

# CVIČENÍ 2

JARO 2024

POKROČILÁ LOŽISKOVÁ  
GEOLOGIE  
LENKA SKŘÁPKOVÁ

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

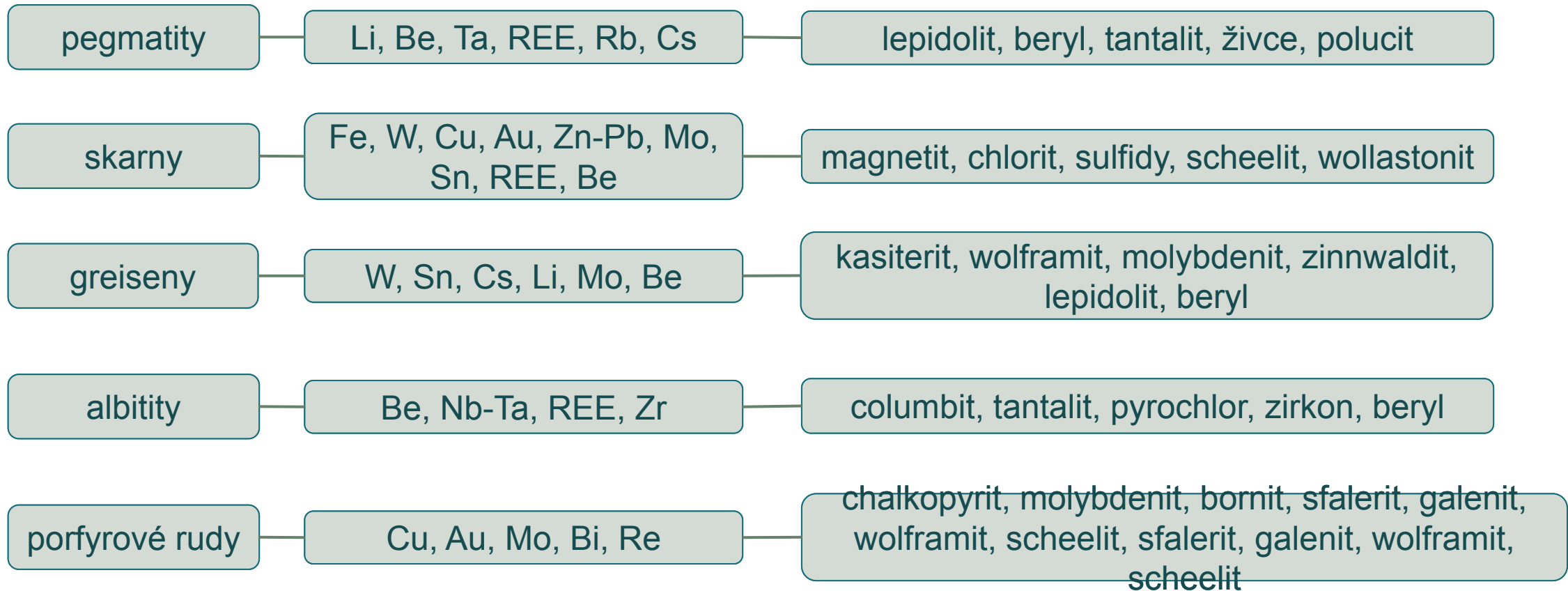
Série	Skupina	Typ	Formace	
Endogenní	magmatická	likvační	Cu-Ni + PGE	
		protomagmatická	Cr, PGE, C, Ti, REE	
		hysteromagmatická	Cr, Ti, magnetit-apatit	
	pegmatitová	jednoduché pegmatity	křemen-živec-slída	
		metasomatizované pegmatity	Li, Be, Nb-Ta, Sn, U-Th, Au, drahé kameny	
	karbonatitová		REE	
	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	



# METASOMATICKÁ LOŽISKA

# METASOMATICKÁ LOŽISKA - PŘEHLED





# METASOMATÓZA

# METASOMATÓZA

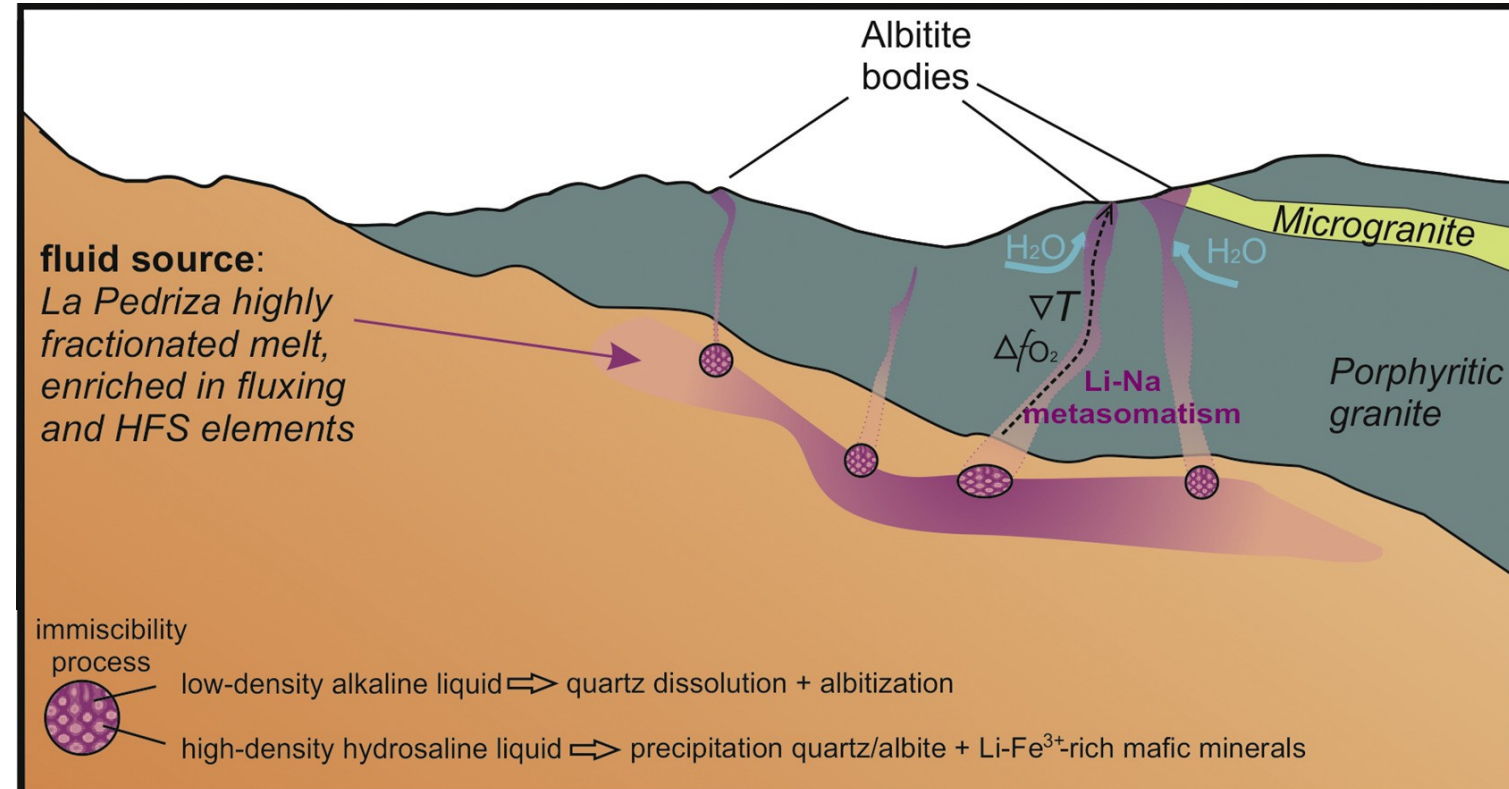
Proces vedoucí ke změně chemického a mineralogického složení v pevném stavu.

**ZMĚNA CHEMICKÉHO SLOŽENÍ**  
zejména Na, Ca, Mg, Fe, Al, Si,

H  
minoritně i jako OH, F či B  
indikující změnu ve složení

kationtů  
**ZMĚNA MINERALOGICKÉHO SLOŽENÍ**

nahrazení minerálu další generací téhož, s odlišným poměrem prvků, nebo úplně jiným minerálem



# METASOMATÓZA

Působení výše teplotních hydrotermálních roztoků (velký rozsah) v závěrečných fázích konsolidace masivů.

<b>TVARY LOŽISKOVÝCH TĚLES</b>	žíly, čočky, pně, žilníky, hnízda
<b>TEXTURY</b>	vtroušeninová, masivní, žilná, žilníková
<b>ZDROJE FLUID</b>	magmatické hydrotermální roztoky
<b>PŘENOS KOVŮ</b>	kovy vázány na tzv. ligandy (Cl, F, HS, SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> )
<b>ASIMILACE</b>	roztok musí být podsyacen
<b>VYSRÁŽENÍ</b>	roztok musí být přesycen

# METASOMATÓZA

## MECHANISMUS PŘENOSU LÁTEK

FAKTORY	teplota, tlak, čas, chemické složení protolitu, chemické složení a koncentrace infiltrujících fluid, permeabilita horniny	
PROCESY	infiltrace	» hlavní mechanismus při metasomatóze » roztoky a fluida s rozpuštěnými látkami cirkulují těmi částmi hornin, kde je vyšší permeabilita a reagují s protolitem a zároveň tato fluida odnáší uvolněné prvky a látky
	difuze	» spíše výjimečně – rozptýlení rozpustných látek skrz stacionární fluida je řízeno rozdíly v chemických potenciálech
	dissolution-reprecipitation	» nahrazení jednoho minerálu další generací téhož s odlišným poměrem prvků, nebo úplně jiným minerálem » iniciováno fluidy » překrystalování minerálu

albitizace • serpentinizace • greisenizace • feldspatizace • silicifikace • kaolinizace • dolomitizace • fenitizace • propylitizace • argilitizace • atd.



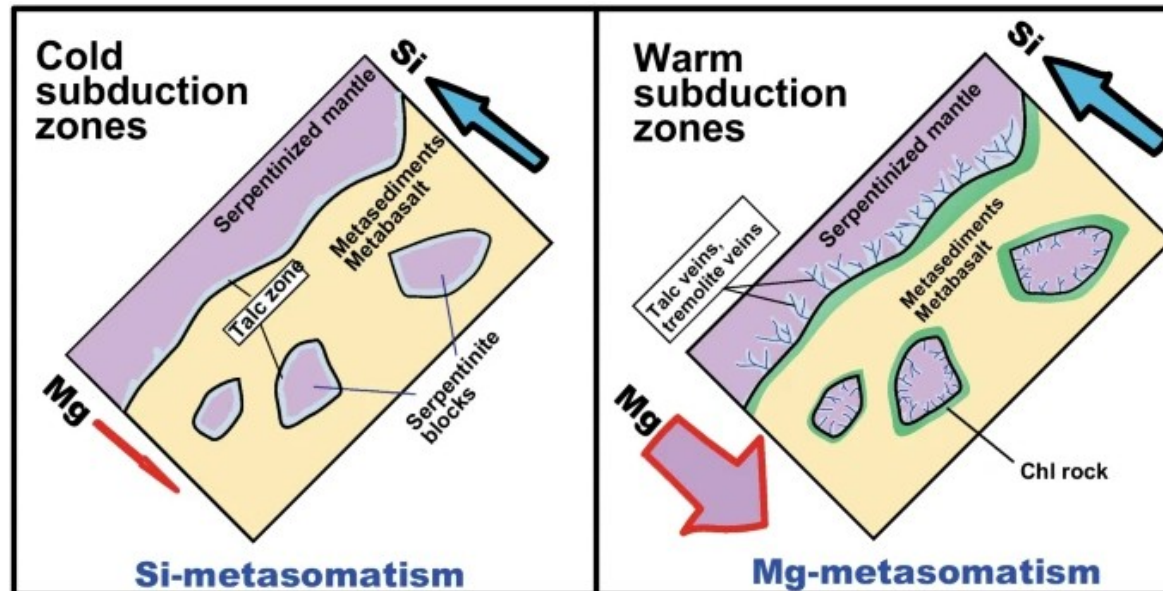
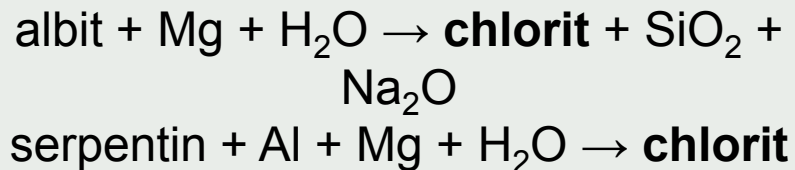
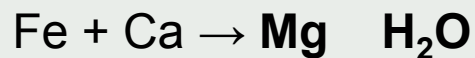
# METASOMATÓZA

## Mg-METASOMATÓZA

chloritizace

oxidace, ztráta Si,  
přísun K

destrukce mafických  
minerálů a plagioklasů



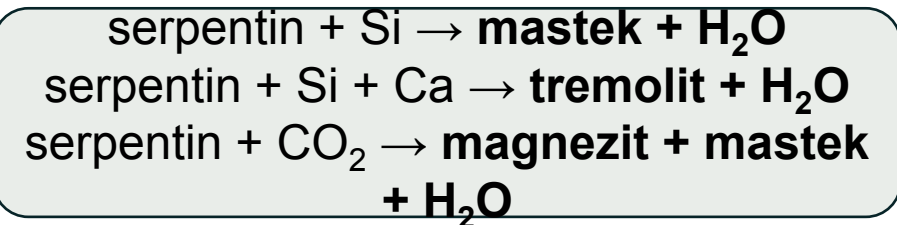
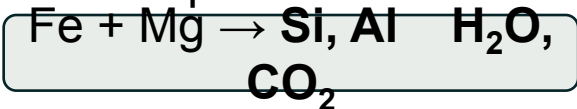
Okamoto & Oyanagi,  
2023

## Si-METASOMATÓZA

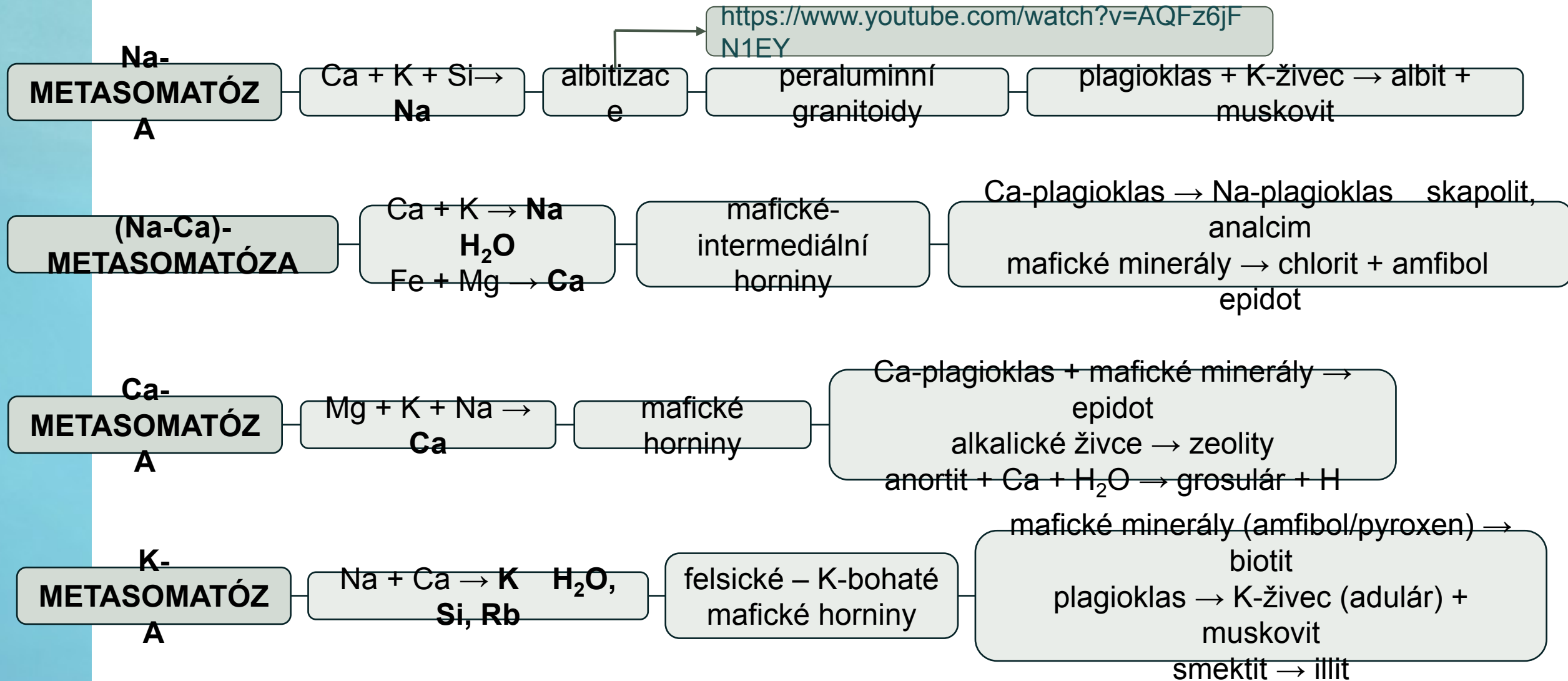
přítomnost Ca v

systému ovlivňuje  
množství  
novotvořeného

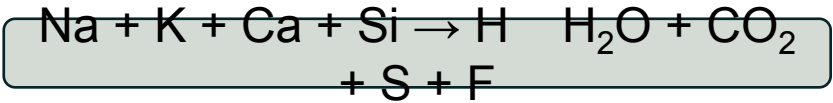
přítomnost  $\text{CO}_2$  v  
systému může  
způsobit alteraci  
serpentinu bez Si



# ALKALICKÁ METASOMATÓZA



# H-METASOMATÓZA



**CHLORITIZACE**

nedostatek K  
přebytek Mg a Fe

**SERICITIZACE**

růst teploty  
F

**GREISENIZACE**

**ARGILITIZACE**

**POKROČILÁ ARGILITIZACE**

felsické-  
intermediální  
horniny

+ F B, Cl, Li,  
Si, P, Sn, W,  
Mo

Na + Ca → H  
H<sub>2</sub>O, Si

úplné vyluhování Ca, Na, K a Mg  
částečné zachování Fe a Al

K-živce + plagioklas → sericit jílové  
minerály  
mafické minerály → chlorit, epidot, sulfidy

felsické-  
peraluminické  
horniny

felsické-  
intermediální  
horniny

živce → F-slídy, topaz, fluorit  
mafické minerály → Li-Fe-slídy, chlorit, sulfidy,  
oxidy

plagioklas → fylosilikáty, jílové  
minerály  
zachování K-živce  
mafické minerály → chlorit, pyrit

mafické minerály → sulfidy (pyrit)  
živce + slídy → pyrofylit + jílové minerály, andalusit +  
alumosilikáty

# METASOMATÓZA – TĚKAVÉ PRVKY

Nedochází nutně k výměnným reakcím → přísun těkavých složek je elektroneutrální, tzn. reakce k vyrovnání nábojů nejsou potřeba.

## PROPYLITIZACE

může dojít k částečné destrukci mafických minerálů a živců → v konečném důsledku však nedochází k výrazné výměně prvků

felsické-  
mafické  
horniny

mafické minerály + živce →  
chlorit, muskovit, albit,  
epidot

## ZEOLITIZACE/ SERPENTINIZACE

přísun  $H_2O$   $CO_2$

felsické-  
mafické  
horniny

felsické minerály → zeolity  
karbonáty  
mafické minerály → serpentín

# METASOMATÓZA - FENITIZACE

<https://www.youtube.com/watch?v=Se1DVbw5iZO>

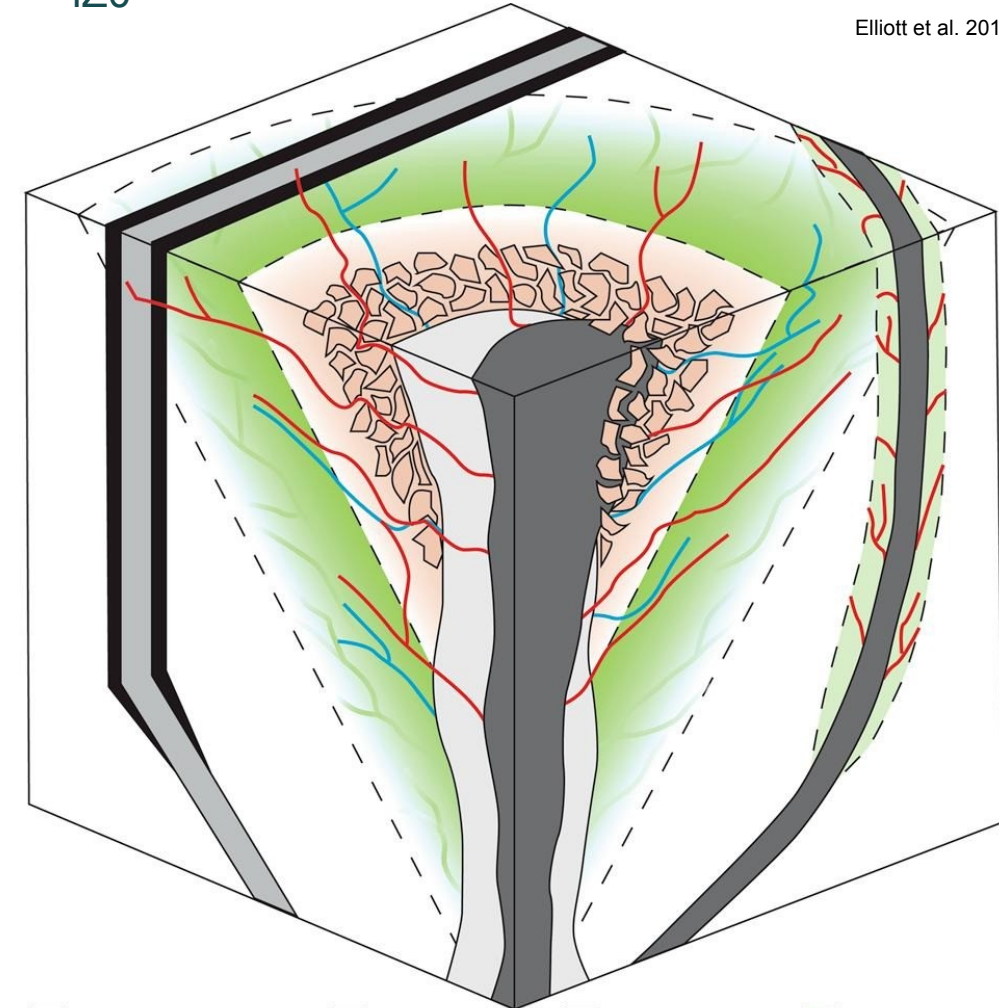
## FENITIZACE

charakterizována přínosem Na, K a CO<sub>2</sub>, F a vyluhováním SiO<sub>2</sub> a redistribucí Ca, Fe, Mg a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

