

Richard Přikryl

Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, PŘF UK

Vyhledávání, průzkum a oceňování nerostných surovin

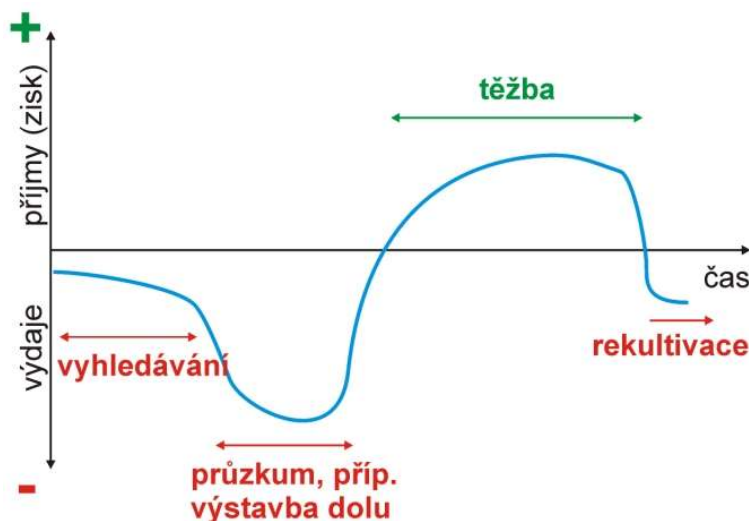
(text kurzivou = zápisky z přednášek by Helios :o)

1. Úvod do vyhledávání

Základní etapy nerostné suroviny a ložiska

- | | |
|------------------------------------|---------------------|
| → Vyhledávání a průzkum | → Úprava rudy |
| → Studie proveditelnosti | → Hutnický proces |
| → Povolení k těžbě a výstavba dolu | → Obchodování |
| → Dolování rudy | → Rekultivace těžby |

Tok peněz (cash flow)



Cíle kursu

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| ✓ Vyhledávání | ✓ Výpočet zásob |
| ✓ Průzkum ložisek n.s. (a nejen jich) | ✓ Studie proveditelnosti |
| ✓ Vzorkování | ✓ Ocenění ložiska |
| ✓ Metody studia vzorků | |

studie proveditelnosti (feasibility study) = závěrečná zpráva průzkumu

Cíle vyhledávání a průzkumu

Vyhledávání

- nalezení nadějných akumulací požadované suroviny

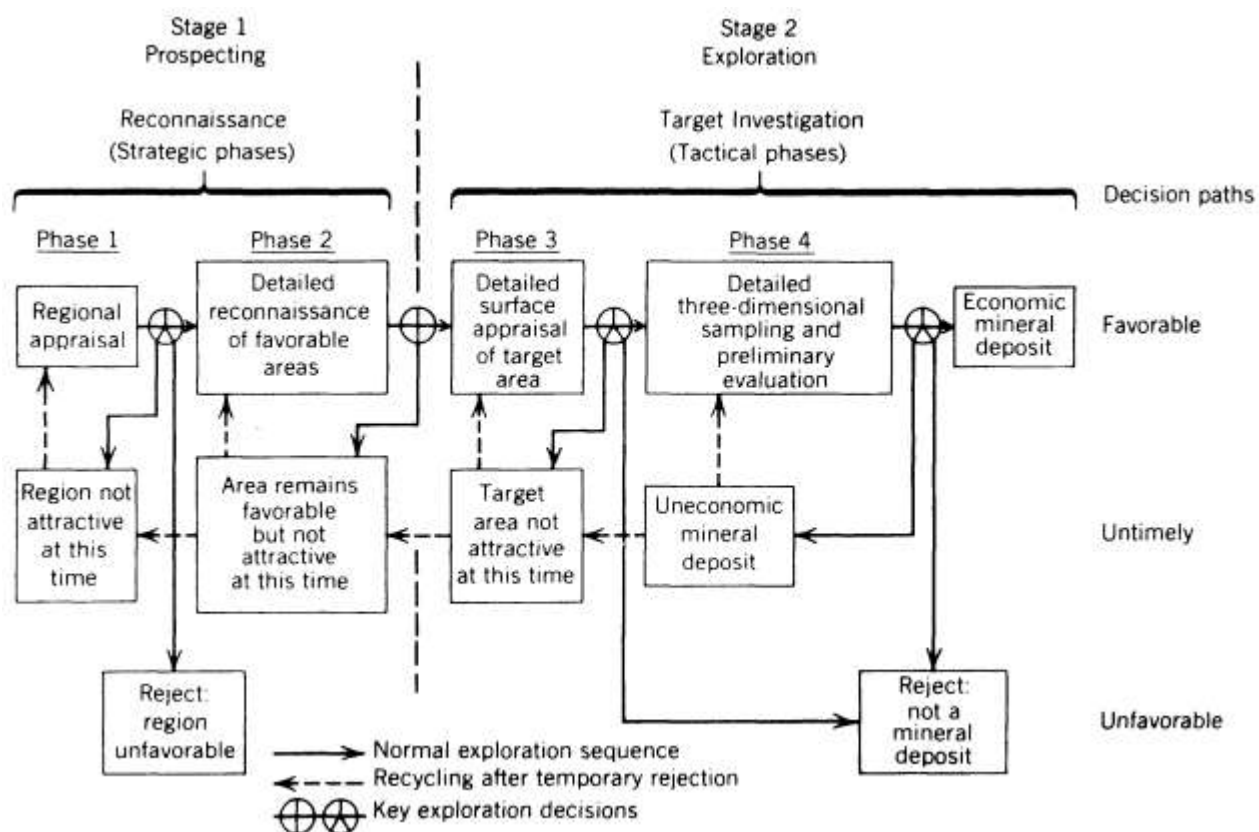
Kde se ložisko nachází?

Průzkum

- ✓ je to ložisko nebo není
- ✓ Jak je velké?
- ✓ Jaký má tvar?
- ✓ Jak leží hluboko?
- ✓ Jak je bohaté (kovnatost, obsah užitečné složky, množství zásob)?
- ✓ Vlastnosti okolních hornin (= dobývateľnost)?

Najít ložisko žádané nerostné suroviny, těžit a na těžbě vydělat !!!

