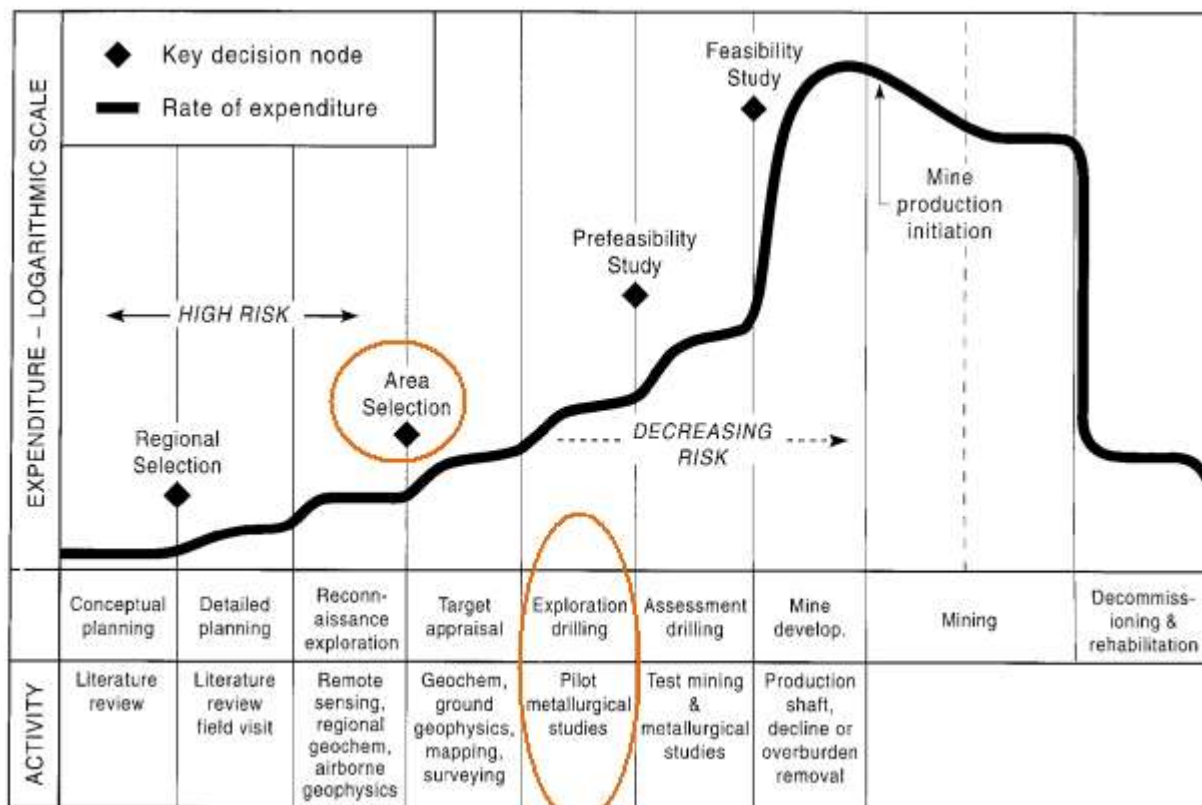


3. Vzorkování



Vzorkování (angl. Sampling)

- ✓ Horninové těleso (ložisko) – objekt větších rozměrů
- ✓ Populace (statistický přístup)
- ✓ Vzorkování - selektivní přístup k objektu
- ✓ Výběr určitých míst (vzorkovací body)
- ✓ 3 etapy vzorkování – odběr vzorku, příprava vzorku, zpracování vzorku

Vzorek (angl. Sample)

- ✓ Odběr určité části objektu (populace)
- ✓ Velikost odebraného vzorku a úprava na analytický či technologický vzorek (vzorek je nekonečně malý ve srovnání s objemem ložiska)
- ✓ Reprezentativnost (homogenita vs. heterogenita tělesa)
- ✓ Způsob odběru (výchoz, vrtné jádro ad.)
- ✓ Počet vzorků, resp. hustota vzorkování

Účel vzorkování

- ✓ Základní geologický výzkum
- ✓ Ložiskově geologický průzkum
- ✓ Geotechnický výzkum
- ✓ Hydrogeologický výzkum
- ✓ Analytické zpracování (chemismus, fázové složení) – tradiční chápání účelu vzorkování (rudařské pojetí)
- ✓ Technologický výzkum (technologie úpravy a zpracování; např. metalurgické testy, pálení jílu apod.) – důležité zejména pro potřeby nerud

Úkoly ložiskově geologického vzorkování

- ✓ Výpočet zásob užitkové složky
- ✓ Vymezení bilančních a nebilančních částí ložiska
- ✓ Ohraničení ložiska při neostrém kontaktu s okolní horninou
- ✓ Mapa kvality nerostné suroviny (podklad pro plánování těžby)
- ✓ Stanovení technologie úpravy a zpracování (*př. metalurgické testy, pálení jílu*)
- ✓ Výpočet ztrát, znečištění a výrubnosti na ložisku
- ✓ Kvalita rubaniny na ložisku

1. Fáze vzorkování – aneb technické prostředky přímého odběru vzorků

- | | |
|----------------|------------|
| ✓ Výchoz | ✓ Rýhy |
| ✓ Vrtý | ✓ Šachtice |
| ✓ Kopané sondy | ✓ Štoly |

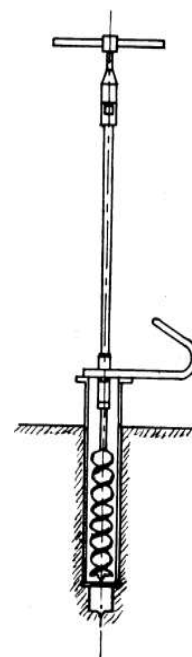
nejběžnější jsou vrtý a štoly. Vrtý mohou být i různě ukloněné, příp. v linii. Štoly se používají nejen pro ložiskový ale i pro inženýrsko-geologický (=IG) průzkum. U ložisek se pak průzkumné štoly přemění na těžební.

Vrtný průzkum

- ✓ První reálná přímá metoda v etapě průzkumu
- ✓ Poté používána i během těžby a po jejím skončení
- ✓ Podle typu informace
- ✓ **Orientační** – zjištění geologické situace v oblasti (litologie, stratigrafie, tektonika, suroviny, voda)
- ✓ **Vyhledávací** - ověření cílového území a zjištění přítomnosti mineralizace
- ✓ **Průzkum cílového území** – konturace ložiskového tělesa, velikost, obsah užitkové složky
- ✓ **Předtěžební** – detailní rozblovování ložiska, detailní výpočet zásob, geotechnické a metalurgické zkoušky, výstavba dolu
- ✓ **Těžební** – konturace dalších těžebních bloků

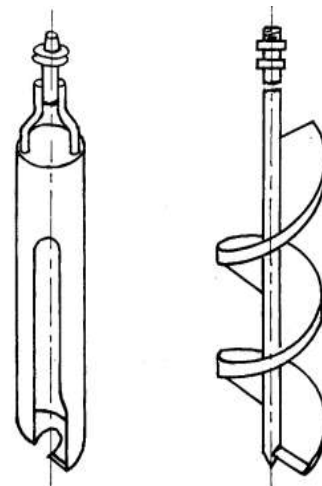
Náběrové vrtání (na sucho)

- ✓ Nejstarší metoda vrtání
- ✓ Měkké a nesoudržné horniny
- ✓ Ruční sondy (mělké do cca 4 m) - zarážecí nebo spirálový vrták
- ✓ Mechanizované náběrové vrtání
- ✓ Hlavně inženýrsko-geologický průzkum
- ✓ Pro suroviny:
cihlářské hlíny, štěrkopísky, rozsypy, jíly