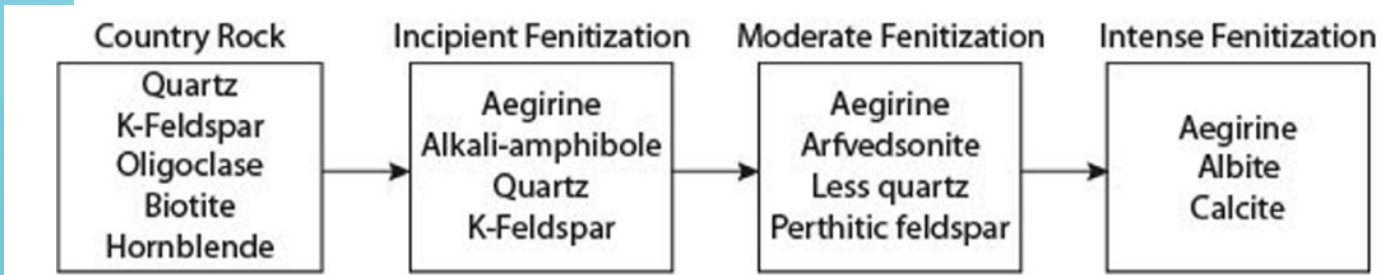
obvykle kompletní odstranění křemene, možný výskyt karbonátů stopové prvky Zr, Nb, Ta, La, Ce

živce + muskovit → alkalické živce a foidy (nefelín), karbonáty  
mafické minerály → Na-pyroxeny/amfiboly/flogopit

karbonatit y, syenity



Elliott et al. 2018



Carbonatite generation 1
  Carbonatite gen. 2
  Carbonatite gen. 3
  Sodic fenitization

Potassic fenitization
  Micaceous fenite
  Potassic fenite breccia
  Gradational boundary

Sodic fenite veins (early)
  Nb-bearing veins (intermediate)
  REE-bearing veins (late)



**PEGMATITY**

# PEGMATITY Li, Be, Nb, Ta, REE, Rb, Cs, U, Sn, W

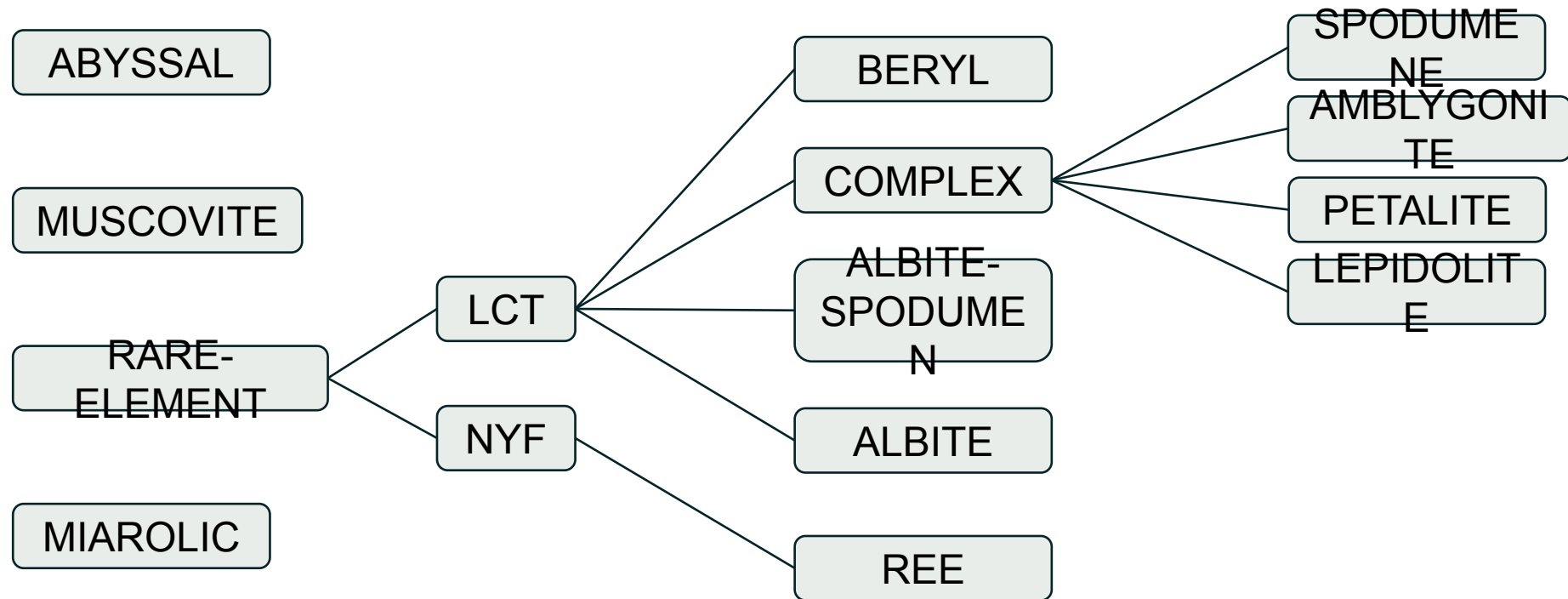
- hrubozrnná hornina granitického složení s kostrovitou, grafickou nebo jinou texturou
- žíly, čočky, hnízda
- magmatická diferenciacie x anatexe
- texturní diferenciacie → zonálnost
- geochemická frakcionace

HLAVNÍ MINERÁLY
křemen, živec, slída
turmalín, beryl, granát, Nb-Ta oxidy, kasiterit, apatit, fluorit, spodumen

PEGMATITOVÉ ZÓNY	
Jednoduché pegmatity	Komplexní pegmatity
grafická	grafická
granitická	granitická
bloková	bloková
křemenné jádro	albitová-metasomatická
	křemenné/lepidolitové jádro

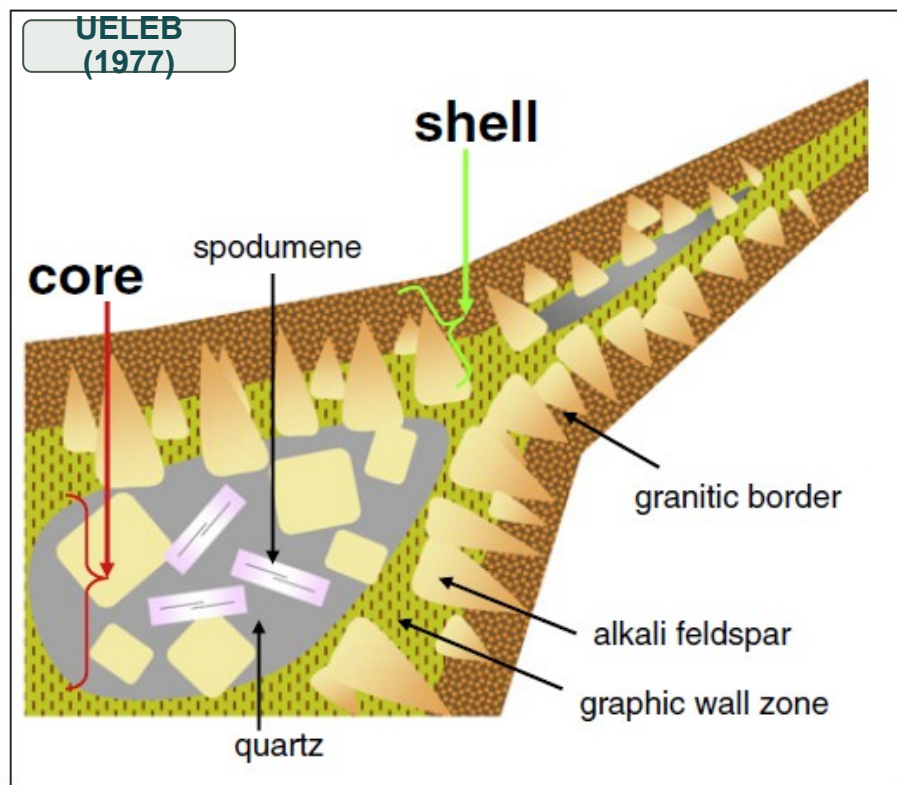
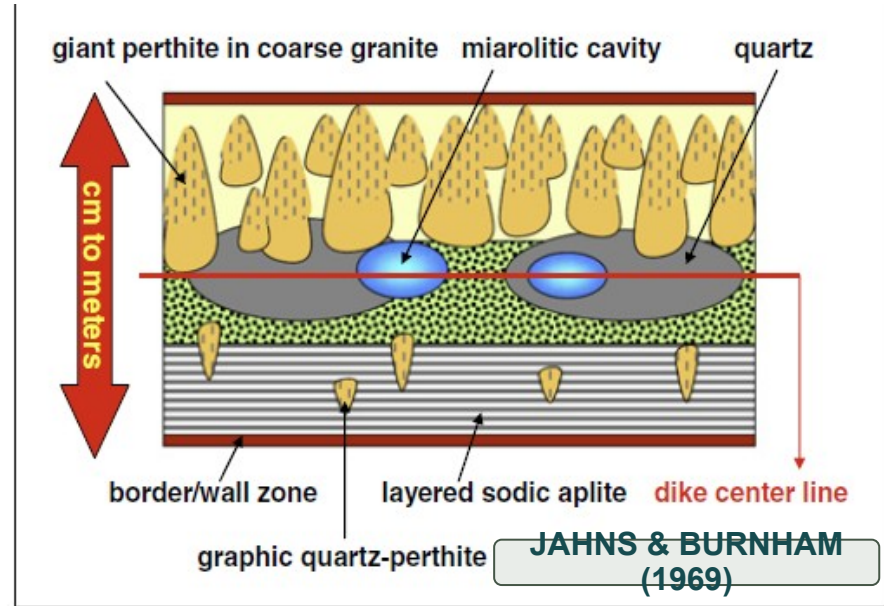
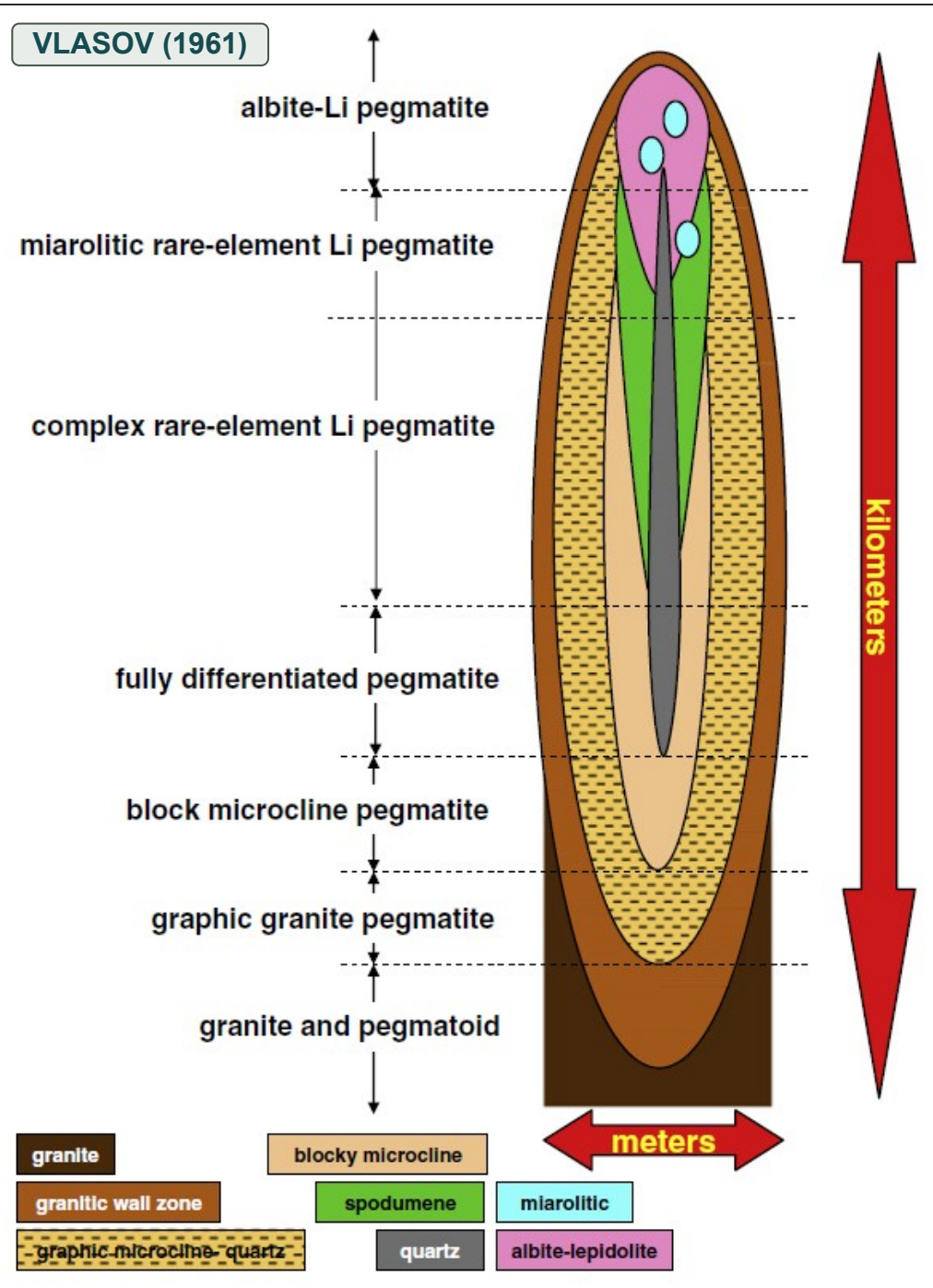
frakcionace ↓

# PEGMATITY – ZJEDNODUŠENÁ KLASIFIKACE (ČERNÝ, 1991)

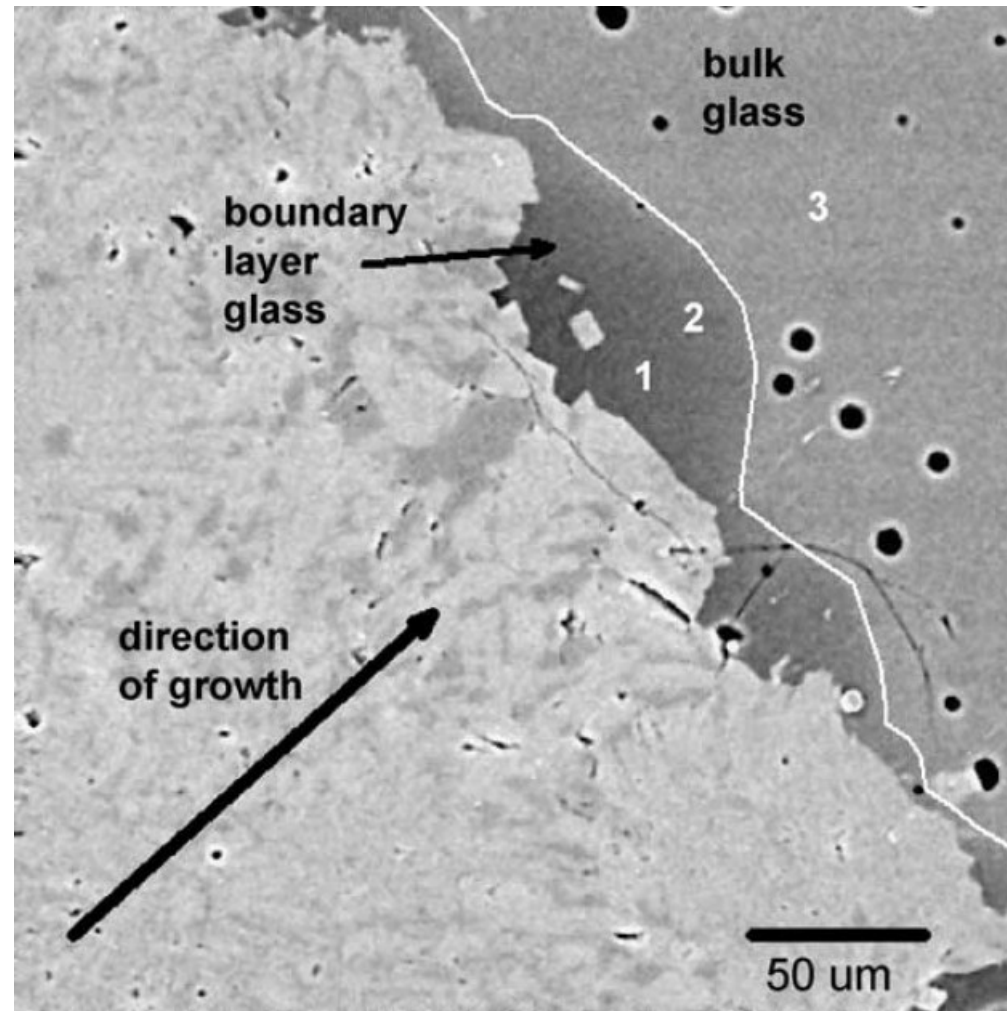




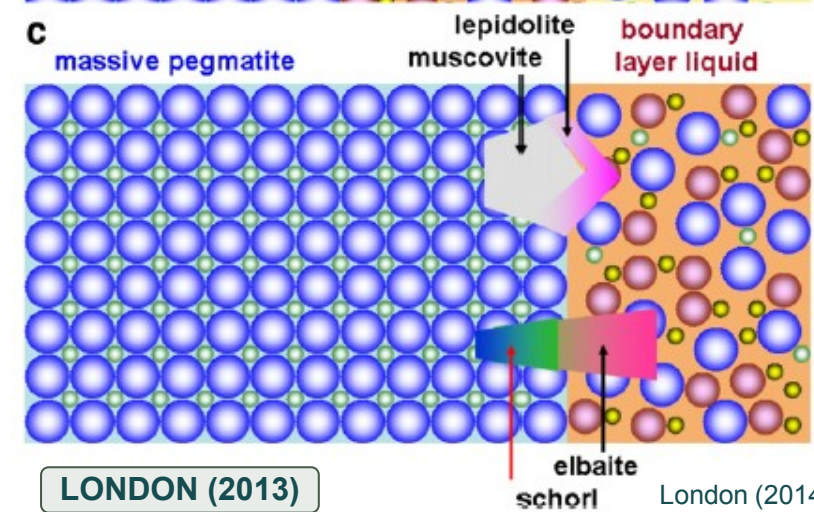
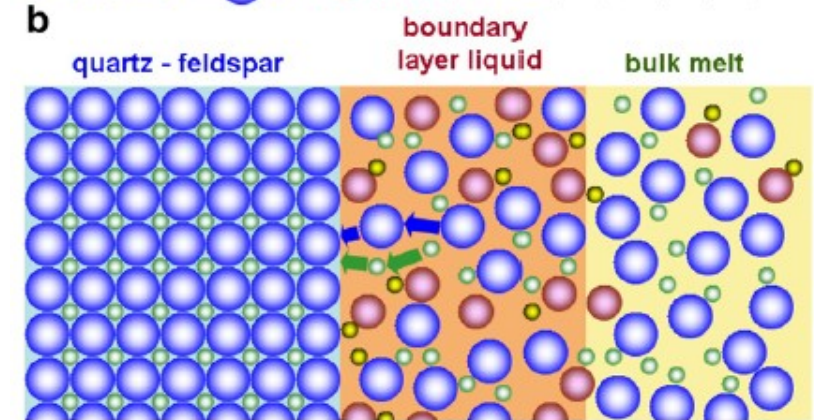
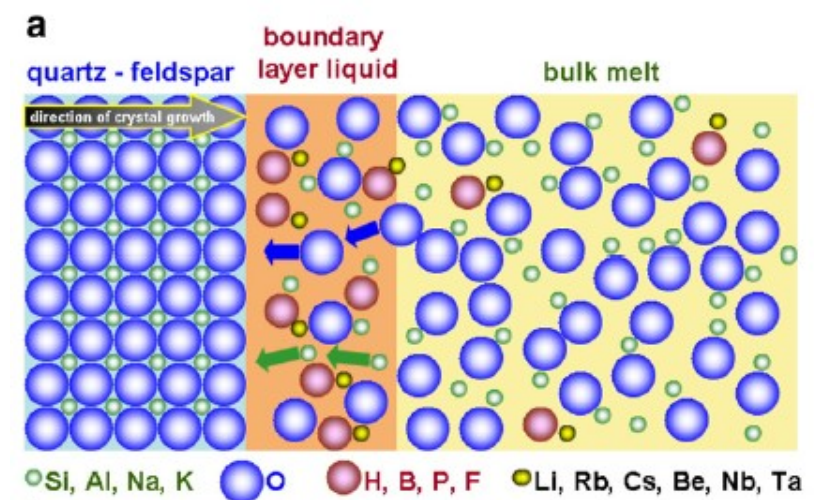
# PEGMATITITY – TEORIE VZNIKU



# PEGMATITY – TEORIE VZNIKU



London (2005)