Etapovitost

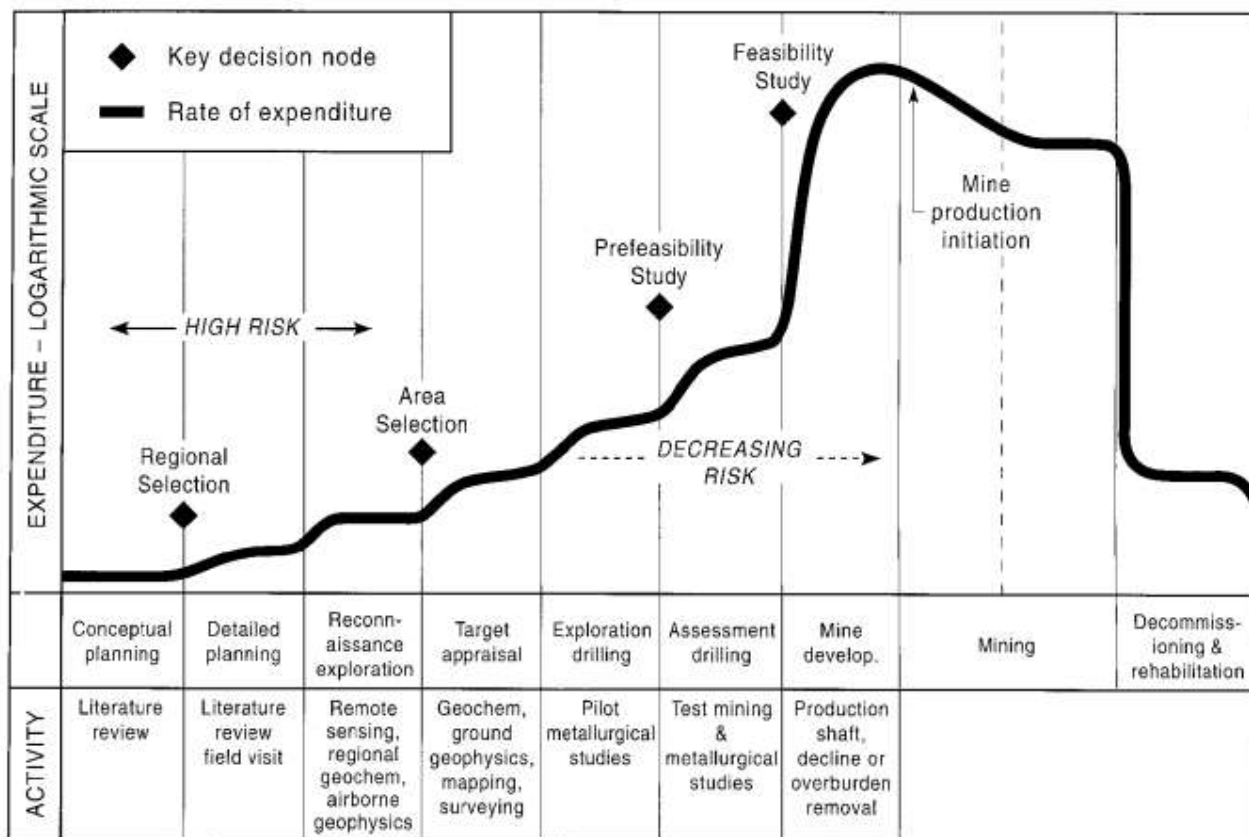


etapa 1. : vyhledávání (prospecting)

etapa 2. : průzkum (exploration)

- různé fáze – od použití geochemických a geofyzikálních metod (levnější) až k vrtání a odběru vzorků

Etapovitost aneb rozložení rizik



1) plánování průzkumu – studium dostupných archivních materiálů o daném území (př. Geofond ČR) – zjišťuje se, zda v dané oblasti proběhl dříve nějaký geologický průzkum (HG, IG, ložiskový průzkum...). Relativně nízké finanční náklady. Provede se **výběr regionu**.

2) detailní plánování + návštěva terénu - vyšší náklady

3) dálkový průzkum – vyhodnocení družicových multispektrálních snímků, geofyzikální a geochemické metody, mapování, **výběr oblasti**.

4) průzkumné vrty + metalurgický průzkum

5) vrtání – průzkumná těžba + metalurgické studie

6) výstavba a spuštění dolu/lomu – finančně velmi nákladné

7) provoz dolu – těžba – náklady: energie, zařízení, výplaty, daně státu

Vyhledávání (angl. Prospecting)

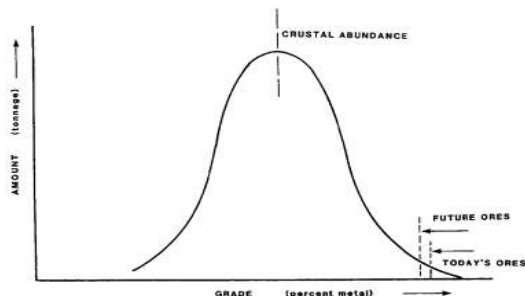
- ✓ **Co** vyhledávat?
- ✓ **Kde** vyhledávat? (v jaké oblasti)
- ✓ **Proč** vyhledávat? (za jakým účelem)
- ✓ **Jak** vyhledávat?

Nerostné suroviny – aneb co hledat?

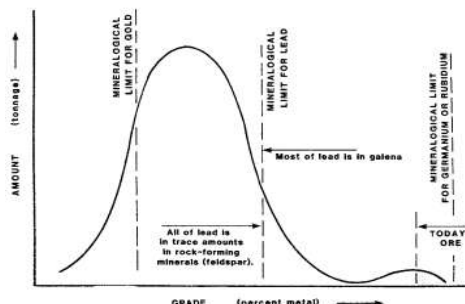
- ✓ Nerostná surovina – ruda, průmyslové nerosty, fosilní paliva
- ✓ Vymezení rud (angl. **ore**) a nerud (angl. **non-metallic, industrial minerals**)
- ✓ Ložisko nerostné suroviny (angl. **orebody, deposit**) – malý bod, málo indicií na povrchu

Distribuce prvků v zemské kůře

Běžné prvky (Gaussovský model)

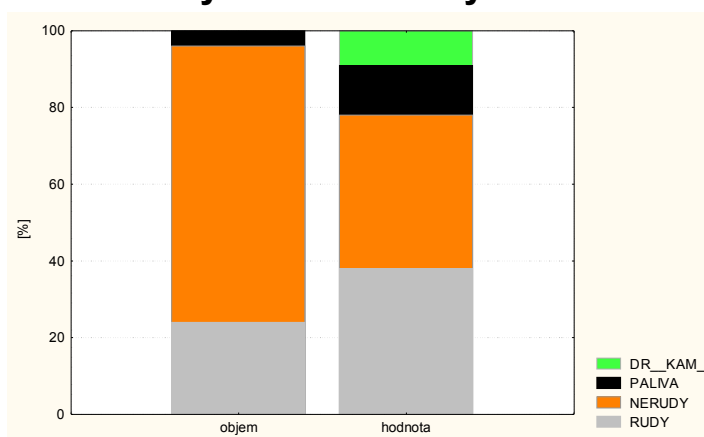


Vzácné prvky



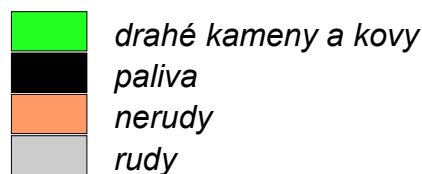
- Vyčerpání známých zdrojů nevede k poklesu dodávky

Význam nerostných surovin – aneb proč hledat?



- Zašlá sláva kovů
- Podceňované nerudy
- Strategicky významná paliva

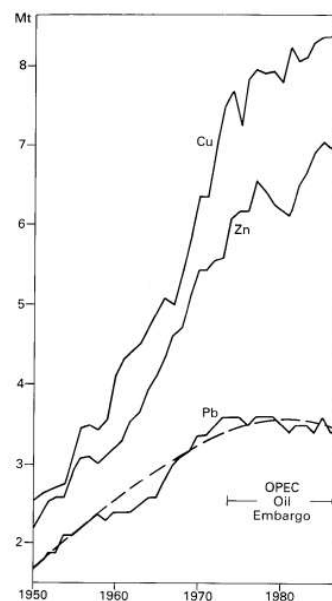
Popis



Během průmyslové revoluce mělo největší význam z kovů železo.

Význam kovů

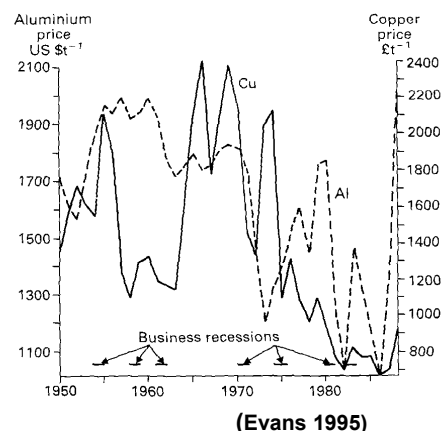
- ✓ Stále rostoucí spotřeba i v 2. pol. 20. st.
- ✓ ale
- ✓ Surovinové krize
- ✓ Recyklace
- ✓ Nahrazování keramikou a plasty



