

International Conference ENGINEERING MECHANICS 2010 Svratka, Czech Republic, May 10 – 13, 2010

### POSOUZENÍ STABILITY SVAHU NAD STAROU HORNICKOU ČINNOSTÍ S OHLEDEM NA PROVÁDĚNÍ TRHACÍCH PRACÍ NA LOKALITĚ VLASTĚJOVICE

RNDr Bohumil Svoboda CSc

Geodyn s.r,o Bajkonurská 736/4, 14900 Praha 4

### Abstrakt

Kamenolom Vlastějovice má v podloží stará důlní díla po těžbě magnetitu. Bylo nutno stanovit bezpečnou klenbu nad vytěženým ložiskem, kdy nedojde k zavalení a bude možno pomocí seismické tomografie stanovit skutečné geotechnice poměry. Výpočet bylo nutno provést i pro dynamické zatížení od clonových odstřelů

## 1.Geologie širšího okolí

V širším okolí (příloha 1-2) se nacházejí následující stratigraficko- petrografické horninové jednotky:

Širší okolí Vlastějovic je budováno horninami moldanubika, které řadíme do tzv. ledečsko-chýnovského pruhu pestré série. Převládajícími horninami jsou pararuly. Dalšími význačnými horninami jsou ortoruly, vytvářející velké těleso, tvořící jádro fiolnické synklinály (obr.1).**OBR.1** Geologický plánek okolí Vlastějovic: 1 – skarn, 2



1– rula, 3 – amfibolit, 4 – ortorula, 5 – kvartérní sedimenty. Pauliš (1996) Vlastní ložisko je tvořené skarnem, který zde vytváří dvě rozsáhlá a tři menší tělesa vázaná na mohutnou ortorulovou synklinálu uloženou v pararulách (obr.1,2). Největší skarnová tělesa se vyskytují na Holém vrchu (ložisko holého vrchu) a v okolí zbytku kostelíka Sv. Máří Magdalény (magdalenské ložisko). Drobná tělesa objevíme u kóty 510 m Šediviny a na místě zvaném "Štůlky". Skarnové těleso na Holém vrchu má protáhlý, ploše elipsovitý tvar ve směru V-Z a dosahuje na povrchu délky 470 m, jeho nepravá mocnost kolísá od 120 do 180 m. Úklon



79. Geologický řez skarnovým ložiskem u Vlastějovic (podle J. Koutka 1950) 1 – pararuly a migmatity; 2 – ortoruly; 3 – skarn; 4 – magnetitová ruda; 5 – amfibolit; 6 – kvarcit

čočky se pohybuje od 30° do 60° k S. Od magdalenského skarnového ložiska je oddělena mohutnou tektonickou poruchou, doprovázenou mylonitovým pásmem. Magdalenské ložisko má větší svislý rozsah než čočka na Holém vrchu. Od kóty Magdalena pokračuje skarn pod úroveň 10. patra (dědičná štola), má tedy mocnost větší než 136 m. Těleso má kosočtverečný tvar s delší osou na povrchu dlouhou 420 m a šířkou 230 m (obr.2).

#### Těleso Holý vrch na kterém je kamenolom bylo otevřeno několika svislými díly:

- <u>Komora</u>. Tato byla původně otevřena k povrchu. Před lomovou těžbou kamene byla zasypána skrývkovým materiálem, který je v současnosti vyklizen na V. etáži. Komora se noří ZSZ směrem pod patu V. etáže až na úroveň 10. patra.
- 2. <u>Svážná</u>. Její lokalizace je zřejmá z mapy. Horní konec svážné by měl v současnosti ústit na plošně IV.etáže.
- 3. <u>Dědičná štola Marie a překop</u> na její úrovni (10 patro dolu<u>)</u>. V současné době se nacházejí 30 m pod V. etáže.
- 4. Jáma Rudolf. Zasypaná jáma zasahující na kotu cca 390 m n. m..
- 5. <u>Průzkumné chodby</u> pod úrovní 10. patra pod západním pokračováním komory.
- 6. <u>Část štoly</u> ražené z východu směrem k jame Rudolf. Originální řez není k dispozici. Ve zprávě z roku 1961 je v řezu pouze průmět komory a svážné. Ve zprávě z roku 1987 je sice fez konstruován, komora je však evidentně zakreslena špatně.