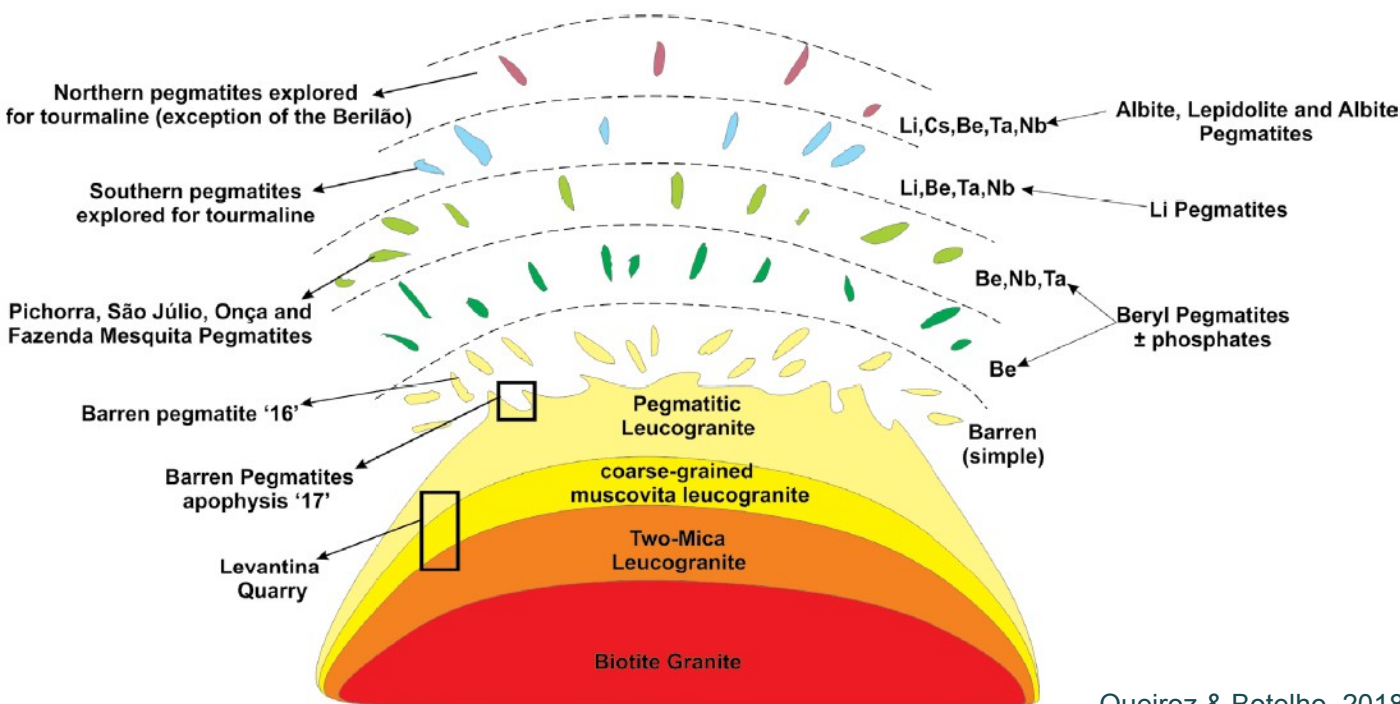


LONDON (2013)

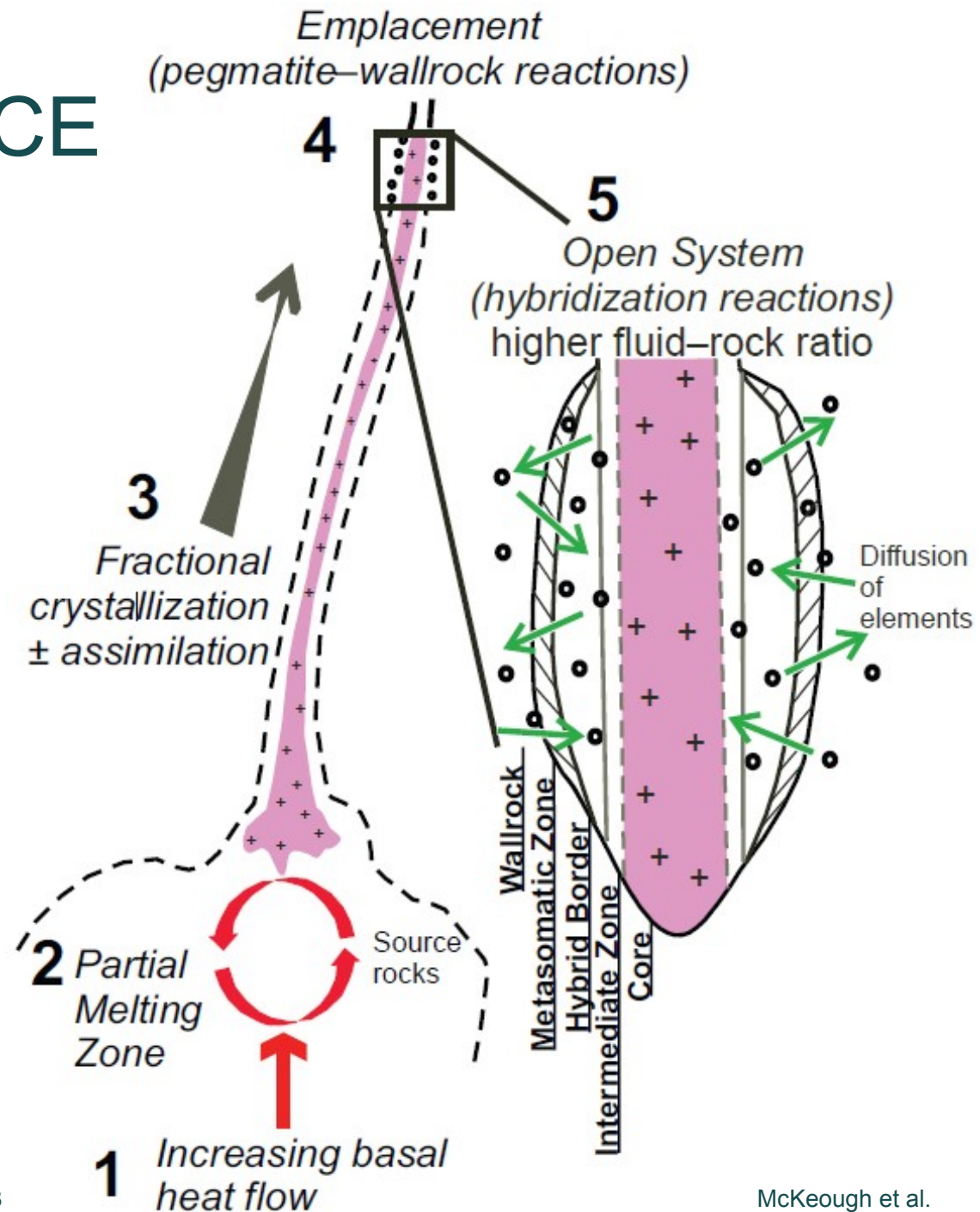
London (2014)

# PEGMATITY - FRAKCIONACE

Geochemická frakcionace probíhá nejen v rámci pegmatitového tělesa, ale také ve smyslu „vzdálenost granit-pegmatit“.