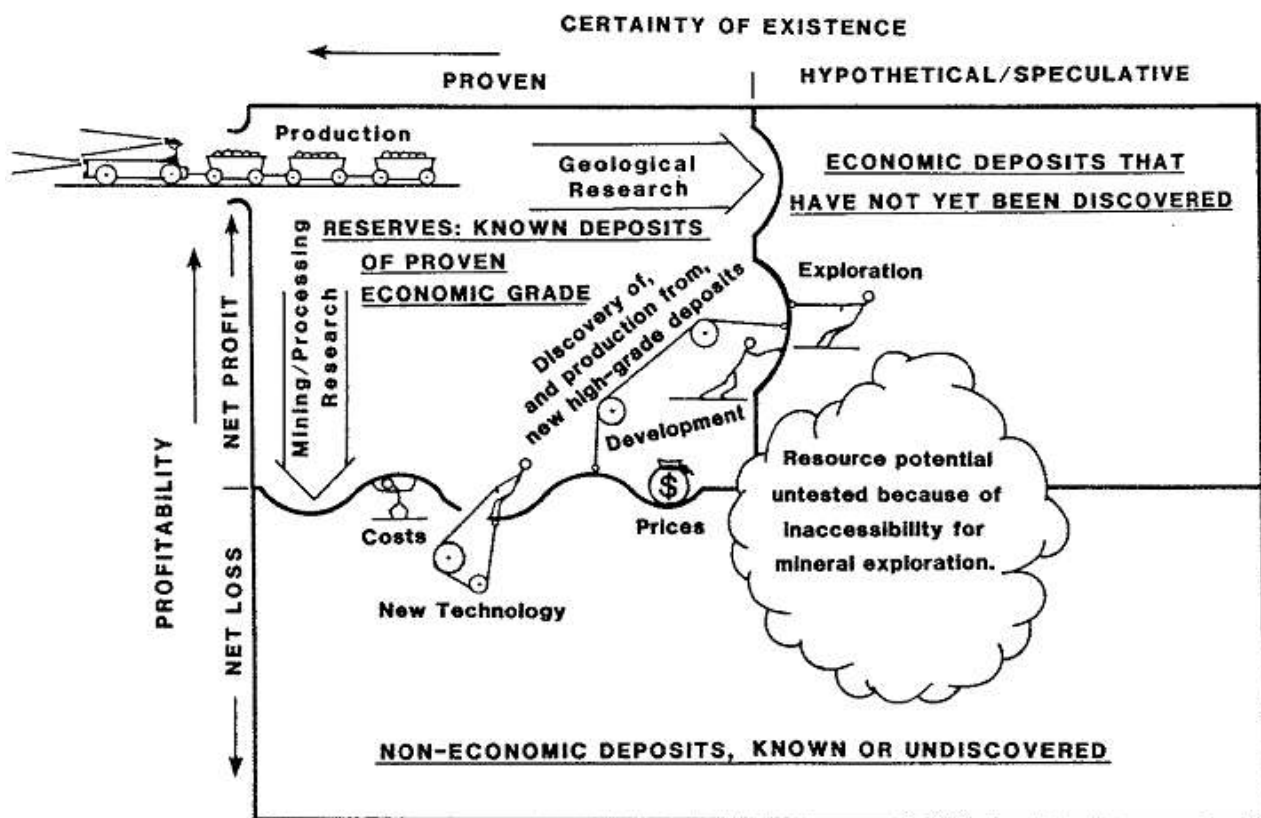
(Evans 1995)

Faktory ovlivňující vyhledávání/cenu surovin

- ✓ **Poptávka a nabídka**
(vzájemná nahraditelnost, změna technologie)
- ✓ **Vládní politika** (stabilizace cen, tvorba strategických zásob, regulace)
- ✓ **Recyklace** (rozdílné u různých typů surovin)
(př. olovo)
- ✓ **Využití sekundárních a náhradních zdrojů**
(např. sádrovec vs. odsiřování, síra vs. zpracování ropy)
(síra ze zpracování ropy → nemusí se těžit)
(sádrovec z odsiřování → primární ložiska = evapority se skoro netěží)
- ✓ **Substituce a nové technologie**
(nahrazování kovů keramikou a plasty, bezolovnatý benzin)



Zásoby (reserves) vs. Zdroje (resources)



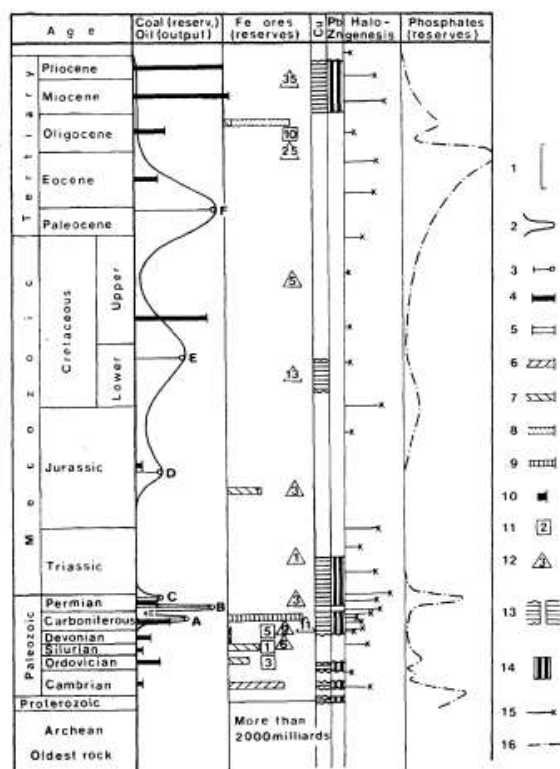
Kritéria a vodítka vyhledávání – aneb kde hledat?

- ✓ angl. prospecting criteria, guides
- ✓ není možné detailně (např. vrtáním) zkoumat celou planetu
- ✓ kritéria - nepřímý odhad existence určitého typu ložiska ve zkoumané oblasti
- ✓ vodítka – přímá geologická informace naznačující možnost existence ložiska v dané oblasti
- ✓ praktické závěry na základě využití řady geol. disciplin

na základě geologických podkladů a znalosti typu ložiska lze primárně vyloučit určité oblasti

Stratigrafická kritéria

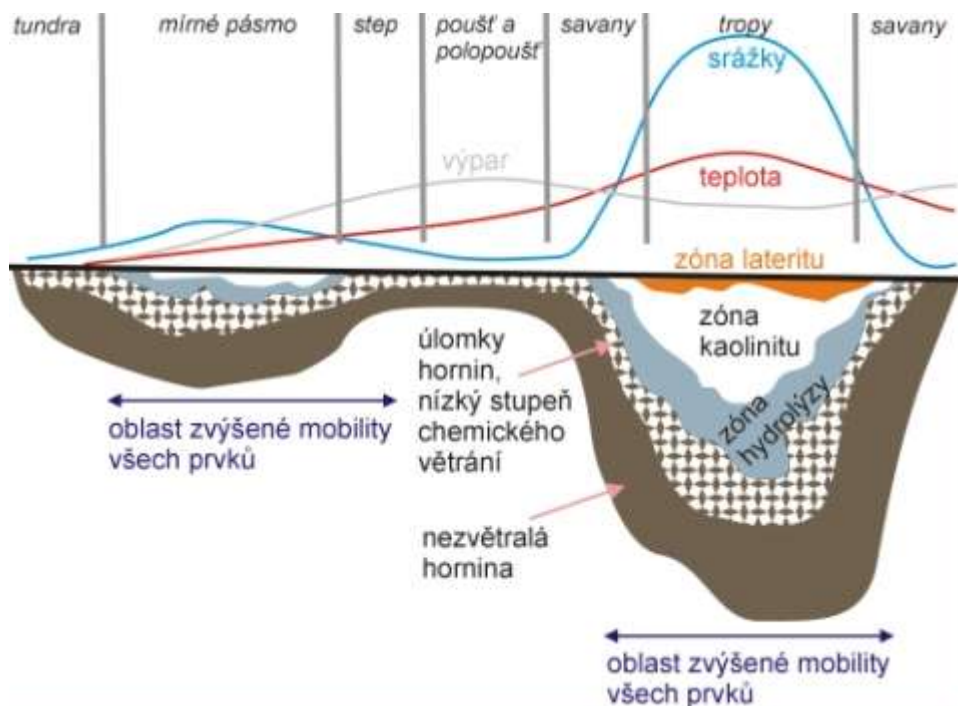
- ✓ zvýšená pravděpodobnost výskytu určitého nerostu v jisté stratigrafické poloze
- ✓ významné zejména pro sedimentární nebo stratiformní ložiska (fosilní paliva, Fe rudy, fosfáty)



(Paleo)Klimatická kritéria

- ✓ Zejména u ložisek ve zvětrávacím profilu
- ✓ Obohacení residua o málo mobilní prvky
- ✓ Vznik nových minerálů