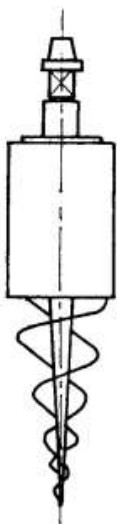
Náběrové vrtání točivým způsobem

- ✓ Lžicový vrták (šapa)
- ✓ Šroubový vrták (spirál)
- ✓ Talířový (šnekový) vrták



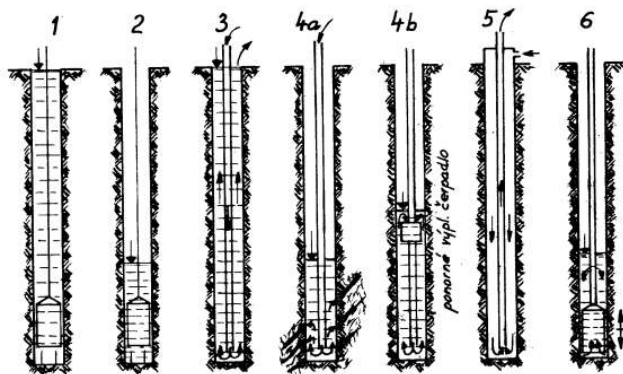
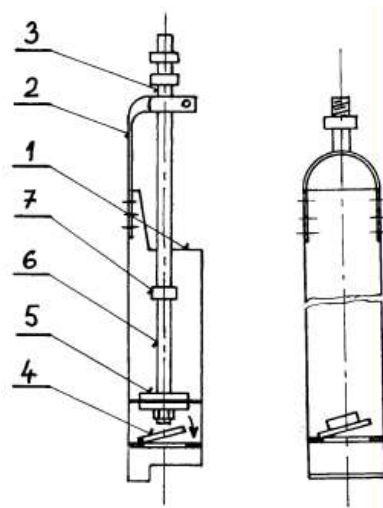
Náběrové vrtání periodickým zapouštěním na čelbu

- ✓ Těžní lžíce klapková (kalovka)
- ✓ Pístové čerpadlo (pístová kalovka)
- ✓ Štěrkovnice (kombinace talířového vrtáku s ocelovým válcovým krytem)



← štěrkovnice

kalovka →



Vrtání s výplachem

- ✓ Spojeno s rozvojem rotačního vrtání

Výplach

typy :

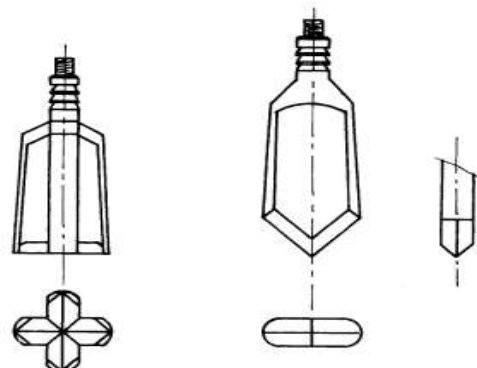
- ✓ **Kapalný**
 - ✓ Čiré (voda, nafta)
 - ✓ Zahuštěné (jílový, emulzní, solný apod.)
- ✓ **Proplyněné** (pěnění)
- ✓ **Plynné**

Funkce výplachu:

- ✓ Chlazení vrtného nástroje
- ✓ Vynáší odvrtnou drť
- ✓ Zpevnění stěny vrtu a utěsnění nehomogenit
- ✓ Očištění čelby a nástroje

Nárazové vrtání

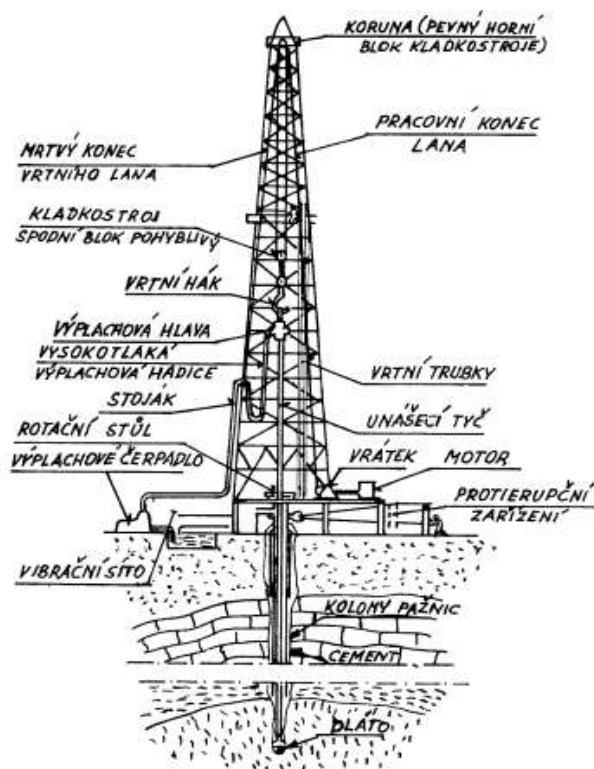
- ✓ angl. **percussion drilling**
- ✓ Vrtání na laně
- ✓ Vrtání na tyči
- ✓ Dláta (plochá, křížová)



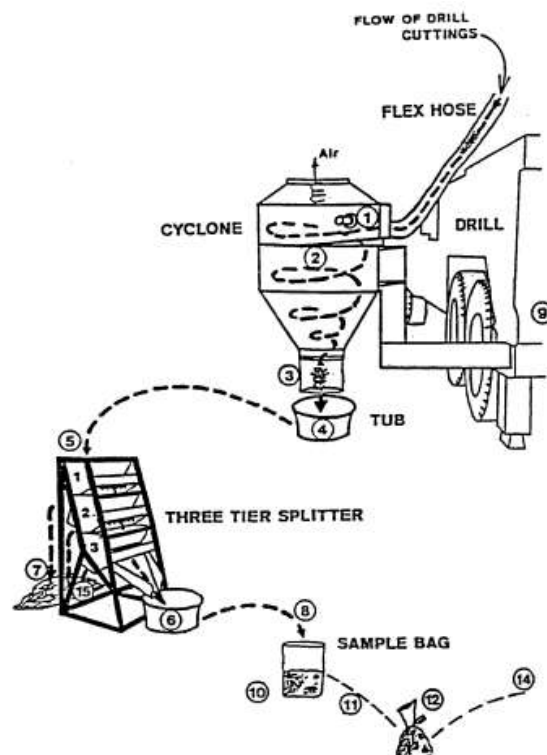
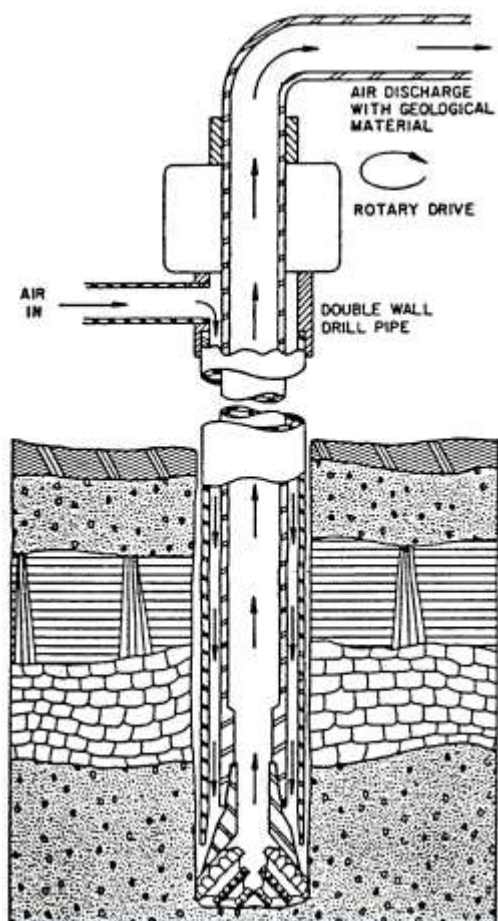
Bezjádrové rotační vrtání