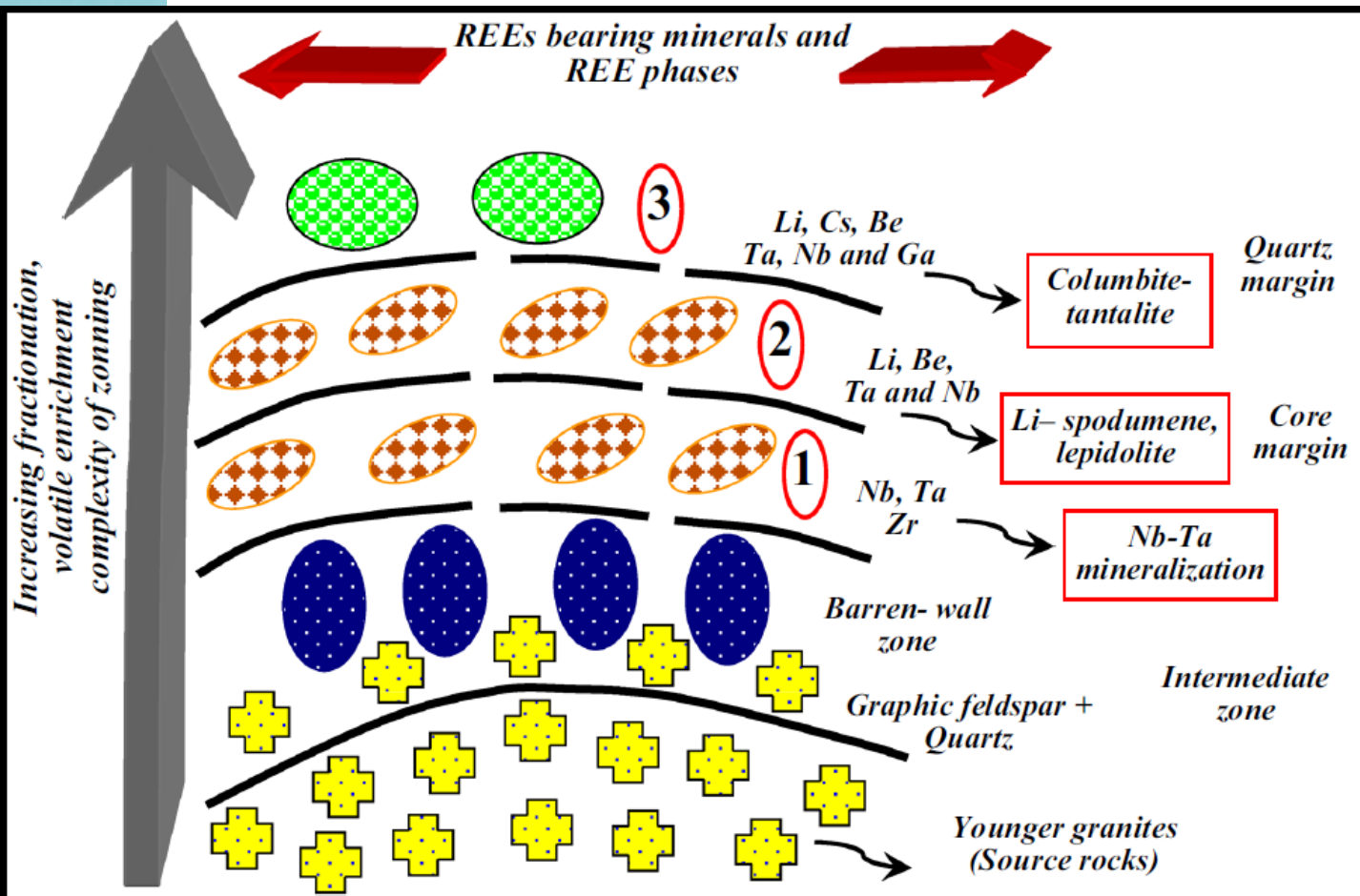


Queiroz & Botelho, 2018

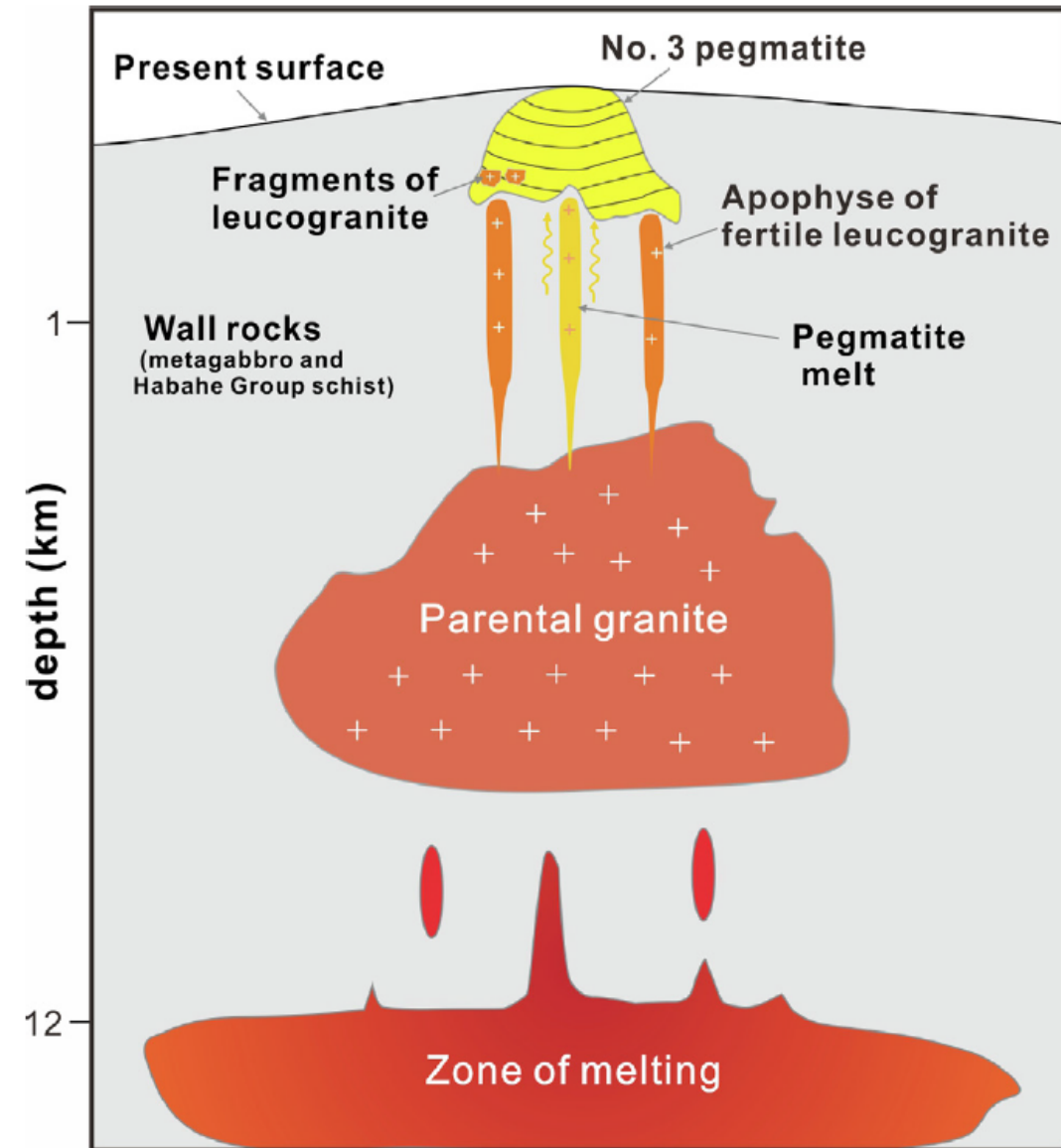


McKeough et al. 2012

# PEGMATITY - FRAKCIONACE

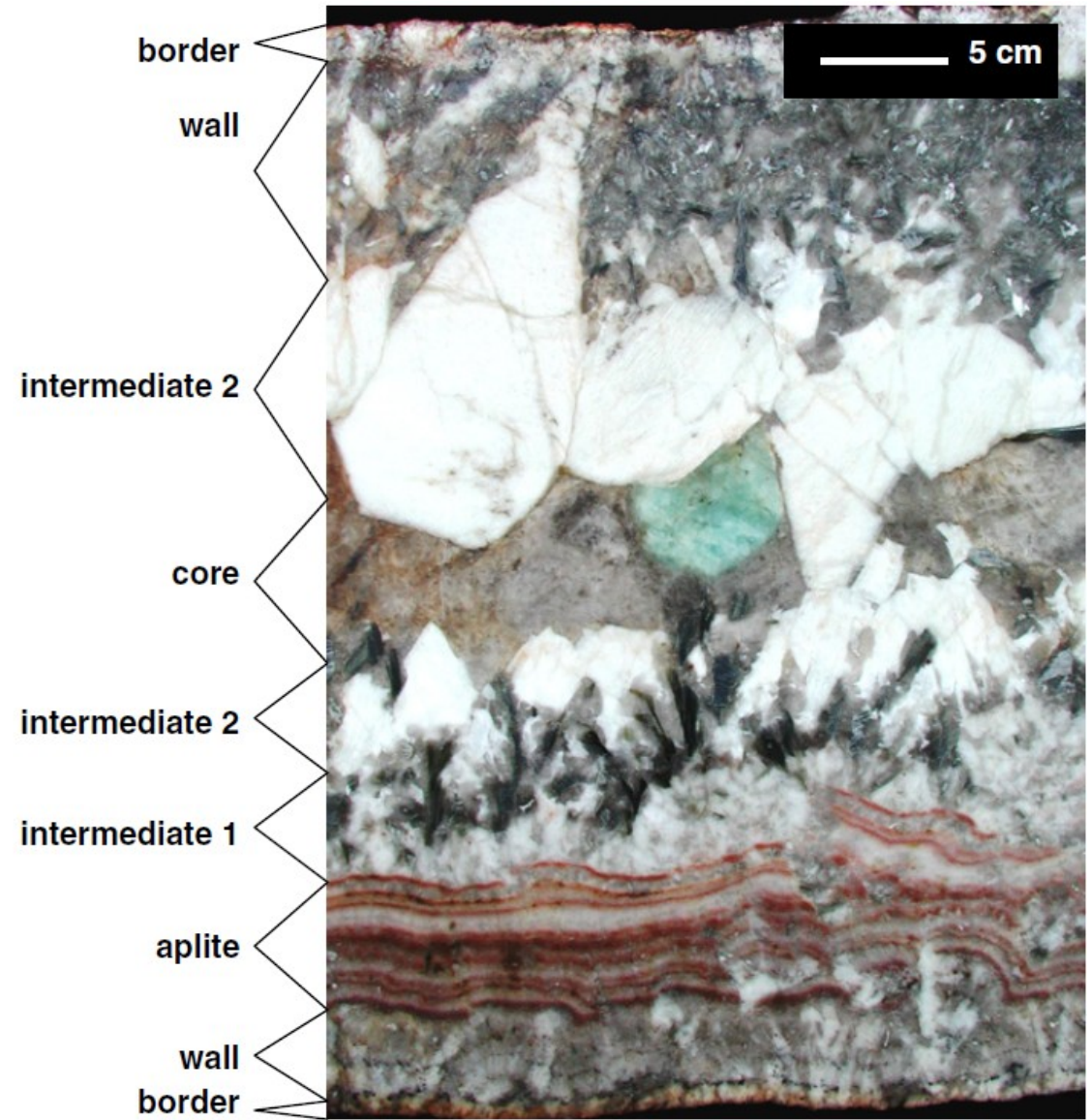


Saleh et al. 2021

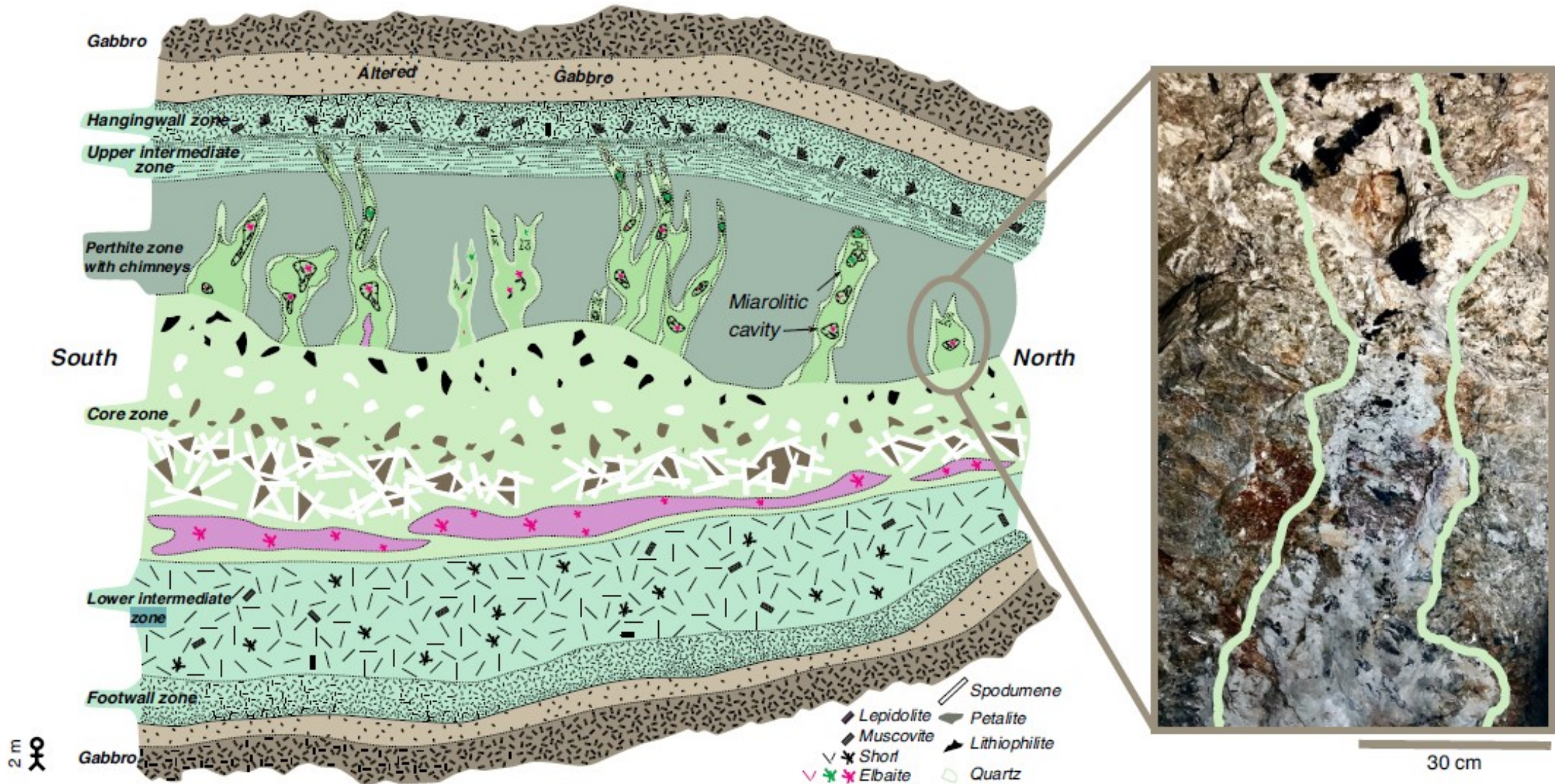


Shen et al., 2022

# PEGMATITY - FRAKCIONACE

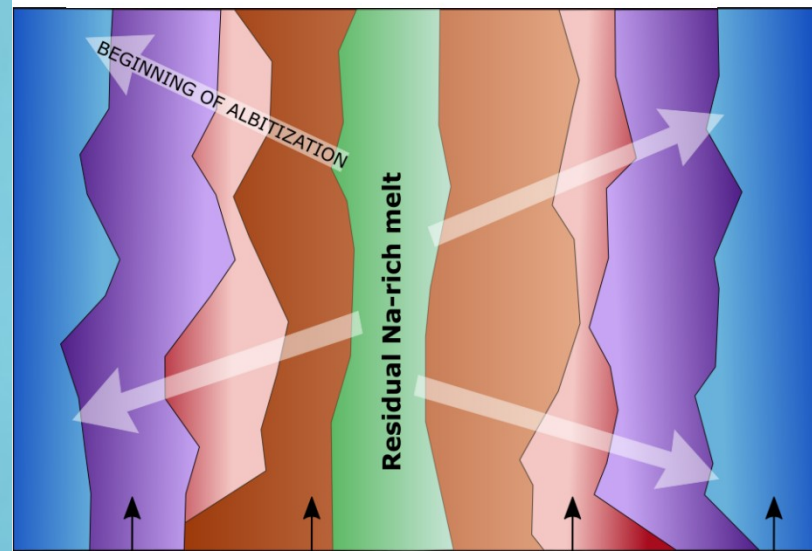


# PEGMATITY - FRAKCIONACE



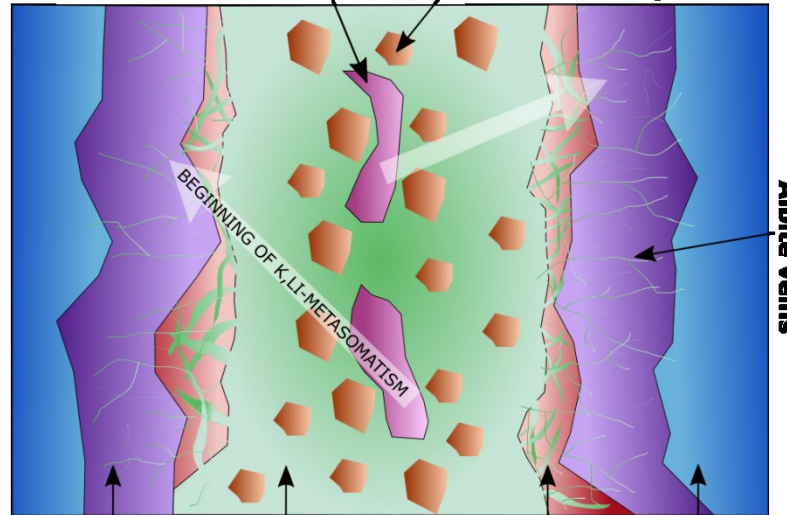
# PEGMATITY - VÝVOJ

**Initial state**  
Primary & residual melt  
~ 500 - 700°C



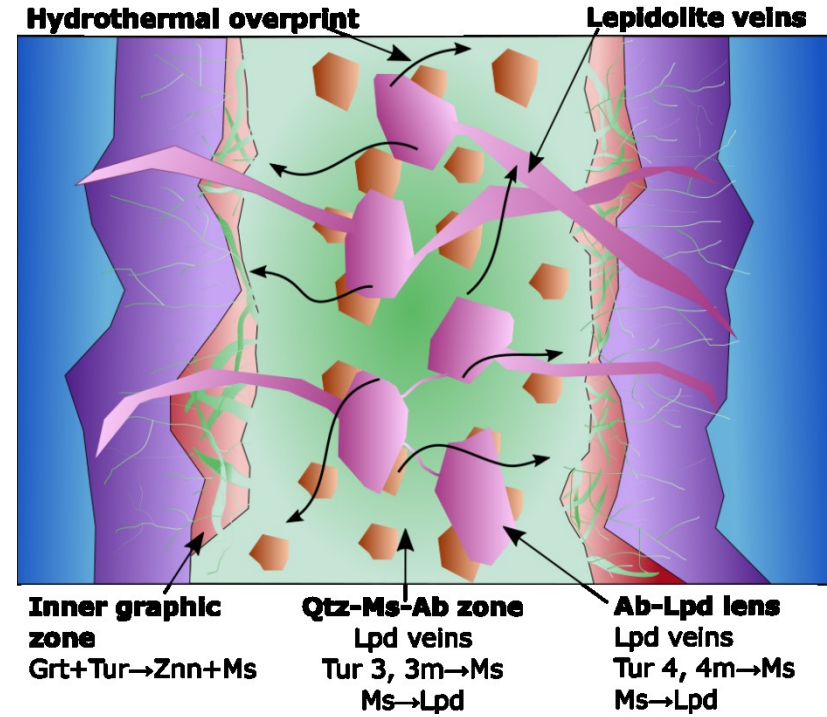
<b>Graphic zone</b>	<b>Blocky zone</b>	<b>Inner graphic zone</b>	<b>Border zone</b>
Kfs > Pl	Kfs, Qtz	Pl > Kfs	Kfs > Pl
Tur 1	Tur 3	Tur 2	Tur 1
Bt, Qtz		Ms, Qtz, Grt	Bt, Ms

**Albitization**  
~ 400 - 500°C  
Residual K,Li-melt & fluids    Relics of the blocky zone



<b>Graphic zone</b>	<b>Qtz-Ms-Ab zone</b>	<b>Inner graphic zone</b>	<b>Border zone</b>
Ab veins	blocky Kfs→Ab+Ms	Ab veins	Ab veins
Kfs→Ab	Tur 3→Tur 3m	Kfs→Ab	Tur 1→Tur 1m
Tur 1→Tur 1m	Mtb	Tur 2→Tur 2m	Kfs→Ab
Bt→Znn+Ms		Bt→Znn+Ms	

**K,Li-metasomatism and hydrothermal stage**  
< 300°C



<b>Inner graphic zone</b>	<b>Qtz-Ms-Ab zone</b>	<b>Ab-Lpd lens</b>
Grt+Tur→Znn+Ms	Lpd veins	Lpd veins
	Tur 3, 3m→Ms	Tur 4, 4m→Ms
	Ms→Lpd	Ms→Lpd

# PEGMATITY - LOŽISKA

SVĚTOVÁ LOŽISKA	
Tanco (petalitový), Red Cross Lake (lepidolitový), Berry Havey (elbaitový), Greenbushes (spodumenový)	
Brazílie, Madagaskar, Cejlon, JAR, Zimbabwe, Austrálie	

LOŽISKA ČR	
lepidolitový subtyp	Rožná, Dobrá Voda, Drahonín, Chvalovice, Lhenice, Dolní Bory
beryl-columbitový subtyp	Věžná
elbaitový subtyp	Bližná, Řečice, Dolní Rožínka
petalitový subtyp	Nová Ves



# TANCO

- petalitový pegmatit intrudoval do amfibolitu, uloženého v pásmu zelenokamenů Bird River v Kanadě
- rozměry pegmatitového tělesa: ca. 1.99 1.06 0.10 km
- rozdělen na 9 jednotek s odlišnou mineralogií a strukturou
- významná Nb-Ta mineralizace v aplitické albitové jednotce (30), Cs mineralizace v pollucitové jednotce (80) a Rb-Li mineralizace v lepidolitové jednotce (90)
- **Ta (wodginite a tantalit), Cs (pollucit), Rb (lepidolit) a spodumen**

# TANCO – VZNIK JEDNOTLIVÝCH ZÓN

## BORDER ZONE

10

vznikla jako první  
hojný plagioklas

## WALL ZONE 20

velké krystaly mikroklinu  
graficky srostlé s krystaly  
křemene,  
obrovské kostrovité krystaly  
křemene s albitem  
vyplňující mezery mezi  
krystaly

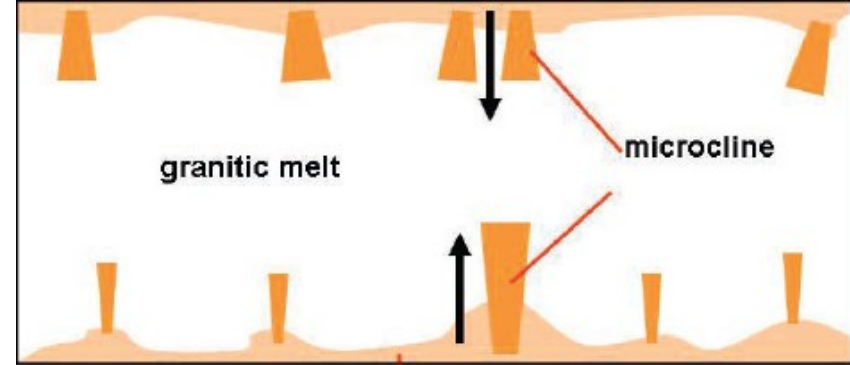
## APLITE ZONE 30

prevažne albit spolu s  
mikroklinem a křemenem z  
WZ  
vyčnívající krystaly z WZ se  
vnořily do vrstvy albitu

## Nb-Ta mineralizace

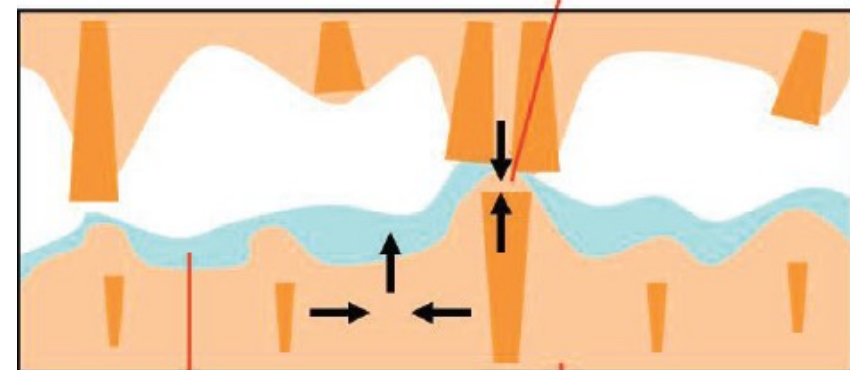
## LOWER INTERM. ZONE 40

granitické složení



border (10) and wall zone (20)

pillar

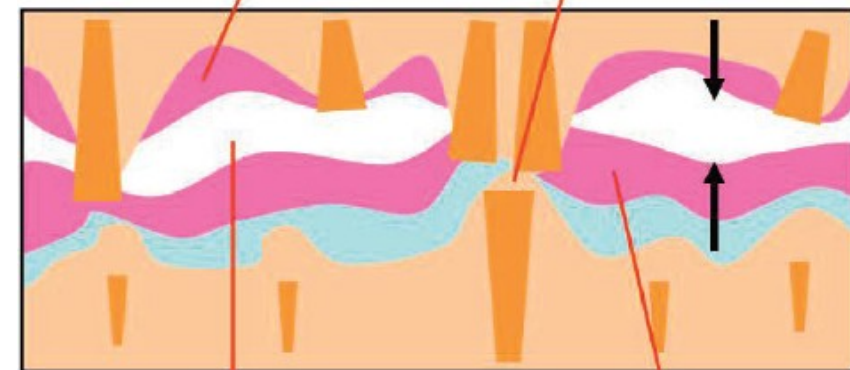


aplite zone (30)

border (10) and wall zone (20)

intermediate zone (40)

pillar



core cell

wall



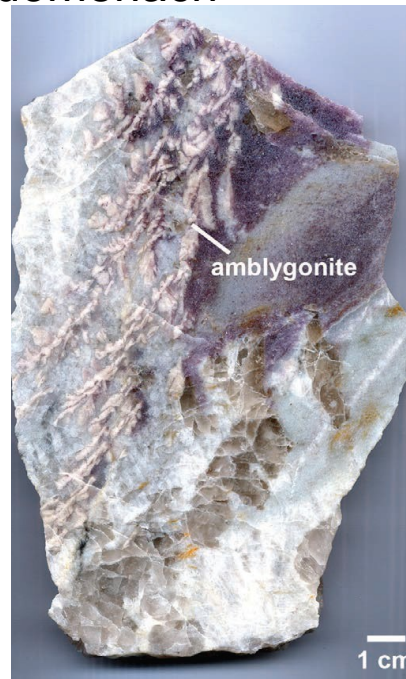
# TANCO – VZNIK JEDNOTLIVÝCH ZÓN

## UPPER INTERM. ZONE 50

Li-nabohacená zóna

## CENTRAL INTERM. ZONE 60

Ta-nabohacená zóna  
pravděpodobně krystalovala spolu se zónou 50 v oddělených doménách



## QUARTZ CORE 70

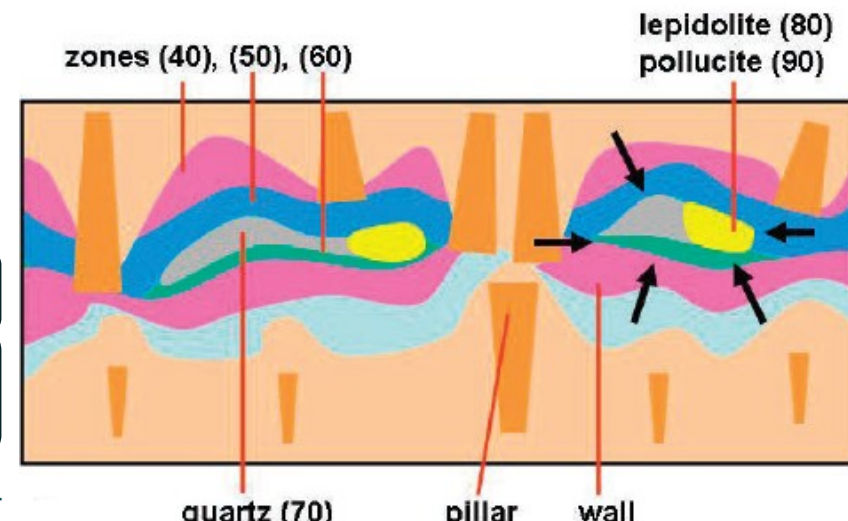
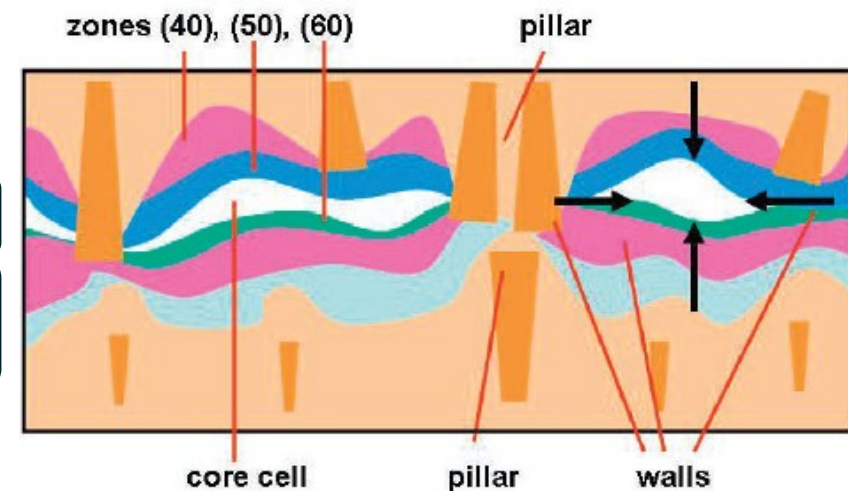
masivní křemen

## POLLUCITE ZONE 80

Cs-nabohacená zóna  
vznikla mezi Qz jádrem a intermediate zónami

## LEPIDOLITE ZONE 90

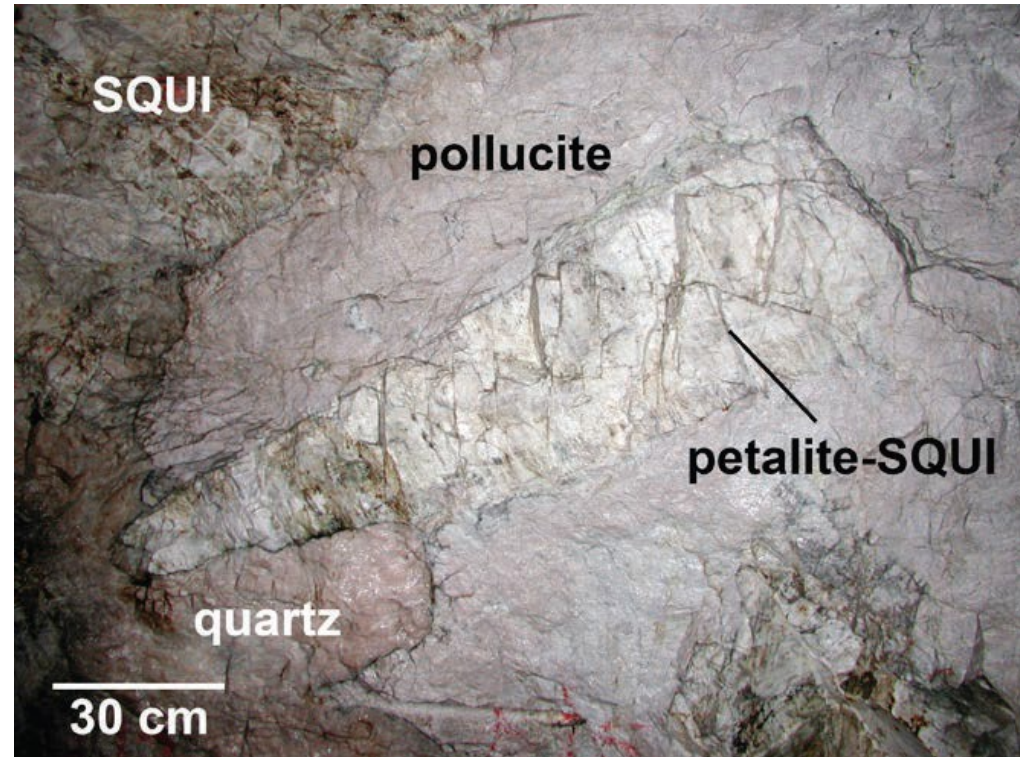
Li-nabohacená zóna  
vznikla mezi Qz jádrem a intermediate zónami



# TANCO



Linnen & Lichtervelde,  
2012



London, 2024



**SKARNY**

# SKARNY

Vznik na kontaktu silikátových a karbonátových hornin.

Typická je poměrně jednoduchá mineralogie a polyfázový vznik.

450-600 °C

<b>ROZDĚLENÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» endoskarn – protolitem je magmatická (silikátová) hornina</li> <li>» exoskarn – protolitem je sedimentární (karbonátová) hornina</li> </ul>
<b>POLYFÁZOVÝ VZNIK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» progradní fáze – bezvodé minerály – vysokoteplotní (500-700 °C) + hypersalinní roztoky</li> <li>» retrogradní fáze – vodnaté minerály – nízkoteplotní (250 °C) + nízká salinita</li> </ul>
<b>MINERALOGIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» převážně <b>Ca-Mg-Fe-Mn</b> bezvodé silikáty s <b>minimem živců</b></li> <li>» granát-klinopyroxen (diopsid) amfibol-epidot</li> <li>» magnetit, vesuvian, spinel, biotit, chlorit, sulfidy, scheelit, wollastonit</li> </ul>
<b>ZRUDNĚNÍ</b>	» <b>Fe, Au, Cu, Zn-Pb, W, Mo, Sn</b>
<b>TVAR TĚLESA</b>	» žíly, čočky
<b>TEXTURY</b>	» hrubozrnná vtroušeninová

Příklad hydrotermální přeměny sedimentární horniny na skarn:



# SKARNY

LOŽISKA		
Big Gossan	Cu-Au	IND
Iron Spring	Fe	USA
King Island	W-Sn	AU-TAS
Bingham	Cu-Au	USA
Malešov	Fe	CZE
Vlastějovice	Fe	CZE
Měděnec	Fe	CZE

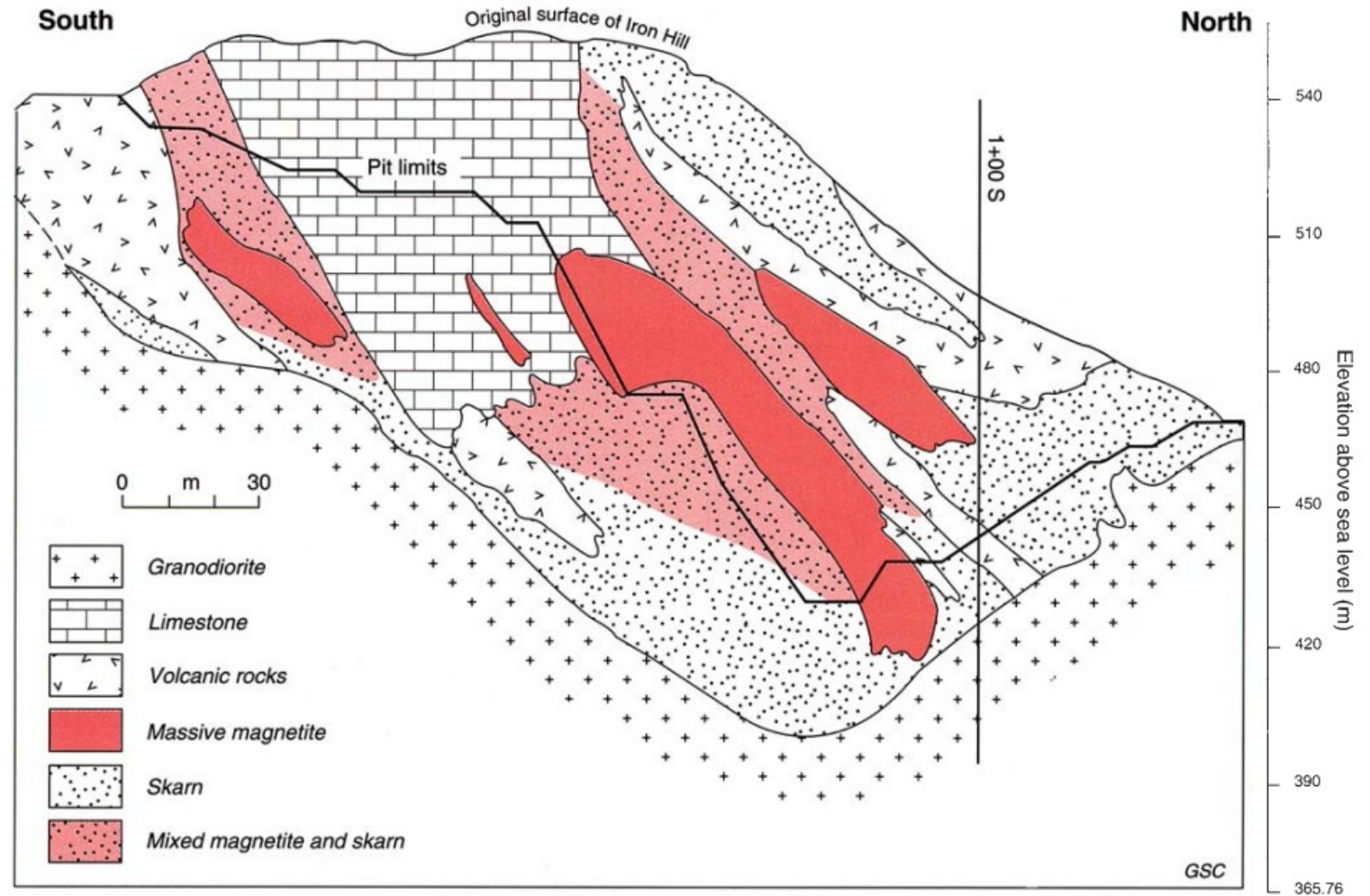
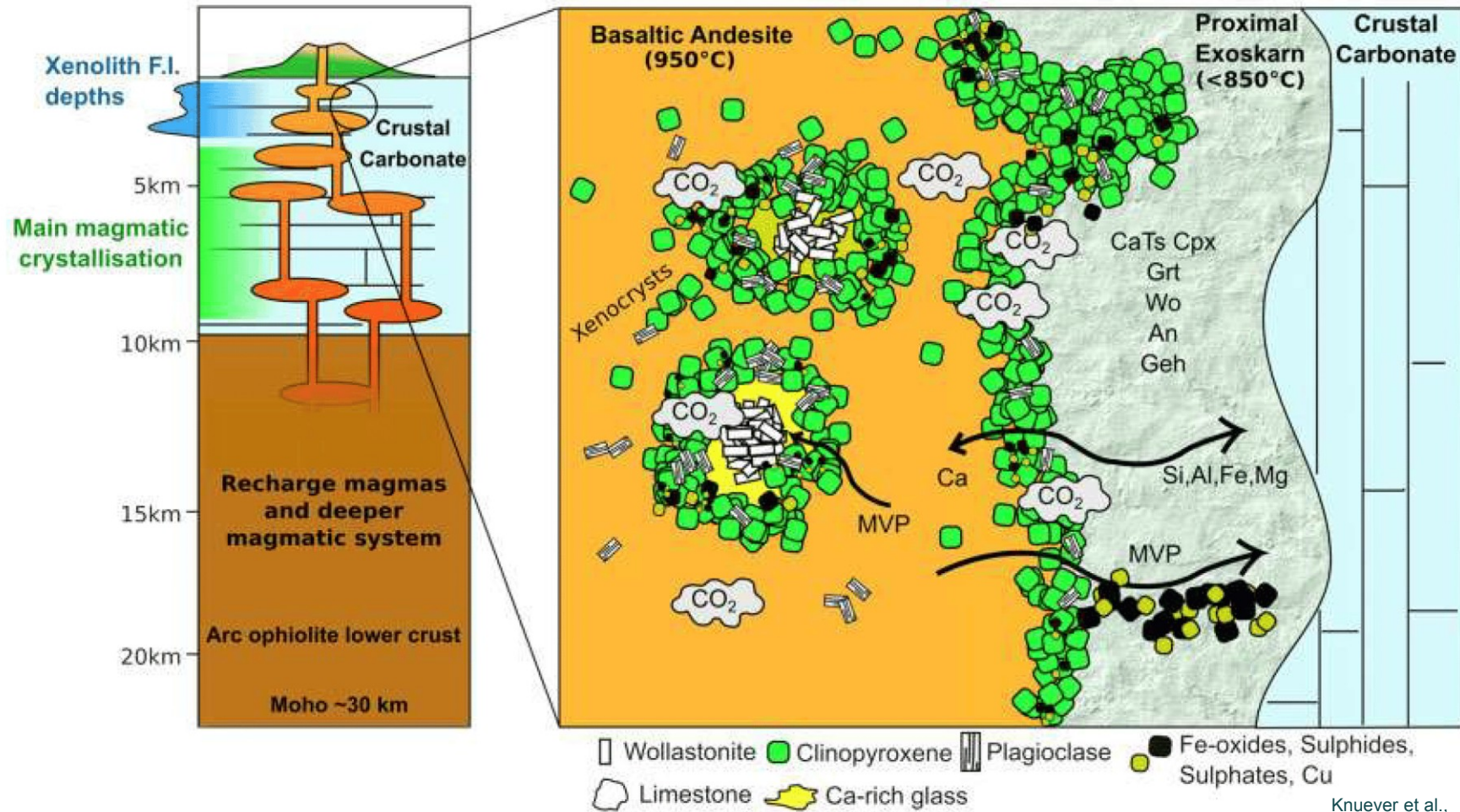


Figure 20.4-1. Geology in section of the Iron Hill iron deposit, Vancouver Island (after Sangster, 1969).