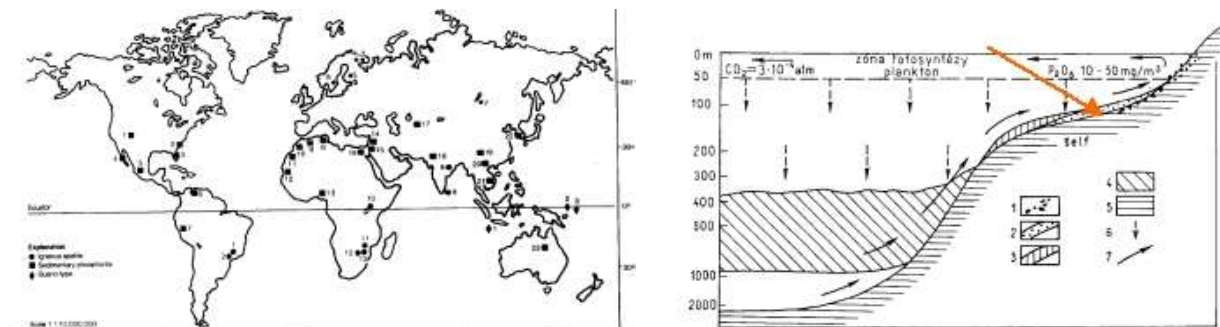
(důležité zejména srážky, výpar, teplota..)



Paleogeografická kritéria

- ✓ Průběh rovníku (a klimatických pásů v minulosti)
- ✓ **Souvislost s paleoklimatem**

př. ložiska fosfátů jsou vázána na kontinentální okraje
Ložiska fosforitů

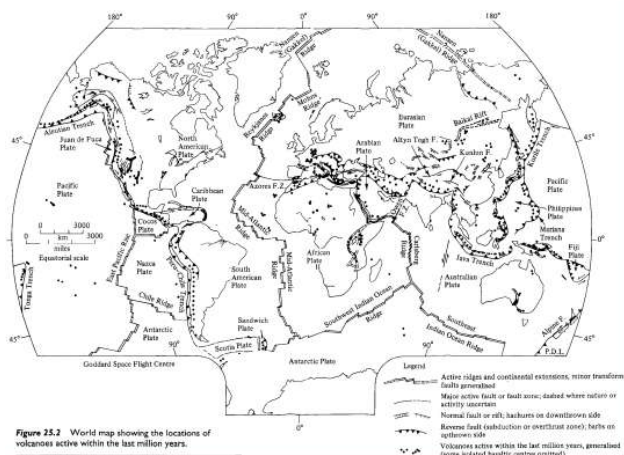


Strukturní kritéria

- ✓ Rozmístění metalogenetických provincií v závislosti na geotektonickém prostředí (orogenetické pásy, platformy, rifty apod.)
- ✓ Rozmístění ložiskových oblastí uvnitř metalogenetických oblastí
- ✓ Lokalizace ložisek uvnitř jednotlivých ložiskových okrsků

Strukturní - geotektonická kritéria

- ✓ teorie tektoniky litosférických desek
- ✓ aktivní vs. pasivní rozhraní
- ✓ kontinentální vs. oceánské desky

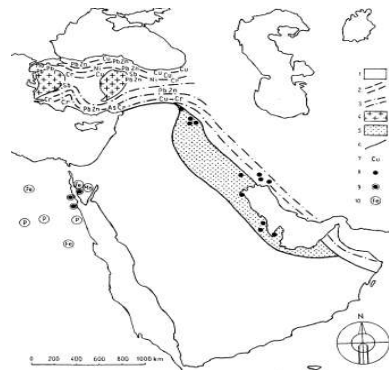


(Rampino 1992)

Strukturní kritéria v měřítku menšího celku

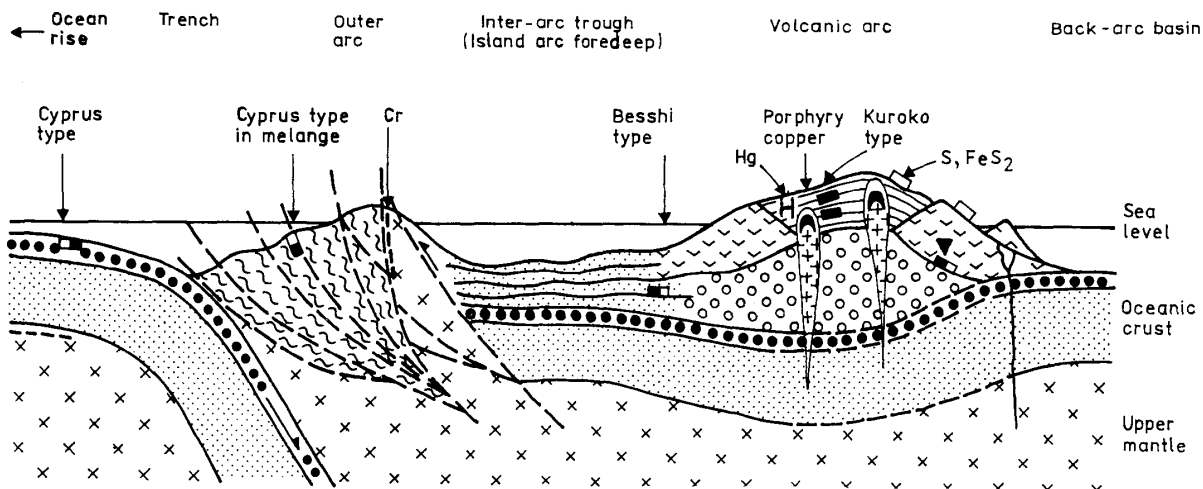
- ✓ opět spojitost s tektonikou lit. desek
- ✓ společný vývoj menšího celku – metalogeneze (metalogenetické zóny)

metalogeneze = vznik kovů, rud v určité oblasti
 – souvislost s vývojem oblasti



(Kužvart a Böhmer 1986)

Strukturní měřítko – typ rozhraní



(Mitchell a Garson 1976)

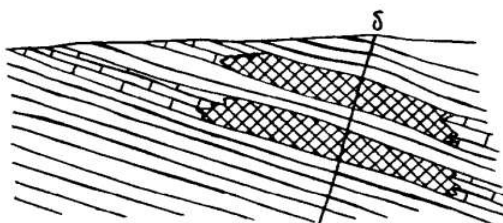
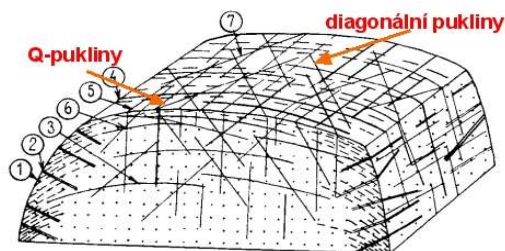
př. vazba Cu-porfyřů na vulkanické oblouky

Lokální strukturní kritéria

Pukliny v granitoidním plutonu

(podle Cloos 1922 ad.)

