

1. část

Výpočet zásob ložisek nerostů

Obsah

1. Výpočet zásob ložisek nerostů

Úvod do problematiky výpočtu zásob

Účel a výstupy výpočtu zásob

6

2. Základy výpočtu zásob ložisek nerostů

Výpočet zásob v objemových jednotkách

Výpočet zásob ve váhových jednotkách

Základní parametry výpočtu zásob

8

11

3. Odvozování základních parametrů výpočtu zásob

3.1 Mocnost ložiskového tělesa

3.2 Plocha ložiskového tělesa

3.3 Objemová hmotnost zásob

3.4 Obsah užitkové složky

12

15

16

34

43

49

číslo snímku

Obsah

4. Metody výpočtu zásob ložisek nerostů

4.1 Rozdělení metod výpočtu zásob

60

4.2. Metoda geologicko-těžebních bloků

61

Metoda mnohoúhelníků (Boldyrev)

4.4 Metoda trojúhelníků

65

4.5 Metoda řezů

69

4.6 Metoda izolinií

73

4.7 Statistické interpolační metody

77

4.8 Krigovací metody

80

4.9 Metody výpočtu zásob ropy a plynu

86

4.10 Několik poznámek závěrem

92

5. Jakostní charakteristika zásob

Způsoby hodnocení

98

Jakostní parametry podmínek využitelnosti

99

101

Obsah

Jakostní parametry zvláštního významu	102
Jakostní parametry ostatní	103
Kontrola přesnosti laboratoří	104
6. Hlavní části výpočtu zásob	
6.1 Hlavní části a výstupy výpočtu zásob	
6.2 Prostorový model ložiska	107
6.3 Numerická část výpočtu zásob	109
6.4 Textová část výpočtu zásob	129
6.5 Přesnost a hodnověrnost výpočtu zásob	135
7. Vytěžitelné zásoby	
Výpočet zásob a vytěžitelné zásoby	147
Metoda výpočtu pro odvozování vytěžitelných zásob	154
	162

Obsah

Metoda analogie pro odvozování vytěžitelných zásob	164
Metoda studií pro odvozování vytěžitelných zásob	173
Vytěžitelné a obchodovatelné zásoby	174
8. Výpočet zásob a dokumentace ložiska	
Vedení a doplňování geologické dokumentace	175
Literatura	177
Přílohy	179

Výpočet zásob ložisek nerostů (1)

Úvod do problematiky výpočtu zásob (1)

Zásoby ložiska nerostů byly definovány v úvodní části práce (srovnej snímek 15 v části Klasifikace zásob ...). Zásoby jsou však zmiňovány ve více částech zákona č. 44/88 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) PŘ. 1 .

Povinnost „evidovat stav zásob výhradního ložiska a jeho změny“ je zakotvena jako třetí v pořadí mezi povinnostmi organizací vykonávajících vyhledávání, průzkum nebo dobývání výhradních ložisek nebo jinou hornickou činnost, jak je uvádí již citovaný horní zákon PŘ. 1.

I výpočet zásob je vícekrát zmiňován v horním zákonu. Nejpodstatnější z nich je povinnost organizace vyhodnocovat výsledky vyhledávání a průzkumu ložiska s tím, že

součástí vyhodnocení je výpočet zásob (§ 14 horního zákona, srovnej i další texty týkající se výpočtu zásob PŘ. 1) .

Výpočet zásob ložisek nerostů (1)

Úvod do problematiky výpočtu zásob (2)

Horní zákon řeší jen základní rámec výpočtů zásob ložisek nerostů.

Podrobnosti týkající se výpočtů zásob upravuje obecně závazný právní předpis, který byl vydán jako vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek Př. 2.

Výpočtu zásob se týká §18 výše citované vyhlášky č. 369/2004 Sb. a také jeho příloha č. 10, o postupu při zpracování a náležitosti výpočtu nebo přepočtu zásob.

Tato příloha nahrazuje dříve vydané předpisy týkající se rozsahu a obsahu výpočtů zásob. Legislativní řešení výpočtů zásob v České republice tak zachovává určitou návaznost na dříve uplatňované postupy, kdy obdobné předpisy vydávala dnes již neexistující Komise pro klasifikaci zásob ložisek nerostných surovin (KKZ).

Výpočet zásob ložisek nerostů (1)

Účel a výstupy výpočtu zásob ložisek nerostů (3)

Výpočet zásob je základem pro :

- **zpracování projektů a hodnocení výsledků všech etap ložiskového průzkumu;**
- **projektování a otvírku nových dolů, nových pater a nových těžebních řezů;**
- **pro zpracování projektů přípravy a dobývání ložiska;**
- **zpracování závěrečné zprávy o ukončení hornické činnosti na ložisku;**
- **evidenci a státní bilanci zásob.**

Výpočet zásob provází ložisko po celou dobu jeho existence. Výpočet zásob je výchozím zdrojem informací pro většinu důležitých rozhodnutí ve všech etapách osvojování ložisek nerostů.

Výpočet zásob ložisek nerostů (1)

Nejdůležitější výstupy výpočtu zásob (4)

Hlavní výstupy výpočtu zásob jsou:

- sestavení prostorového modelu ložiska;
- geometrizace ložiskových těles;
- odhad hmotnosti zásob v dílčích blocích;
- zařazení zásob do kategorií prozkoumanosti a do druhu zásob podle jejich vhodnosti k využití;
- zhodnocení jakostních charakteristik zásob;
- posouzení hodnověrnosti a přesnosti vstupních dat a ocenění přesnosti odhadu stanovených zásob.

Součástí některých výpočtů bývá i odvození tzv. vytěžitelných zásob.

Výpočet zásob ložisek nerostů (1)

Další výstupy výpočtu zásob (5)

Výsledky výpočtu zásob poskytují rovněž podklady pro:

- zhodnocení geologických, tektonických, báňsko-technických, hydrogeologických a plynových poměrů na ložisku pro potřeby otvírky, přípravy a dobývání ložiska;
- zhodnocení jakostních charakteristik zásob ve vztahu k možnostem jejich úpravy, otvírky a dobývání ložiska;
- posouzení dopadů těžby a úpravy nerostů na životní prostředí,
- posouzení vlivu dobývání na povrch;
- vyhodnocení vhodnosti aplikované metody geologického průzkumu a těžby na ložisku včetně zhodnocení intenzity využívání zásob ložiska.

Základy výpočtu zásob ložisek nerostů (2)

Výpočet zásob v objemových jednotkách (1)

Zásoby se počítají v různých jednotkách :

- 1. V objemových jednotkách** (např. v metrech krychlových, litrech, barelech) podle vztahu:

$$Z_V = V$$

kde :

$$V = P \cdot m$$

Z_V .. zásoby v objemových jednotkách

P plocha ložiskového tělesa,

m ... mocnost ložiskového tělesa,

V objem ložiska.

Příklady : zemní plyn (m^3), štěrkopísky a písky (m^3)

Základy výpočtu zásob ložisek nerostů (2)

Výpočet zásob ve váhových jednotkách (2)

2. Ve váhových jednotkách (např. v tunách, v kilotunách
(1 kt = 1000 t) podle vztahu :

$$Z = V \cdot \gamma$$

kde :

Z ... zásoby ve váhových jednotkách

V.... objem ložiska

γ objemová hmotnost.

Příklady : černé uhlí (kt), zlato (kilogramy, tuny)

Poznámka: Je třeba rozlišovat nerosty (jako užitečnou složku), rudu (která obsahuje nerosty a neúžitkovou složku-např. z rudních žil), těženou surovinu (která obsahuje nerosty, neúžitkovou složku a hlušinu-např. z překopů aj). Těmto skutečnostem je třeba výpočet zásob přizpůsobit.

Základy výpočtu zásob ložisek nerostů (2) Výpočet zásob ve váhových jednotkách-rudy (3)

3a. U rud nás kromě váhy suroviny často zajímá i váha kovu.

Je-li obsah užitečné složky stanoven ve váhových jednotkách (např. gramech na tunu) vypočte se váha kovu:

$$Z_{pv} = V \cdot \gamma \cdot p_V$$

kde :


Z_{pv} , váha kovu

p_V ...obsah užitečné složky ve váhových jednotkách

V objem ložiska

γ objemová hmotnost.

Příklad: zlato, stříbro (g.t^{-1}), kasiterit v rozsypových ložiscích, slída (kg.m^{-3}), diamanty (karát. t^{-1} , 1 karát= 0,2 g).

Existuje velká variabilita ve způsobu vykazování obsahu užitečné složky. Rozhoduje často tradice (srovnej snímek ). Těmto skutečností je třeba výpočet zásob přizpůsobit.

Základy výpočtu zásob ložisek nerostů (2)

Výpočet zásob ve váhových jednotkách-rudy (4)

3b. U rud nás kromě váhy suroviny často zajímá i váha kovu.

Je-li obsah užitečné složky stanoven v procentech vypočte se váha kovu :

$$Z_{\%} = 0,01 \cdot V \cdot \gamma \cdot p_{\%}$$

kde :

$Z_{\%}$... váha kovu

$p_{\%}$... obsah užitečné složky v procentech

V objem ložiska

γ objemová hmotnost.

Příklady : olovo (%), zinek (%), baryt (%)

Základy výpočtu zásob ložisek nerostů (2)

Základní parametry výpočtu zásob (5)

Ačkoliv existuje řada metod výpočtů zásob, jsou základní parametry všech metod v podstatě totožné :

- **mocnost ložiskového tělesa;**
- **plocha ložiskového tělesa;**
- **objemová hmotnost zásob;**
- **obsah užitečné složky.**

Hlavním problémem výpočtu zásob nejsou vlastní vzorce výpočtu, ale korektní odvození základních parametrů výpočtu zásob.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Mocnost ložiska - typy a jejich přepoččet (1)

Při dokumentaci ložisek nerostných surovin se z hlediska prostorové orientace mocnosti a prostorové orientace ložiskového tělesa rozlišují následující typy mocností:

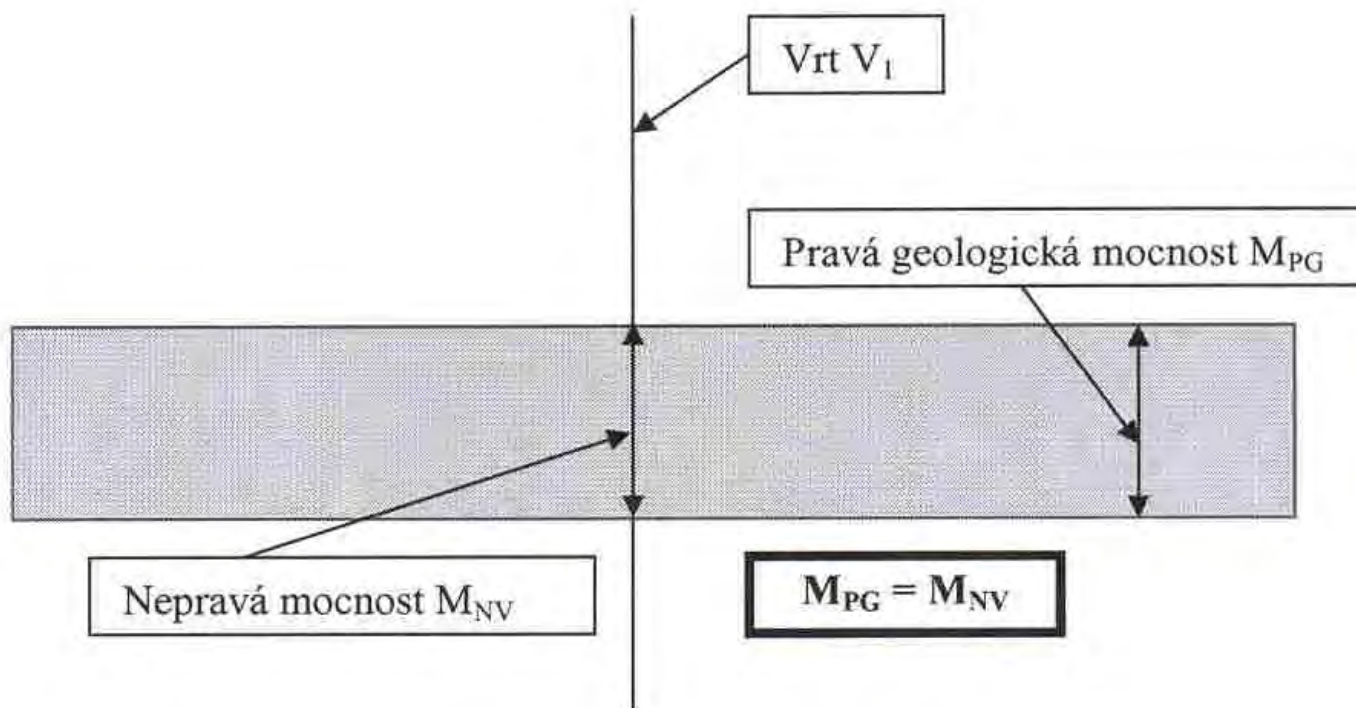
- **pravá mocnost ložiskového tělesa;**
- **nepravá vertikální mocnost;**
- **nepravá horizontální mocnost;**
- **obecně orientovaná mocnost.**

Ve výpočtech zásob se nejčastěji používá pravá mocnost.

S ohledem na vnitřní stavbu ložiskových těles případně na některé jejich vlastnosti (např. vývoj obsahu užitkové složky, báňsko technické vlastnosti ložiska či nadložních hornin) se dále rozlišují mocnosti:
geologická, zásobová, dobývaná, mezná, případně další (viz dále).

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

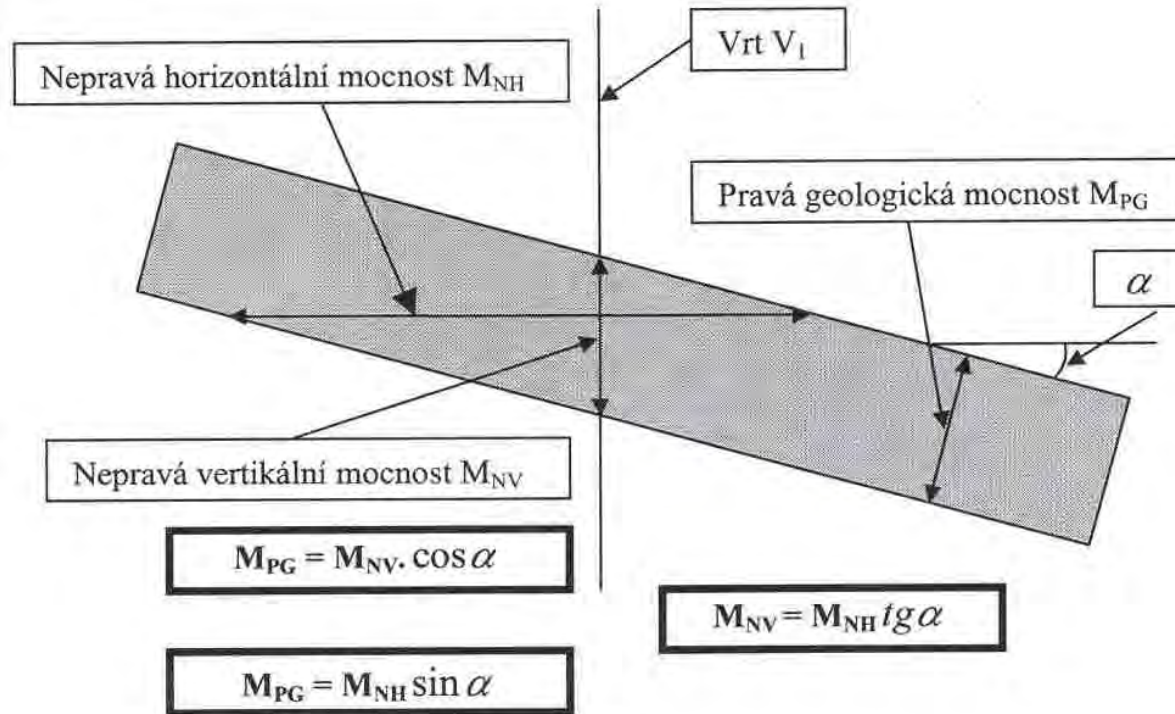
Pravá a nepravá mocnost – vertikální vrt (2)



Teoretický případ vztahu pravé (geologické) mocnosti a nepravé mocnosti v případě horizontálně uloženého ložiska a ideálně vertikálního vrtu (nepravá horizontální mocnost se neurčuje).

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Pravá a nepravá mocnost-vertikální vrt (3)

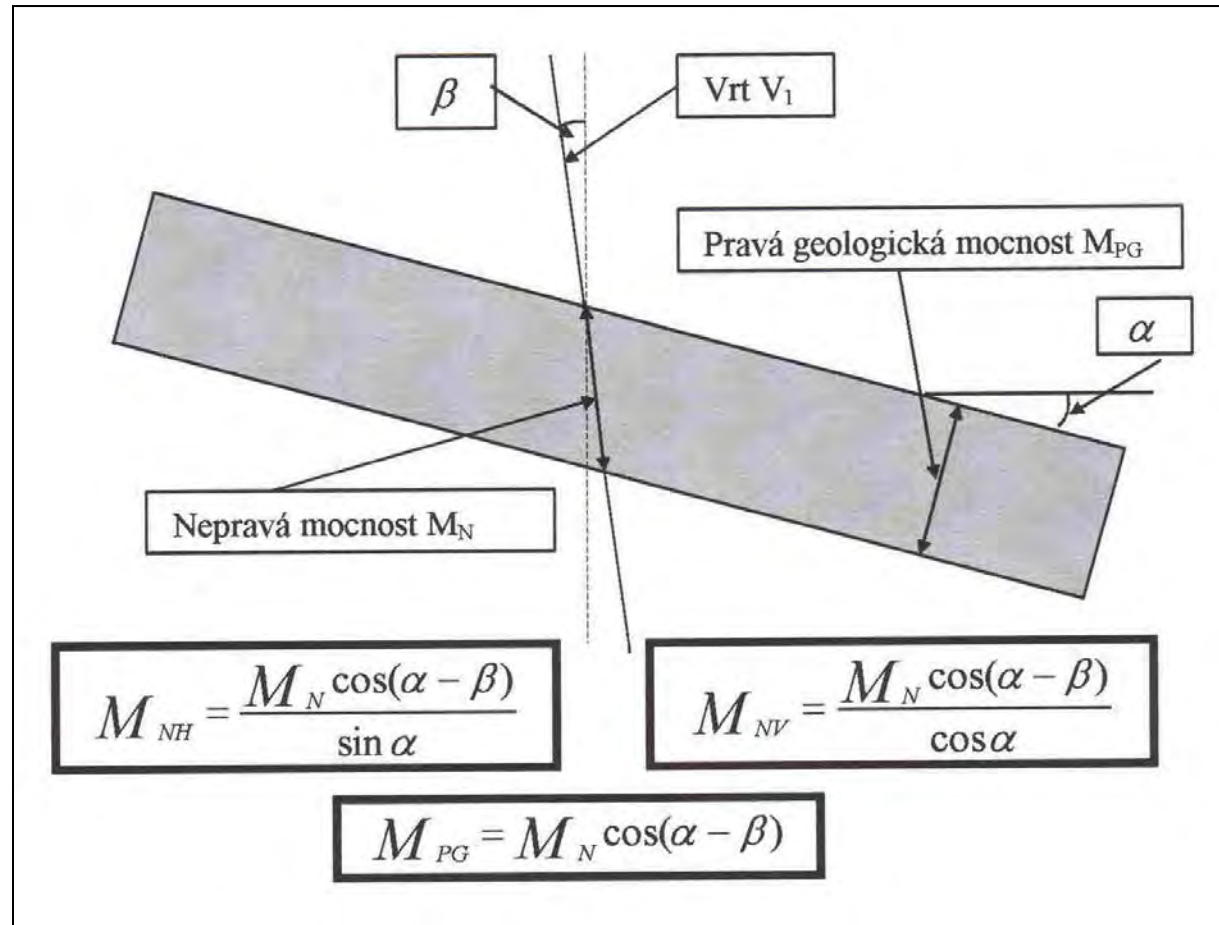


Vztah pravé (geologické) mocnosti a nepravé horizontální a vertikální mocnosti ukloněného ložiska ve vertikálním vrtu.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

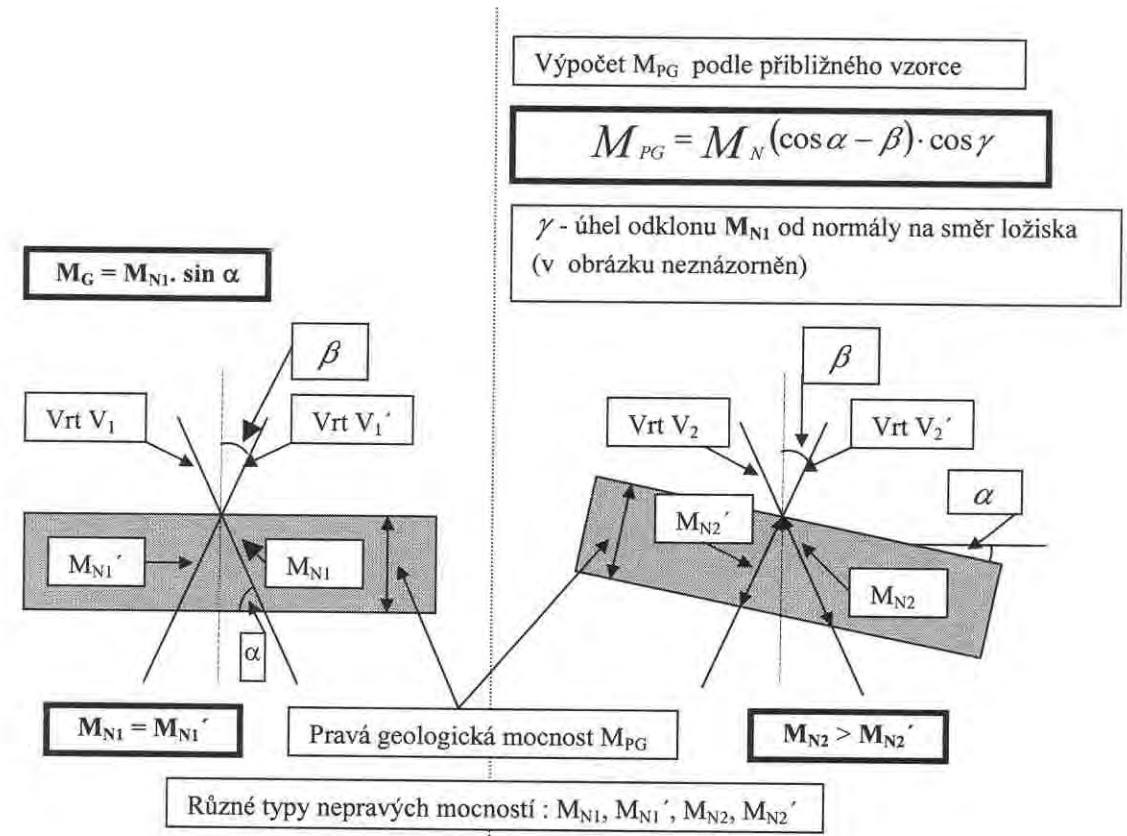
Pravá a nepravá mocnost - ukloněný vrt (4)

Vztah pravé (geologické) mocnosti a nepravé vertikální mocnosti ukloněného ložiska v ukloněném vrtu.



Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Pravá a nepravá mocnost–obecně ukloněný vrt (5)



Vztah pravé (geologické) mocnosti a obecně orientované nepravé mocnosti ukloněného ložiska v obecně orientovaném vrtu.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Vliv výnosu jádra na určení mocnosti ložiska (6)

Kromě prostorové orientace měřené mocnosti ložiska k prostorovému uložení ložiskového tělesa má na přesnost stanovení mocnosti ložiska v průzkumných vrtech také vliv

velikost výnosu jádra (resp. velikost ztráty jádra) z ložiska.

Týká se to zejména případů, kdy ložisko je tvořeno nerosty menší pevnosti, případně je tektonicky porušené aj.

Velikost ztráty jádra v jednotlivých vrstvách (a tedy i v ložisku) lze jen velmi nesnadně stanovit, proto je nezbytné dbát, aby vrty byly bezpodmínečně karotovány.

(karotáž = geofyzika ve vrtech)

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

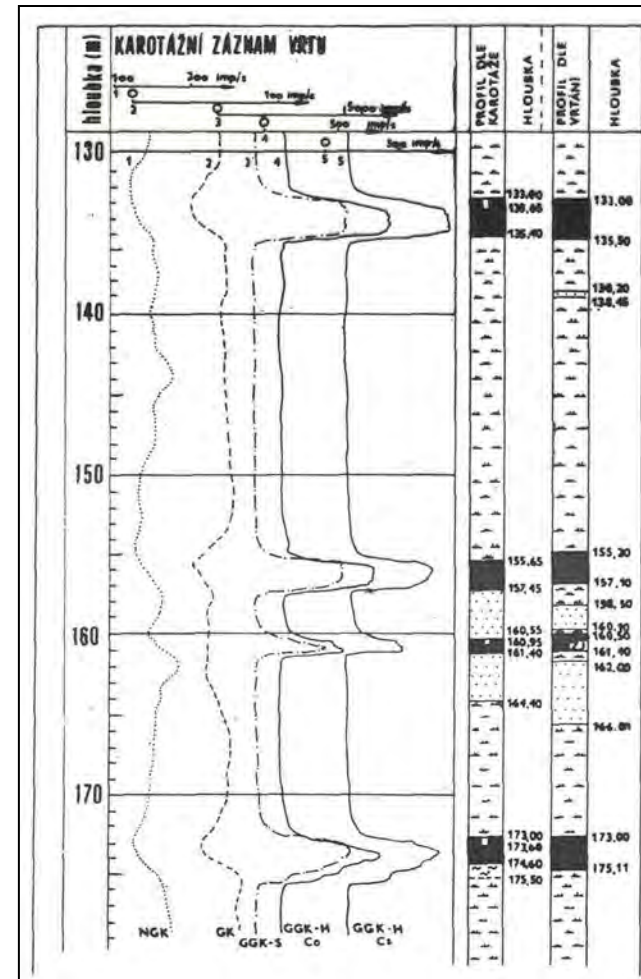
Karotážní diagramy a mocnost ložiska (7)

Příklad vzniku tzv. **přijatého profilu vrtu** z profilu dle vrtání a z profilu dle karotáže.

Při karotáži vrtu bývá zpravidla používáno více metod (česká část hornoslezské pánve).

- NGK : neutron gama karotáž
- GK : gama karotáž
- GGK-S : gama gama karotáž selektivní
- GGK-HCo : gama gama karotáž hustotní se zdrojem Co
- GGK-HCs : gama gama karotáž hustotní se zdrojem Cs

Z karotážních křivek je patrná různá citlivost jednotlivých metod na přítomnost uhelné sloje.



Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Geologická, zásobová a dobývaná mocnost (8)

Mocnost ložiska je u některých nerostů kondičním parametrem, může však být ovlivňována i jiným kondičním ukazatelem (na příklad kovatostí, u uhlí popelnatostí), ale také geomechanickými vlastnostmi průvodních hornin ložiska (nesoudržné nadloží ložiska) i použitou technologií dobývání. Proto se v praxi rozeznává několik druhů mocnosti ložiska :

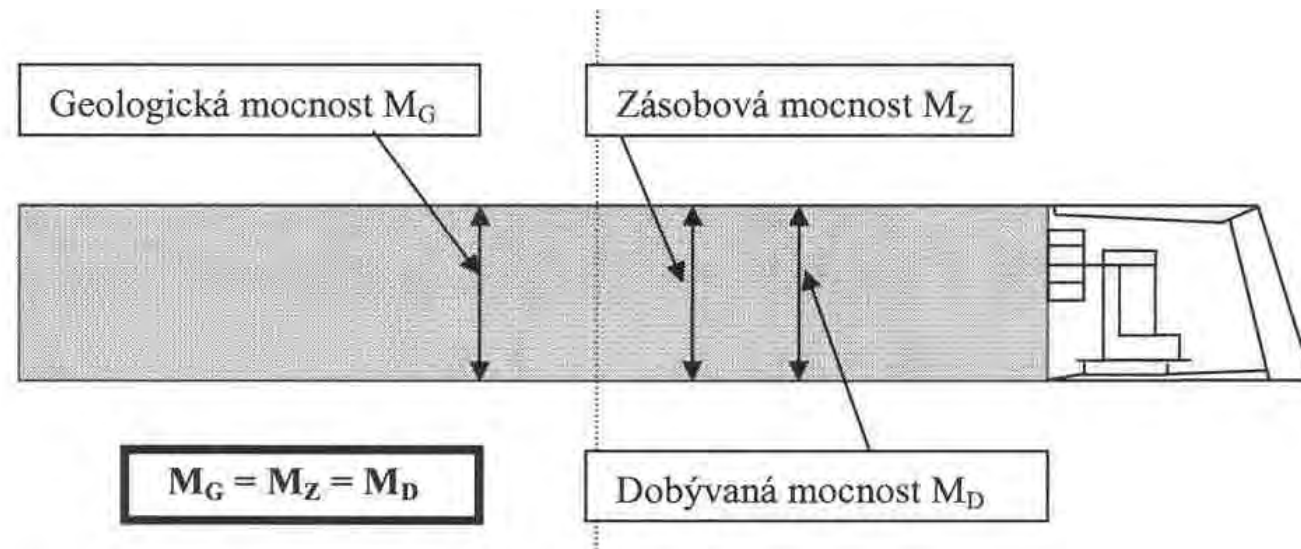
- **mocnost geologická (M_g);**
- **mocnost zásobová (M_z);**
- **mocnost dobývaná (M_d).**

Příklady a vztahy uvedených druhů mocnosti pro uhelná ložiska jsou uvedeny na následujících obrázcích. U jiných typů ložisek a nerostů jsou tyto vztahy obdobné.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Geologická, zásobová a dobývaná mocnost (9)

Nejjednodušším případem vztahu geologické, zásobové a dobývané mocnosti je situace, kdy zmíněné tři mocnosti jsou totožné.

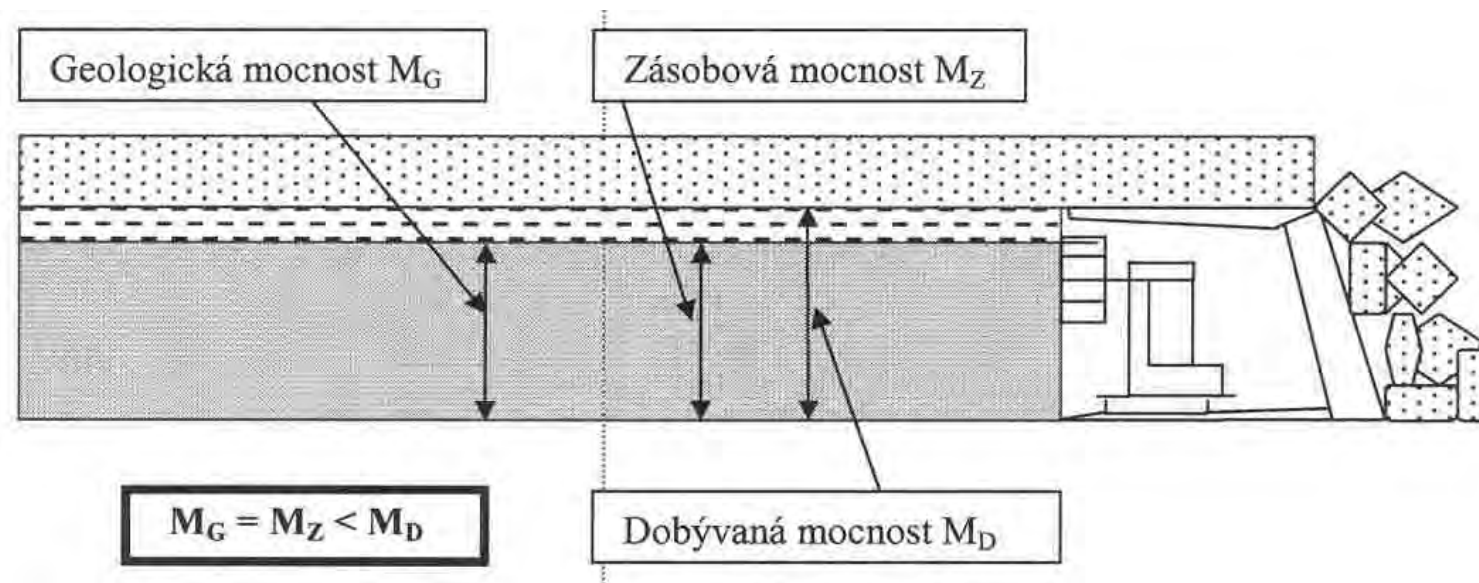


To platí při jednoduché stavbě ložiskového tělesa, vhodné technologii dobývání a příhodným vlastnostem okolních hornin.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Geologická, zásobová a dobývaná mocnost (10)

Případ kdy dobývaná mocnost je větší než mocnost geologická a zásobová v důsledku nesoudržného nadloží (na příklad poloha jílovců pod mocnou polohou pískovců).