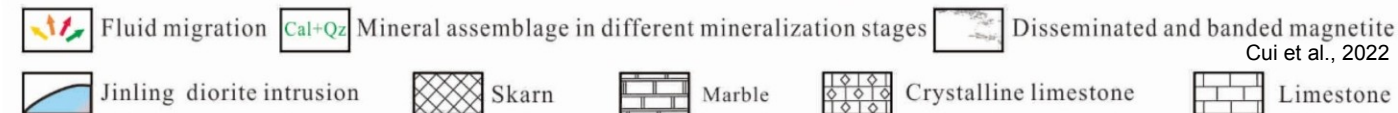
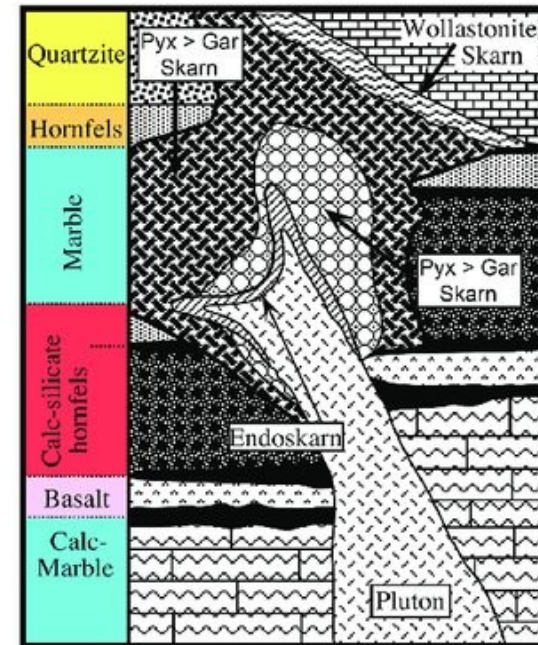
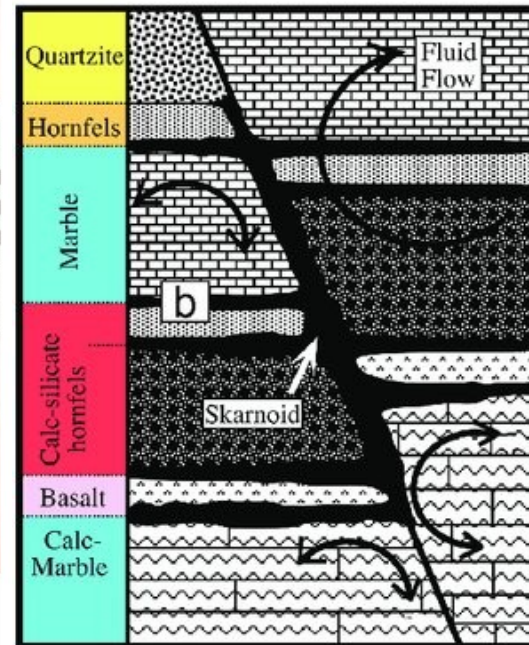
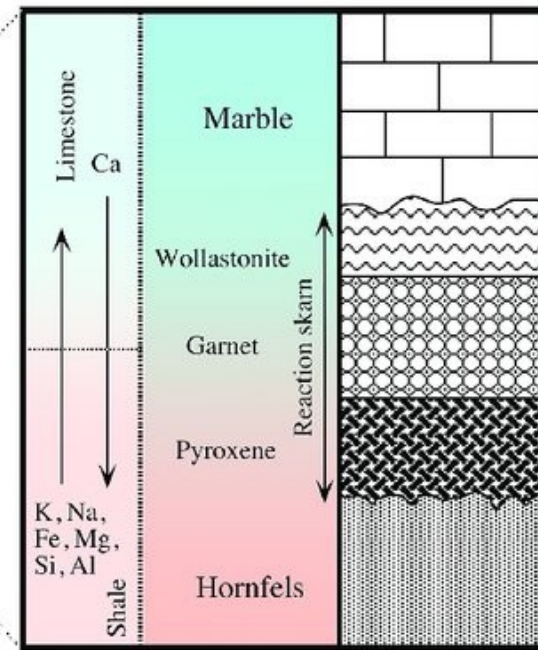
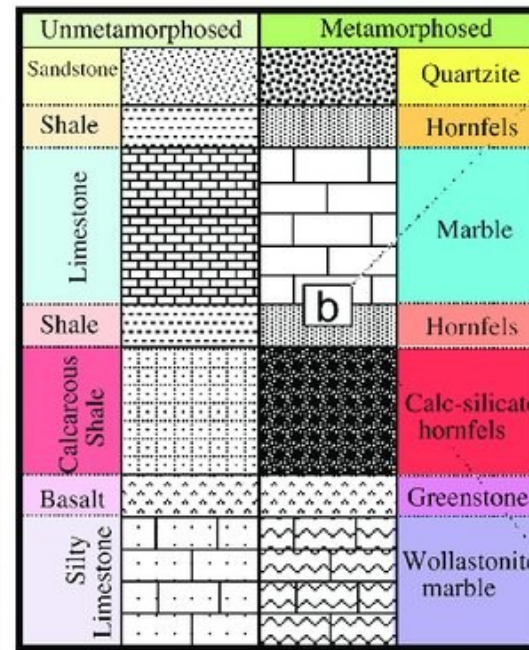
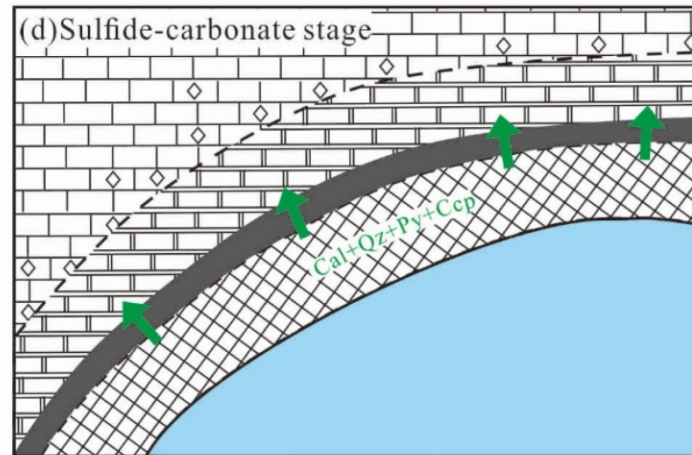
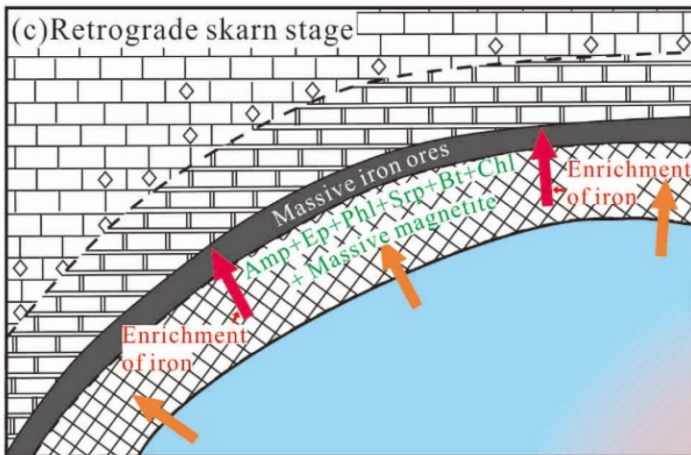
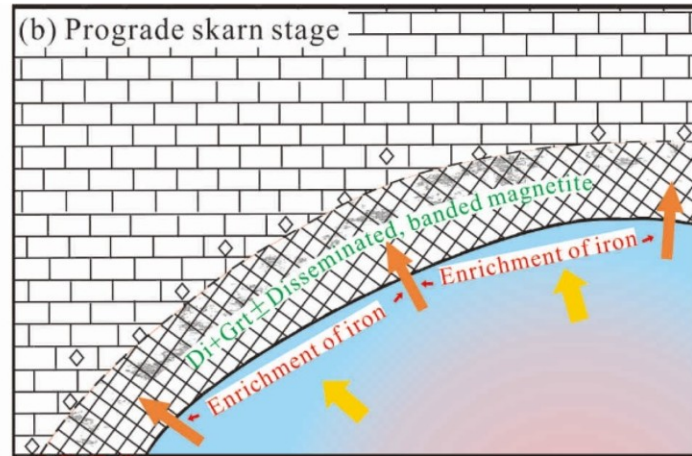
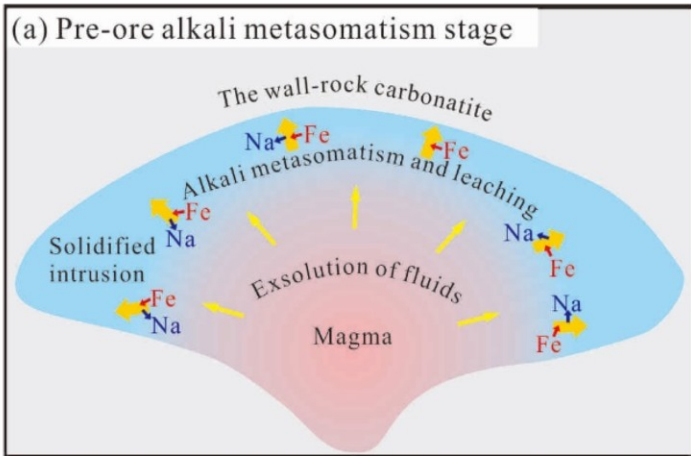
Gross, 1996

# SKARNY





# SKARNY



**c**

**d**

# SKARNY

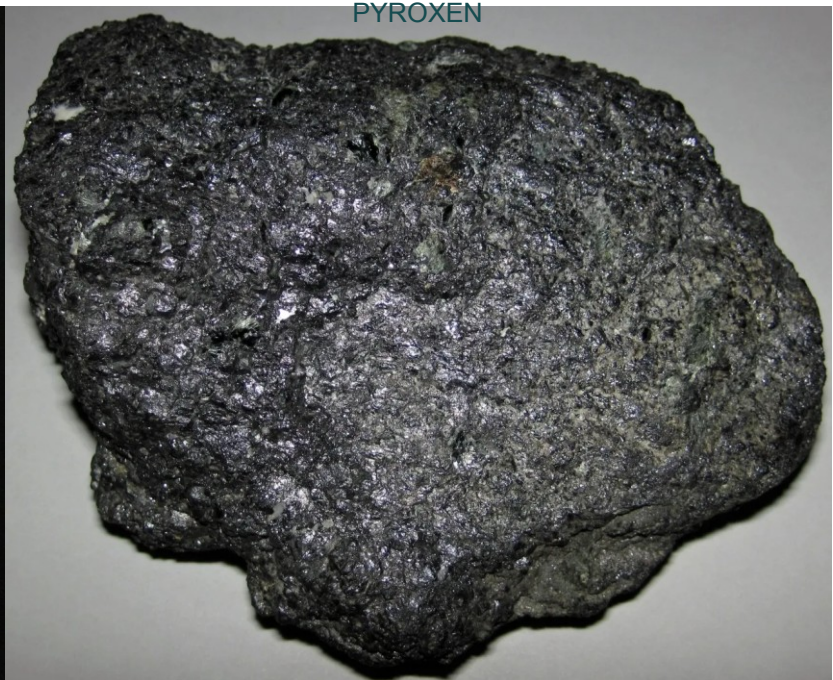
WOLLASTONIT,  
GRANÁT



PYROXEN



MAGNETIT,  
PYROXEN



Jirásek, 2023

John, 2024



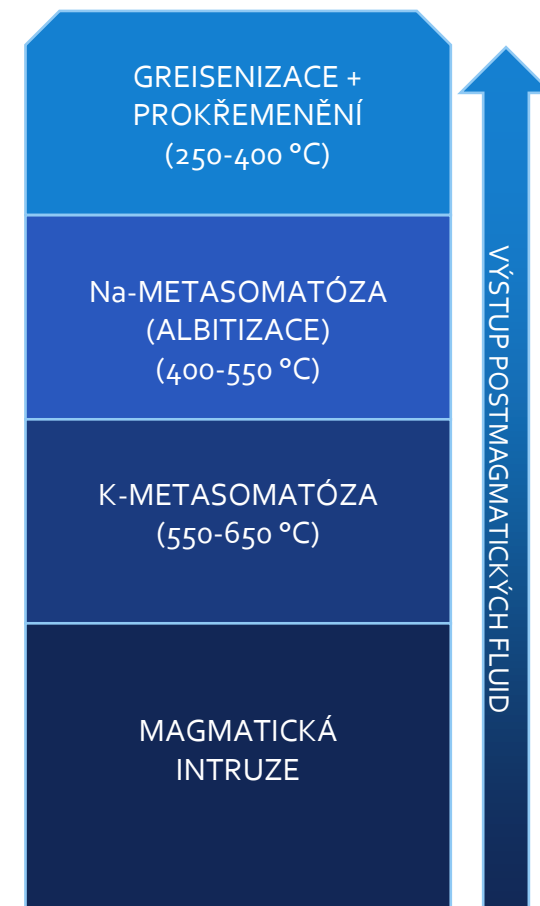
**GREISENY A ALBITITY**

# GREISENY

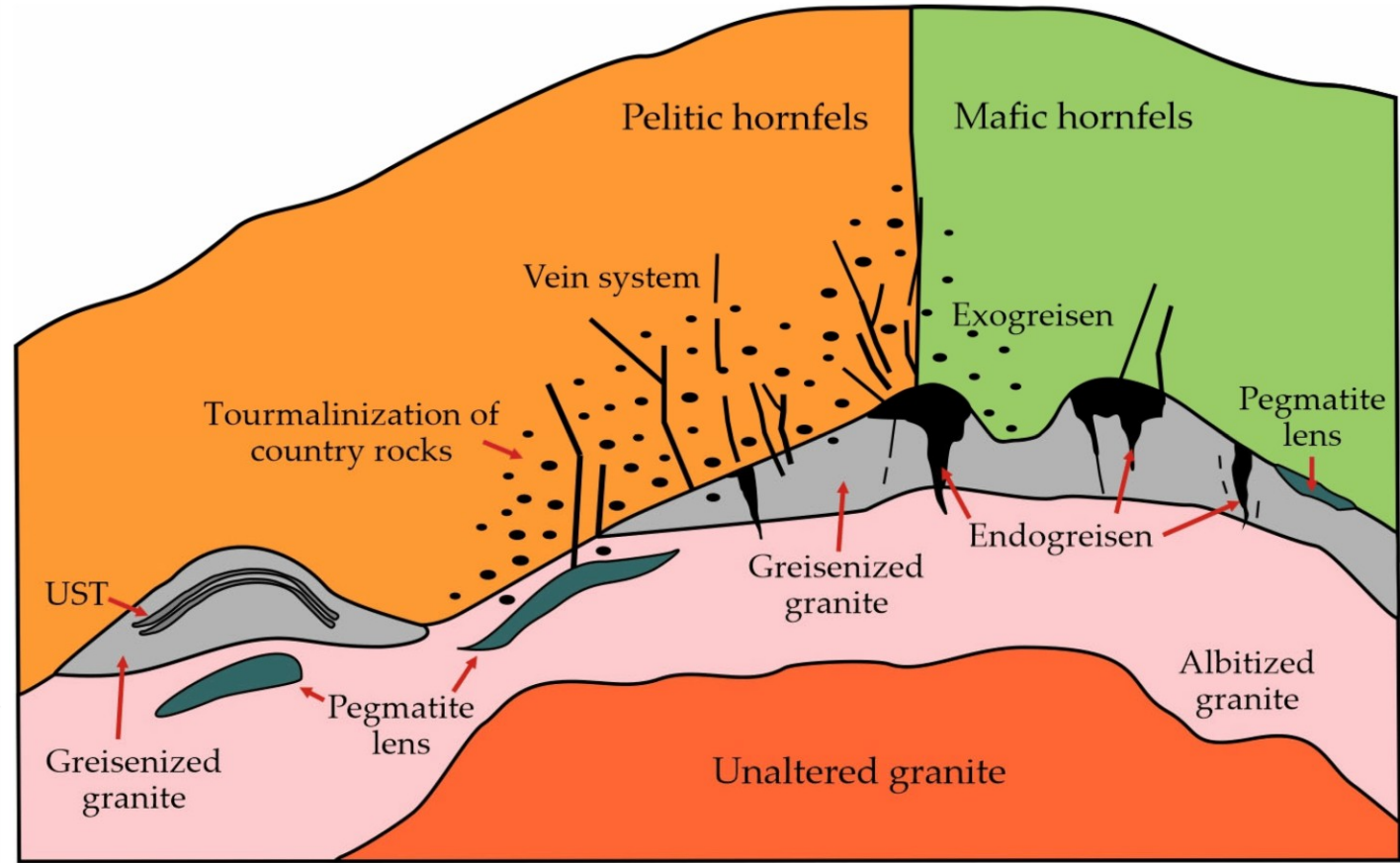
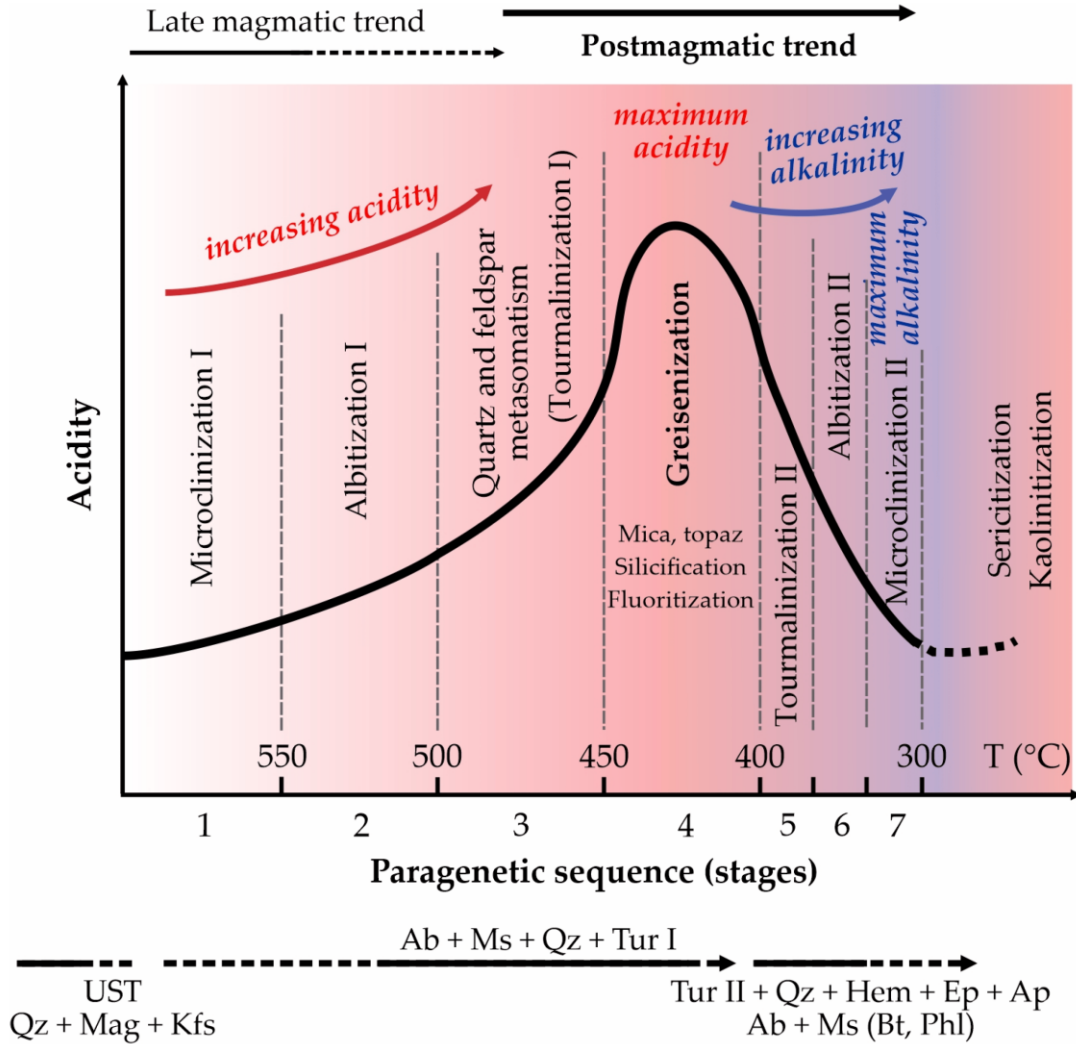
Křemen-muskovitová vysoce frakcionovaná hornina vzniklá za středních teplot.