- ✓ angl. **rotary drilling**
- ✓ Hornina rozrušena otáčivým (rotačním) pohybem a osním tlakem
- ✓ Valivá nebo listová dláta
- ✓ Vzorky
- rozdrčená hornina ve výplachu
- ✓ Použití při průzkumu na ropu a zemní plyn

levnější než jádrové vrtání



Bezjádrové rotační vrtání



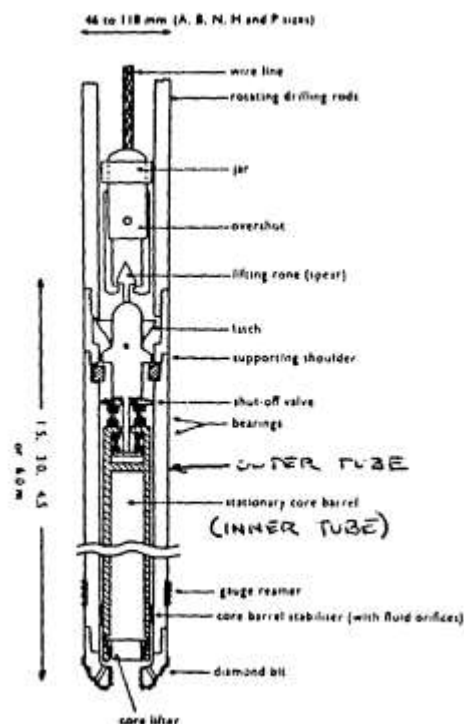
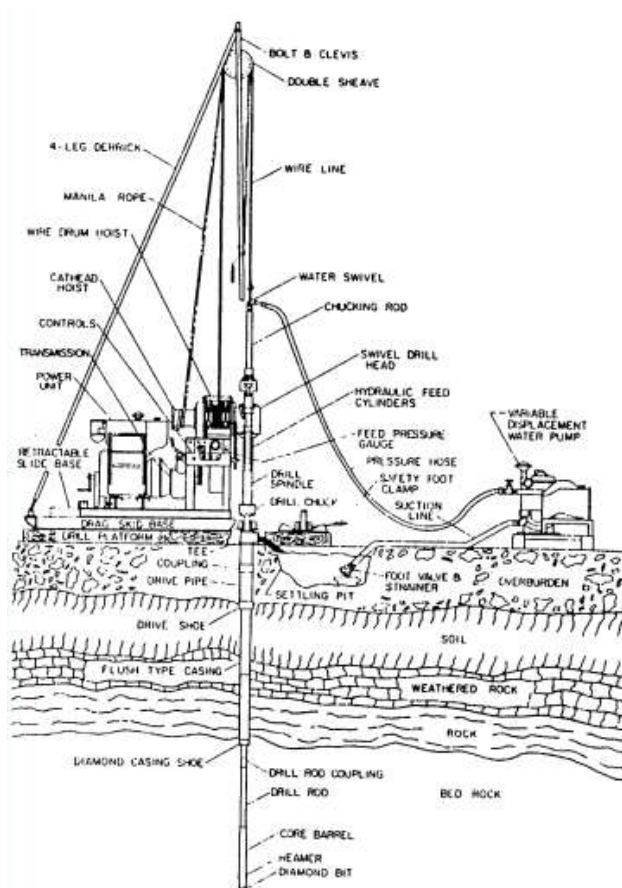
Diamantové jádrové vrtání

- ✓ angl. **diamond core drilling**
- ✓ Hornina rozrušena otáčivým (rotačním) pohybem a osním tlakem
- ✓ Vrtná korunka (dutá trubka zakončená tvrdokovem nebo diamanty)
- ✓ Vrtné jádro – přímá dokumentace
- ✓ Použití při průzkumu v pevných horninách



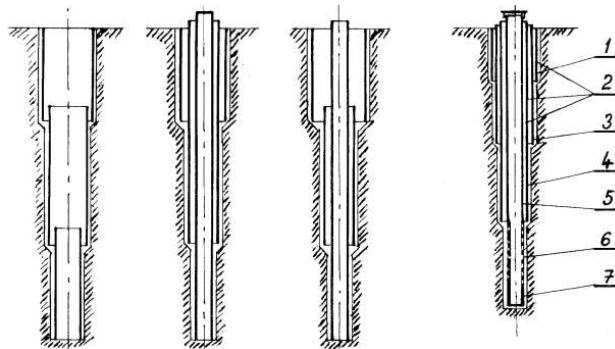
Jádrové vrtání

- stojí cca 1000-3000 Kč á metr



Pažení vrtů

- zabrání kolapsu vrtu
- slouží také k odizolování od okolí (př. kvůli podzemní vodě)
- problém – u zapažených vrtů nejde provádět karotáž



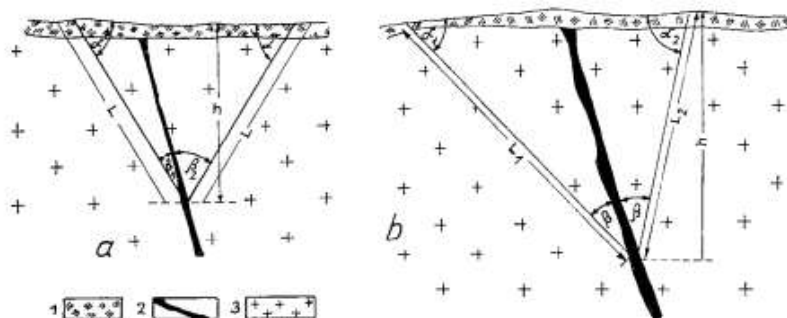
Srovnání vrtných metod

	Diamantové jádrové	Rotační bezjádrové	Kontinuální jádrové	Nárazové
Geologická informace	skvělá	špatná	dobrá	špatná
Objem vzorku	malý	velký	malý	malý
Min. průměr	30 mm	50 mm	120 mm	40 mm
Hloubkový dosah	3000 m	3000 m	1000 m	100 m
Rychlost	malá	vysoká	vysoká	vysoká
Vrtné médium	kapalina	kapalina	kapalina	vzduch, kapalina
Cena za jednotku délky	vysoká	nízká	střední	nízká

Zásady lokalizace průzkumných prací

- ✓ Příznivá geologická pozice – geologické příznaky naznačují možnost odkrytí ložiska
- ✓ Hraniční geologická pozice – konturace ložiska
- ✓ Vnitroložisková pozice – průzkum vlastního ložiska
- ✓ Náhodná pozice – poloha určena pozicí v geometrické síti nebo průzkumné linii

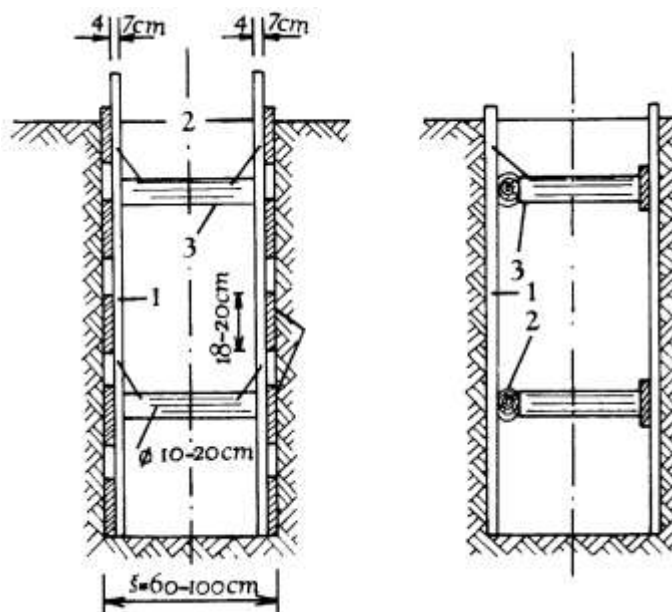
Protnutí ložiskové polohy při stejném sklonu i délce vrtu (a) a při stejném úhlu průseku (b)



