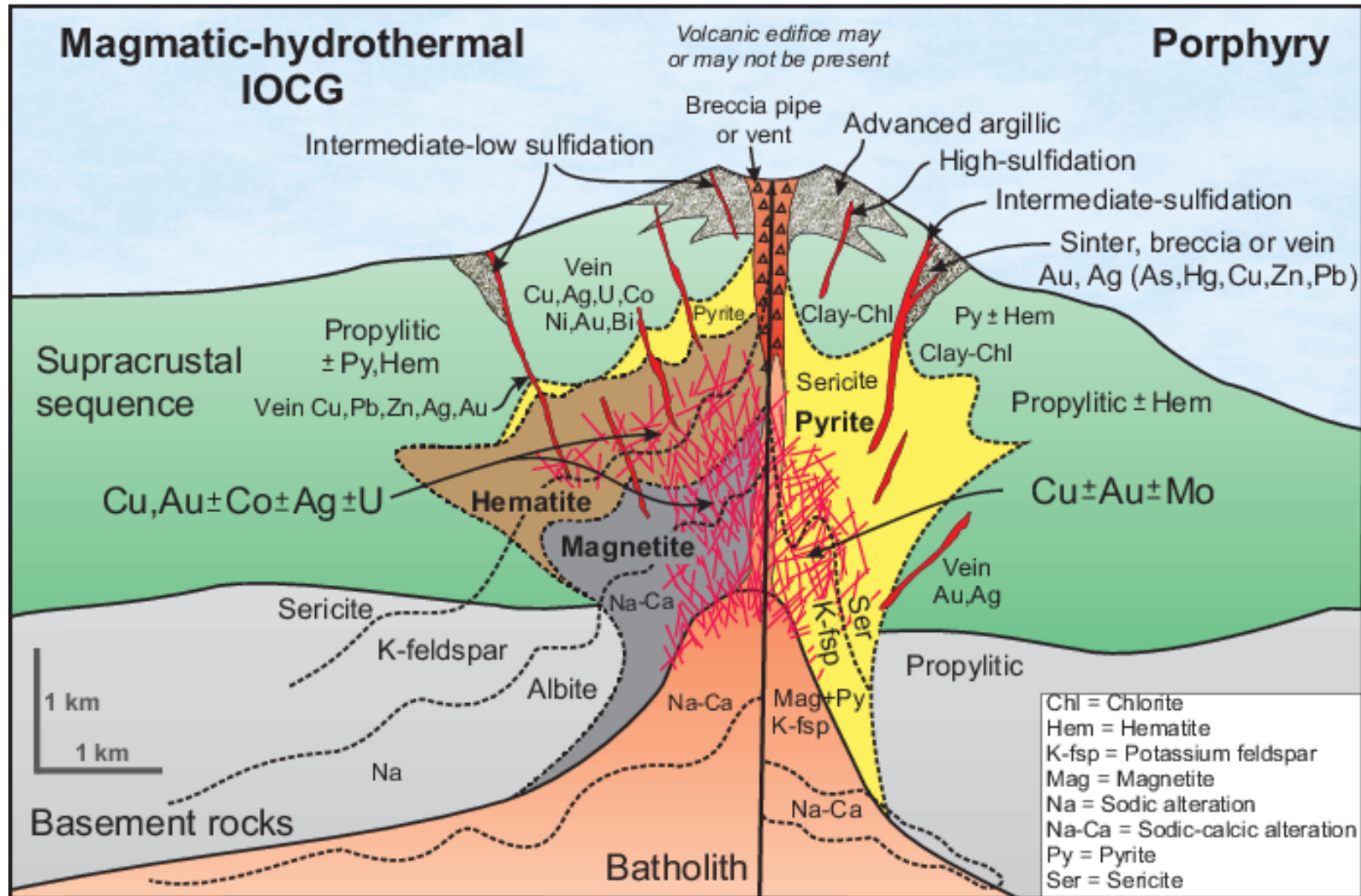




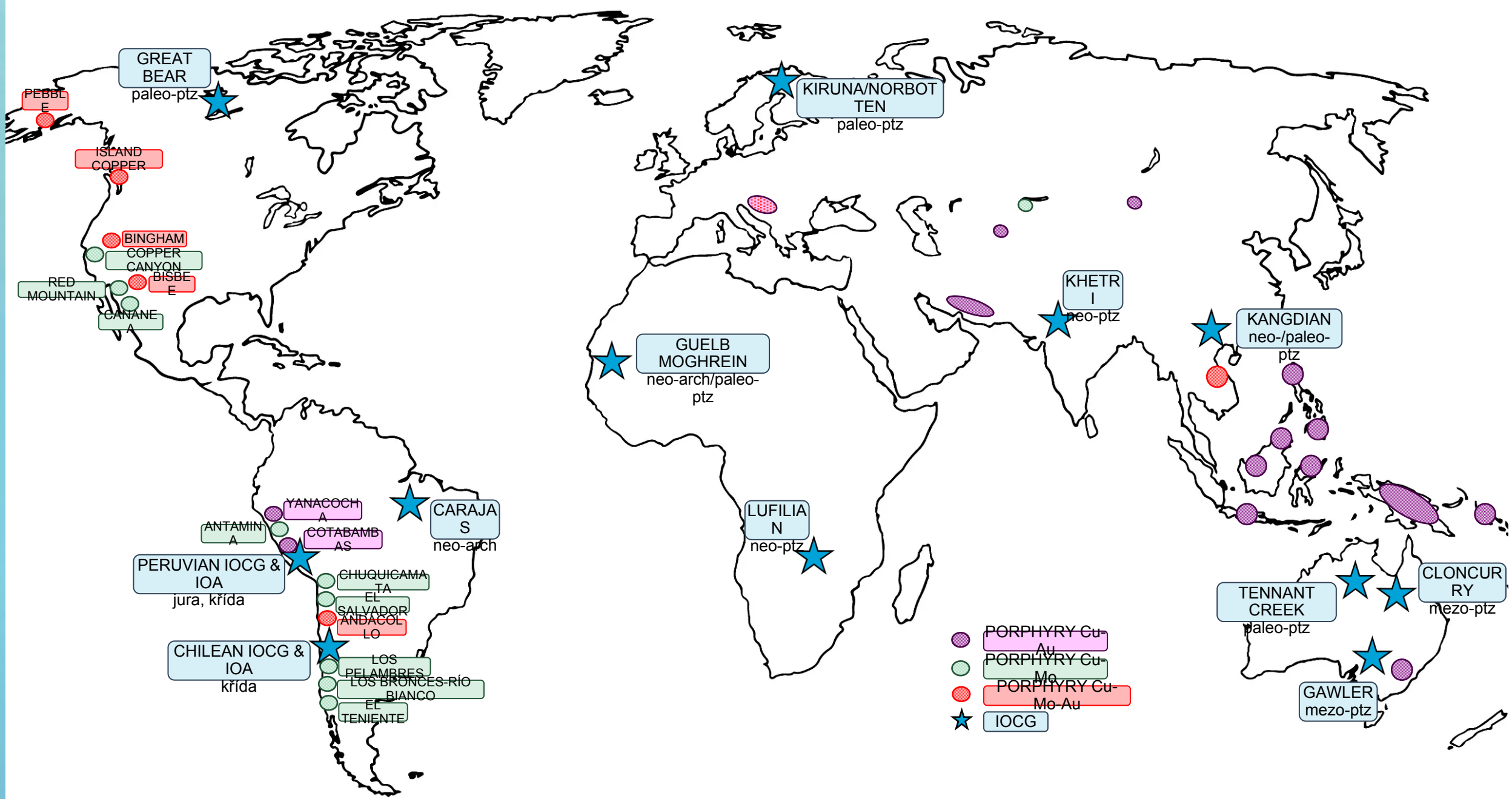
# IOCG - SROVNÁNÍ



# IOCG







PEBBLE  
GREAT BEAR  
paleo-ptz

ISLAND COPPER

BINGHAM  
COPPER  
CANYON

RED MOUNTAIN

BISBEE  
CANANEA

ANTAMINA  
YANACOCHE  
COTABAMBAS

CARAJAS  
neo-arch

PERUVIAN IOCG & IOA  
jura, křida

CHILEAN IOCG & IOA  
křida

CHUQUIGAMATA  
SALVADOR ANDACOLLO  
LOS PELAMBRES  
LOS BRONCES-RIO  
BLANCO  
EL TENIENTE

GUELB MOGHREIN  
neo-arch/paleo-ptz

LUFILIAN  
neo-ptz

KIRUNA/NORBOTTEN  
paleo-ptz

KHETRI  
neo-ptz

KANGDIAN  
neo-/paleo-ptz

TENNANT CREEK  
paleo-ptz

GAWLER  
mezo-ptz

CLONCURRY  
mezo-ptz

- PORPHYRY Cu-Au
- PORPHYRY Cu-Mo
- PORPHYRY Cu-Mo-Au
- ★ IOCG