## 2. Geotechnické poměry

Geotechnické vlastnosti hornin jsou dle tabulky č.1 následující:

**TAB.1** 

název horniny	Objemová hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	modul přetvár- nosti (MPa)	Modul pružnosti (MPa)	Rychlost šíření podélných vln (m/s)	úhel vnitřního tření (deg)	soudrž- nosti ( kPa)	Poisso- novo číslo	těžitel- nost ČSN 733050	Hodnota tabulkové výpočtové únosnosti (MPa)
Svahové hlíny s úlomky	1900	25	50	300	20	20	0,4	2-3	0,25
ortorula	2600	10000	15000	2500	40	1000	0,1	2	4
skarn	3500	15000	20000	4500	50	1700	0,1	7	6

## 3. Hydrogeologické poměry

#### Z průzkumných prací vyplývají následní skutečnosti:

- a) Zvodněný horizont je v následujících horninách: v puklinovém systému pod dědičnou štolou, která lom odvodňuje
- b) Hladina podzemní vody se nachází na kótě 394 m tj. 20 m pode dnem lomu
- c) Vydatnost se předpokládá: desetiny l/s

## 4. Klasifikace horninového masivu pro podzemní stavby

Praktickou metodou pro stanovení geotechnických vlastností horninového prostředí je stanovení hodnoty Q (Rockmass quality) označované též jako RMR. Tato metoda byla publikována N. Bartonem, F. Losetem, R. Lienem a J. Lundem z Norwegian Geotechnical Institutu v Oslu pod názvem Aplication of Q-systém in design decisions concerning dimensions and appropriate support for underground installations. Systém Q je v podstatě vážící proces, při němž se hodnotí negativní a pozitivní aspekty horninového masivu kvantitativně a to tak, že se hodnotí šest faktorů podle rovnice 1.

(1)

RQD	$J_r$	J w		
Q=	х	х		
Jn	$J_a$	SRF		
Kde:				
RQD	.označení k	vality horniny	(upravený výnos jádra)	
Jn	počet pukli	nových systém	ů	
J <sub>r</sub>	číselné ozna	ačení nerovnos	tí puklin	
J <sub>a</sub>	číselné ozna	ačení stupně al	terace pukliny	
J	koeficient z	vodnění pukli	ny	
SDE	kooficiant	nížoní nonžtí	-	

SRF..... koeficient snížení napětí

### 4.1 Stanovení koeficientů

#### Jednotlivé koeficienty byly určeny následovně

• **<u>ROD</u>** podle Deere představuje kvalitu vrtného jádra. Je to parametr L10/L,což představuje součet délek jader delších než 10 cm k celkové délce návrtu. Označení kvality hornin je následující dle tabulky (2):

TAB 2	
Popis horniny	RQD

Velmi špatní	0-25
Špatná	25-50
Slušná	50-75
Dobrá	75-90
Vynikající	90-100

#### Skarn určená hodnota RQD= 100 Ortoula určená hodnota RQD= 75

• Počet puklinových systémů a hodnoty koeficientu Jn je určen podle tabulky 3

TAB.3

1710.0	
Popis puklinového systému	Hodnota Jn
Masivní bez puklin, nebo s málo puklinami	0,5-1
Jediný puklinový systém	2
Dva soubory pukliny	3
Dva soubory puklin s dalšími nahodilými puklinami	4
Tři soubory puklin	6
Tři soubory puklin s dalšími nahodilými puklinami	12
Čtyři a více puklinových systémů, silné rozpukání na kusy velikosti kostky cukru atd.	15
Podrcená hornina až charakteru zeminy	20
U tunelových křížení	3x Hodnota Jn
U portálů	2x Hodnota Jn