Kopané sondy

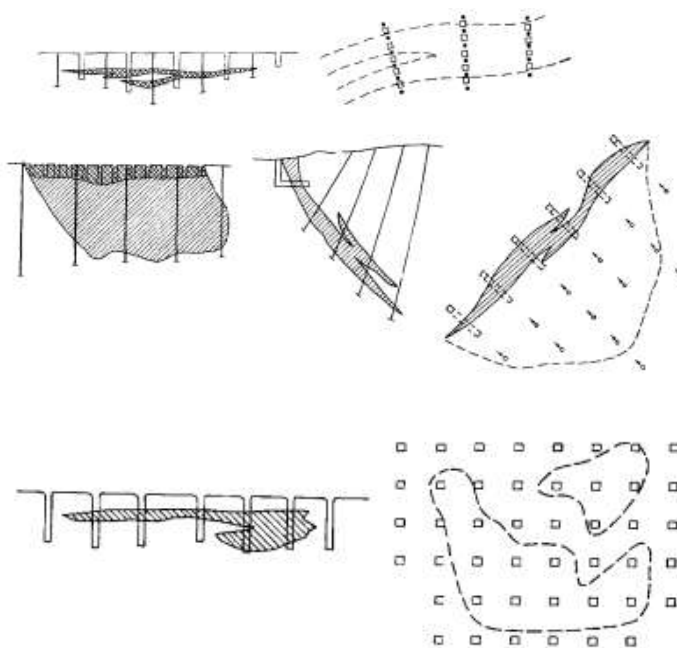
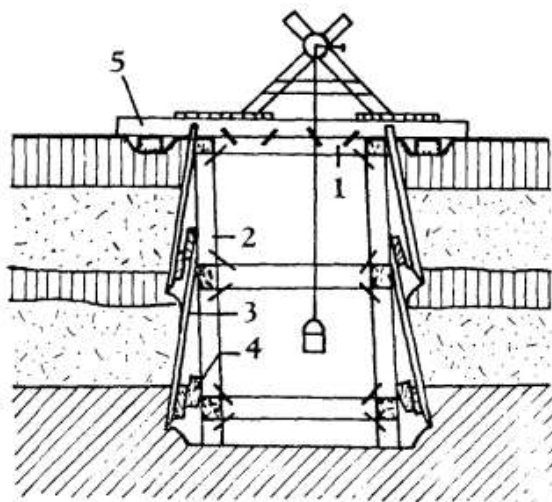
- ✓ angl. **pit**
- ✓ Velmi mělké
- ✓ Uplatnění zejména v IG průzkumu

hloubka x metrů (maximálně 10m), stěny sondy musí být paženy, kope se ručně



Šachtice

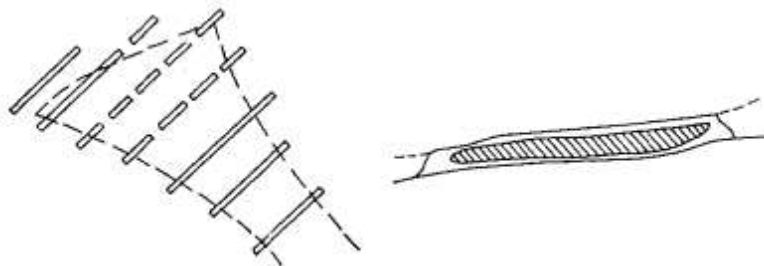
- ✓ angl. **pit, pitting**
- ✓ Bodový odběr s větším hloubkovým dosahem
- ✓ Pažení
- ✓ Často nutnost střílet



Výhoda – oproti vrtům získám mnohem více materiálu, takže lze provést př. zkoušku výtěžnosti, poloprovoz těžby

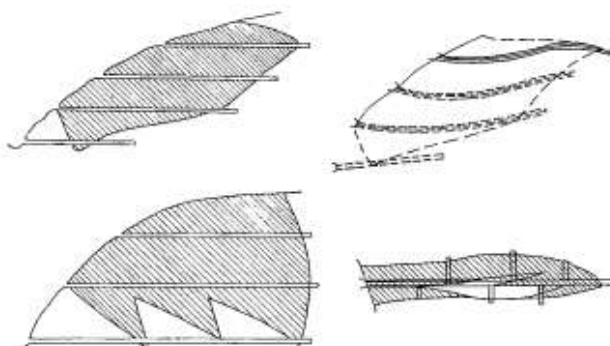
Průzkumné rýhy

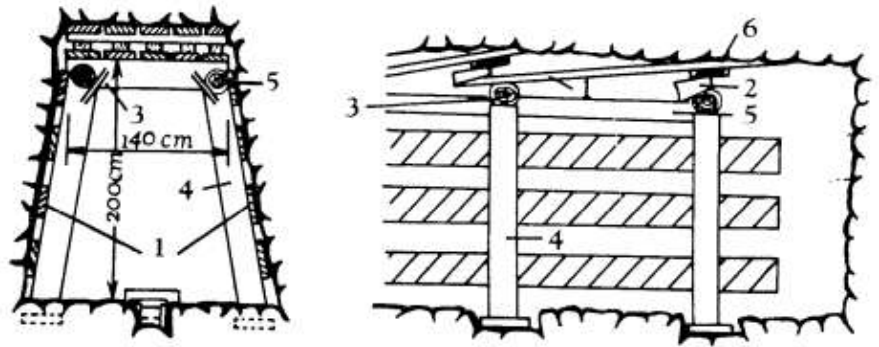
- ✓ angl. **trench, trenching**
- ✓ Liniový charakter na povrchu (může být hustá síť)
- ✓ Kopané (bagr) do hloubky 2-4 m, snaha dostat se na skalní podloží (rozvětralé)
- ✓ Odběr vzorků kontinuální nebo bodový
- ✓ Pozor na sekundární změny (*obvykle se pohybujeme v té zóně nad úrovní hladiny podzemní vody*)
- krátkodobý zábor půdy