<b>ROZDĚLENÍ</b>	» endogreisen – pozice ve vrcholové části intruze » exogreisen – pozice v nadloží intruze
<b>VZNIK</b>	» vznik působením vysokoteplotních hydrotermálních fluid na magmatickou intruzi v rámci postmagmatického vývoje
<b>MINERALOGIE</b>	» převážně <b>křemen a muskovit</b> » kasiterit, wolframit, molybdenit, topaz, fluorit, turmalín, zinnwaldit, amazonit, lepidolit
<b>ZRUDNĚNÍ</b>	» <b>W, Mo, Sn, Nb, Ta, Be, Rb, Cs, Sc</b>
<b>TVAR TĚLESA</b>	» žíly, čočky
<b>TEXTURY</b>	» vtroušeninová
<b>LOŽISKA</b>	» Cínovec, Krupka, Altenberg, Cornwall, Austrálie

Příklad vzniku typické greisenové asociace:



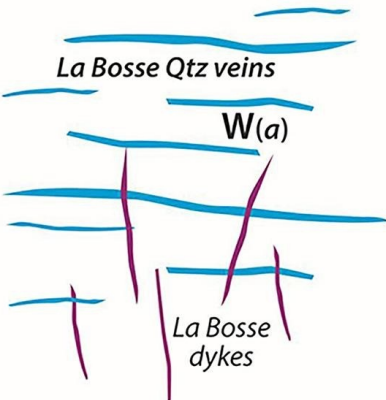
# GREISENY



# GREISENY

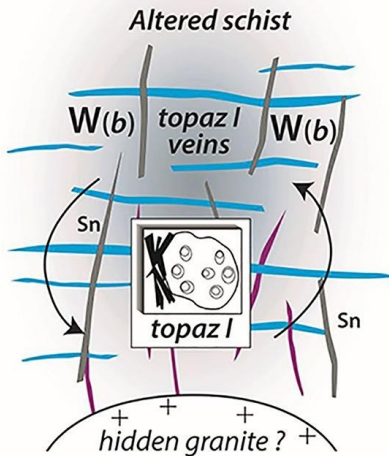
vznik křemenných žilníků a doprovodné W-mineralizace

temperature ?



první greisenová alterace - topazifikace Qz-žilníků a další nová W-mineralizace

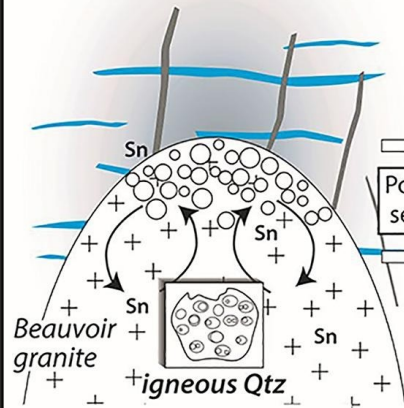
ca. 400-600°C  
Lithostatic pressure ?



magmatická krystalizace, vznik puklin, exsoluce fluid a jejich následný var (znemožnil vznik nízce-salinných fluid)

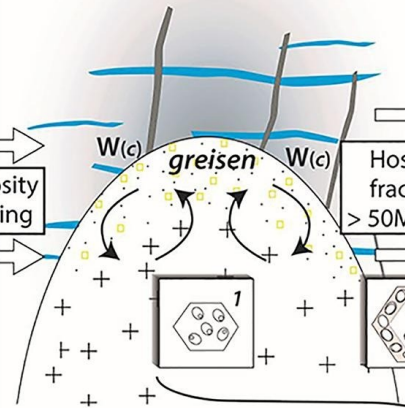
ca. 500°C

See Cuney et al., (1992)



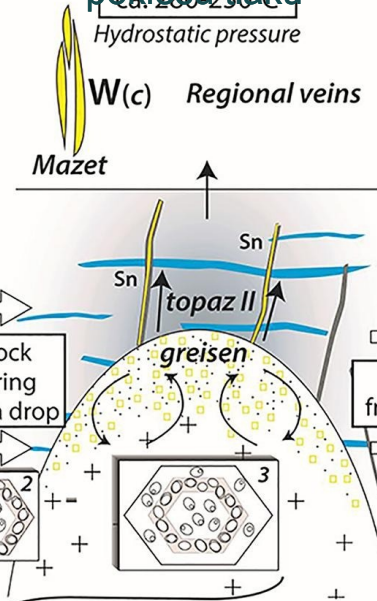
pozdní fluida iniciovala všudypřítomnou greisenizaci granitu + intenzivní vznik puklin až k povrchu způsobil důležitý pokles tlaku a následnou vaporizaci greisenových fluid

ca. 400°C  
Lithostatic pressure



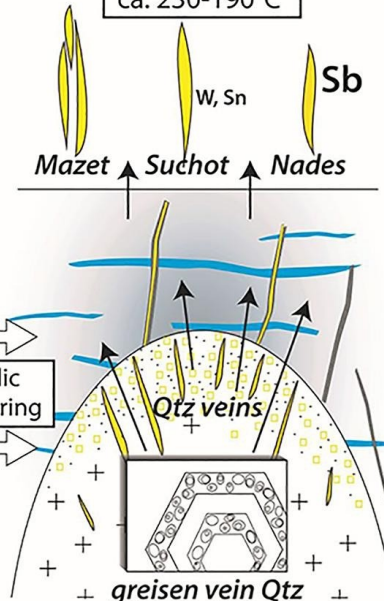
plynulé pokračování greisenizace – pukliny umožnily migraci fluid, reaktivaci některých topazových žil a krystalizaci dalších W-bohatých křemenných žil v místech lokálního poklesu tlaku

ca. 250-230°C  
Hydrostatic pressure



alterace již probíhá pouze v rámci Qz-žil v okrajových částech granitu

ca. 230-190°C

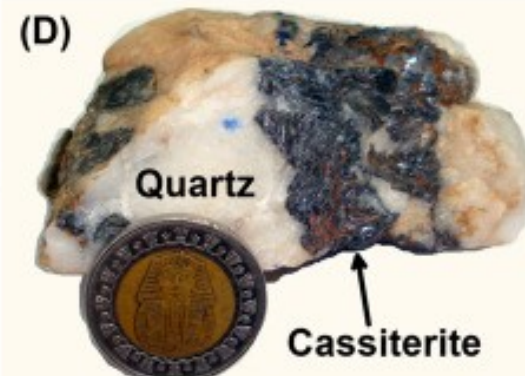
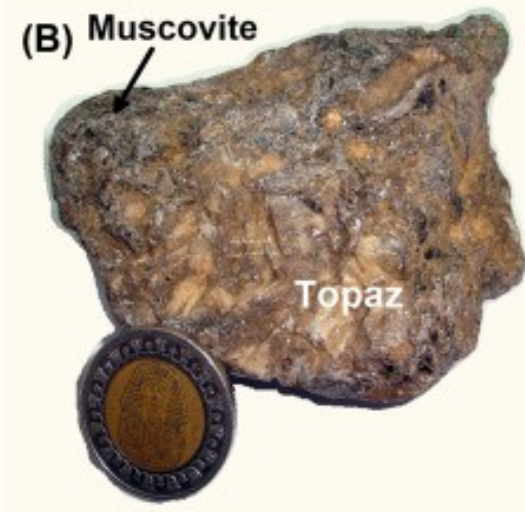
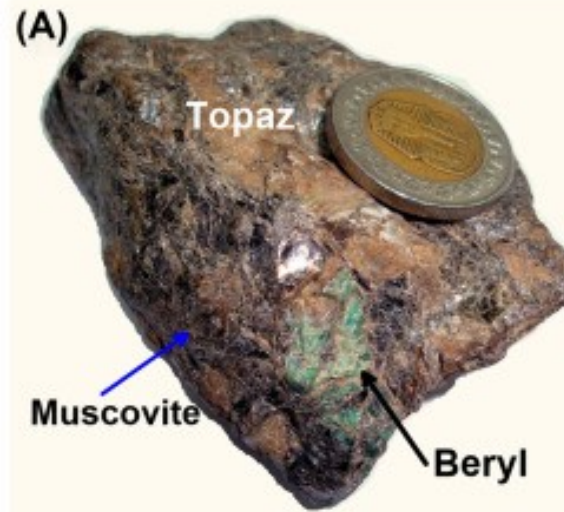


# GREISENY



KŘEMEN, TOPAZ,  
TURMALÍN

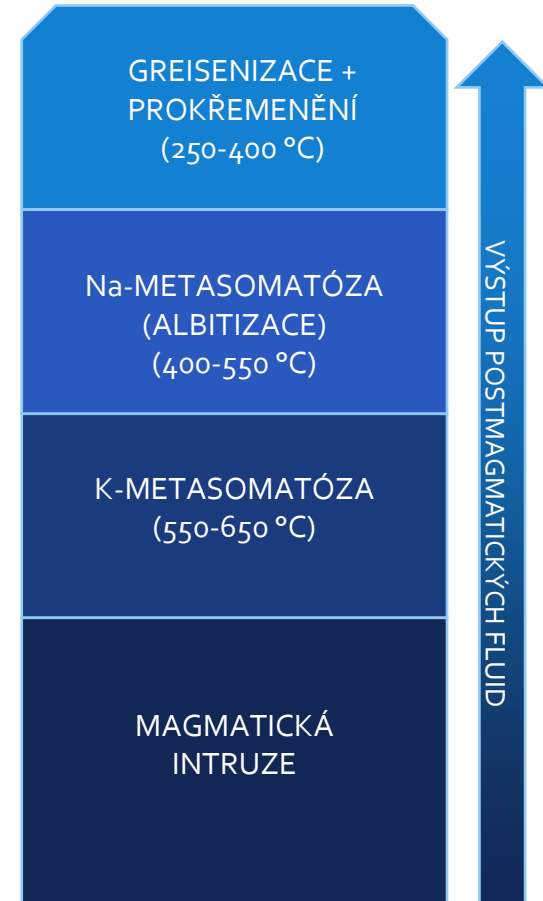
<https://www.virtualmicroscope.org/content/topaz-greisen-st-mewan-beacon>



# ALBITITY

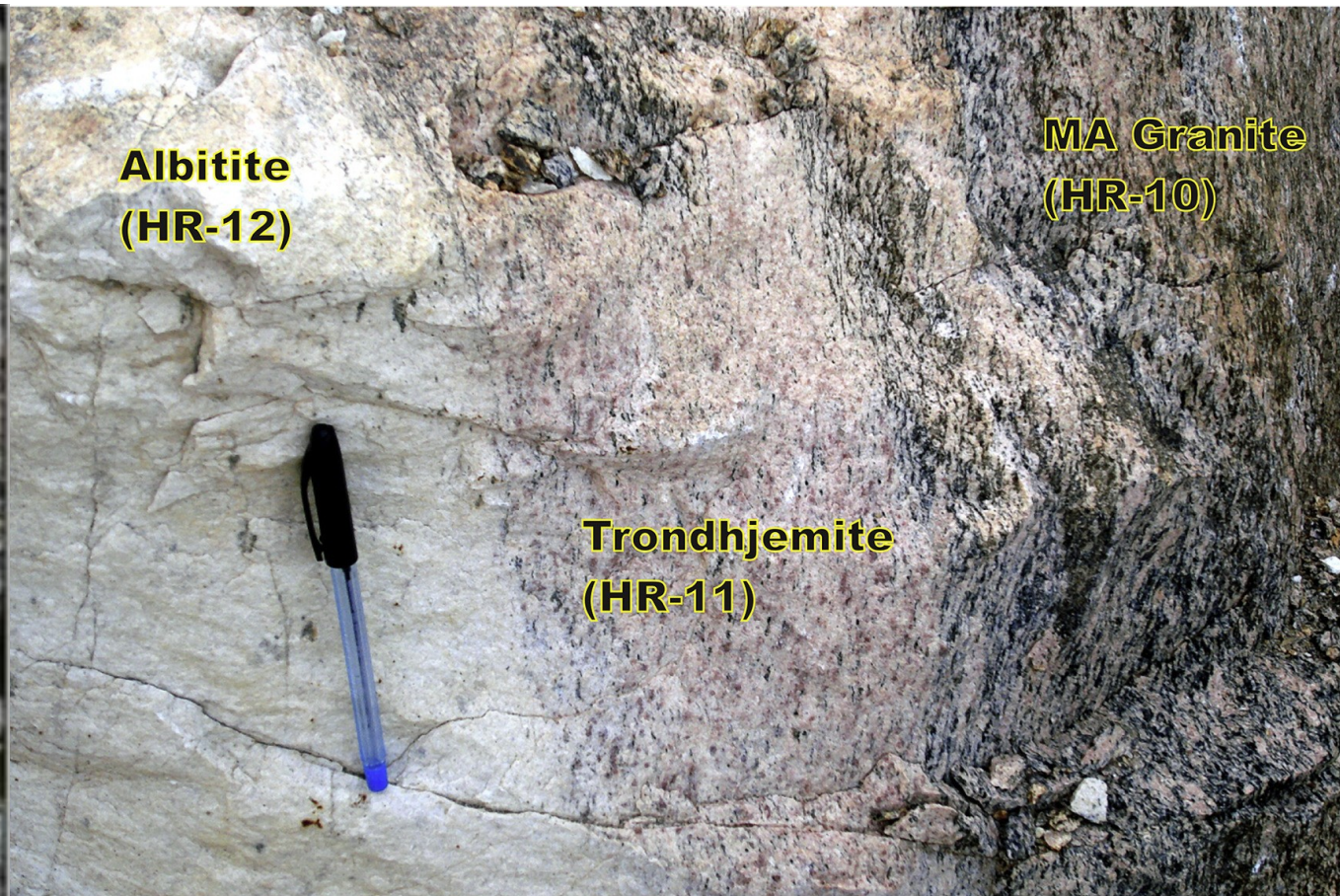
Leukokratická hornina, tvořená hlavně jemnozrnnou albitickou hmotou.

<b>VZNIK</b>	» vznik působením vysokoteplotních hydrotermálních fluid na magmatickou intruzi v rámci postmagmatického vývoje
<b>MINERALOGIE</b>	» columbit-tantalit, pyrochlor, zirkon, beryl » křemen, K-živec, slídy, pyroxen, amfibol
<b>ZRUDNĚNÍ</b>	» <b>Nb, Ta, Zr, REE, Th, Be</b>
<b>TVAR TĚLESA</b>	» žíly, žilníky
<b>TEXTURY</b>	» vtroušeninová
<b>LOŽISKA</b>	» Nigérie, JV Asie, Kazachstán, Čína, Kanada





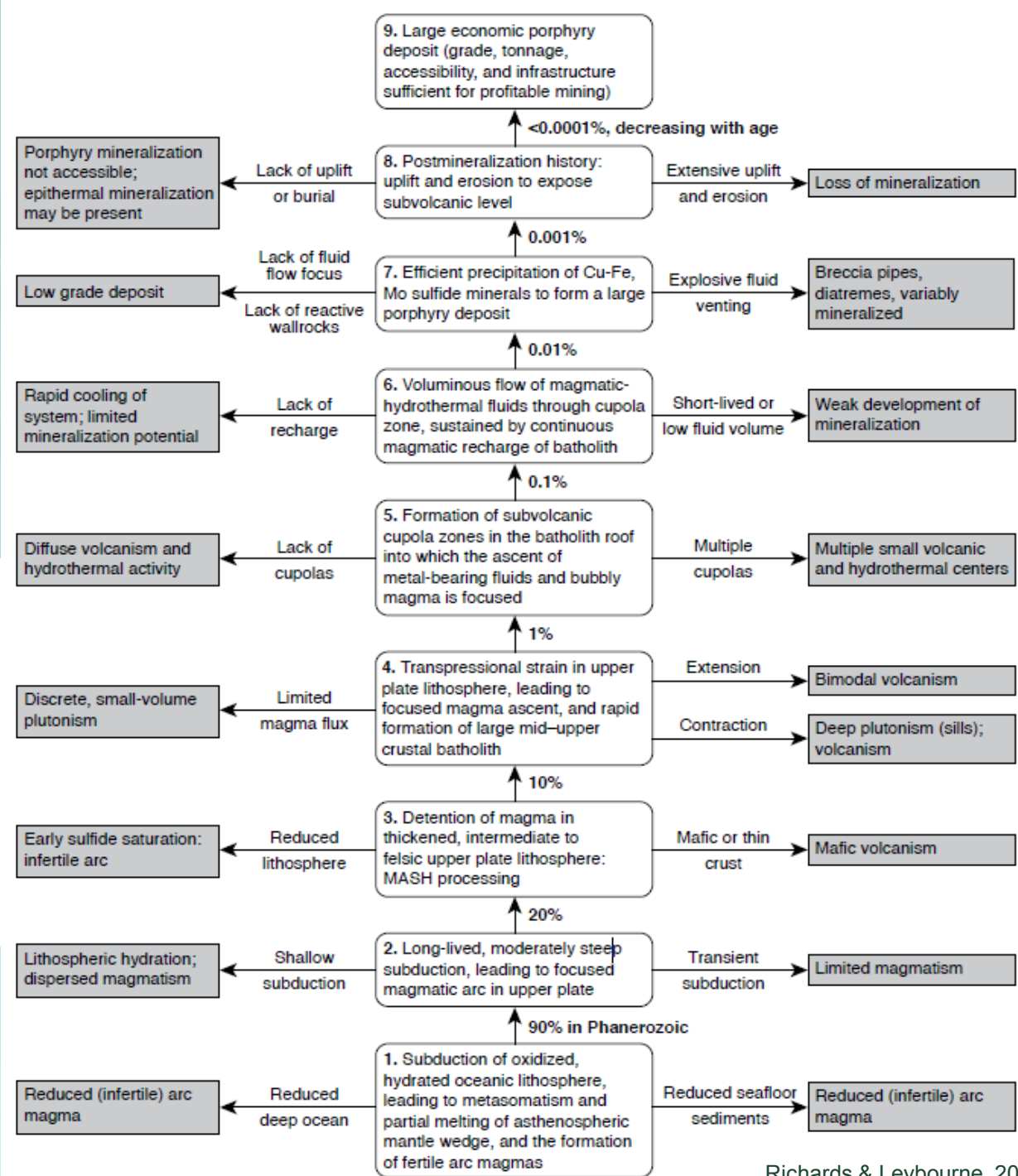
# ALBITITY



Condit et al., 2018

Kaur et al., 2019

# PORFYROVÉ RU



# PORFYROVÉ RUDY

Hydrotermálně-metasomatická ložiska s nízkou kovnatostí uložená v prostoru mezi bází vulkánu a vrcholem intruze (obvykle v hloubce 1.5-4 km).