*přítomnost mineralizace závisí na typu puklin
(hydrotermální žíly, aplity apod.)*

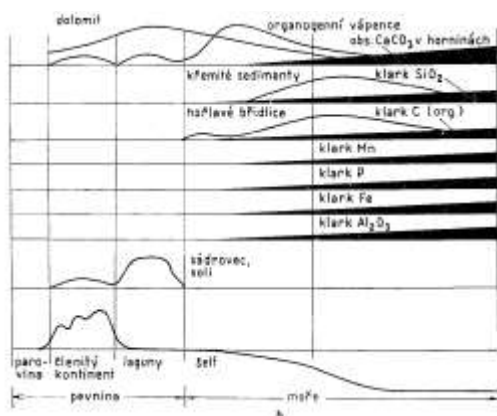


Metasomatická tělesa podél zlomů ve vápencích

(podle Kužvart a Böhmer 1986)

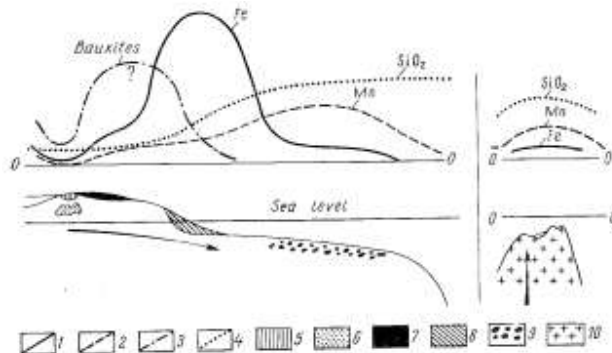
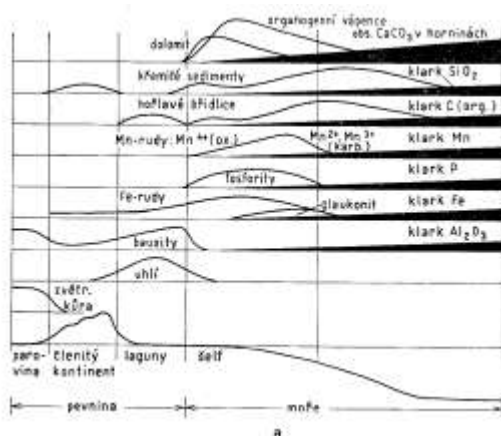
př. vznik metasomatických ložisek fluoritu

Faciální a litologická kritéria



Faciální profil sedimentů v aridní zóně

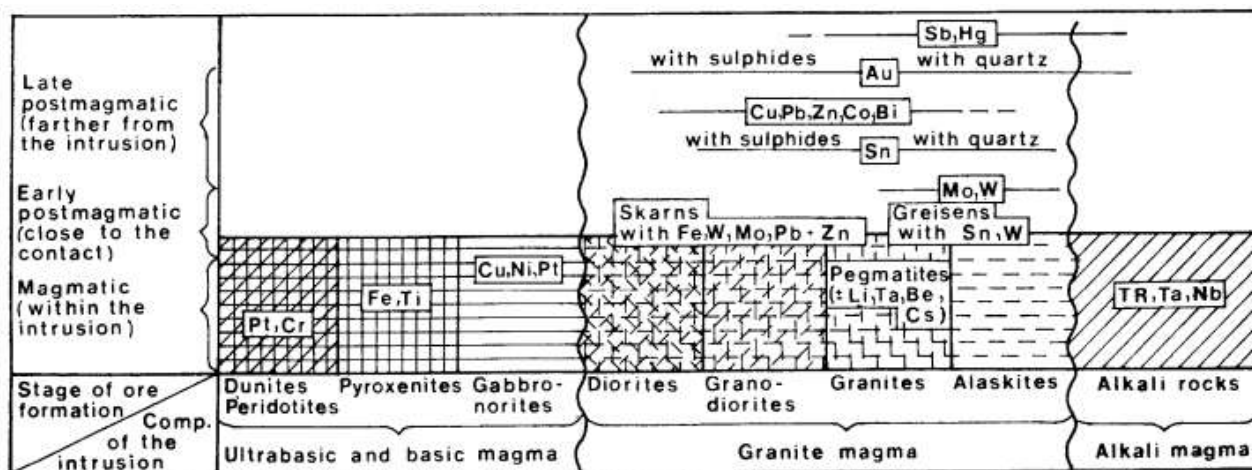
(Kužvart a Böhmer 1972)



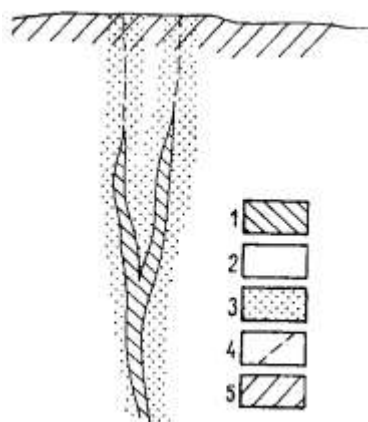
Faciální profil sedimentů v tropické zóně (Kužvart a Böhmer 1972)

Magmatická kritéria

Vazba zrudnění na určitý typ magmatu

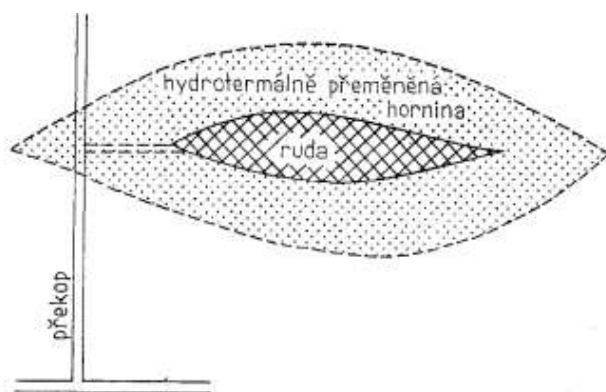


Hydrotermální alterace jako prospekční vodítko



Projev skrytého rudního ložiska na povrchu (Kužvart a Böhmer 1972)

Ht alterace může indikovat skryté ložisko – přeměny hornin probíhaly podél určitých struktur



Zachycení alterační zóny rudního ložiska
důlním dílem
(Kužvart a Böhmer 1972)

Proměny bazických a ultrabazických hornin

- ✓ **Serpentinizace** (ultrabazika, autometamorfní vs. hydrotermální – doprovázena chloritisací a karbonatisací; ložiska azbestu)
- ✓ **Listwänitizace** (alterace Fe-Mg silikátů za vzniku Ca, Mg, Fe karbonátů, mastku a křemene; žilná ložiska Cu s Ni a Co)
- ✓ **Karbonatizace** (bazické a intermediální horniny, Fe-Mg karbonáty)
- ✓ **Chloritizace** (význam pouze hydrotermální)
- ✓ **Propylitizace** (epidot, albit, chlorit, karbonát; postihuje andezity, dacity a bazalty; ložiska Au-Ag)

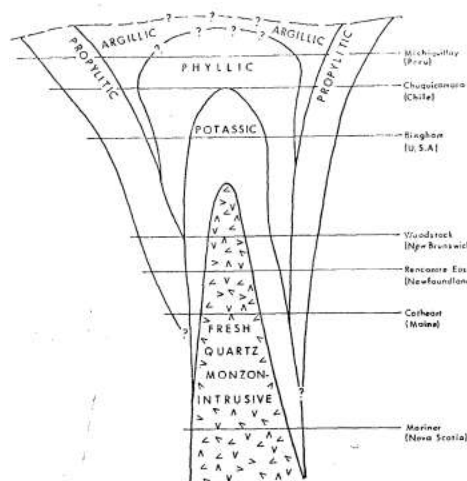
Proměny intermediálních a kyselých hornin

- ✓ **Greisenizace** (hornina s křemenem, muskovitem, K-živcem, a topazem; vnější nebo vnitřní kontakt malých intruzí; ložiska Sn, W a Mo)
- ✓ **Albitizace** (indikátor Sn, W a Mo greisenů)
- albitické žuly va slavkovském lese se těží jako živcová surovina
- ✓ **Turmalinizace** (indikace Sn, méně těž Pb-Zn, AU ložisek)
- ✓ **Beresitizace** (částečná alterace živců za vzniku křemene, slídy, pyritu a karbonátů; indikátor Au křemenných žil)
- ✓ **Sericitizace** (pouze s dalšími sekundárními minerály – karbonáty, chlorit, epidot, sulfidy) - běžná
- ✓ **Kaolinizace** (pouze v okolí hydrotermálních žil; Au, polymetaly,) - ložiska kaolinu
- ✓ **Silicifikace** (ložiska Cu, Pb-Zn, Au, Hg)

Hydrotermální alterace hornin

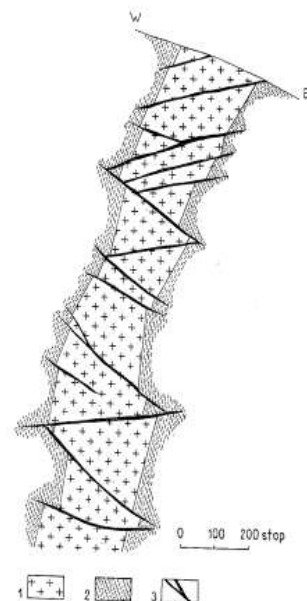
Teoretický řez dokumentující alteraci kolem
zrudnělého křemenného monzonitu
(Hollister et al. 1974)