#### Určená hodnota Jn = 4 pro obě horniny

• Číselné vyjádření nerovností puklin J<sub>r</sub> je určeno dle tabulky 4

TAB.4

1 AD;4	
Popis nerovnosti puklin	Číselné označení nerovnosti puklin J <sub>r</sub>
Nesouvislé pukliny	4
Drsné, nebo nepravidelné, zvlněné	3
Hladké zvlněné	2
S ohlazy, zvlněné	1,5
Drsné nebo nepravidelné rovinné	1,5
Hladké rovinné	1
S ohlazy rovinné	0,5
Poruchové pásmo obsahuje jílovité minerály v dostatečné mocnosti, které zabraňují kontaktu stěn	1
Písčitě nebo úlomkovitě podrcené pásmo v dostatečně velké mocnosti, která zabraňuje kontaktu	1
stěn	

Poznámka:

- Pokud je průměrný rozestup u stejného puklinového systému větší než 3 přičtěte 1
- Pro rovinné pukliny s ohlazy a lineací je možno použít hodnotu puklin J<sub>r</sub> = 0,5,pokud jsou lineace orientovány ve směru minimální pevnosti

Určená hodnota J<sub>r</sub> = 2 obě horniny

#### • Číselné označení alterace.J<sub>a</sub> pukliny je určeno dle tabulky 5

#### TAB 5

Posun po trhlině	Popis trhliny	Číselná hodno-	Úhel vnitřní-
Gux 1 4 1 4		la J <sub>a</sub>	no trem
Steny v kontaktu	Pevne vyhojena, nemeknouci, nepropustna vypln, napriklad kremen, nebo epidot	0,75	-
	Stěny pukliny nepostiženy alterací, vyskytují se pouze místní skvrny	1	25-35
	Mírně alterované stěny puklin. Neměknoucí povlaky minerálů,částice písku, podrcené	2	25-30
	úlomky horniny bez jílovité výplně		
	Prachovité, nebo jílovito-písčité, slabá jílovitá výplň (poměrně tvrdá)	3	20-25
	Měkké, nebo hladké povlaky minerálů, např. kaolinitu, nebo slídy. Také chlorit, mas-	4	8-16
	tek,sádrovec, grafit atd. nebo malé množství bobtnavých jílů		
Stěny pukliny	Písčité částice, podrcená hornina bez jílovité výplně	4	25-30
v kontaktu před	Silně zpevněná tvrdá a neměknoucí výplň jílovitých minerálů (souvislá ale mocnost pod 5	6	16-24
posunem	mm)		
	Střední až nízký stupeň zpevnění výplň měknoucího iílovitého minerálu (souvislá ale moc-	8	12-16
	nost pod 5 mm)		
	Výplň z bobtnavých jílových minerálů (např. montmorilonitu). Souvislá ale mocnost pod 5	8-12	6-12
	mm. Hodnota J <sub>a</sub> závisí na procentu obsahu bobtnavých částic, přístupu vody apod.		
	Zóny a pásma rozpadavé či podrcené horniny s jílovitou výplní. Výplň jílovitých minerálů	6	6-24
	(souvislá ale mocnost pod 5 mm)	-	-
	Zóny a pásma rozpadavé či podrcené horniny s jílovitou výplní. Výplň měknoucího jílovité-	8	6-24
	ho minerálu (souvislá, ale mocnost pod 5 mm)	-	-
	Zóny a pásma rozpadavé či podrcené horniny s jílovitou výplní. Výplň z bobtnavých jílo-	8-12	6-24
	vých minerálů (např. montmorilonitu). Souvislá ale mocnost pod 5 mm. Hodnota $J_a$ závisí		
	na procentu obsahu bobtnavých částic, přístupu vody apod.		
Po posunu neisou	Pásma a pruhy prachovité, nebo písčito-iílovité výplně, procento iílu nízké, iíl tuhý	5	-
stěny v kontaktu	1 51		

Poměrně mocné a souvislé zóny jílu. Výplň jílovitých minerálů (souvislá ale mocnost pod 5 mm)	10	6-24
Poměrně mocné a souvislé zóny jílu. Výplň měknoucího jílovitého minerálu (souvislá, ale mocnost pod 5 mm)	13	6-24
Poměrně mocné a souvislé zóny jílu. Výplň z bobtnavých jílových minerálů (např. montmo- rilonitu). Souvislá, ale mocnost pod 5 mm. Hodnota $J_a$ závisí na procentu obsahu bobtna- vých částic, přístupu vody apod.	13-20	6-24