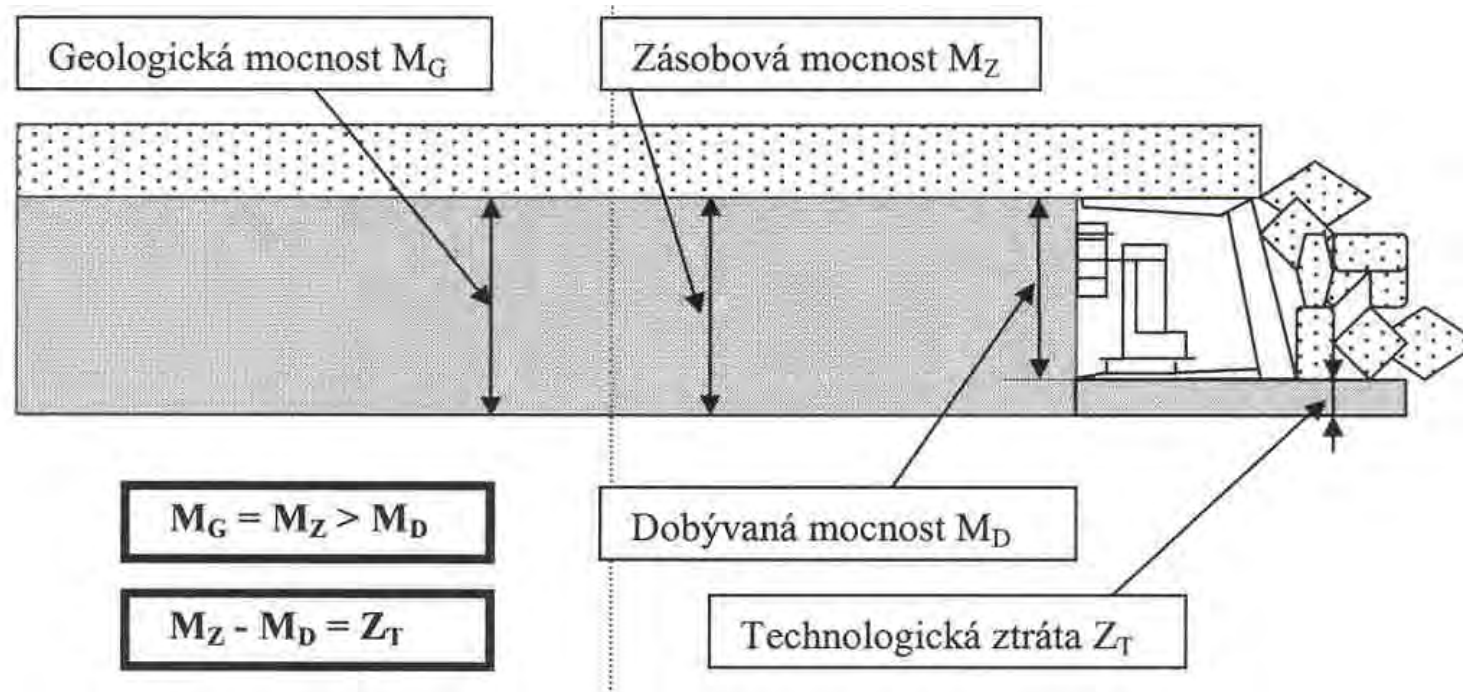


Obdobou je u rudných ložisek přibírka okolních hornin pro malou mocnost ložiskového tělesa (rudní žíly).

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Geologická, zásobová a dobývaná mocnost (11)

Případ kdy dobývaná mocnost je menší než mocnost geologická a zásobová. Část mocnosti sloje je ponechávána v zemi v počvě sloje jako tzv. technologická ztráta (běžné i u rudných ložisek).

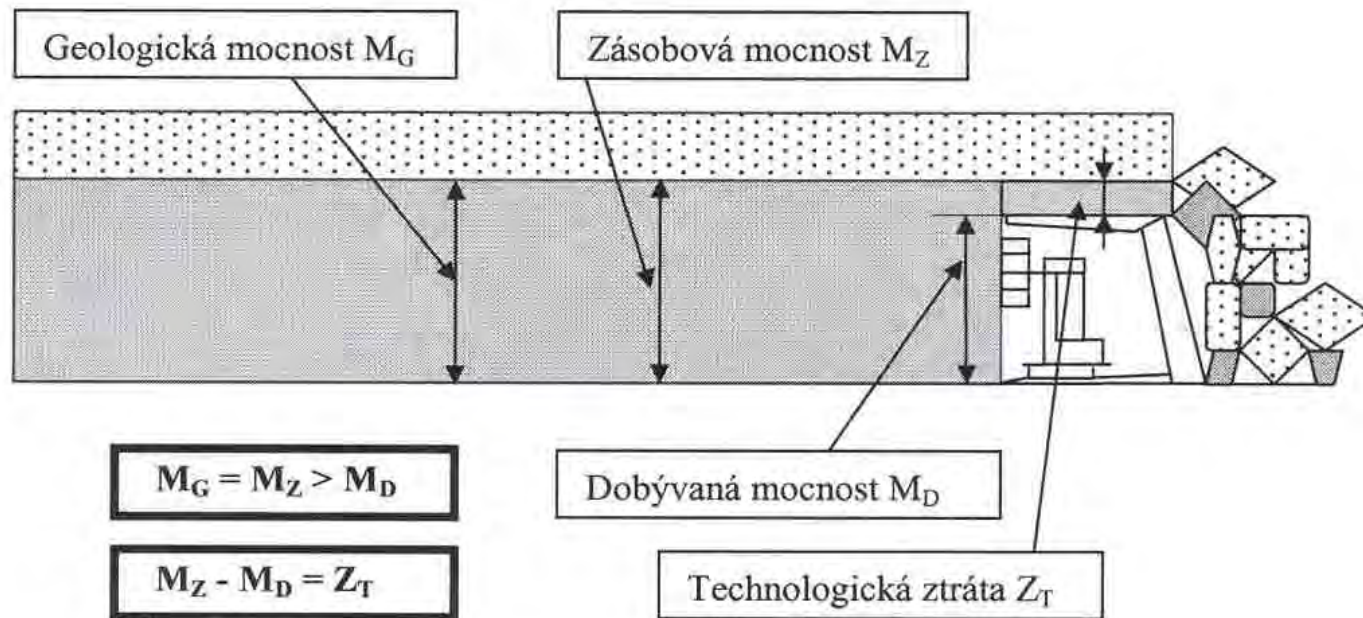


Ponechávání uhlí v počvě je nebezpečné z hlediska prevence otřesů. Obdobné technologické ztráty mohou vznikat i při dobývání nepravidelných rudných těles.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Geologická, zásobová a dobývaná mocnost (12)

Případ kdy dobývaná mocnost je menší než mocnost geologická a zásobová. Část mocnosti sloje je ponechávána v zemi ve stropě sloje jako tzv. technologická ztráta. Důvodem může být variabilní mocnost sloje, nesoudržné nadloží sloje, ochrana proti průvalu vod, výztuž s nedostatečnou výsuvnou výškou.

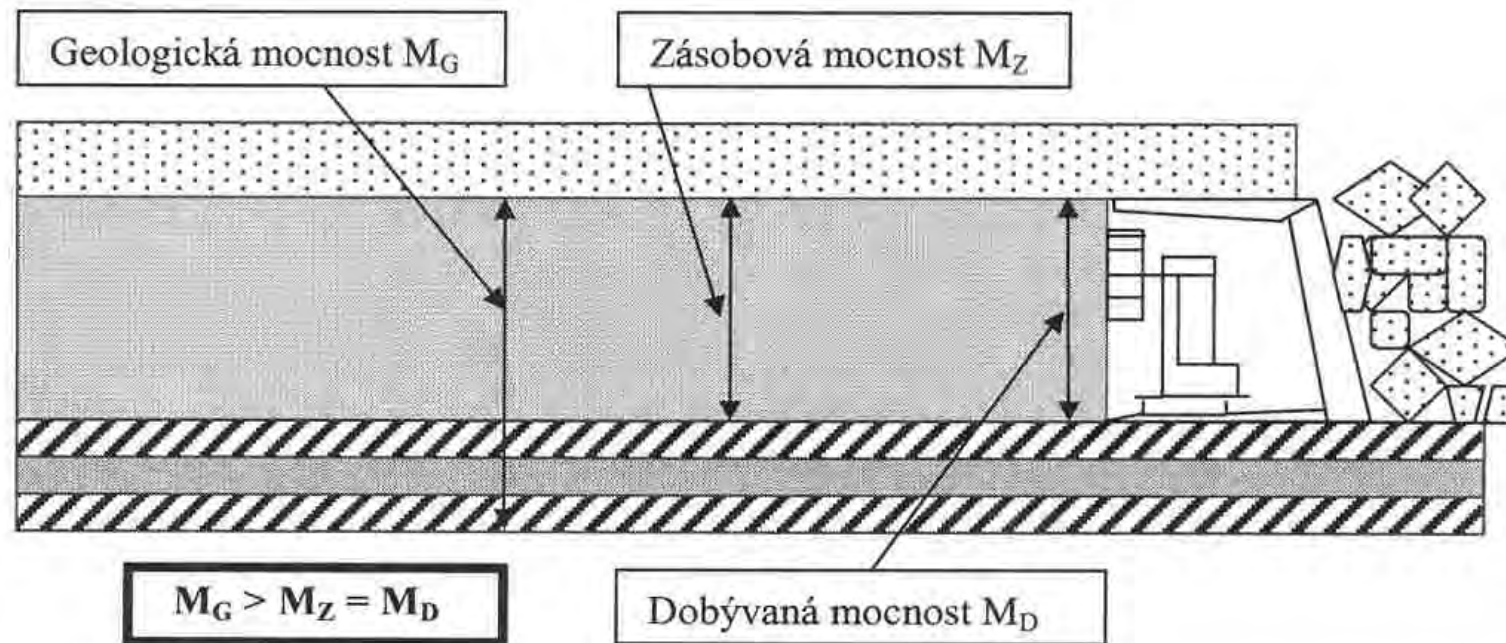


Ponechávání uhlí ve stropě je nebezpečné s ohledem na nebezpečí vzniku záparu.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Geologická, zásobová a dobývaná mocnost (13)

Případ kdy dobývaná mocnost je menší než mocnost geologická a zásobová v důsledku vysoké popelnatosti spodní části sloje, která byla z výpočtu zásob v souladu s podmínkami vyloučena. Nejde proto o technologickou ztrátu.