- aktuální přítomnost přeměn závisí na zvětrání
ložiska



Vlastnosti hornin

- ✓ Zejména fyzikální (mechanické) vlastnosti
- ✓ Vazba hydrotermálních žilných systémů (např. schopnost pružné deformace vs. křehké porušení)

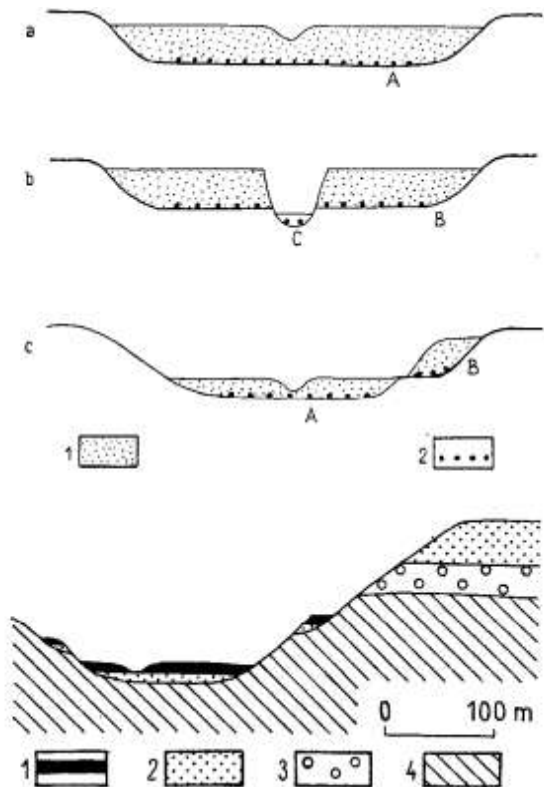


Geomorfologická kritéria



I, IV – údolní rozsypy, II – terasové a řečištní rozsypy, III – destrukce teras

(Kužvart a Böhmer 1972)



Geologické modely ložisek

- ✓ Nejdůležitější část plánovací (předvyhledávací) etapy
- ✓ Lokalizace míst pro vyhledávání
- ✓ Aplikace geologických (a genetických) modelů daného surovinového typu

Modely

- a) **empirické** (popisné)
- b) **genetické** (kausalitní)
- c) **ekonomické** (kovnatost-zásoby)

Genetické modely ložisek

- ✓ Pohled nejbližší geologii
- ✓ Správné nastavení modelů je nejlépe využitelné při vyhledávání
- ✓ Nevýhoda – seskupení ložisek různých surovinových druhů

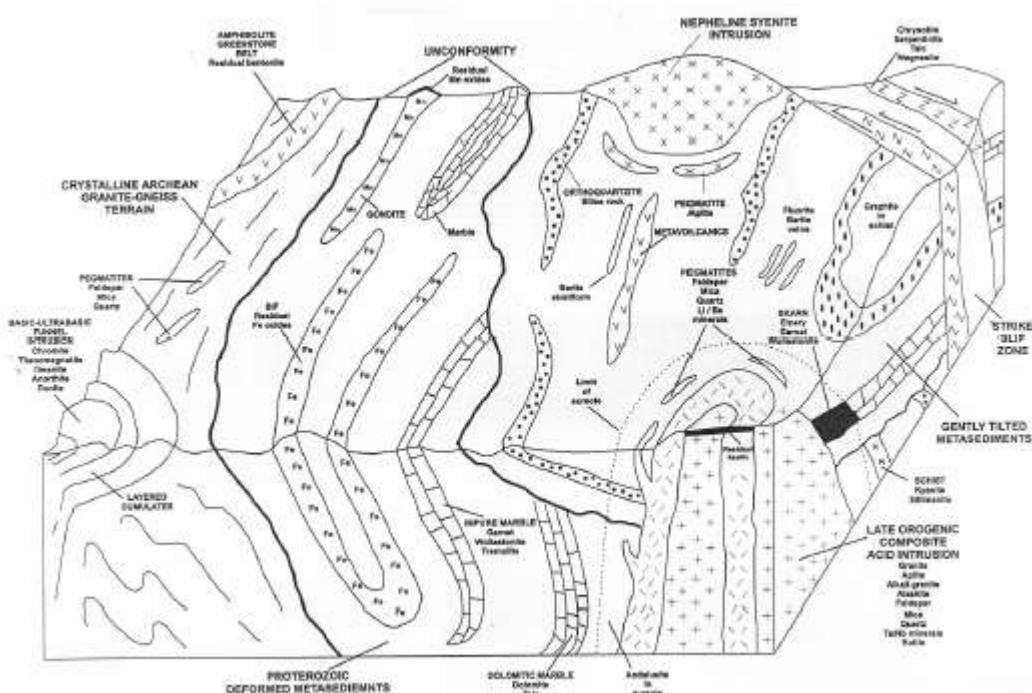
Koncepty

- Procesy (Harven a Kužvart 1997) – endogenní vs. exogenní ložiska
- Prospekce (Mathers a Scott 2002) – kombinace procesů a globální tektoniky

Geneticko-prospekční modely ložisek

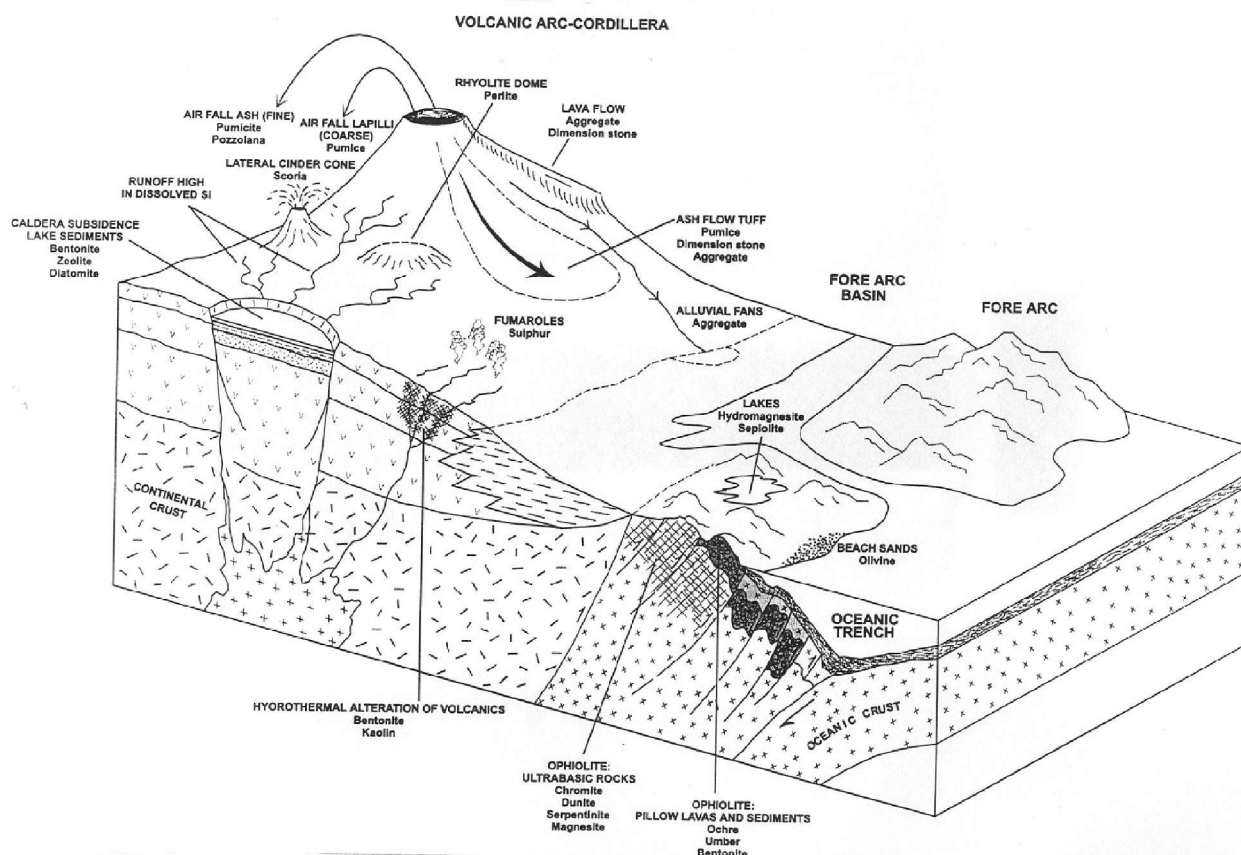
- Regionální prospekční modely (**REM – regional exploration models**) – širší souvislosti geologického vývoje určité oblasti v měřítku deskové tektoniky
- Domény průmyslových nerostů (**IMD – industrial minerals domains**) – většinou se kryje s klasickými genetickými typy
- genetické modely surovin (**CGM – commodity genetic models**) – geneze určitého typu suroviny