<b>ROZDĚLENÍ</b>	Cu-Mo » kontinentální kůra (okraje) Cu-Au » ostrovní oblouky
<b>VZNIK</b>	» vázány na kyselé až intermediální intruzivní horniny porfyrového typu (granit, diorit, tonalit, monzonit, syenit) silně postižené hydrotermálně-metasomatickými procesy (vysokoteplotní vysokosalinní fluida)
<b>MINERALOGIE</b>	» chalkopyrit, molybdenit » pyrit, pyrhotin, bornit, magnetit, sfalerit, galenit, wolframit, scheelit
<b>TEXTURY</b>	» vtroušeninová, žilníky v silně alterovaných částech
<b>ZRUDNĚNÍ</b>	» <b>Cu-Mo (nejvýznamější zdroj)</b> , Au, Ag, Te, Re, Se, Bi
<b>TVAR TĚLESA</b>	» zonální a koncentricky uspořádaný cylindr (peň)

# PORFYROVÉ RUDY

1

obohacení primárního magmatu o S, LIL prvky (Rb, K, Cs, Sr, Ba), As a Sb, B, Tl a Si

2

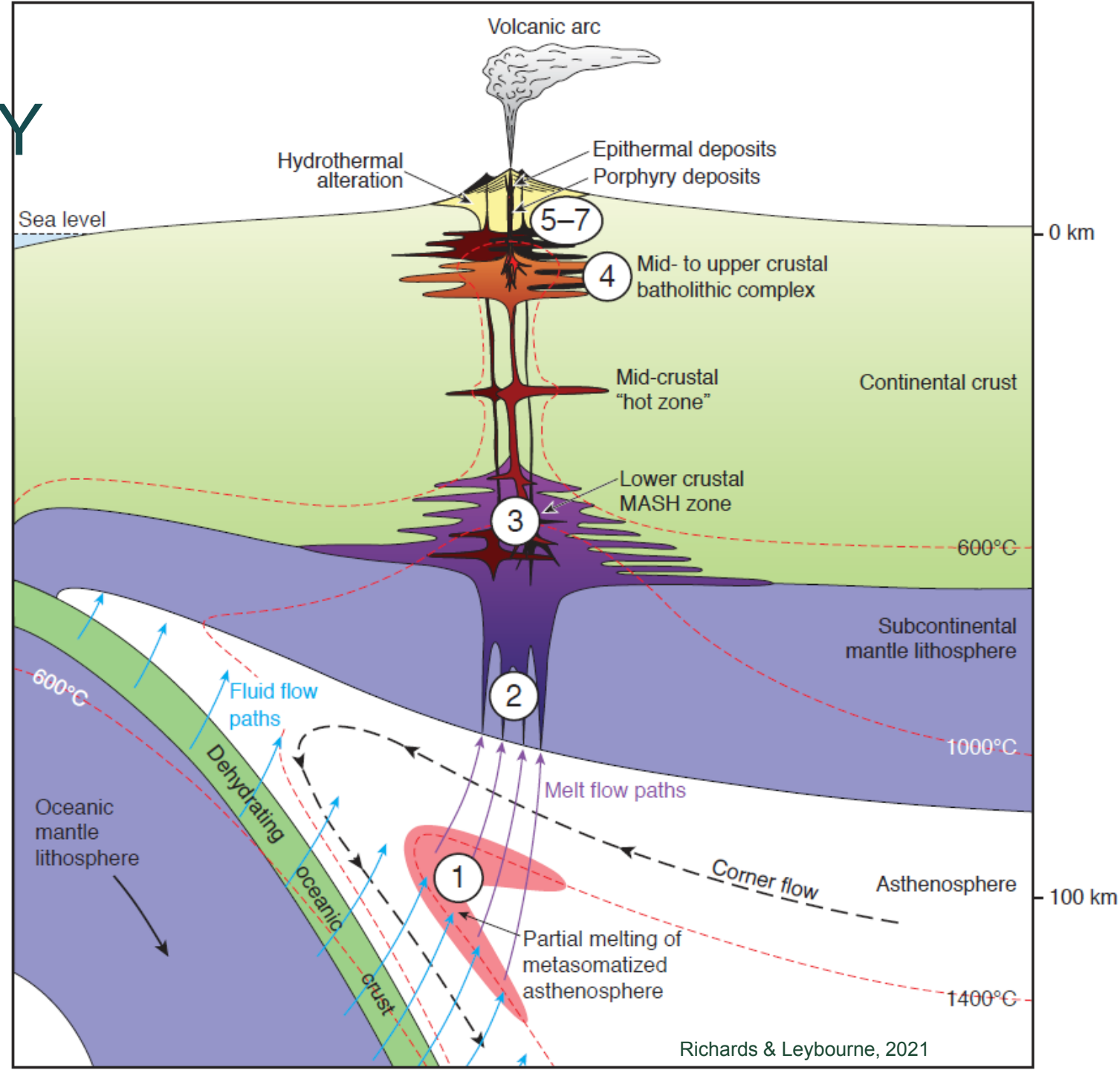
optimální sklon subdukce (30-45°) a mírné zaoblení desky → ideální pro uvolnění fluid, které následně zmetasomatizují SCLM → tento stav je nutné zachovat několik mil. let

3

MASH = melting, assimilation, storage, homogenization → změna bazaltického složení na intermediální vápenato-alkalické (andezity)

4

vznik rozsáhlých obloukových batolitů → pohyb vzhůru zejména prasklinami



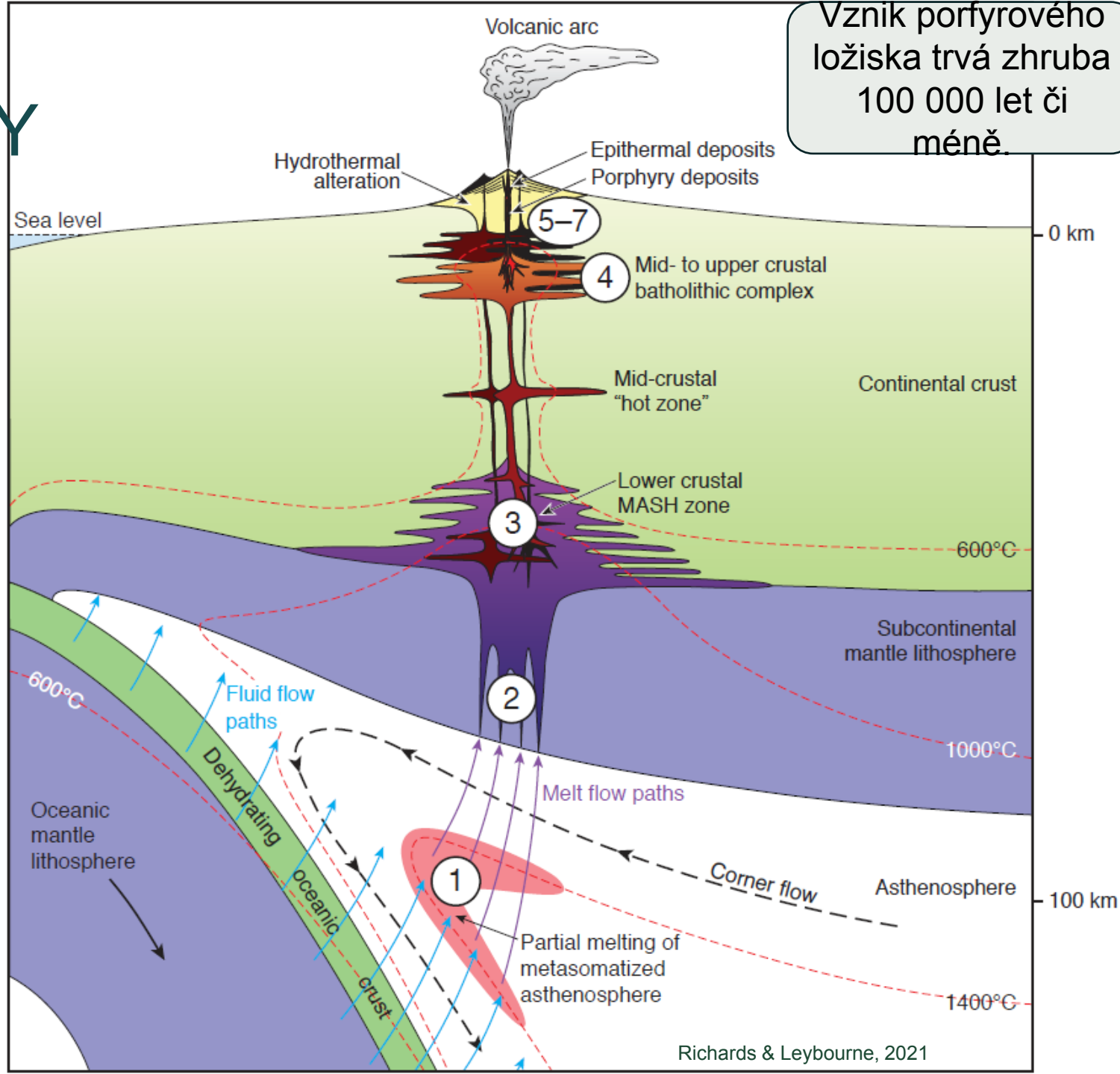
# PORFYROVÉ RUDY

5 extrakce kovů ze silikátové taveniny do odmišlené tekavé fáze → kovy preferují salinní fluida vůči tavenině

6 množství kovů, které se mohou uložit je silně závislé na objemu fluid, která jsou limitována objemem magmatu → celkově to závisí na efektivnosti jednotlivých procesů

7 pouze 0.01 % systémů dokáže efektivně dopravit kovy do hydrotermálních systémů svrchní kůry → ložisko musí mít alespoň 0.4 % Cu pro povrchovou těžbu, nebo 1.2 % pro důlní těžbu, aby se to vyplatilo

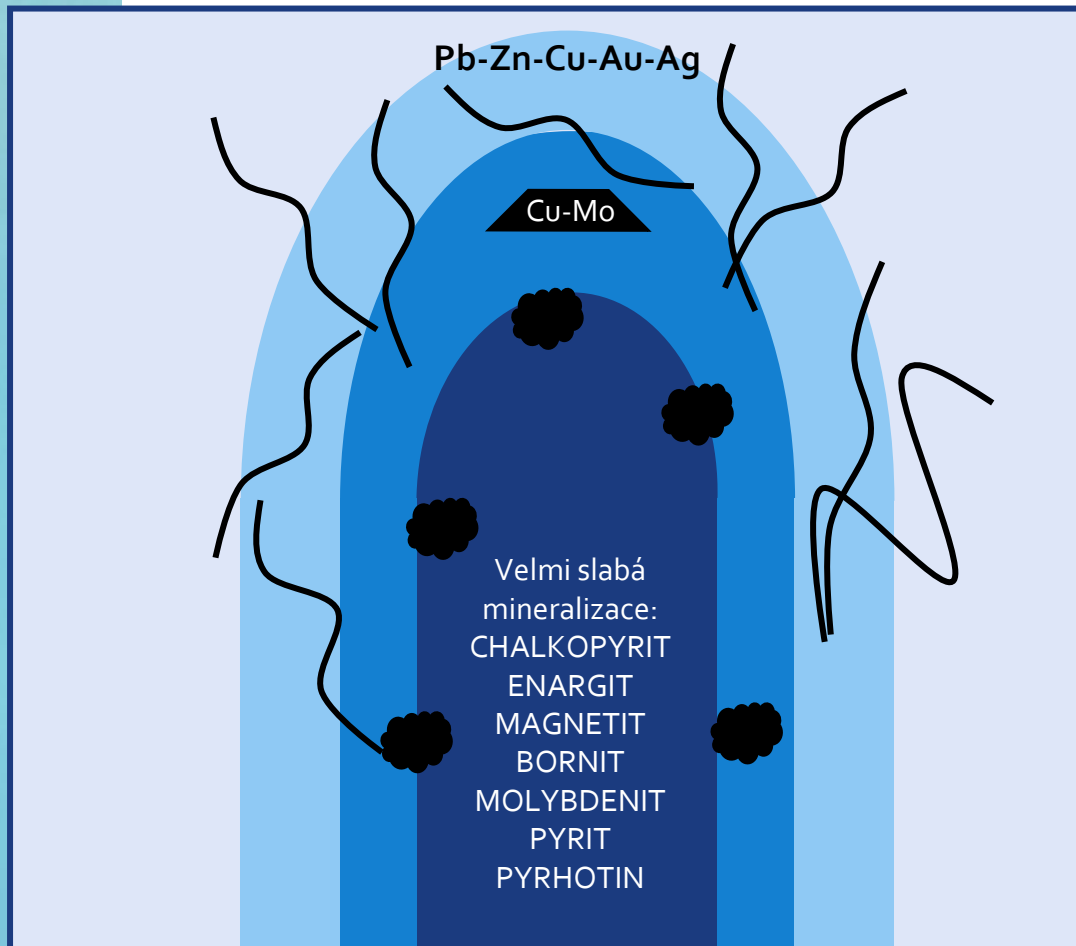
8 post-mineralizační procesy nutně musí vést k výzdvihu či erozi oblasti, aby bylo možné ložisko objevit a těžit (pouze 0.0001 % úspěšnost)



# PORFYROVÉ RUDY - METASOMATISMUS

<p><b>ZÓNA K- METASOMATÓ ZY</b></p>	<p>» není vždy přítomna » primární ortoklas + plagioklas + mafické minerály → sekundární ortoklas + biotit + chlorit + anhydrit</p>	<p><b>450-600 C</b></p>
<p><b>ZÓNA SERICITIZACE/ CHLORITIZACE</b></p>	<p>» nahromadění křemene + sericitu + pyritu ve vnitřní části a jílových minerálů ve vnější části » přeměna živců a biotitu</p>	<p><b>200-450 C</b></p>
<p><b>ZÓNA ARGILITIZACE/ KAOLINIZACE</b></p>	<p>» není vždy přítomna » jílové minerály (blíže k rudnímu tělesu kaolín, dále montmorilonit) + pyrit » biotit → chlorit</p>	<p><b>100-300 C</b></p>
<p><b>ZÓNA PROPYLITIZAC E</b></p>	<p>» <b>VŽDY</b> » chlorit + pyrit + kalcit + epidot » primární biotit + amfibol → chlorit a karbonáty</p>	<p><b>250- 400 C</b></p>

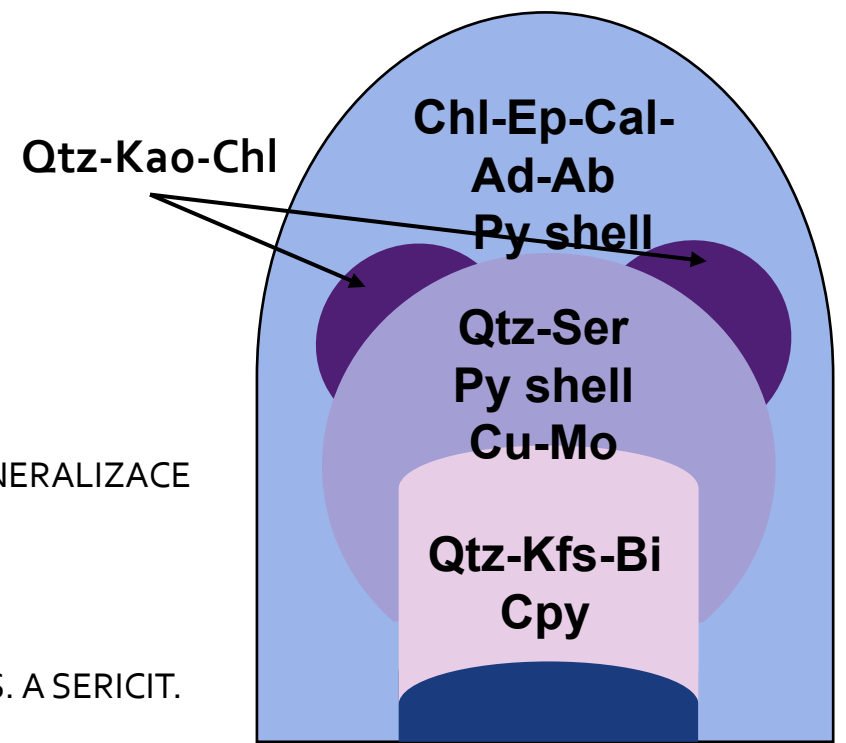
# PORFYROVÉ RUDY – SCHÉMA ZRUDNĚNÍ



- PERIFERIE PNĚ
- METASOMATICKÉ ZÓNY
- JÁDRO PNĚ
- OKOLNÍ HORNINA

- VTROUŠENINOVÁ MINERALIZACE
- ŽILNÁ MINERALIZACE
- ROZHRANNÍ K-METAS. A SERICIT.

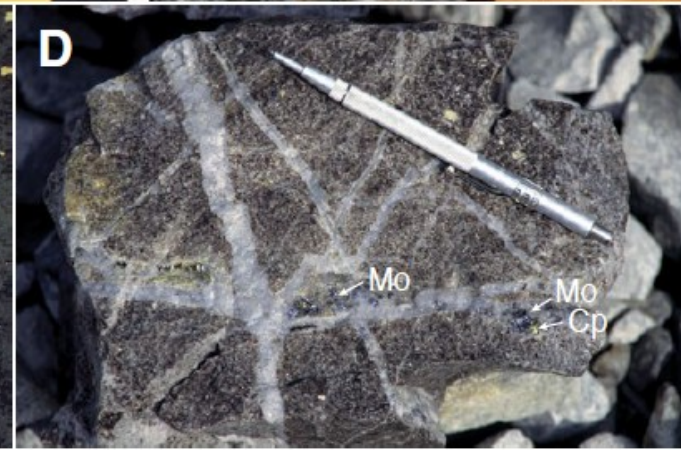
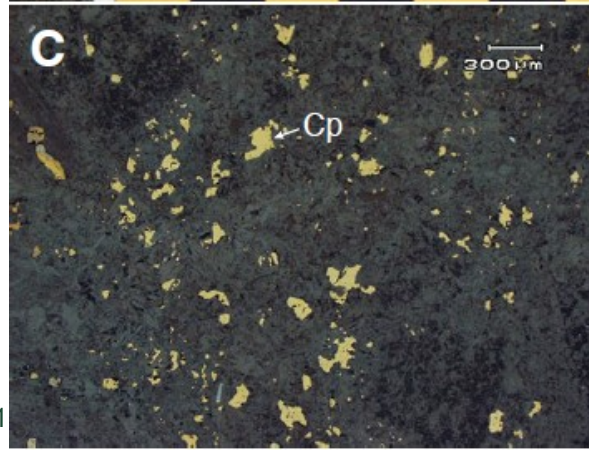
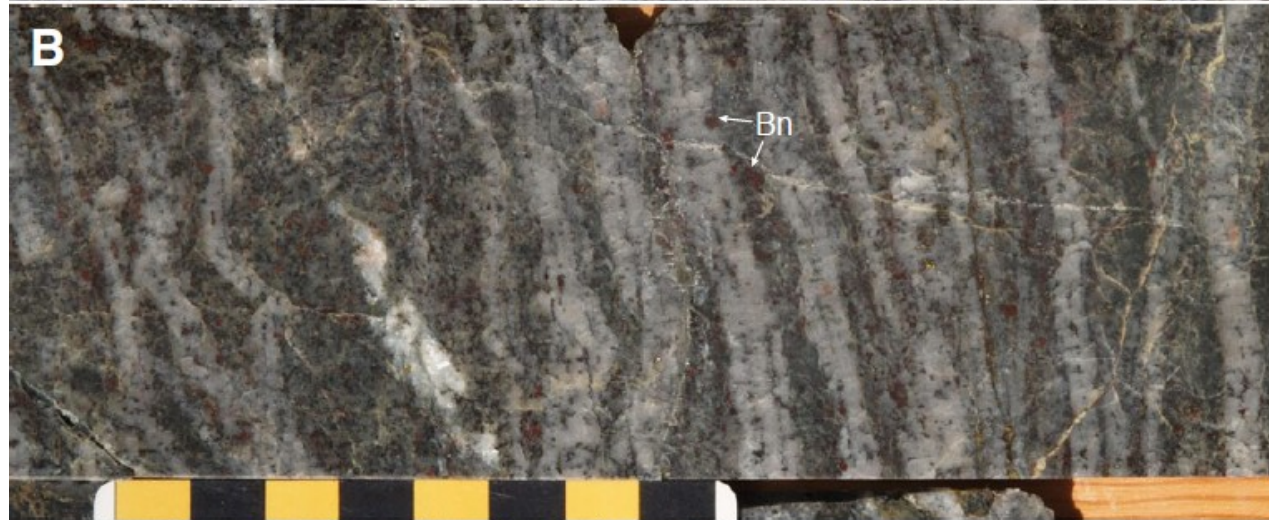
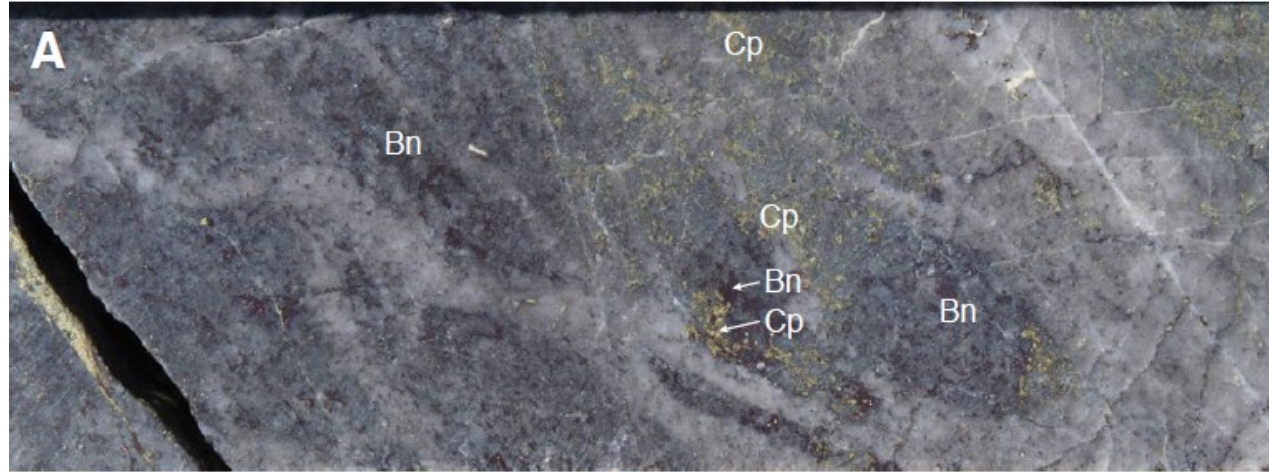
## DETAIL METASOMATICKÉ ZÓNY



- K-METASOMATÓZA
- SERICITIZACE
- ARGILITIZACE
- PROPYLITIZACE

# PORFYROVÉ RUDY – ZRUDNĚNÍ

- A** Qz-žilky protínající monzodiorit, s hojným chalkopyritem a bornitem
- B** příklad mineralizace obsahující ca. 3.18 % Cu a 1.18 g/t Au
- C** vtroušeninový chalkopyrit v andezitické hornině, El Teniente
- D** Qz-žilník s chalkopyritem a bornitem v monzonitu, Bingham