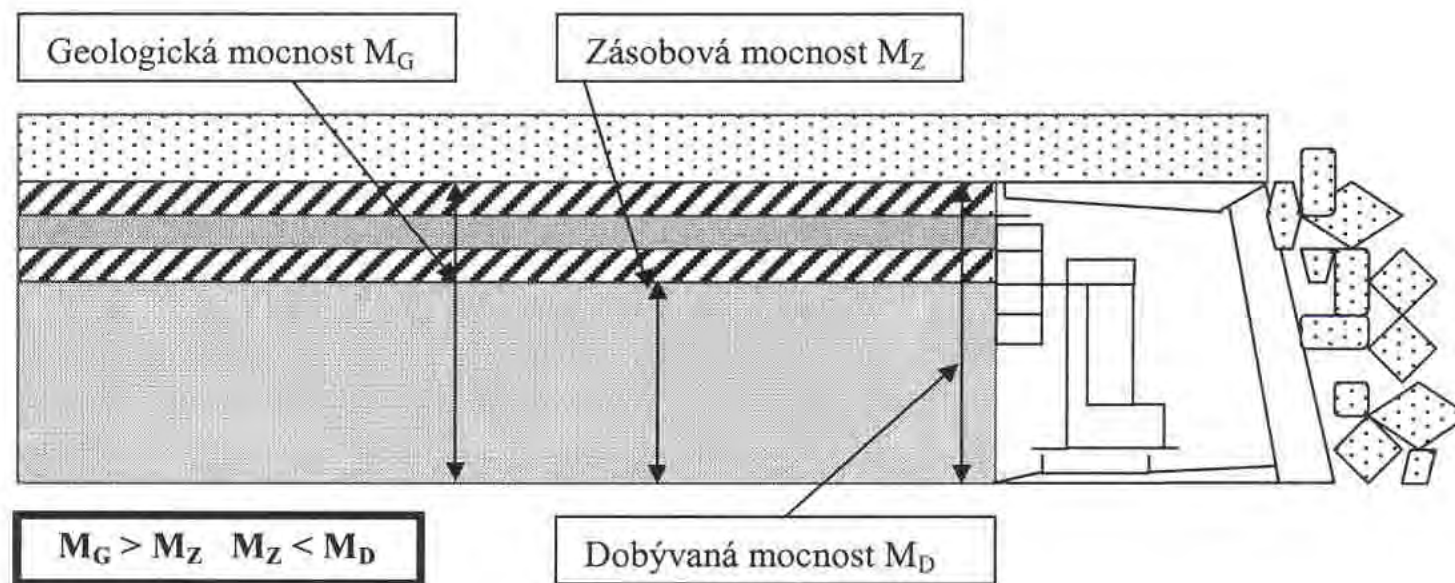


U rudných ložisek je obdobou tohoto případu ponechávání části rudní polohy s nízkou kovatostí.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Geologická, zásobová a dobývaná mocnost (14)

Případ kdy dobývaná mocnost je větší než mocnost zásobová a rovna mocnosti geologické v důsledku vysoké popelnatosti svrchní části sloje, která byla z výpočtu v souladu s podmínkami vyloučena. V tomto případě se jedná o dobývání nebilančních případně tzv. podlimitních zásob.



U rudných ložisek je obdobou tohoto případu situace, kde se do těžby dostává i část nesoudržného okolí ložiska s nízkým či nulovým obsahem kovu.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Výpočet mocnosti ložiska nebo jeho části(15)

Mocnosti ložiskových těles se často složitě mění. Pro výpočet zásob je proto zapotřebí mít co největší počet měření mocností.

Mocnost ložiska, v naprosté většině případů jen jeho částí, (tzv. jednotkový výpočtový blok-nejmenší část výpočtu zásob) se může stanovit na příklad aritmetickým průměrem :

$$m_p = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} = \frac{\sum_1^n m_n}{n}$$

Pozn. : Je třeba mít na zřeteli, že počet měření (n) by měl být takový, aby tvořil statistický soubor. To se často u méně prozkoumaných ložisek nedaří splnit.

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Výpočet mocnosti ložiska nebo jeho části (16)

Mocnost lze v některých případech také stanovit jako vážený průměr, který se může vztahovat:

- na vzdálenost měřených mocností, většinou v důlním díle, vzdálenosti měření jsou často nepravidelné, tvary ložiskových těles se často složitě mění:

$$m_l = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots + m_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} = \frac{\sum_1^n m_i l_i}{\sum_1^n l_i}$$

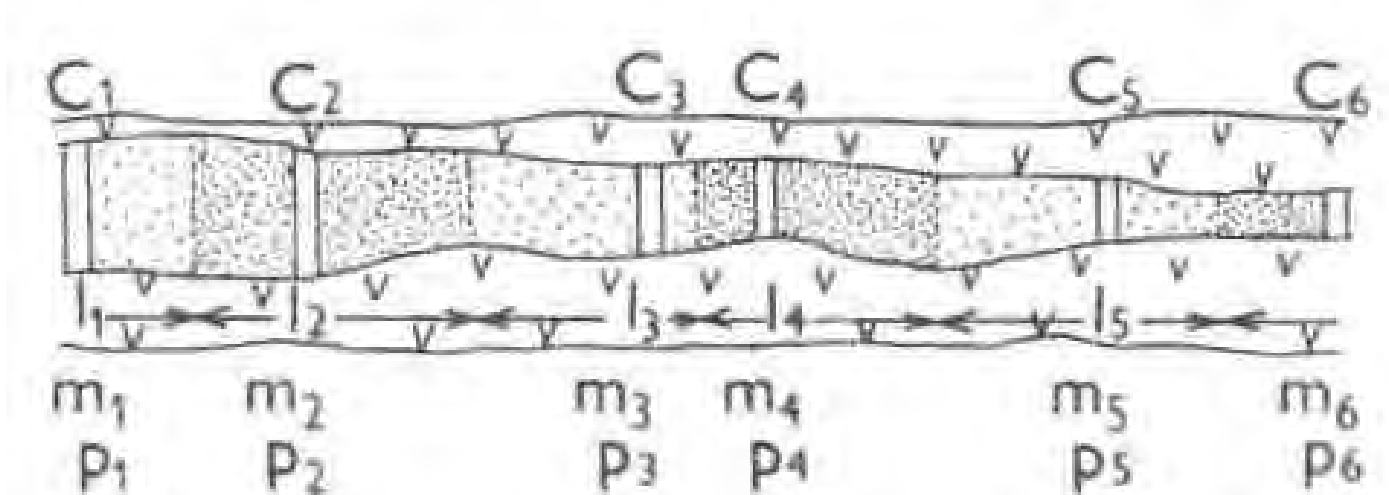
- na plochu, na příklad je-li výpočet zásob proveden metodou mnohoúhelníku (Boldyrev):

$$m_p = \frac{m_1 p_1 + m_2 p_2 + \dots + m_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_1^n m_i p_i}{\sum_1^n p_i}$$

Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Výpočet mocnosti ložiska nebo jeho části (17)

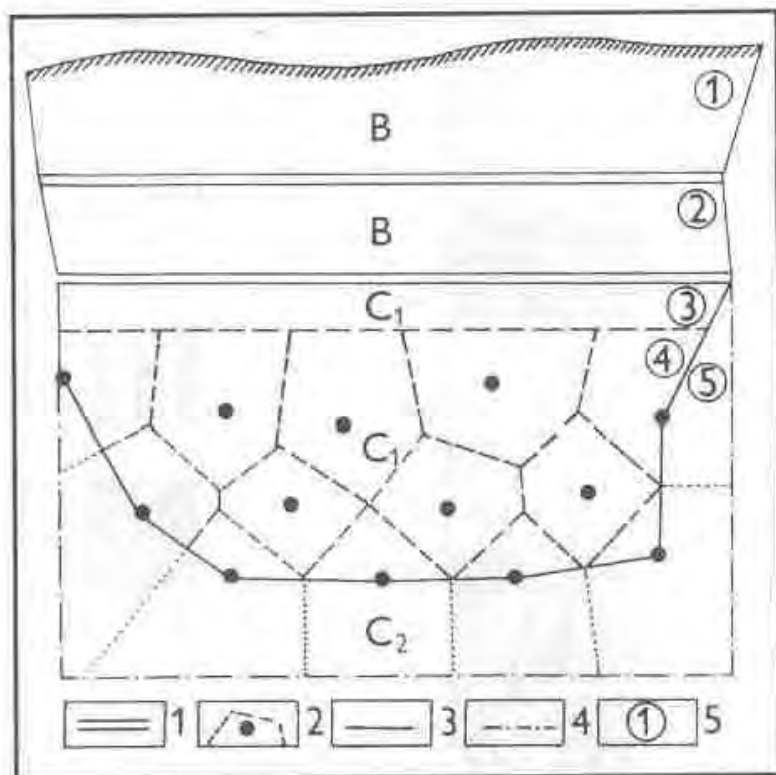
Příklad dokumentování a odečtení hodnot pro výpočet mocnosti váženým průměrem na vzdálenost měřených hodnot v boku raženého důlního díla v ložisku (M. Böhmer M. Kužvart 1993).



Mocnost ložiskového tělesa (3.1)

Výpočet mocnosti ložiska nebo jeho části (18)

Příklad výpočtu mocnosti váženým průměrem z plochy vlivu měřených mocností získaných vrty v nepravidelné síti, po použití metody mnohoúhelníků výpočtu zásob (I. D. Kogan 1971).



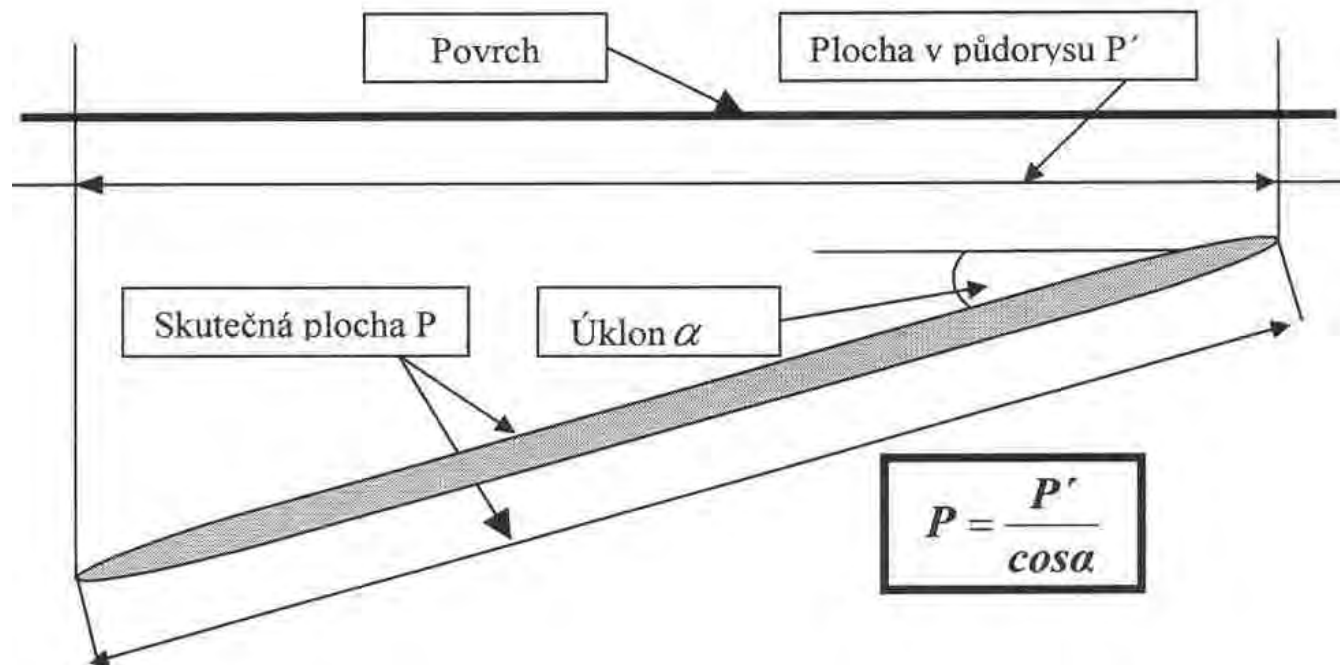
Vysvětlivky:

- 1 – chodby,
- 2 - průzkumné vrty,
- 3 - vnitřní hranice,
- 4 - vnější hranice,
- 5 – čísla výpočetních bloků
(s označením kategorií prozkoumanosti zásob B, C₁, C₂).