REM štítových oblastí

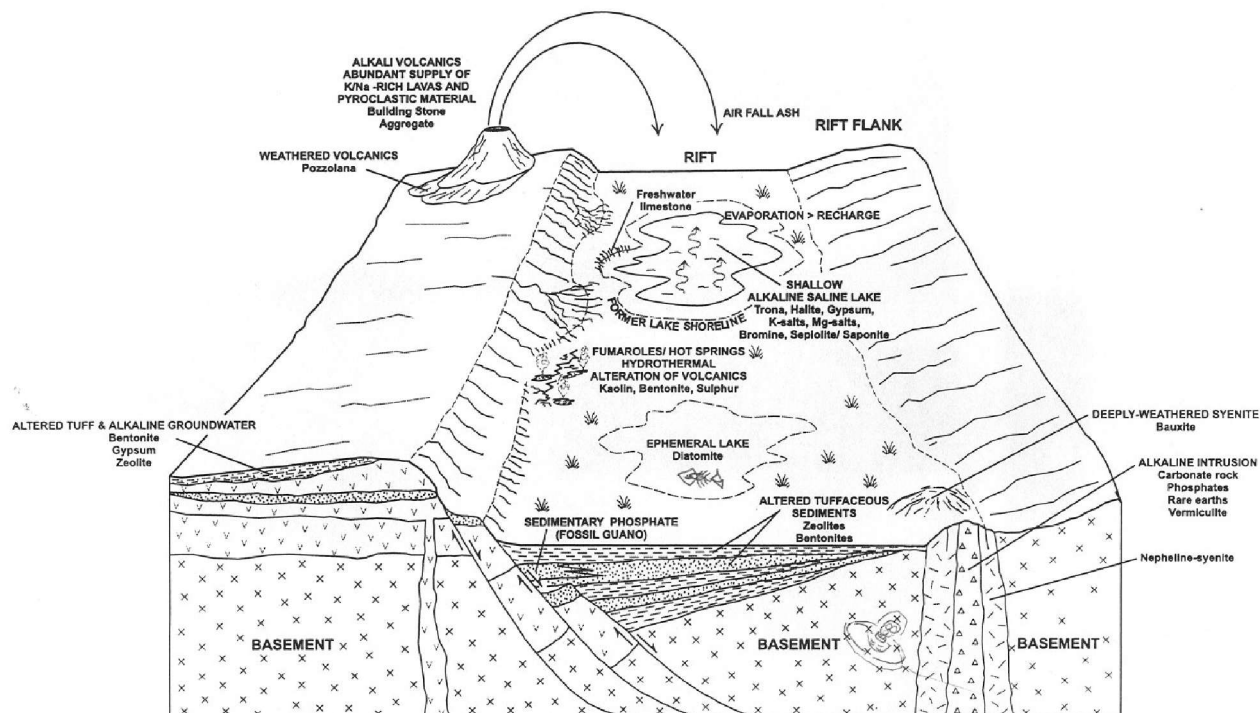


- stabilní oblasti
- pegmatity nebyly tlakově postiženy – poskytují př. velké krystaly muskovitu