Průzkumné štoly

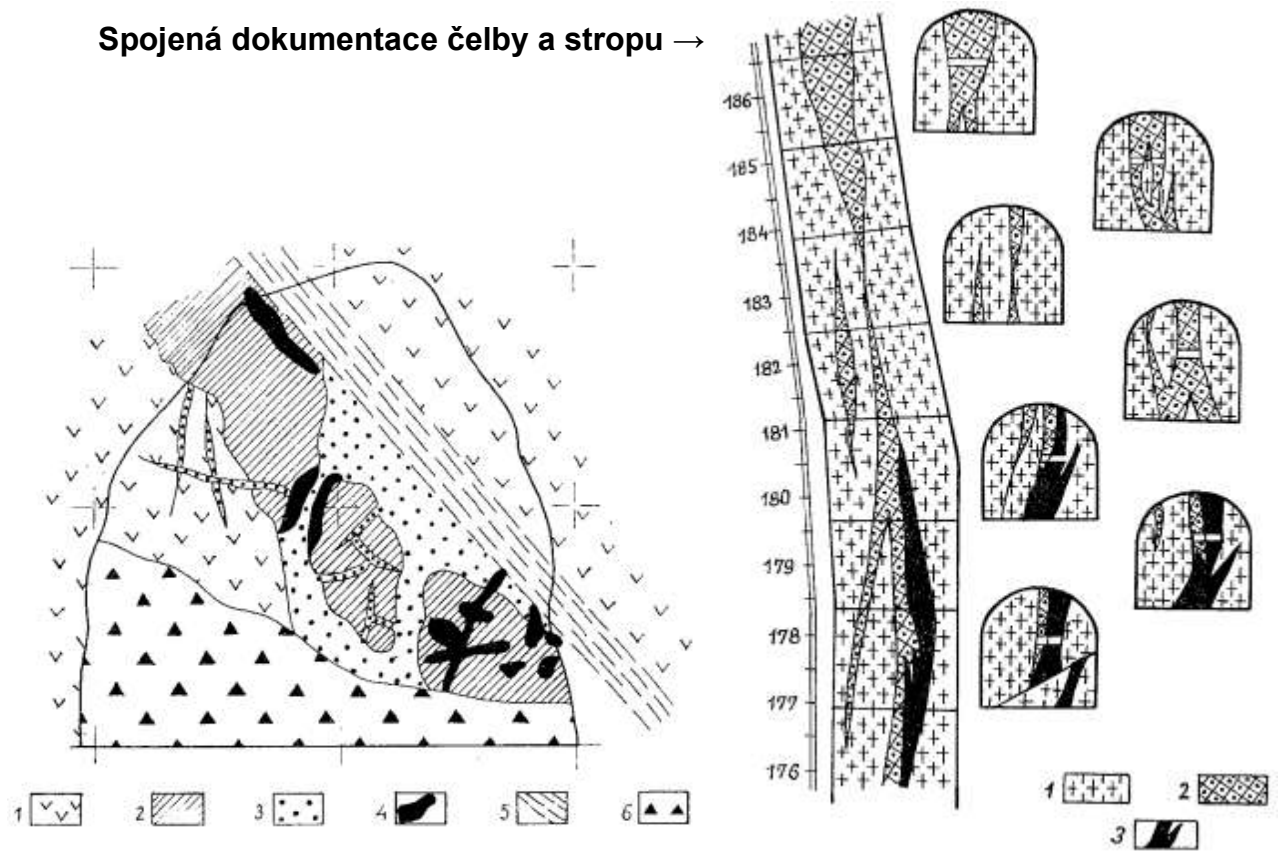
- ✓ angl. **exploration drifts, tunnels**
- ✓ Podzemní průzkumné dílo (může přejít v těžební)
- ✓ Liniový charakter (umožňuje však konstrukci 3-D obrazu geologické situace)
- ✓ Střílené
- Musí splňovat hornické předpisy*





Dokumentace důlních děl

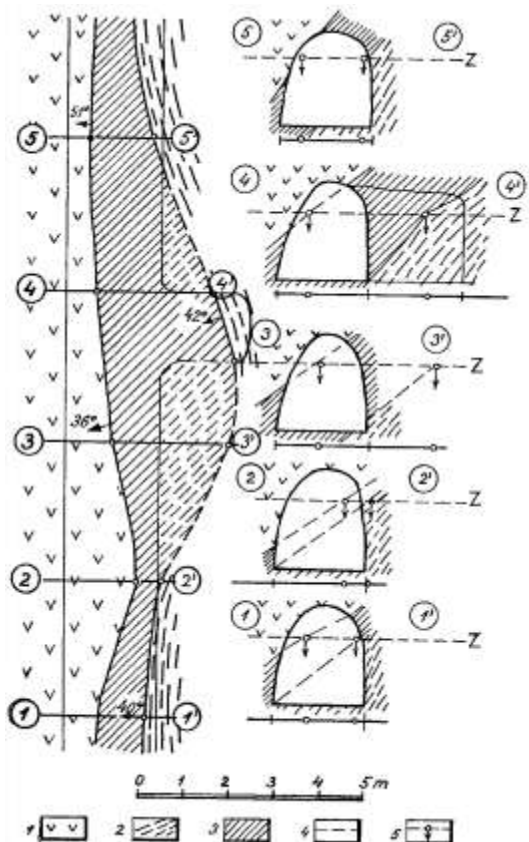
Spojená dokumentace čelby a stropu →



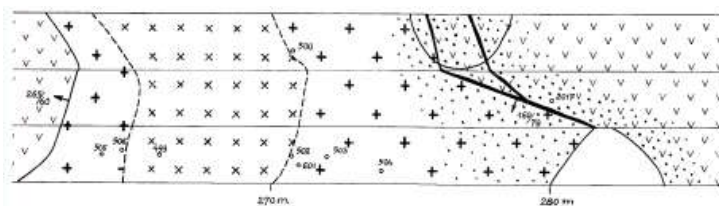
↑ Dokumentace čelby

Dokumentace důlních děl

Mapa v horizontální rovině

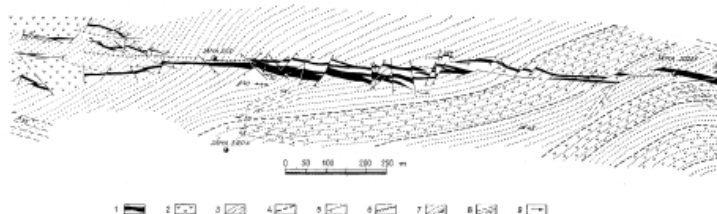


Kombinovaná metoda (razvjortka)



- zakreslení geologické situace na stropě a stěnách a rozvinutí do horizontální roviny

Důlně-geologická mapa



Vzorkování v důlních dílech

- ✓ **Kusové vzorkování** (0,5-2 kg; nízká reprezentativnost)
- ✓ **Bodové vzorkování** (též otlukové vzorkování) – pravidelná síť
- ✓ **Vzorkování vybíráním** (rubanina v čelbě)
- ✓ **Zásekové vzorkování**
- ✓ **Vrtné vzorkování**
- ✓ **Plošné vzorkování**
- ✓ **Objemové vzorkování** (vzorek několik t; slídy, živce, Be-pegmatity, diamanty a drahé kameny, Pt, Au)

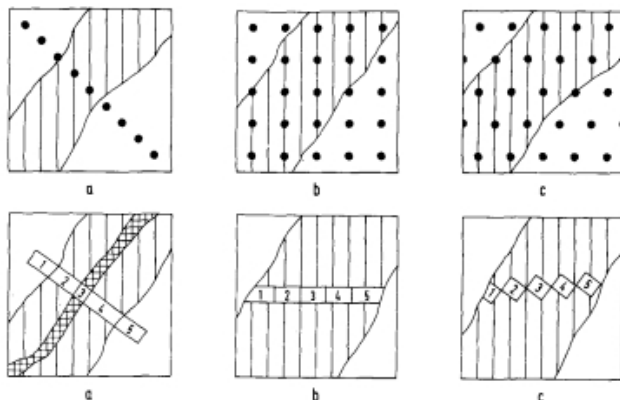
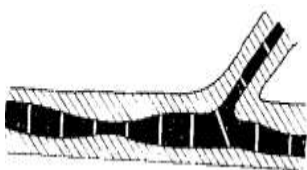