Určená hodnota skarn  $J_a = 0.75$ 

Určená hodnota ortorula J<sub>a</sub>= 4

#### • Stanovení koeficientu zvodnění pukliny J<sub>w</sub> je provedeno dle tabulky 6:

TAB	6
-----	---

Charakteristika přítoku	koeficientu zvodnění pukli-	Přibližný tlak vody MPa
	ny J <sub>w</sub>	
Suchý výrub, nebo minimální přítok (místně méně než 5 l/min	1	Pod 0,1
Střední přítok ,nebo tlak, místně vymytá výplň puklin	0,66	0,1-0,25
Velký přítok nebo značný tlak v kompaktní hornině s puklinami bez výplně	0,5	0,28-1
Velký přítok nebo značný tlak, výplň puklin do značné míry vyplavena	0,33	0,25-1
Výjimečně vysoký přítok nebo tlak vody při odstřelu s postupem času se snižuje	0,2-0,1	Větší než 1
Výjimečně vysoký přítok nebo tlak vody bez znatelného poklesu s postupem času	0,1-0,05	Větší než 1

Určená hodnota J<sub>w</sub> = 1 obě horniny

## Koeficient snížení napětí/namáhání SRF je stanoven podle tabulky 7

Základní charakteristika horniny	Podrobná charakteristika horniny	SRF
Pásma oslabení protínají výrub, čímž může dojít k uvolnění horniny při ražbě	Četné výskyty oslabených pásem obsahujících jíl chemicky rozloženou (rozpadlou horninu, okolní hornina značně rozvolněná	10
(hodnoty SRF je nutno snížit o 25-50%, pokud příslušné smykové zóny do výrubu zasahují ale neprotínají jej)	Jediné pásmo oslabení obsahující jíl, nebo chemicky rozloženou (rozpadlou) horninu (hloubka ražby do 50 m)	5
	Jediné pásmo oslabení obsahující jíl, nebo chemicky rozloženou (rozpadlou) horninu (hloubka ražby nad 50 m)	2,5
	Četné smykové zóny v horninovém masivu (bez jílovité výplně, okolní hornina rozvol- něna (na hloubce ražby nezáleží)	7,5
	Jediná smyková plocha v horninovém masivu (bez jílovité výplně) hloubka ražby do 50 m	5
	Jediná smyková plocha v horninovém masivu (bez jílovité výplně) hloubka ražby nad 50 m	2,5
	Volné otevřené pukliny, silné rozpukání, rozpad na krychlové úlomky (kostky cukru) na hloubce ražby nezáleží	5
Skalní horniny, problémy s namáháním	Nízké namáhání A=větší než 200,B= větší než 13	2,5
	Střední namáhání A= 200-10, B= 13-0,66	1
	Vysoké namáhání, velmi pevná struktura (obvykle příznivá pro stabilitu, ale může být nepříznivé pro stabilitu stěn) A= 10-50,B= 0,66-0,33	0,5-2
	Slabě nadouvavá hornina A= 5-2,5, B= 0,33-0,16	5-10
	Silně nadouvavá hornina A= menší než 2,5, B= menší než 0,16	10-20
Tlačivé horniny- pod vlivem vysokého tlaku hornin dochází k tečení plastických hornin	Mírně tlačivé horniny	5-10
	Silně tlačivé horniny	10-20
Bobtnavé horniny (bobtnavost závisí na pří- tomnosti vody)	Mírný bobtnavý tlak	5-10
	Silně bobtnavý tlak	10-15

Určená hodnota SRF= 2,5 obě horniny

### 4.2 Výpočet a vyhodnocení kvality horninového masivu

Po dosazení hodnot z předchozí kapitoly do rovnice 1 byla spočtena hodnota RMQ

## Skarn Q= 26,6 Ortorula Q= 3,75

Vyhodnocení je provedeno dle tabulky 8 a obr.3, převzaté z časopisu Word tunelling následujícím způsobem:

• <u>Na vodorovné ose</u> je vynesena hodnota RMQ (Q) a podle její velikosti se hornina rozdělena podle tabulky 8 a obr.3:

**TAB. 8** 

Označení na příloze	Český název kvality horninového masivu	Anglický název kvality horninového masivu
G	Výjimečně špatná	Exceptionally poor
F	Mimořádně špatná	Extremely poor

E	Velmi špatná	Very poor
D	Špatná	Poor
С	Slušná	Fair
В	Dobrá	Good
Α	Velmi dobrá	Very good
А	Mimořádně dobrá	Extremely good
Α	Výjimečně dobrá	Exceptionally good

#### Podle tabulky 8 a obr.1 byl horninový masiv ohodnocen jako B dobrá pro obě horniny.

• <u>Na svislé ose vlevo</u> je vynesen poměr hodnoty šířky, nebo výšky raženého díla k hodnotě ESR, která určuje důležitost díla podle tabulky 9 (Span or height in m/ESR):

1	A	3.9

Druh stavby	ESR				
Dočasné těžební otvírky apod.	3-5				
Trvalé těžební otvírky, přívodní tunely pro hydroelektrárny (kromě přívodních tlakových potrubí, pilotttunely, šachty a porubní chodby u	1,6				
velkých otvírek					
Skladové podzemní prostory, čističky podzemních vod, menší silniční a železniční tunely, přístupové tunely, vyrovnávací komory					
Elektrárny větší silniční a železniční tunely objekty civilní obrany, portály křižovatky (křížení)	1				
Podzemní jaderné elektrárny, železniční stanice, sportovní a veřejná zařízení, továrny	0,8				

#### • Hodnota na svislé ose je pro dané rozměry díla a ESR je následující: 1,6

#### <u>Není nutná svorníková výztuž</u>

• Průsečík čar na vodorovné a svislé stanoví parametry výstroje díla podle tabulky 10 a obr.3.

#### **TAB 10**

1110 10		
Pořadové číslo	Značka	Druh výstroje
1	-	Bez výstroje
2	Sb	Svorníková výztuž (místní)
3	В	Systematická svorníková výztuž
4	B +S	Systematická svorníková výztuž a torkret 4-10 cm
5	Sfr + B	Systematická svorníková vyztužená sítí, torkret 5-9 cm
6	Sfr + B	Systematická svorníková výstužná sítí torkret 9-12 cm
7	Sfr + B	Systematická svorníková vyztužená sítí torkret 12-15 cm
8	Sfr,RRS +B	Systematická svorníková výztuž, ocelová síť a žebra, torkret nad 15 cm
9	CCA	Oblouk z litého betonu

Horninovému masivu odpovídá následující druh výztuže: není nutná svorníková výztuž



#### <u>Obr.3</u>

#### 4.3 Výpočet horninového tlaku

Publikováno N. Bartonem, F. Losetem, R. Lienem a J. Lundem z Norwegian Geotechnical Institutu v Oslu. Hodnota horninového tlaku ve stropě se spočítá podle rovnice 4, nebo podle grafu dle Karhánka na Obr.4:

2 J<sub>n</sub> 2.4

$$P_{r} = \frac{1}{30 \text{ J}_{r} \sqrt{Q}} = \frac{1}{30 \text{ , } 2_{r}, \sqrt{100}} = 0,01 \text{ (MPa)}$$
(2)  
Tlak na stěny výrubu  
$$P_{w} = 5 \text{ Q} = 0,05 \text{ (MPa)}$$
(3)  
$$Q = 5 \text{ Q} \text{ pro } 10 \text{ Q}$$
(3)

Q' = 2,5 Q pro 0,1 < Q < 10 Q' = Q pro Q < 0,1



Obr.4

Obr.5

#### Horninový tlak ve stropě je 0,01 MPa pro obě horniny Horninový tlak na stěny výrubu je 0,05 MPa pro obě horniny

### 4.4 Doba stability výrubu

Publikováno N. Bartonem, F. Losetem, R. Lienem a J. Lundem z Norwegian Geotechnical Institutu v Oslu. Doba stability výrubu se stanoví podle grafu dle Karhánka na Obr.5:



### 4.5 Cimbarevičova teorie

#### Stropní tlak podle Obr.6 je dána rovnicí

Obr.6 $q = 45$ $q/2$	(4)
$a = a_0 + v \text{ tg } \alpha$	(4)
a a b=	(6)
$tg \beta$ $tg \phi$	
$ \begin{array}{l} G_s = a \ b \ \gamma_n \\ Kde: \\ \alpha \ \acute{u}hel zkosení bloků \\ a_0 poloviční šířka výrubu (m) \\ v výška výrubu (m) \\ b výška klenby (m) \\ \phi \acute{u}hel vniťního ťření \\ \gamma_n objemová tíha nadložních hornin (kN/m3) \\ G_sstropní tlak na 1 m délky podzemního díla (kN/bm) \\ \end{array} $	(7)
Z rovnic 4-6 obdržíme vztah (8)	
$\begin{array}{c} a_{0} + v tg (45- \phi/2) \\ b =$	(8)
$G_{s} = \frac{a^{2} \gamma_{n}}{tg \phi}$ spojením (10,11) obdržíme	(9)
$G_{s} = \frac{(a_{0} + v tg (45- \varphi/2))^{2} \gamma_{n}}{tg \varphi}$	(10)

Výpočet byl proveden v tab. 11 TAB. 11

hornina	Výška	Šířka výrubu (m)		Úhel vnitř-	Objemová	Výška	Stropní tlak	Stropní
	výrubu v	skutečná	Poloviční a.	ního tření	hmotnost γ <sub>n</sub>	klenby b	na bm G <sub>s</sub>	tlak (MPa)
	(m)	skuttena	1 010 110111 40	φ	$(kN/m^3)$	(m)	(kN/bm)	
Skarn	20	20	10	50	35	8,7	8782,9	0,439
ortorula	20	20	10	40	26	12,47	11567,1	0,578

#### Z tabulky 11 vyplývají následující závěry:

- Stropní tlak u skarnu dle Cimbareviče je 0.439 MPa při výšce klenby 8.7 m
- Stropní tlak u ortoruly dle Cimbareviče je 0.578 MPa při výšce klenby 12.47 m

### 4.6 Úprava Cimbarevičovy teorie pro dynamické namáhání

 $Podle \ obr. \ 7 \ se \ zvětšil \ stropní \ tlak \ o \ dynamickou \ složku \ G_{dyn} \ a \ tudíž \ se \ zvětšila \ velikost \ klenby \ na \ b_1. \ Celkový \ stropní \ tlak \ je \ tedy:$ 

$G_{celk} = G_{dyn} + G_s$	(11)
Dynamický tvar Hookova zákona má tvar:	
$\sigma_{dyn} = E \epsilon_{dyn}$	(12)
Dynamická deformace se spočítá	
u	(10)
$\varepsilon_{dy} =$	(13)
c	

Stropní tlak na 1 bm získáme úpravou rovnice 11 následovně:

$\sigma_{dyn}$
G <sub>dyn</sub> =
2 a <sub>0</sub>
V rovnicích 11-14 značí:
G <sub>dyn.</sub> dynamická složka stropního tlaku (kN/bm)
G <sub>celk</sub> celkový stropní tlak (kN/bm)
$\sigma_{dyn}$ dynamické napětí (kN/m <sup>2</sup> nebo kPa)
E modul pružnosti (KN/m <sup>2</sup> )
u rychlost kmitání dynamického namáhání (m/s)
crychlost šíření podélných vln
b <sub>1</sub> výška nové horninové klenby



Obr.7

Spojením rovnic 12 až 16 dostaneme:  

$$E u \qquad (a_{0+}v tg (45- \varphi/2))^{2} \gamma_{n}$$

$$G_{celk} = (-------) + (---------)$$

$$2 a_{0} c \qquad tg \varphi$$
Z obrázku 5 obdobně jako u obrázku 4 platí rovnice
$$(15)$$

$$G_{celks} = a b_1 \gamma_n \tag{7 a}$$

Po dosazení rovnice 8 dostaneme  $G_{celk}=(a_0 + v tg (45- \phi/2)) b_1 \gamma_n$ 