Plocha ložiskového tělesa (3.2)

Základní charakteristika parametru (1)

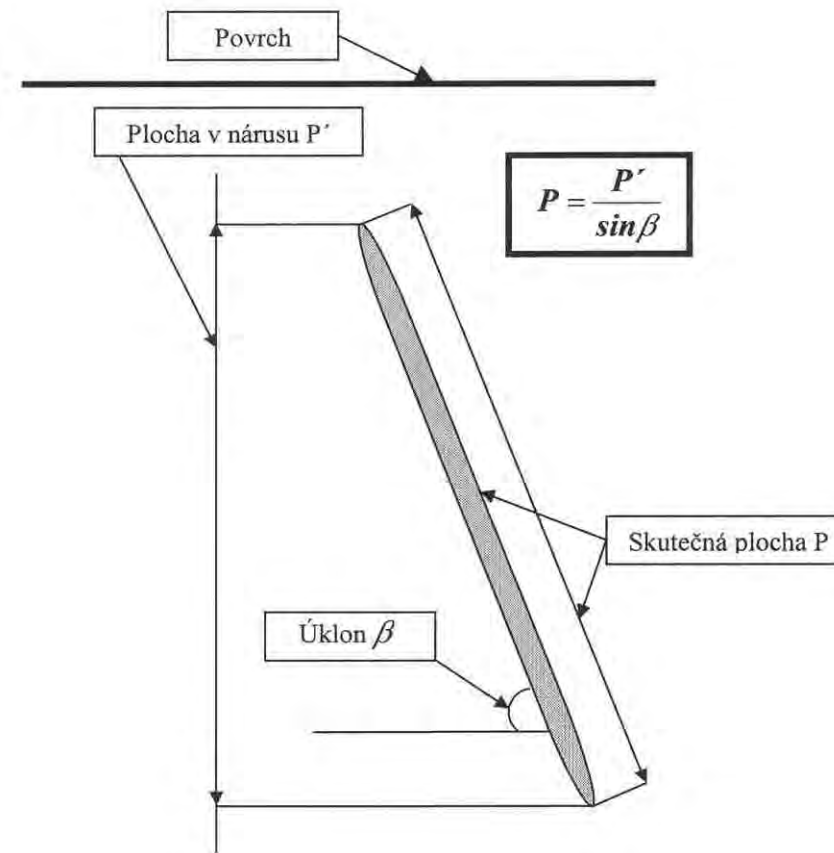
V mapovém podkladu bývá plocha ložiska (resp. jeho část) jiná než plocha skutečná, jelikož většinou ložisko nebývá rovnoběžné s průmětnou rovinou. Ze změřené plochy v průmětné rovině se skutečná plocha vypočte podle jednoduchých vzorců.



Plocha ložiskového tělesa (3.2)

Plocha ukloněného ložiska (2)

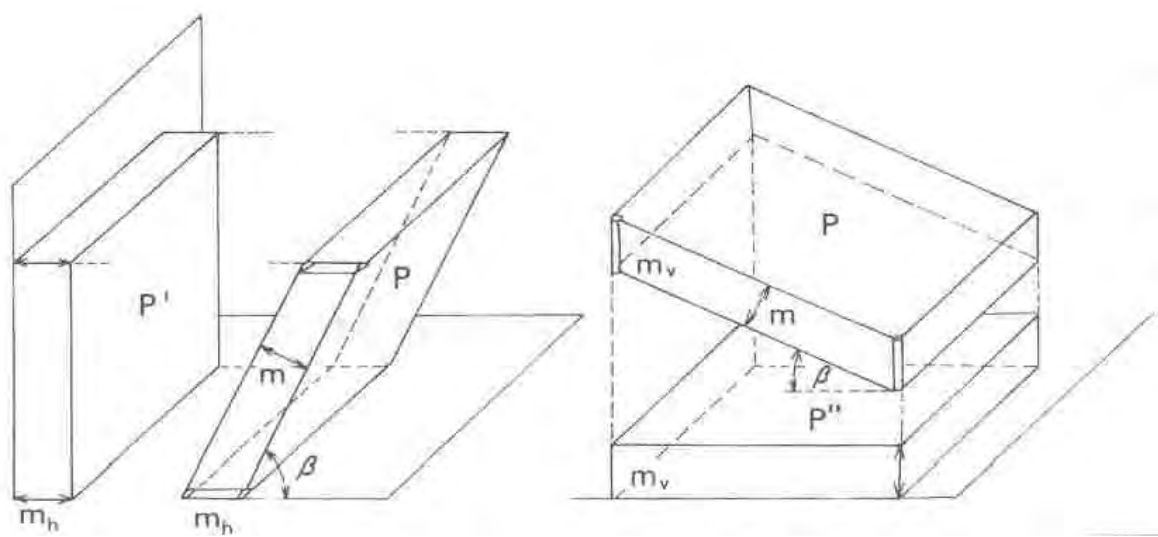
Ve snaze zajistit, aby mapové podklady ložiska byly co nejméně zkreslené, volí se při velkých úklonech ložiska vertikálně orientovaná průmětná rovina, v ojedinělých případech i rovina orientovaná rovnoběžně s ložiskem (to však může být nevýhodné pro některé práce s mapovou dokumentací).



Plocha ložiskového tělesa (3.2)

Plocha ložiskového tělesa a výpočet objemu (3)

Teoreticky lze pro výpočet objemu použít i zkreslenou plochu určenou v náryse či půdoryse, za předpokladu, že se použijí příslušné nepravé mocnosti. Jde o teoretickou úvahu, protože v praxi je zvykem převádět veškeré mocnosti na pravé a plochu ložiska (resp.jeho části) na plochu skutečnou.



$$V = P m$$

$$V = P' m_h$$

$$V = P' m_v$$

Výpočet objemu ze zkreslené plochy
(M. Böhmer M. Kužvart 1993).

Plocha ložiskového tělesa (3.2) Stanovení velikosti plochy ložiska (4)

Plocha ložiska nebo jeho části se stanovuje v mapě zásob,
přičemž existuje několik způsobů :

- **Planimetrováním**, pomocí polárního planimetru.
Měření se pokládá za správně, je-li relativní chyba dvou měření (P_1, P_2) menší než 1%.

$$\Delta P = \left[(P_1 - P_2) : \frac{(P_1 + P_2)}{2} \right] \cdot 100$$

- **Digitálně**, pomocí výpočetní techniky.
- **Výpočtem**, pro pravidelné plochy,
- **Pomocí sítě**, dnes se v podstatě nepoužívá,
Měření se pokládá za správně, je-li relativní chyba dvou měření (P_1, P_2) menší než 3%.

Plocha ložiskového tělesa (3.2)

Stanovení plochy ložiska nebo jeho části (5)

V mapě zásob téměř vždy určíme zkreslenou (nepravou) plochu, kterou musíme na skutečnou plochu přepočítat. Vzorce k tomu používané jsme si již uvedli. Pro jejich použití je však třeba znát

úklon plochy (úklon ložiska)

Úklon ložiska lze určit v závislosti na charakteru řešeného případu několika způsoby :

- měřením úklonu ložiska ve vrtech (na jádře);
- měřením úklonu ložiska v důlních dílech (*in situ*);
- určení úklonu ložiska konstrukčně v mapách a řezech.

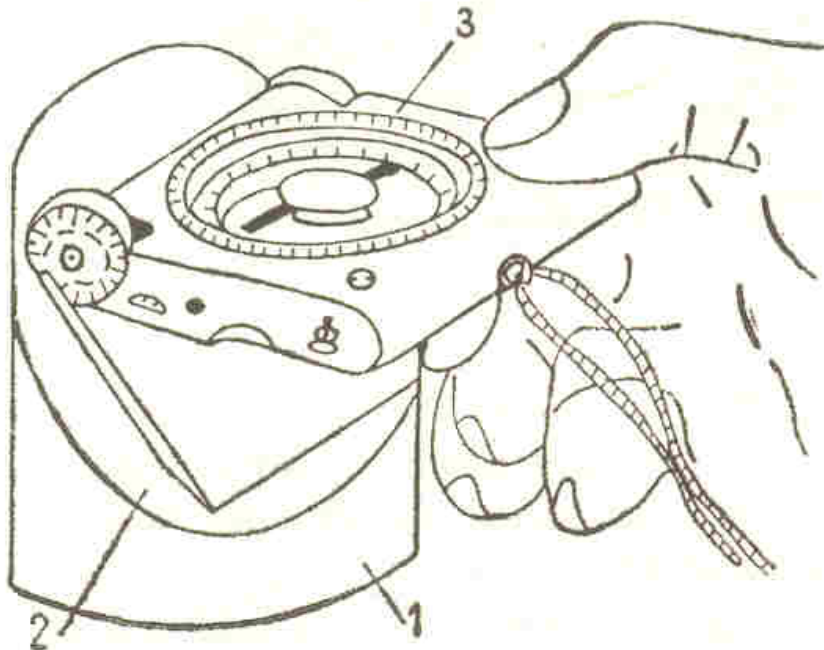
V prvních dvou případech se vypočte průměrný úklon zpravidla jako aritmetický průměr provedených měření. Ve třetím případě se určí konstrukčně.

Plocha ložiskového tělesa (3.2)

Stanovení plochy ložiska nebo jeho části (6)

Měření úklonu ložiska ve vrtech (na jádře)

je značně problematické (malá plocha jádra, nemožnost generalizovat úklon a pod.)



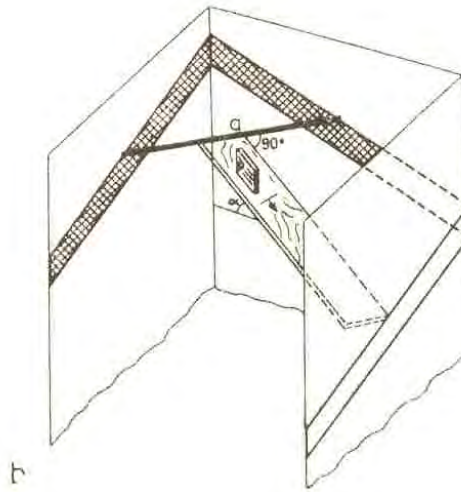
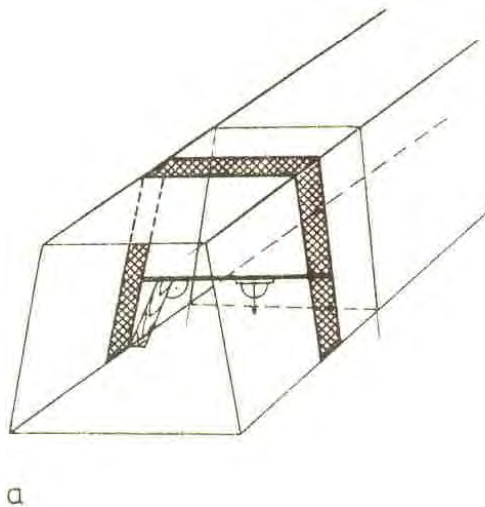
Měření úklonu ložiska na vrtném jádře (Nieć 1982).