Zásekové vzorkování

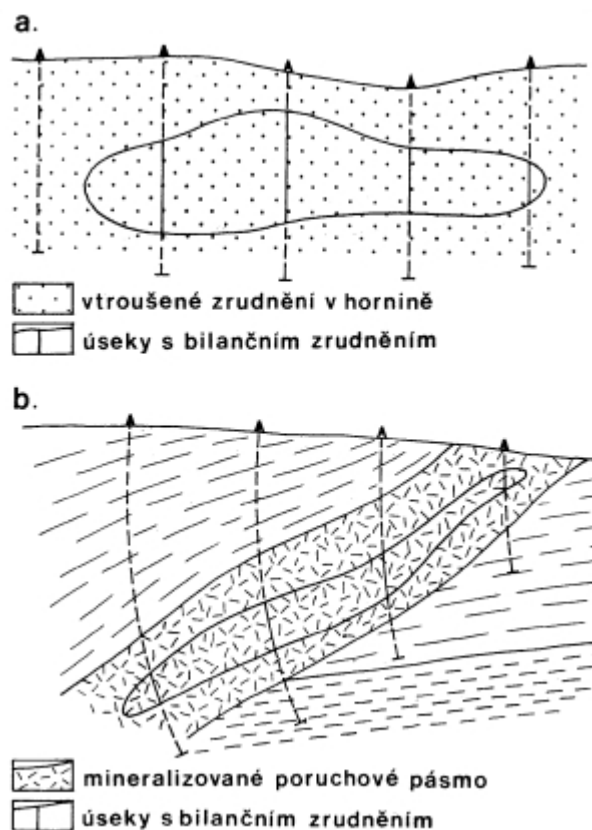
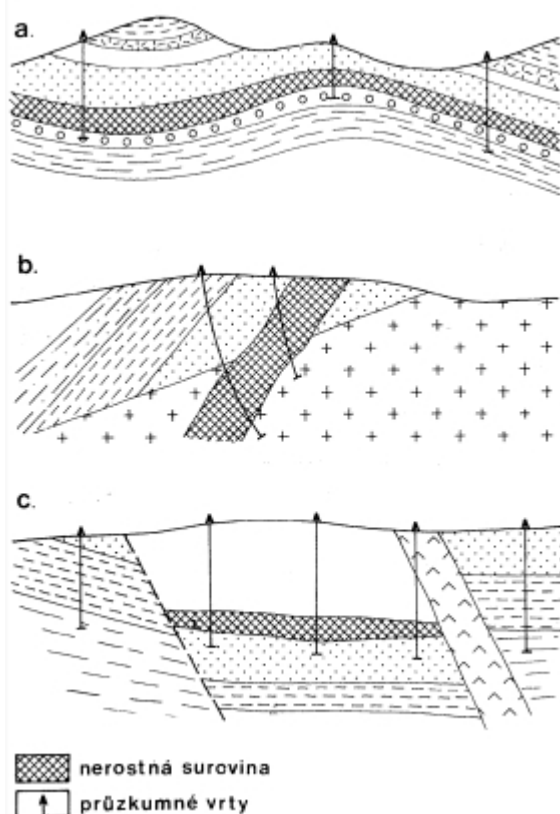
- ✓ angl. **channel sampling**
- ✓ Typické pro odběr vzorků z důlních děl - čelba
- ✓ Většinou liniový vzorek
- ✓ Žlábek 3-5 cm hluboký, 10-15 cm široký



Bodové a zásekové vzorky



Ohraničení ložiskových těles na základě vzorkování



Geologické ohraničení

- těleso je ohraničené geologickými hranicemi - na základě ekonomických faktorů (hlavně obsahu užité složky)

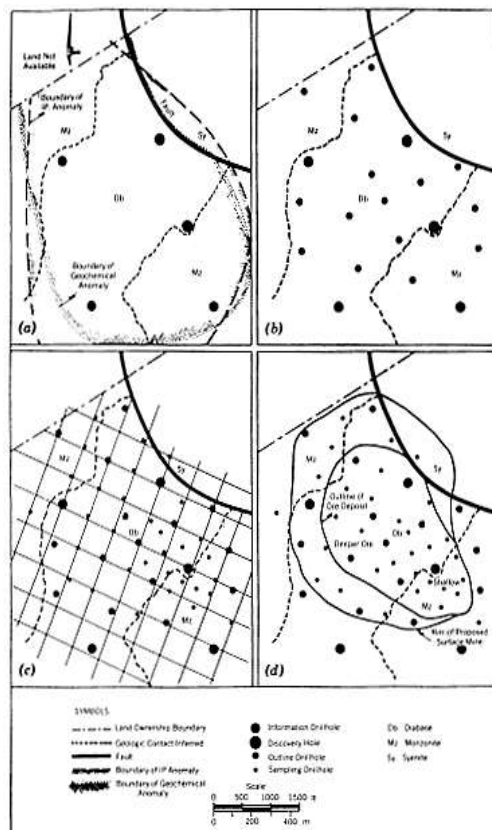
CUTOFF GRADE (mezní obsah)

- minimální přípustný obsah užité složky, který je ekonomicky těžitelný (kdy na tom ještě vydělám)

Umělé ohraničení

Ohraničení ložiskových těles na základě průzkumných prací

- geochemické, geofyzikální mapy



Dokumentace průzkumných prací

- ✓ Absolutně nejdůležitější !!!
- ✓ Mapa
- ✓ Deník
- ✓ Vzorky
- ✓ Případně fotodokumentace

popis vzorku

kdo vzorek odebral

označení vzorku, poloha místa odběru (zakreslení do mapy),

určení vzorku – typ horniny, minerály, textura apod.,
co chci zjistit – jaký typ analýzy se má provést a zda zachovat zbytky

(Binding)		
XYZ Mining Co.		
Sampler: <u>Smith</u>	Date: <u>2/18/78</u>	
Lab: <u>Rmgf</u>	Splice type: <u>Channel</u>	
Location: <u>Red Mtn Mine, 150 level, face of SW drift Stn 35+20 Work map 25</u>		
Description: <u>1.3 Meter hanging wall rock in channel.</u>		
<u>Whiskey Creek rhyolite. Sericite 3, Clay 1+, chlorite 1. Traces py, cpy. Specimen taken.</u>		
<div style="text-align: right;"> $\frac{498}{60^\circ} \frac{499}{\quad} \frac{500}{\quad}$ </div>		
<input checked="" type="checkbox"/> Assay	<input type="checkbox"/> Geochem	<input type="checkbox"/> Spec
Analysis: <u>Cu Pb Zn Au Ag</u>		
Other instructions:		
Save <input checked="" type="checkbox"/> pulps	<input checked="" type="checkbox"/> rejects	<u>B-498</u>
XYZ Mining Co.		
Sampler: <u>Smith</u>	Date: <u>2/18/78</u>	
<input checked="" type="checkbox"/> Assay	<input type="checkbox"/> Geochem	<input type="checkbox"/> Spec
Analyze for: <u>Cu Pb Zn Au Ag</u>		
Other instructions:		
Save <input checked="" type="checkbox"/> pulps	<input checked="" type="checkbox"/> rejects	<u>B-498</u>

Dokumentace vrtných prací

ü Popis vrtu

ü Popis vrtného jádra

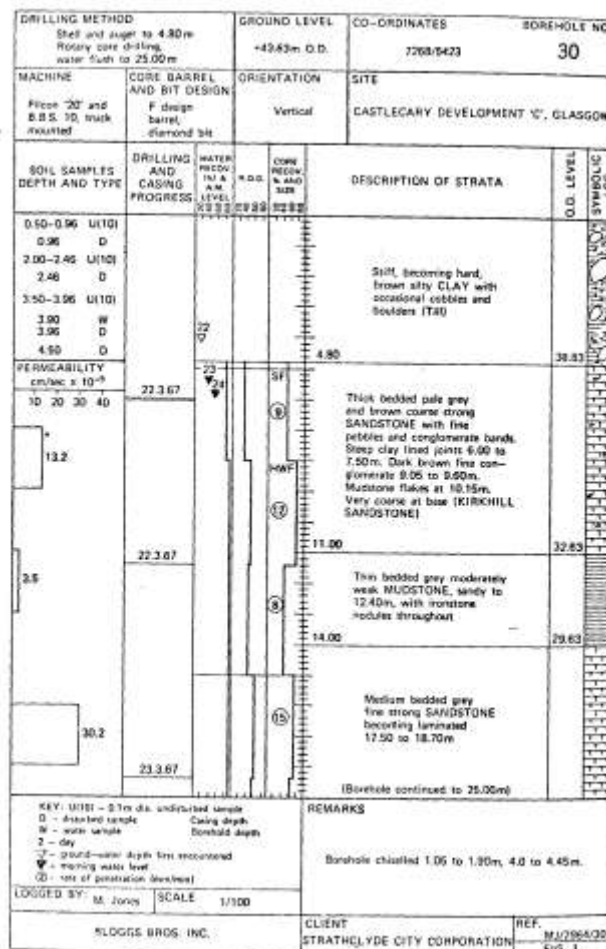
ü Vzorkování vrtného jádra

- litologicko-stratigrafické schéma vrtu + popis vrstev, hloubka vrtu

- případně výsledky karotáže (když byla provedena)