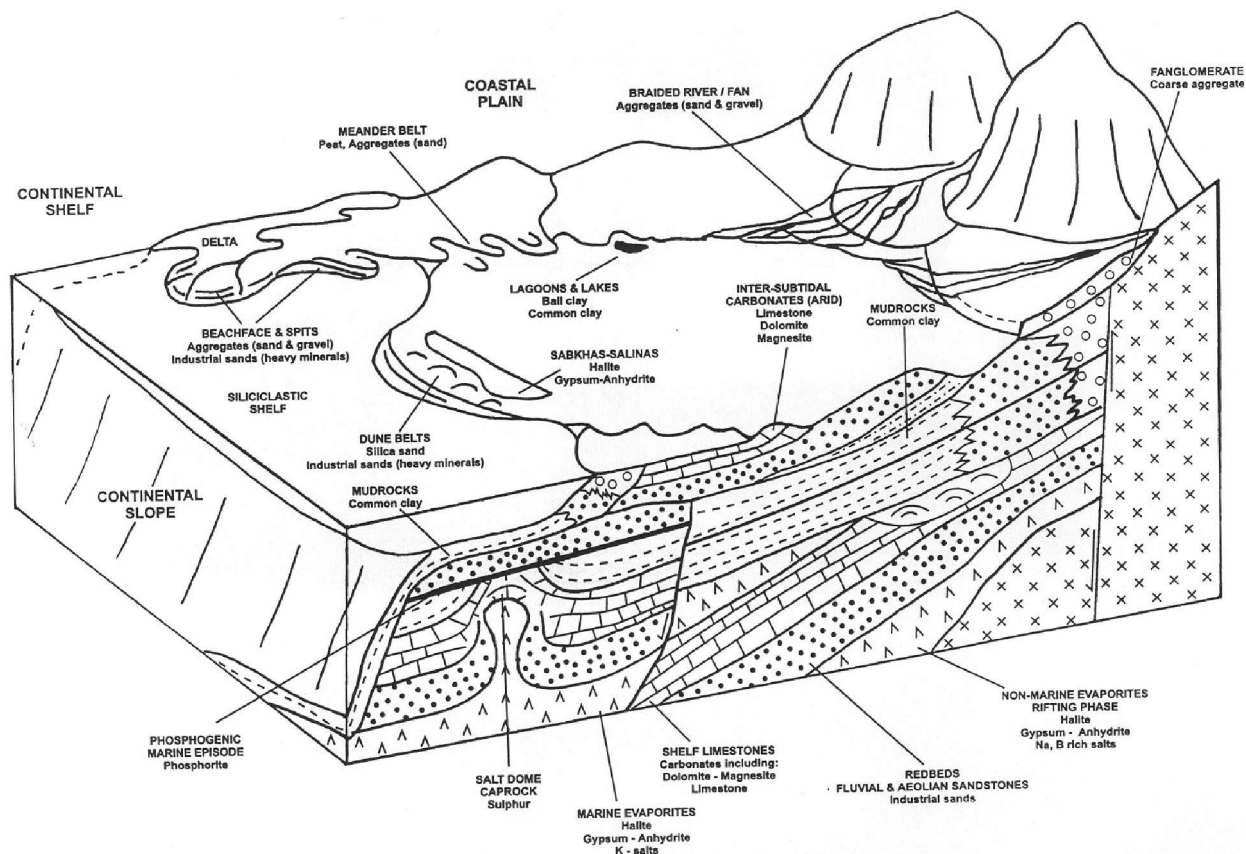
REM destruktivních okrajů



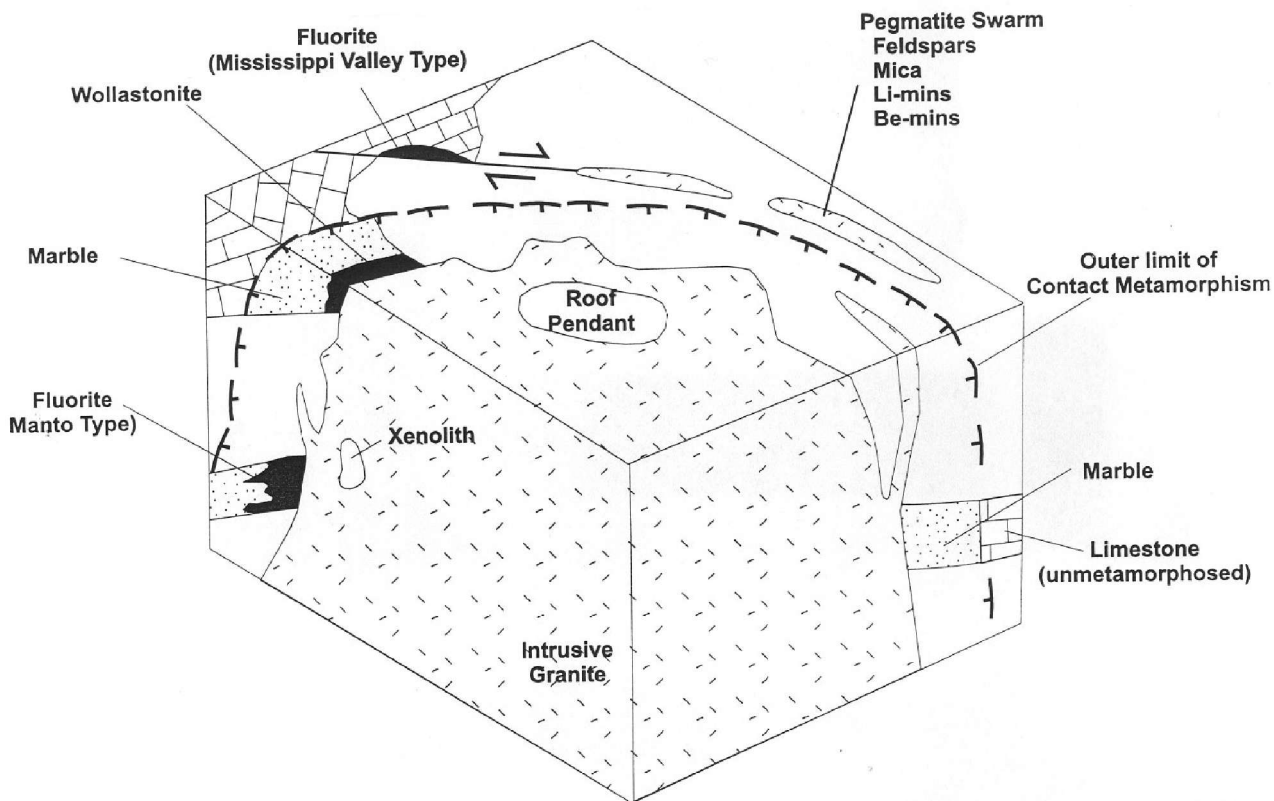
REM intrakontinentálních riftů



REM pasivních okrajů



IMD kyselých-intermediálních intruzí



REM destruktivních okrajů

- př. západní pobřeží Jižní Ameriky
- vulkán produkuje sopečný popel + vyvrženiny (→ lehké kamenivo), amorfni SiO_2 (→ jako hydraulické pojivo)
- sedimenty bazického sopečného popela uložené v sedimentárních pastech (př. kaldera) → ložiska bentonitu
- sopečné exhaláty ... př. síra
- roztoky látek → ložiska evaporitů – jezera typu playas

REM intrakontinentálních riftů

- př. VÝCHODOAFRICKÝ RIFT, RÝNSKÝ PROLOM, PODKRUŠNOHORSKÉ PÁNVE
- vulkanismus → vznik diatomitů (vulkanismus přináší SiO_2 pro schránky rozsivek v roztoku)
- př. ložiska bentonitu

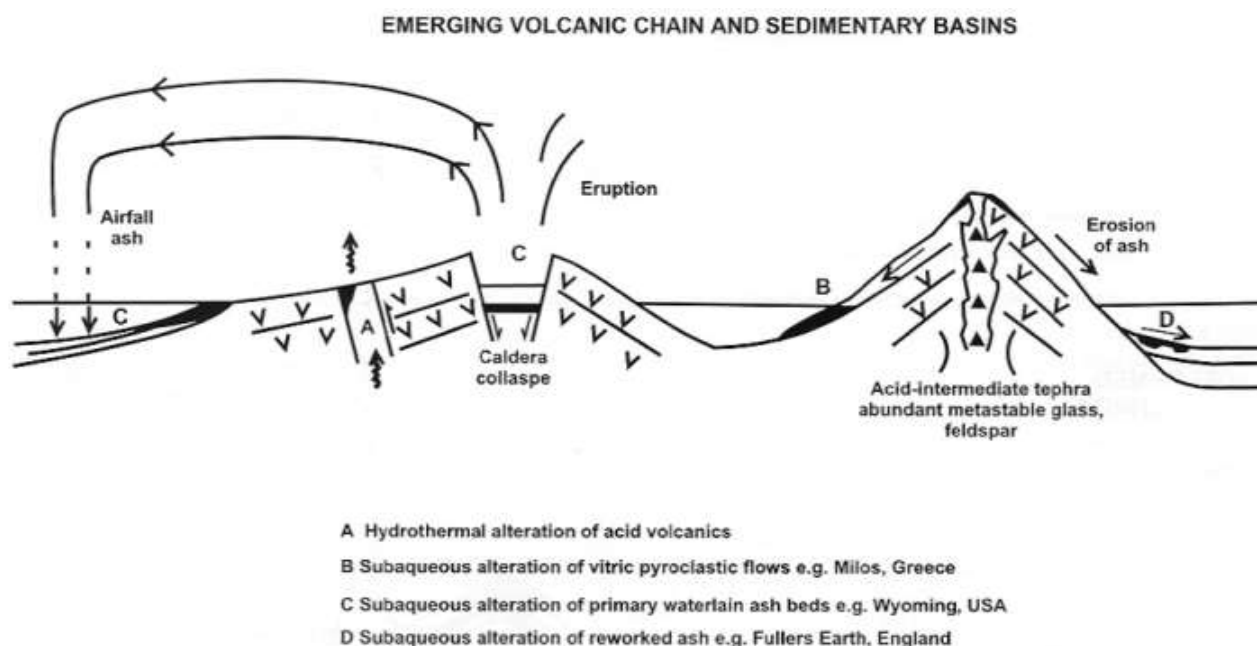
REM pasivních okrajů

- zejména sedimentární materiál ze suchozemské části zemské kůry
- vznik ložisek fosfátů díky vzestupným mořským proudům

IMD kyselých-intermediálních intruzí

- ložiska fluoritu – vznik díky metasomatické výměně fluoru z intruze do vápence
- dochází k přeměně vápence na mramor
- pegmatity – živcové, s vzácnými minerály

CGM bentonity



Potíže s geologickými modely

- ✓ **Kult módy** – snaha být „up-to-date“ a aplikovat pouze nejnovější modely
- ✓ **Kult všeléku** – daný model je konečný a nemá smysl dále debatovat
- ✓ **Kult klasiků** – všechny nové myšlenky zamítnuty jako akademické
- ✓ **Kult firemních obrazoborců** – platné jsou pouze firemní modely
- ✓ **Kult specialistů** – ověřování jen některých aspektů modelu, navíc bez vazby na terén

Faktory pro plánování vyhledávání

- ✓ Místo poptávky (rychle rostoucí ekonomiky vs. dostupnost surovin)
- ✓ Ceny kovů
- ✓ Stav státu s výskytem suroviny
(cla, daně, cena pracovní síly, politická situace, infrastruktura)
- ✓ Struktura těžebního průmyslu v daném místě

Požadavky na vyhledávací tým

- | | |
|--------------------|----------------------------------|
| ✓ Míra kvalifikace | ✓ Morální kvality |
| ✓ Definice cílů | ✓ Týmová spolupráce a komunikace |
| ✓ Tvůrčí atmosféra | ✓ Motivace |

Financování a provádění vyhledávání a průzkumu

Státní sektor

- ✓ Státní finance (soutěž- tendr)
- ✓ Soukromé firmy

Státní firmy

- ✓ Soukromý sektor
- ✓ Firemní finance
- ✓ Státní finance