Existuje-li větší počet měření vypočte se průměrný úklon zpravidla jako jejich aritmetický průměr.

Plocha ložiskového tělesa (3.2)

Stanovení plochy ložiska nebo jeho části (7)

Měření úklonu ložiska v důlních dílech (*in situ*) je nutno provádět generalizovaně. To je neměřit přímo v jednom či více místech, ale určit průměrný úklon ložiska v důlním díle.



Úklonu ložiska v důlních dílech (Nieć 1982),

a-chodba, b-šibík.

Existuje-li větší počet měření vypočte se průměrný úklon zpravidla jako jejich aritmetický průměr.

Pozor : Úklon ložiska jeví se na stěnách důlního díla je zpravidla vždy zkreslený v důsledku vzájemné orientace důlního díla a ložiska.

Plocha ložiskového tělesa (3.2)

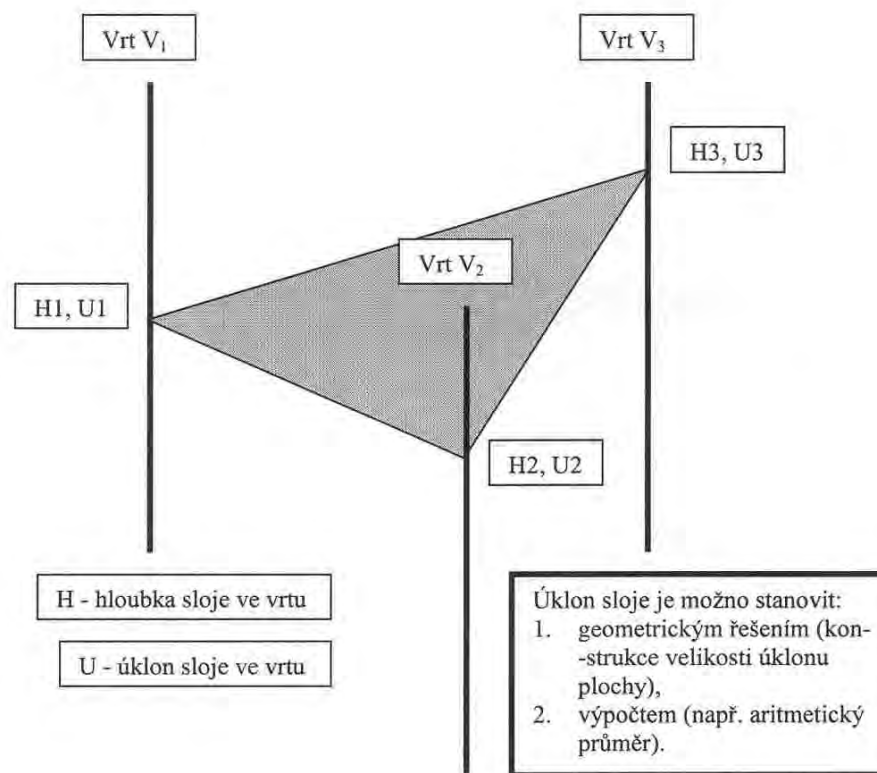
Stanovení plochy ložiska nebo jeho části (8)

Určení úklonu ložiska konstrukčně v mapách a řezech

Po provedené identifikaci a korelaci ložiskových těles a vynesení vrtů do map zásob je možno určit průměrný úklon ložiska.

Určení úklonu ložiska konstrukcí.

Podmínkou správného určení úklonu ložiska (zejména na uhelných ložiscích) je dobře provedená identifikace a korelace.



Plocha ložiskového tělesa (3.2)

Stanovení plochy ložiska nebo jeho části (9)

Určení velikosti úklonu ložiska je vždy problematické, protože úklon ložiska je v ploše proměnlivý a s ohledem na velikost ložiskových těles zpravidla měříme a zjišťujeme lokální úklony, které mohou být značně odlišné od průměrných hodnot.

Vliv úklonu na velikost skutečné plochy ložiska nebo jeho části se do 10° zpravidla zanedbává a ložisko se považuje za uložené horizontálně.

Důvodem je skutečnost, že při úklonu 10° je rozdíl mezi zkreslenou a skutečnou plochou pouhých 1,2 %, což je nízká hodnota s ohledem na vlivy jiných faktorů na stavy zásob ložiska a tím i přesnost jejich stanovení.

Objemová hmotnost zásob (3.3)

Základní charakteristika parametru(1)

Objemová hmotnost zásob (suroviny) je podílem váhy(G) a objemu zásob (V). Udává se zpravidla v $t.m^{-3}$:

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

Objemovou hmotnost lze zjistit několika způsoby :

- 1. laboratorními metodami;**
- 2. výpočtem, na základě známých vztahů s jinými běžně zjišťovanými parametry (na příklad popelnatostí-u uhlí);**
- 3. určování objemu *in situ* (vážením nerostné suroviny a měřením objemu, ze kterého byla nerostná surovina vydobyta);**
- 4. výpočtem z chemického složení nerostné suroviny.**

Pozor : Objemová hmotnost zásob má zpravidla jinou (menší) velikost než hustota zásob, jelikož objem se stanovuje včetně dutin atd.

Objemová hmotnost zásob (3.3)

Určování laboratorními metodami (2)

Váha (G) se určí vážením vzorku na vzduchu.

Objem (V) se určí ponořením vzorku do vody v kalibrované nádobě. Protože se pro výpočet používá objemová hmotnost včetně dutin a pórů, obalí se vzorek před měřením objemu vrstvou parafinu. Následně je třeba provést opravu objemu z důvodů přítomnosti parafinu :

$$V = \frac{G}{V_{V+p} - V_p} \quad V_p = \frac{G_{G+p} - G}{0,93}$$

kde : G , V jsou váha a objem původního vzorku,
 G_{G+p} , V_{V+p} jsou váha a objem vzorku s parafinem,
 V_p je objem parafinu na vzorku, 0,93 je hustota parafinu.

Pozor : Problémem této metody je, že vzorky jsou relativně malé, takže může vzniknout značný rozdíl mezi v laboratoř stanovenou objemovou hmotností a skutečnou hodnotou *in situ*.

Objemová hmotnost zásob (3.3)

Určování výpočtem (3)

Jde o případy kdy se objemová hmotnost určuje na základě známých vztahů s jinými běžně zjišťovanými parametry (na příklad popelnatostí - v případě uhlí).

Postup :

- na souborech speciálních vzorků se určí oba parametry (v citovaném případě uhlí jsou to A^d , γ);
- vyšetří se vztah obou sledovaných parametrů;
- příslušná rovnice se zpravidla zahrne do výpočtu zásob pro elementární výpočtové bloky, podle které se ze stanoveného parametru (u uhlí A^d) vypočte γ .

Výpočtová rovnice nemusí být pro celé ložisko stejná. U uhelných ložisek se může měnit podle vrstevních jednotek, dobývacích prostorů a podobně.

Objemová hmotnost zásob (3.3) Určování měřením objemu *in situ* (4)

Jde o případy kdy se objemová hmotnost určuje na základě velkoobjemových vzorků, kdy se objem odebraného vzorku určí *in situ*. Váha vzorku se pak stanoví následně vážením.

Objemová hmotnost se pak určí podle základního vzorce :

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

kde : G je váha a V je objem

Poznámka : Metoda odstraňuje nepřesnosti při stanovení objemu vzorku i problémy s jeho velikostí. Metoda je však ekonomicky nákladná, proto se používá jen ojediněle (zpravidla pouze pro kontrolní účely).

Objemová hmotnost zásob (3.3) Určování výpočtem z chemického složení (5)

**Tato metoda se obecně nedoporučuje.
U rud je důvodem variabilita složení hlušiny v rudě
i proměnlivý obsah užitečných složek v rudě.**

Metodu nelze použít na příklad ani pro uhlí, kde je třeba respektovat měnící se obsah popela v uhlí.

Teoreticky by bylo možno metodu použít v případech kdy celá surovina je užitečnou složkou, která má současně jednoduché mineralogické složení (na příklad vápenec). Je však třeba mít na paměti, že metoda nerespektuje texturní a strukturní znaky, zejména přítomnost dutin v surovině.

Objemová hmotnost zásob (3.3)

Poznámky k objemové hmotnosti zásob (6)

- 1) Zásoby se počítají a vykazují zpravidla ve stavu, v jakém se nacházejí v Zemi (tj. včetně dutin a přirozené vlhkosti). Jelikož obsahy užitkových složek se však stanovují v laboratoři z vysušených vzorků, bylo by správné tuto skutečnost zohlednit.

$$W = \frac{G_{+W} - G_{-W}}{G_{+W}} 100 \quad G_{-W} = G_{+W} \frac{100 - W}{100} \quad U_{+W} = U_{-W} \frac{100 - W}{100}$$

kde : W je vlhkost suroviny (руды), U je obsah užitkové složky v surovině, G je váha suroviny, X_{+W} parametr s vlhkostí, X_{-W} parametr bez vlhkosti.

- 2) Existují rozdíly mezi objemovou hmotností zásob (suroviny,руды) a objemovou hmotností užitkové složky (či složek), stejně jako skutečnost, že objemová hmotnost zásob závisí na obsahu užitkové složky (či složek). U uhlí jde o vztah k obsahu popelovin.

U výpočtu se proto používá objemová hmotnost zásob.

Obsah užitkové složky (3.4)

Základní charakteristika parametru(1)

Vztah obsahu užitkové složky a nerostné suroviny je u různých nerostných surovin různý. Lze vydělit následující skupiny :

- 1. Nerostné suroviny kde užitkovou složkou je veškerá surovina, na příklad : vápenec, uhlí, písek atd.**
Zásoby se určují buď v objemových jednotkách.
(např. stavební suroviny), případně v tunách (např. uhlí).
U těchto nerostných surovin má velký význam sledování kvalitativních vlastností zásob, které bývá rozpracováno v příslušné normativní základně.
Často se u této skupiny sleduje obsah znečištění (u uhlí popel).
- 2. Nerostné suroviny (především rudy), u nichž je užitkovou složkou pouze část nerostné suroviny,**
kde obsah užitkové složky se může sledovat buď jako obsah užitkového minerálu (chemické sloučeniny) nebo vlastního prvku (nejčastěji kovu).

V dalším textu se s ohledem na význam soustředíme především na druhou skupinu surovin.

Obsah užitkové složky (3.4)

V jakých jednotkách se obsahy užitkových složek sledují (2)

V praxi je zvykem udávat určité užitkové složky v určitých jednotkách. Jde v podstatě o tradici, kterou je však nutno při provádění výpočtů respektovat:

1. hmotnostní procenta chemického prvku, na příklad Pb, Zn, Cu aj.;
2. hmotnostní procenta sloučeniny, na příklad BeO, TiO₂ aj.;
3. hmotnostní procenta užitkového minerálu např. baryt, fluorit, azbest aj.;
4. v gramech na tunu (g.t⁻¹) na primárních ložiscích zlata, platiny, stříbra aj.;
5. v gramech na m³, na ložiscích rozsypového typu zlata, platiny;
6. v kilogramech na m³, na ložiscích rozsypového typu kasiteritu, ilmenitu, wolframitum, slída (obsah v m³ těžené suroviny);
7. v karátech (0,2 g = 1 karát) na m³, na ložiscích rozsypového typu drahokamů a diamantů;
8. v kilogramech na m² mineralizované pukliny, na příklad optické minerály.