- RQD výnos jádra

RQD 70 = z jednoho metru vrtu dostanu 70cm jádra (s kusy většími než 10cm)

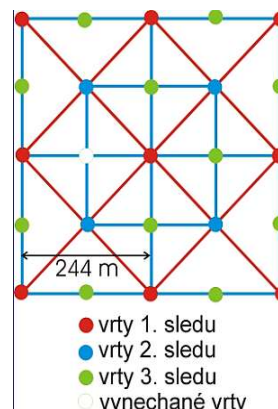


Volba vzorkovací sítě

- ✓ Tvar a hustota – funkce vzorkovací metody, přístupnosti místa, geologické situace, cíle projektu a požadavky vyhodnocení
- ✓ Pravidelná vs. nepravidelná síť
- ✓ Výsledný tvar – kompromis mezi přáním a možnostmi
- ✓ Optimalizace vzorkovací sítě – získat přesný počet vzorků potřebných pro konturaci ložiska zjištění obsahu užitkové složky

Optimalizace hustoty vzorkovací sítě - statistické metody

- ✓ Oblast vlivu daného vzorku = míra korelace mezi dvěma sousedními vzorky
- ✓ Zahuštění na střed (s každou etapou se počet prací zdvojnásobí)
- ✓ Zahuštění na poloviční vzdálenost (s každou etapou počet prací roste čtyřnásobně)



Optimalizace hustoty vzorkovací sítě - geostatistické metody

- ✓ Parametry (proměnné) klasické statistiky nepostihují prostorový aspekt
- ✓ **Geostatistika** s pomocí **variogramů** (Matheron 1963, 1971)
- ✓ Práce s náhodnými proměnnými
- ✓ Ložiskové parametry (kvalitativní i kvantitativní) – náhodné prostorové proměnné
- ✓ Rozmístění – ovlivněno genezí, dále isotropie vs. anisotropie, homogenita vs. nehomogenita, stacionarita
- ✓ *vztahy mezi vzorky*

Výpočet variogramu

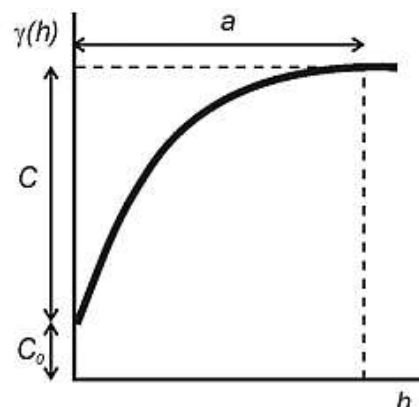
- ✓ Kvantifikace prostorové proměnlivosti určitého parametru
- ✓ Proměnlivost mezi 2 vzorky je závislá na jejich vzdálenosti a relativní orientaci

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} (z_{(h)} - z_{(i+h)})^2}{2n(h)}$$

- ✓ kde $\gamma(h)$ je funkce variogramu, $n(h)$ je počet párů použitých ve výpočtu, z je zkoumaná proměnná (kovnatost, mocnost vrstvy atd.), (i) je pozice vzorku v páru a $(i+h)$ je pozice druhého vzorku v páru vzdáleného o h metrů od $z(i)$

Interpretace variogramu

- ✓ Nulový bod (vzdálenost $h = 0$)
- ✓ **Efekt zbytkového rozptylu (nuggetový efekt; nugget effect) C_0** - ani v nulovém bodě nemusí být rozpuštěný vzorek stejný
- ✓ Nárůst variability se vzdáleností h až do určité meze (**a**) (**range**)
- ✓ **Práh variogramu (sill) $C+C_0$** – více vzdálené vzorky ($a > h$) již jsou nezávislé



$$\gamma(h) = C_0 + C \left(\frac{3h}{2a} - \frac{1(h)^3}{2(a)^3} \right)$$

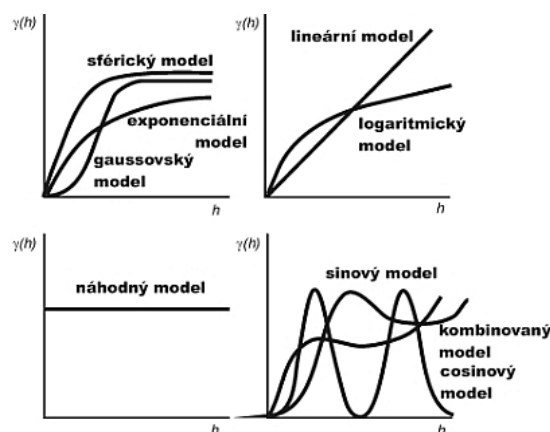
$h < a$

$$\gamma(h) = C_0 + C$$

$a < h$

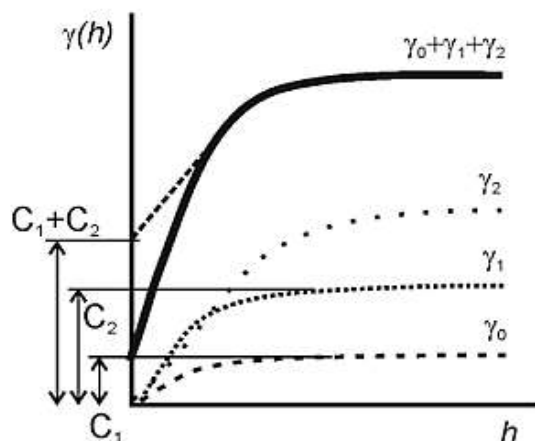
Modely variogramu

- ✓ **Modely přechodového typu** – lineární (Matheronův), exponenciální (Formeryho) nebo parabolický (Gaussův) průběh v počátku
- ✓ **Modely bez přechodu** (prahu)
- ✓ **Modely náhodného typu** – v daném poli neexistuje kontinuita (resp. ji nelze zvoleným systémem pozorování postihnout)