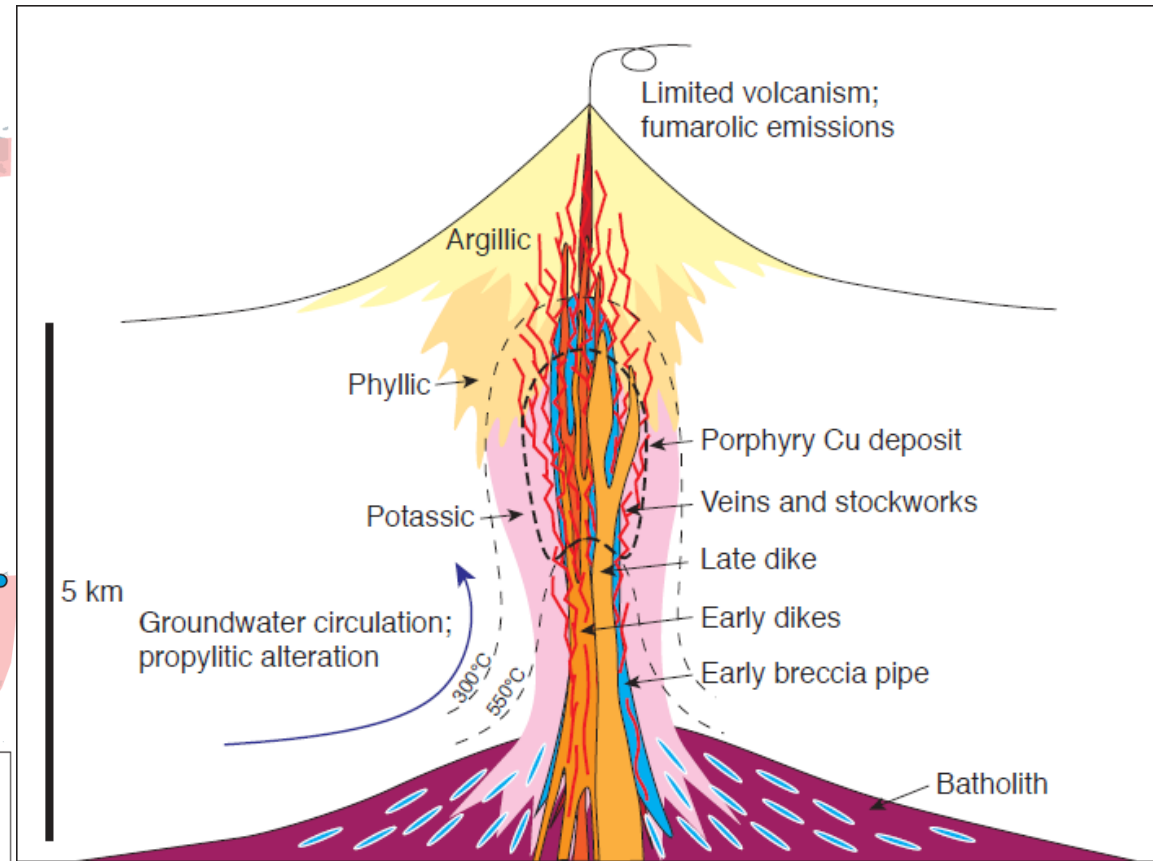
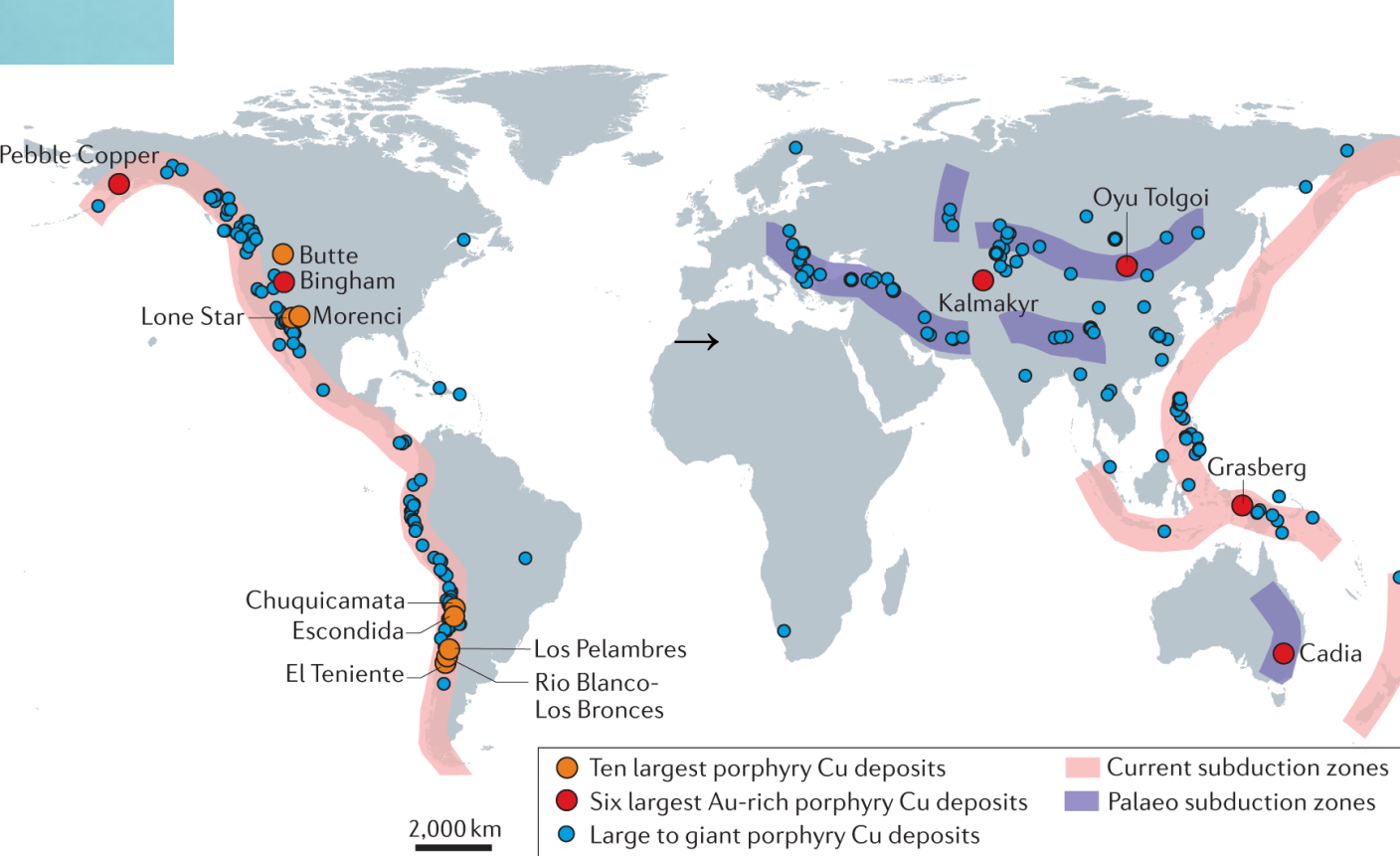


# PORFYROVÉ RUDY - LOŽISKA

LOŽISKA	
<b>MSZ-KNZ PACIFICKÉ PÁSMO</b>	» Chile, Peru, Mexiko, USA, Kanada
<b>KNZ MEDITERANNÍ PÁSMO</b>	» Bosna, Srbsko, Makedonie, Bulharsko, Turecko, Arménie, Írán, Afganistán, Pákistán a severní Indie
<b>VARISKO-KALEDONSKÉ PÁSMO</b>	» Kazachstán, Uzbekistán, Tuva, Mongolsko, Čína

Chuquicamata, El Teniente (CHL) Bingham (USA)	<b>Cu</b>
Climax, Henderson (USA)	<b>Mo</b>

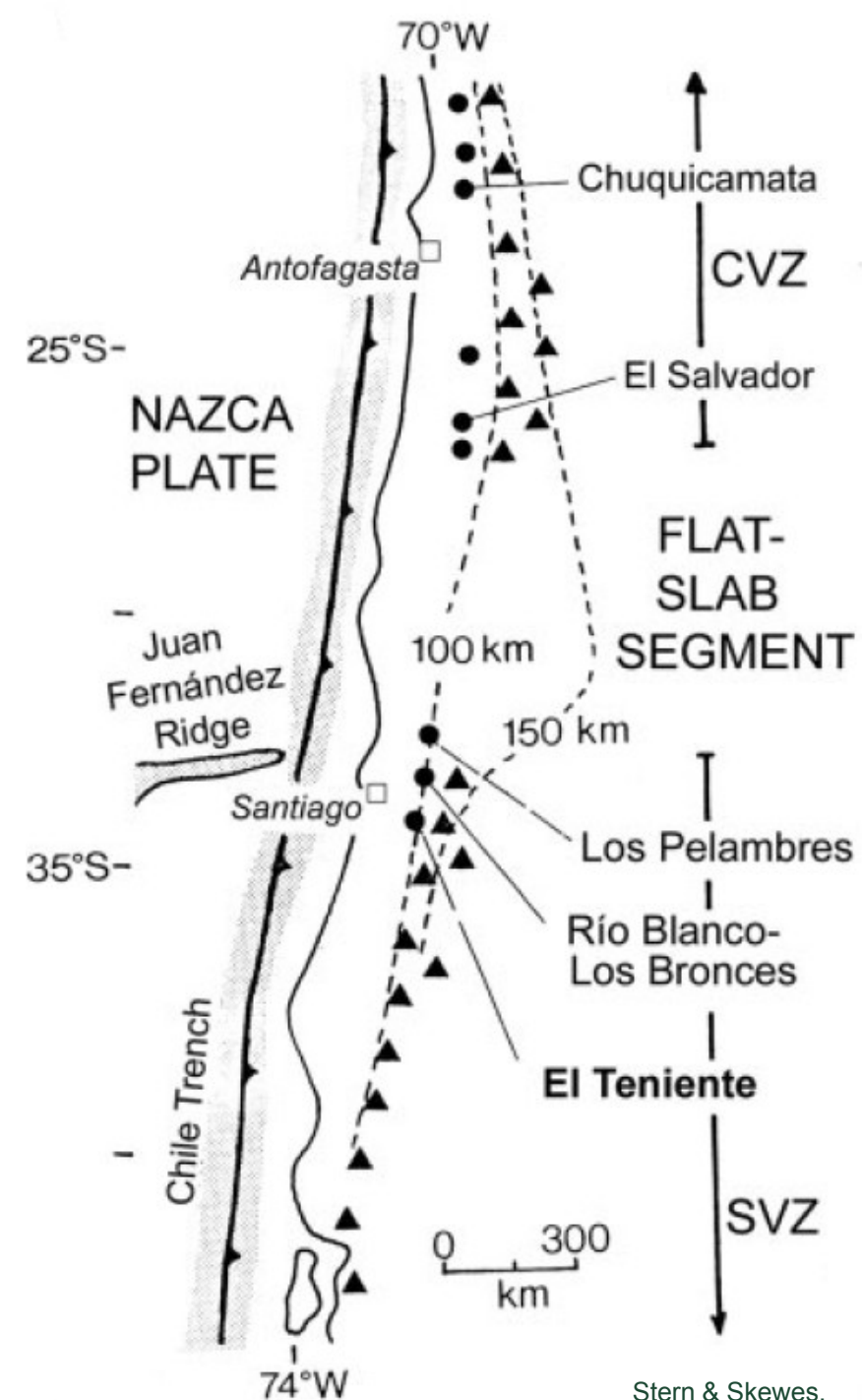
# PORFYROVÉ RUDY - LOŽISKA



# EL TENIENTE

Cu-Mo

- největší ložisko Cu na světě
- mineralizace je vázána na silně alterované **brekcie** uložené v **mafickém intruzivním komplexu** terciárního stáří (gabra, diabasy, porfyrické bazalty a bazaltické andesity)
- magmaticko-hydrotermální brekcie vznikly v důsledku **exsoluce** vysokoteplotních magmatických fluid z chladnoucího plutonu
- **El Teniente + Los Pelambres + Río Blanco-Los Bronces**
- bohaté Cu, S, Fe, Ca, Mo a B; ale chudé Au
- průměrná mineralizace: 1.2 % Cu a 0.3 % Mo



# EL TENIENTE

## Teniente

### Mafic Complex

Mocná sekvence mafických a vulkanoklastických hornin.

### Sewell Quartz Diorite (SQD)

Nejstarší intruze v komplexu.

### A-Porphyry

První výrazně mineralizovaná intruze komplexu, která protíná SQD.

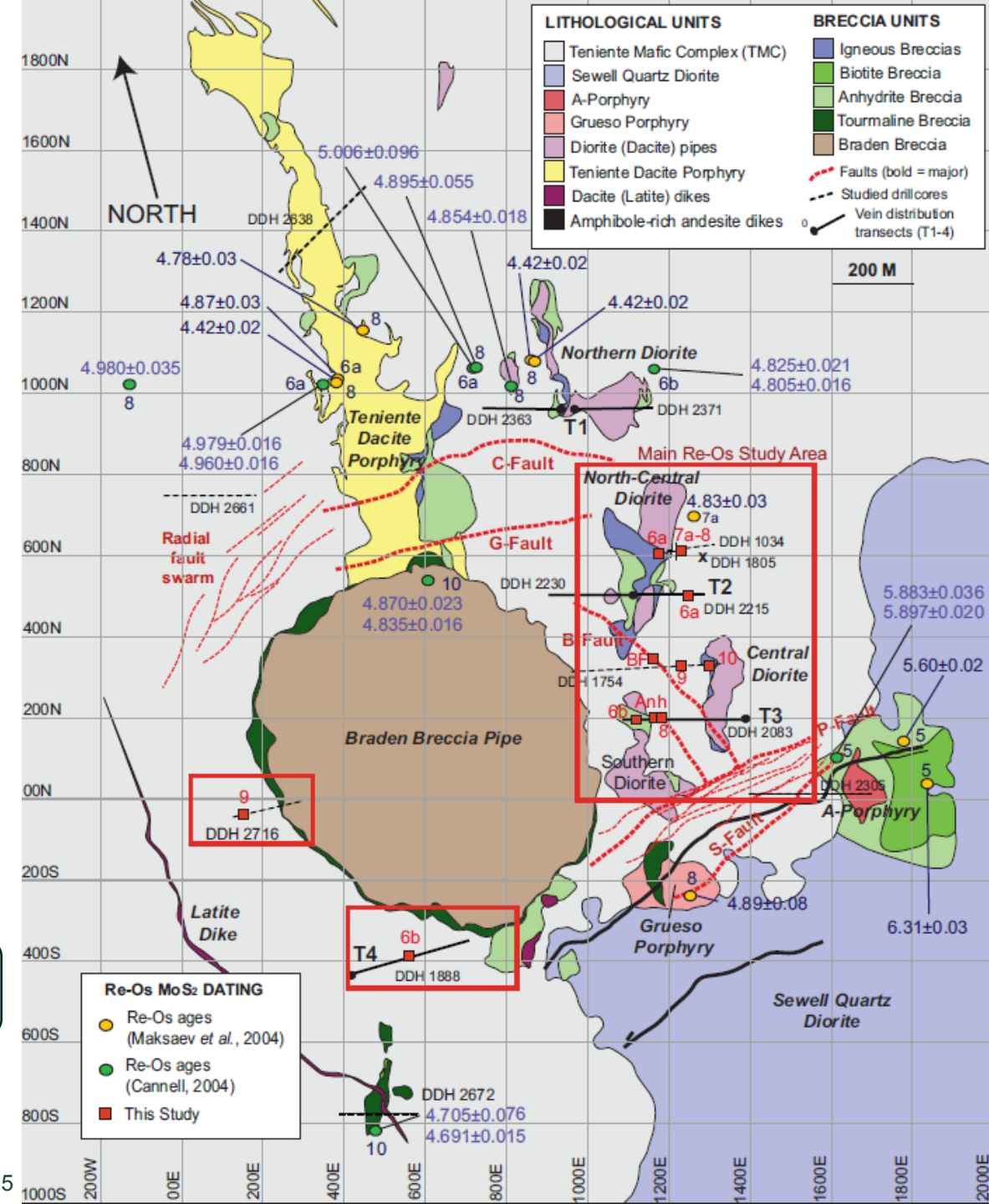
Brekcie skládající se z TMC a klastů SQD v alterované matrix tvořené biotitem, živci, anhydritem a křemenem.

### Diorite pipes

Intruze vzniklé po uložení A-Porphyry. Rozlišují se: Northern, North-Central, Central a Southern Diorite + Grueso Porphyry.

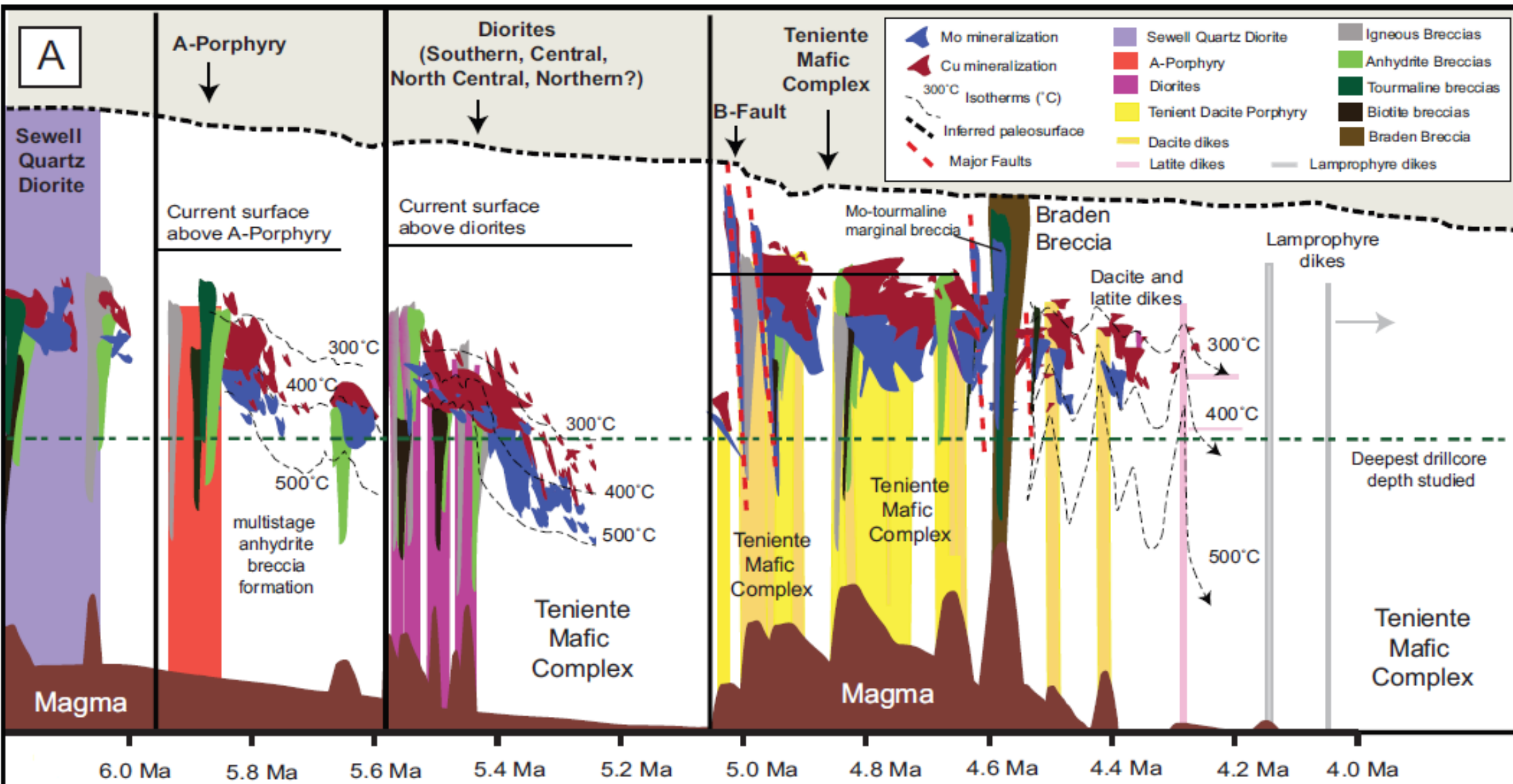
### Teniente Dacite Porphyry (TDP)

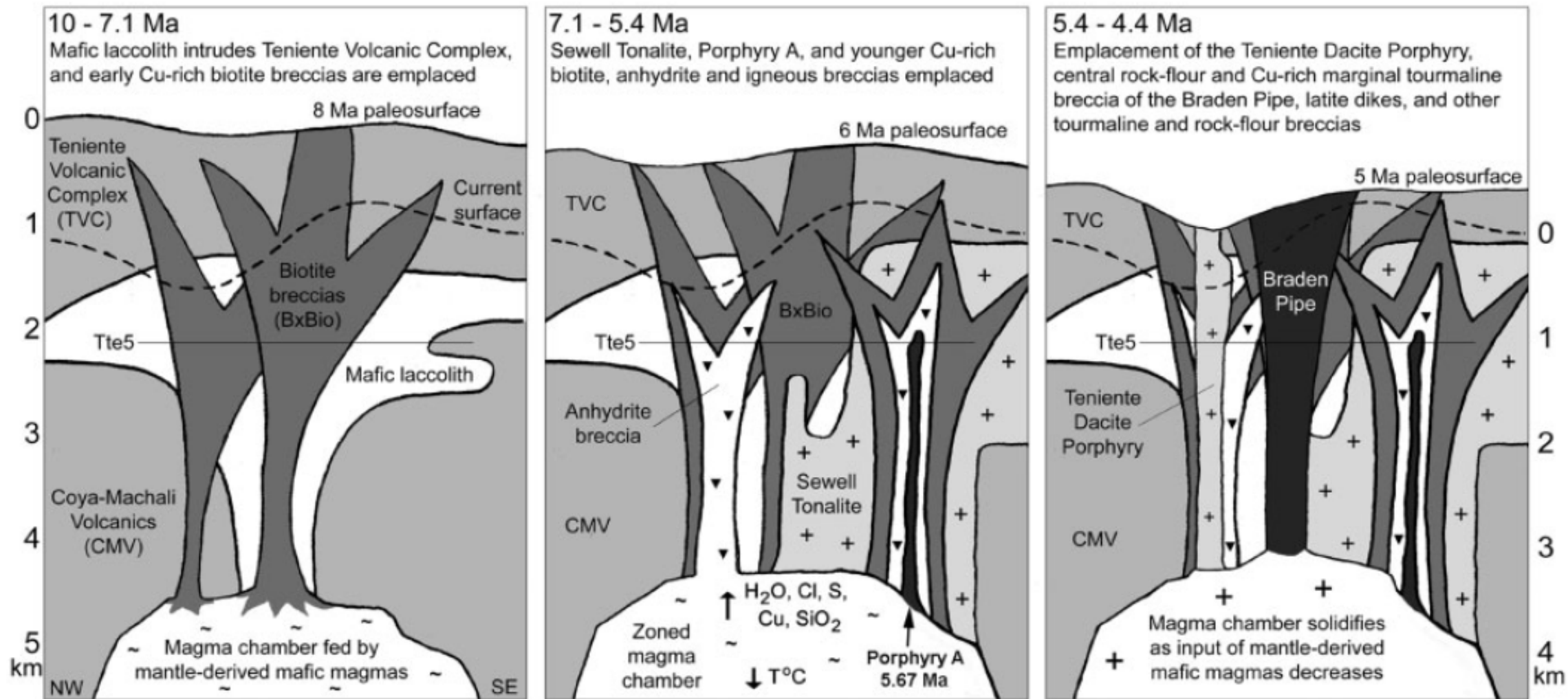
Poslední hlavní intruze spjatá s mineralizací na ložisku, která je protnutá Braden Breccia Pipe.



Elevation  
(km above  
sea-level)

4.5 km  
4.0 km  
3.5 km  
3.0 km  
2.5 km  
2.0 km  
1.5 km  
1.0 km  
0.5 km  
0.0 km  
-0.5 km  
-1.0 km  
>4 km  
Depth





**Fig. 11.** Model for the multistage development of the El Teniente deposit, modified from Skewes *et al.* (2002) and Stern & Skewes (2005). The main features of the model include (1) a large, long-lived (>2 Myr) open-system magma chamber, crystallizing at >4 km depth, fed from below by mantle-derived mafic magmas and exsolving aqueous fluids through its roof to produce the large breccia pipes that are prominent features in each deposit; (2) decreasing magma supply in the Late Miocene and Pliocene as subduction angle decreases, leading to crystallization and solidification of this chamber; (3) progressive uplift and erosion that enhances this crystallization and solidification process and results in telescoping of different types of breccia and igneous rocks; (4) progressive igneous differentiation of the magma chamber associated with crystallization and volatile loss, generating felsic porphyries that intrude previously mineralized rocks above the chamber. No coeval volcanism is known to have occurred during mineralization, but once the chamber solidified, post-mineralization lamprophyre dikes were emplaced.

# EL TENIENTE