Obsah užitkové složky (3.4)

Výpočet průměrného obsahu užitkové složky (3)

Pro výpočet průměrného obsahu užitkové složky (p) ve sledované části ložiska se používá aritmetického průměru, případně různých typů vážených průměrů.

$$p = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n_{\gamma = \frac{z}{v}}} = \frac{\sum_1^n p_i}{n}$$

Z vážených aritmetických průměrů se používají průměry s mocností m (existuje-li vztah mezi obsahem užitkové složky a mocností), případně se vzdáleností vzorků l (je-li tato v důlních dílech nerovnoměrná).

$$p = \frac{p_1 m_1 + p_2 m_2 + \dots + p_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_1^n p_i m_i}{\sum_1^n m_i} \quad p = \frac{p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} = \frac{\sum_1^n p_i l_i}{\sum_1^n l_i}$$

Obsah užitkové složky (3.4)

Výpočet průměrného obsahu užitkové složky (4)

V některých případech se rovněž používají vážené aritmetické průměry s plochou P (na příklad při nepravidelné síti vrtů), případně s objemovou hmotností zásob (γ), existuje-li vztah mezi obsahem užitkové složky a objemovou hmotností zásob .

$$p = \frac{p_1 P_1 + p_2 P_2 \dots p_n P_n}{m_1 + m_2 \dots m_n} = \frac{\sum_1^n p_i P_i}{\sum_1^n m_i} \quad p = \frac{p_1 \gamma_1 + p_2 \gamma_2 \dots p_n \gamma_n}{l_1 + l_2 \dots l_n} = \frac{\sum_1^n p_i \gamma_i}{\sum_1^n l_i}$$

Obsah užitkové (případně škodlivé) složky patří mezi jedny z nejdůležitějších parametrů ložisek.

**Obsah užitkové složky je u většiny ložisek (zejména rudních) důležitým
kondičním parametrem (ukazatelem)
(minimální průměrný obsah užitkové složky).**

Hraniční obsah užitkové složky je u rudných ložisek takový obsah kovu okrajových vzorků, který zabezpečuje maximální ekonomický výsledek při minimálních ztrátách rudy. Hraniční obsahy se stanovují variantním výpočtem.

Obsah užitkové složky (3.4)

Extrémní obsahy užitkových složek (5)

Extrémní obsahy užitkových složek (hovorově extrémní vzorky) jsou ty, které převyšují nebo jsou naopak podstatně nižší než běžné hodnoty ve sledované části ložiska.

Přítomnost takových vzorků ve výpočtu zásob může vést k nadhodnocení či podhodnocení zásob ložiska.

Otázka extrémních vzorků je složitá a do značné míry stále nedořešená. Problém se rozpadá do dvou částí. První je definice extrémního vzorku, druhou pak stanovení postupu v případě existence extrémních vzorků ve výpočtu zásob.

Extrémní vzorky nelze ztotožňovat s tzv. hraničními vzorky. Hodnoty hraničních vzorků jsou zpravidla nižší než hodnoty extrémních vzorků, přičemž hraniční vzorky slouží k technicko-ekonomické optimalizaci dobývání ložiska a vedou ke zjednodušení geometrizace ložiska, zpravidla za cenu snížení průměrného obsahu užitkové složky v těžbě..

Obsah užitkové složky (3.4)

Extrémní obsahy užitkových složek (6)

Extrémní hodnoty se netýkají jen obsahu užitkové složky, ale mohou se vyskytovat u jakéhokoliv výpočtového parametru (např. mocnosti aj.)

Extrémní vzorky jsou charakteristické pro určité ložiskové typy. Časté jsou u ložisek rud (např. Sn, W, Au, Ag aj.). Setkáváme se však s nimi i u ložisek uhlí (zde representovány především mocností sloje, případně jinými parametry), ale i u řady jiných ložisek.

Výskyt i klasifikace vzorku jako extrémního je mimo jiné ovlivňována:

- 1) hustotou vzorků v ploše ložiska;**
- 2) velikostí odebíraných vzorků (zejména u rudních ložisek);**
- 3) vzdáleností průzkumných bodů.**

Definice extrémního vzorku je založena na matematicko-statistických pravidlech , proto při menším počtu dokumentačních bodů bývá určení extrémních vzorků problematické.

Obsah užitkové složky (3.4)

Extrémní obsahy užitkových složek (7)

Extrémní vzorky mohou být definovány více způsoby. Např. Kuzmin (1967) definuje maximální obsah kovu (H) běžného vzorku :

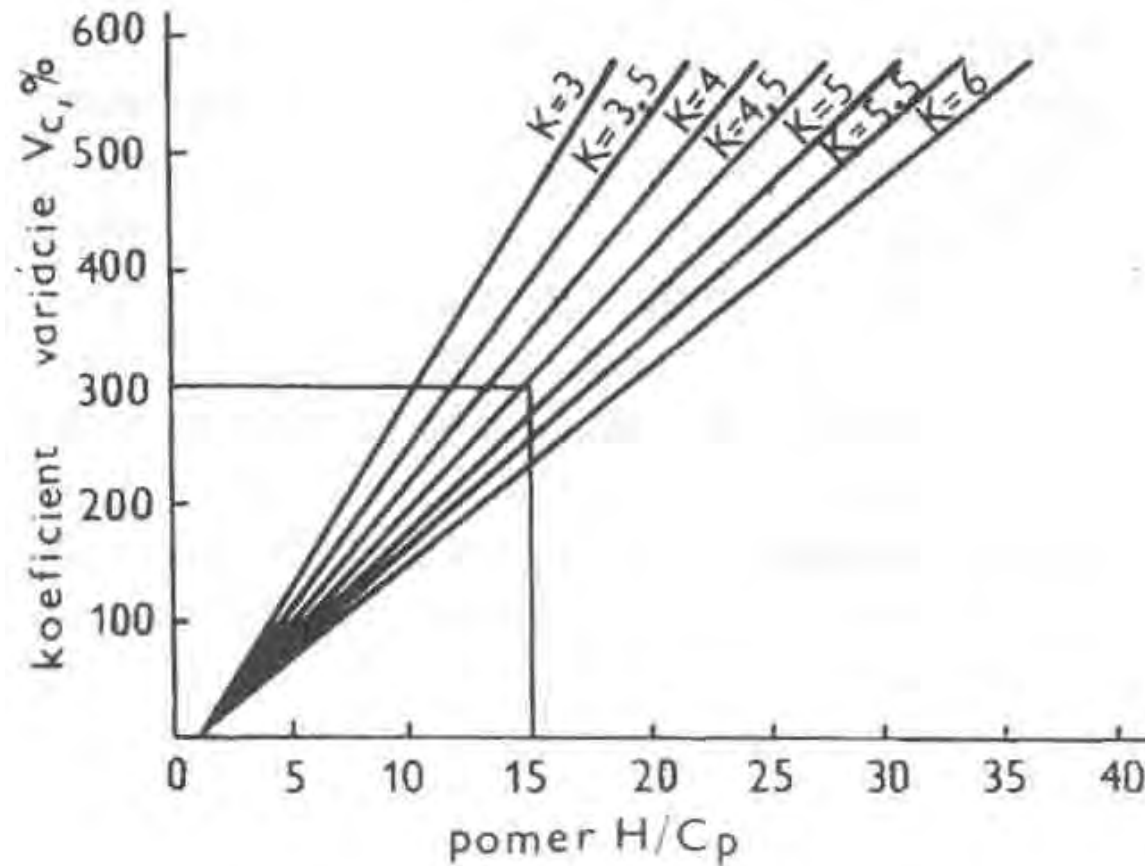
$$H = c_p (1 + 0,01KV_c) + e_c$$

kde : c_p je průměrný obsah, K koeficient asymetrie histogramu parametru c (pohybuje se v rozmezí 4-6), s_c je střední kvadratická odchylka souboru analýz, V_c koeficient variace, e_c je chyba průměrného obsahu, které se vypočtou :

$$s_c = \sqrt{\frac{\sum_1^n (c_i + c_p)^2}{n}} \quad V_c = \frac{s_c}{c_p} 100 (\%) \quad e_c = \frac{ts_c}{n}$$

Obsah užitečné složky (3.4) Extrémní obsahy užitekových složek (8)

Kuzmin (1967) sestavil nomogram pro určení extrémního vzorku obsahu kovů



Obsah užitkové složky (3.4)

Extrémní obsahy užitkových složek (9)

Vedle výpočtů existují i jednodušší postupy. Např. Kogan (1971) navrhuje jednoduchý postup, kdy za extrémní považuje vzorek, který zvýší průměrný obsah kovu v průzkumném řezu o 20 %, ve výpočtovém bloku o 10 %. Maximální hodnota běžného vzorku pro výpočet průměrného obsahu aritmetickým průměrem pak je :

$$c_{\max} = 0,2 \sum_1^n c_i$$

pro průzkumný řez

$$c_{\max} = 0,1 \sum_1^n c_i$$

pro výpočtový blok

Důležitý je požadavek na počet vzorků. Jako minimální počet vzorků se uvádí 40, ale někteří autoři požadují až 70 vzorků, což v řadě případů je nedosažitelný počet.

Obsah užitkové složky (3.4)

Extrémní obsahy užitkových složek (10)

Kromě stanovení extrémních vzorků, je neméně důležité i určení postupů, jak na jejich přítomnost ve výpočtech zásob reagovat.

Obecně lze doporučit :

- 1) Provéřit zda extrémní vzorky nejsou důsledkem chyby při odběru vzorku či chyby laboratoře.
Je-li tomu tak, vzorky vyloučit.
- 2) Je-li to možné, provést novou analýzu (nový odběr vzorku, případně nová analýza z archivované-kontrolní části vzorku).
Výsledky porovnat a správnou analýzu zahrnout do výpočtu.
- 3) Prošetřit zda extrémní vzorky nevytvářejí určitou logicky uspořádanou partii v ložisku.
Je-li tomu tak, vzorky ponechat a zdůvodnit daný postup.

Obsah užitkové složky (3.4)

Extrémní obsahy užitkových složek (11)

4) Je-li rozmístění extrémních vzorků v ploše ložiska nahodilé, je nutno takové vzorky zvláště pečlivě prošetřit, zda existuje pro jejich výskyt vysvětlení. Není-li tomu tak, je možno přistoupit k vyřazení příslušných vzorků z výpočtu.

Při vylučování vzorků (ojediněle též úpravách hodnot) je nutno:

- Zachovat maximální opatrnost.
- Zvláště je třeba zachovávat opatrnost při vylučování a úpravě hodnot, kdy tyto kroky vedou k nadhodnocení zásob či zlepšení podmínek pro těžbu ložiska.

Je známa řada případů, kdy takové úpravy měly fatální důsledky. Na příklad vylučování nízkých mocností u sedlových vrstev a následné ověření rozsáhlých erozivních výmolů (česká část hornoslezské pánve).