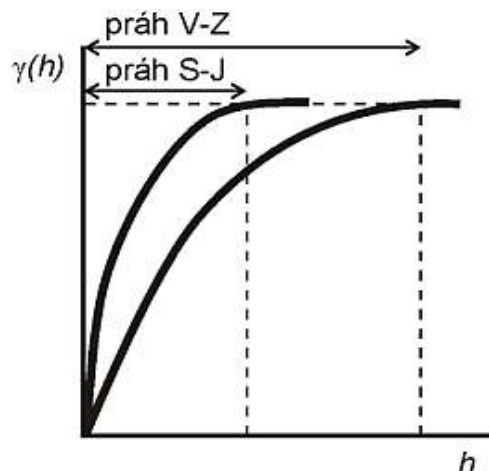


Variabilita variogramu

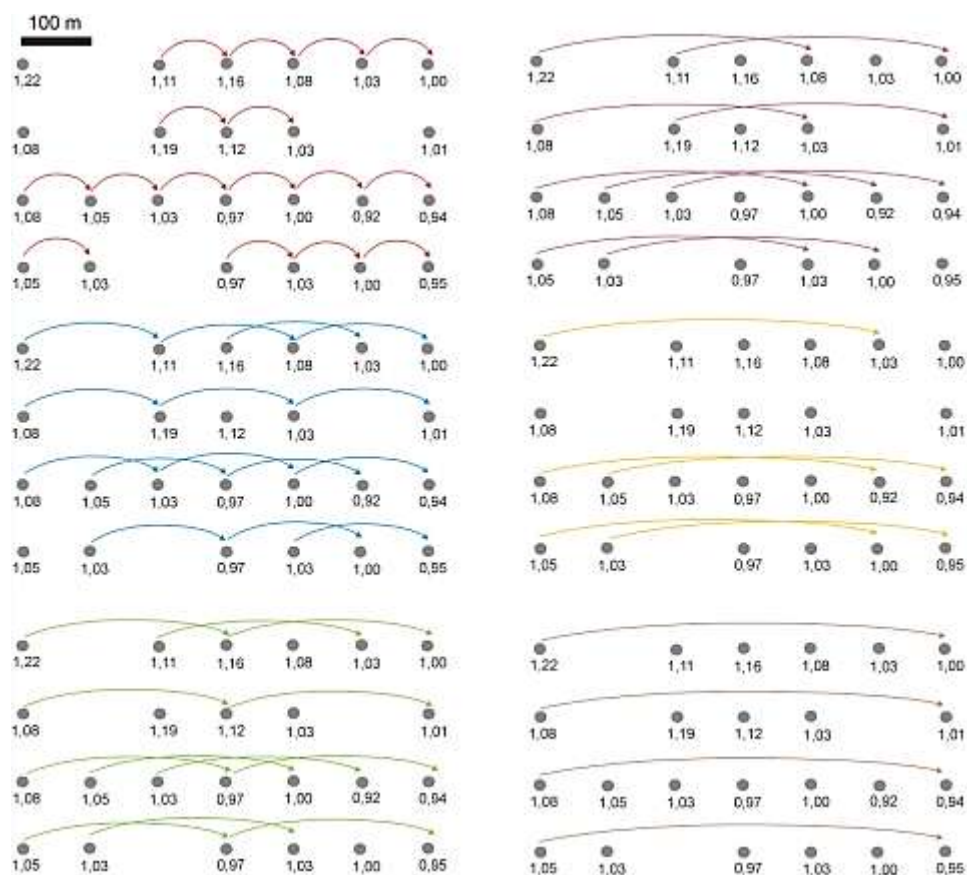
**Variabilita způsobená úrovní pozorování
(model heterogenity, též model strukturální)**



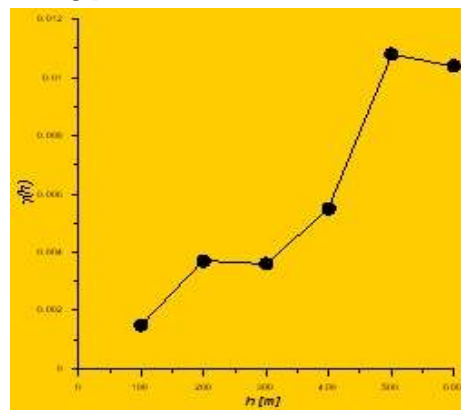
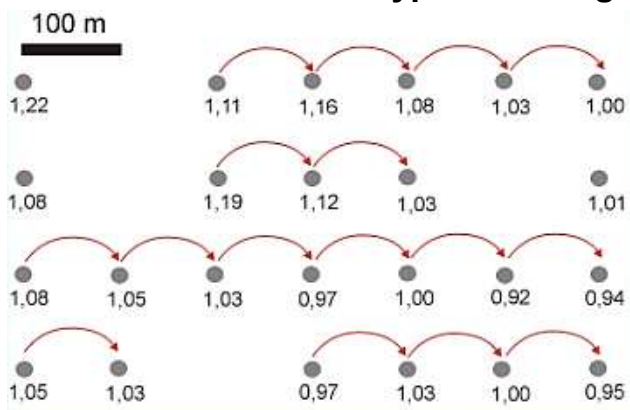
Variabilita způsobená směrem pozorování (anisotropní model)



Výpočet variogramu - 1. vytvoření párů vzorků



Výpočet variogramu – 2. výpočet



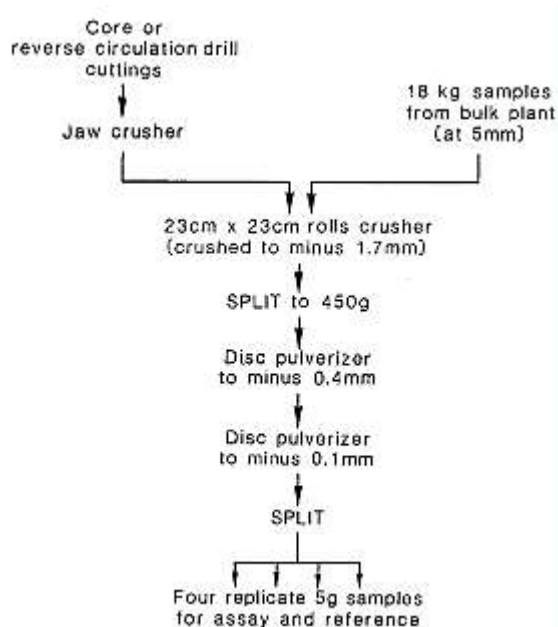
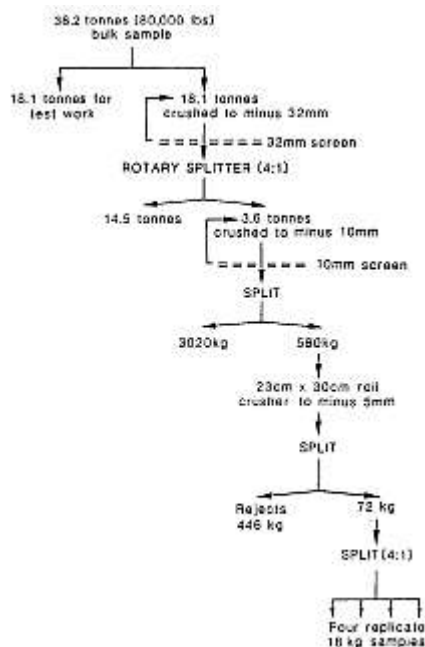
$$\gamma(100) = (1,11-1,16)^2 + (1,16-1,08)^2 + (1,08-1,03)^2 + (1,03-1,00)^2 + (1,19-1,12)^2 + (1,12-1,03)^2 + (1,08-1,05)^2 + (1,05-1,03)^2 + (1,03-0,97)^2 + (0,97-1,00)^2 + (1,00-0,92)^2 + (0,92-0,94)^2 + (1,05-1,03)^2 + (0,97-1,03)^2 + (1,03-1,00)^2 + (1,00-0,95)^2 = 0,0481/(2 \times 16) = \underline{0,0015}$$

Příprava vzorku

- ✓ Vzorek terénní
- ✓ Redukce velikosti
- ✓ Vzorek analytický
- ✓ Způsob analýzy vzorku (zjištění obsahu užtkové složky vs. technologické vlastnosti, tj. rozdíl mezi rudní a nerudní geologií)

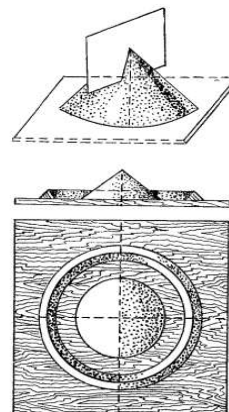
Redukce velikosti

- ✓ Sled etap - postupná redukce velikosti vzorku až na množství potřebné k analýze
- ✓ Zmenšení velikosti 1.000x (z kg na g) až 1.000.000x (z t na g)



Kvartování

- ✓ Nástroj postupné redukce velikosti vzorku až na množství potřebné k analýze
- ✓ Dělení namletého vzorku na kvadranty, pro jemnější mletí a další redukce se bere např. I. a III. kvadrant, II. a IV. kvadrant se ponechají jako rezerva



Technologické vzorkování

- ✓ Technologie úpravy a zpracování
- ✓ Technologický vzorek – průměrný charakter nerostné suroviny v daném ložisku
- ✓ Laboratorní – vzorek kg-100 kg, odběr i z vrtů
- ✓ Poloprovozní – vzorek do 1 t, odběr z šachtic nebo průzkumných děl specializovaná pracoviště, návrh postupu zpracování
- ✓ Provozní – plošný nebo objemový vzorek X0 t, ověření provozu, odběr z důlních děl nebo lomů