Spojením rovnic 15 a 16 obdržíme

Výšku nově vzniklé horninové klenby  $b_1$  pak z rovnice 19 dostaneme ve tvaru

Výška horninové klenby  $b_1$  je minimální vzdálenost na kterou se bezpečně mohou přiblížit trhací práce při nichž v prostoru klenby štoly bude rychlost kmitání u (m/s). Výpočet byl proveden v tab. 12

#### Z tabulky 12 vyplývají následující závěry

- Stropní tlak u skarnu dle upraveného Cimbareviče pro rychlost kmitání od trhacích prací od 0.5-3 m/s je 0.45 – 0.46 MPa při výšce klenby 14.7-15.2 m
- Stropní tlak u skarnu dle upraveného Cimbareviče pro rychlost kmitání od trhacích prací od 0.5-3 m/s je 0.58 – 0.62 MPa při výšce klenby 23.3-24.8 m
- Závislost na rychlosti kmitání od 0,5 do 3 m/s je u obou hornin cca 1 m

TAB. 12										
hornina	Výška	Šířka výrubu (m)	Úhel	Obje-	Modul	Rychlost	Rychlost	Celkový	Celkový	Výška

(14)

(16)

	výru- bu v (m)	skuteč- ná	Poloviční a <sub>0</sub>	vnitřní- ho tření φ	mová hmot- nost γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	pružnos- ti E (MPa)	šíření podél- ných vln (m/s)	kmitání od clonových odstřelů ve výrubu (m/s)	stropní tlak na bm G <sub>s</sub> (kN/bm)	tlak MPa	Klen- by b <sub>1</sub> (m)
Skarn	20	20	10	50	35	20000	4500	0,050	8894,0	0,45	14,7
								0,1	9005,1	0,45	14,8
								0,2	9227,3	0,46	15,2
								0,3	9449,5	0,47	15,6
ortorula	20	20	10	40	26	15000	2500	0,05	11717,1	0,58	23,3
								0.1	11867,1	0,59	23,6
								0,2	12167,1	0,61	24,2
								0,3	12467,1	0,62	24,8

### 4.7 Tektonika

Ve východní části lomu je výrazná tektonická porucha. Tato porucha byla zaměřena přístrojem GPS map 60CSx a je zakreslena na obr.8. Porucha rozděluje ložisko Magdalena II na 2 části. V místě poruchy je nutno při provádění trhacích prací dohlížet se zvýšenou opatrností na stabilitu svahu (obr.10).



Obr.8

## 5. Návrh trhacích prací

### 5.1 Volba vhodné trhaviny

Na základě mnohaletých zkušeností v Čechách i v zahraničí platí následující vztah mezi akustickou impedancí horniny a trhaviny:  $I_{hor} \cdot 0.8 = I_{trh}$  (19)

- $\begin{array}{rcl} \underline{kde:} & I_{hor}.....akustická impedance horniny \\ & I_{trh}.....akustická impedance trhaviny \\ \hline \underline{Dále platí, že} & : \\ I_{hor} &= \varrho_{hor} & c \\ I_{trh} &= \varrho_{trh} & v \\ kde: & \varrho_{hor} ...... & objemová hmotnost horniny \\ & \varrho_{trh}..... & objemová hmotnost trhaviny \\ & c...........rychlost šíření podélných vln v hornině \\ \end{array}$ 
  - v.....detonační rychlost trhaviny

Pro rozpojovanou horninu uvádím v tabulce č. 13 spočtené nutné detonační rychlostí pro různé trhaviny.

Z tabulky 13 vyplývají následující závěry:

• pro trhací práce je možno používat běžné schválené průmyslové trhaviny

#### • detonační rychlost trhaviny ve vrtu doporučuji změřit přístrojem VOD

### TAB. 13

hornina	Genese	objemová	rychlost šíření	akustická	odpovídající	Odpovídající minimální detonační rychlost
	horniny	hmotnost	podélných vln	impedance	minimální	trhaviny v (m/s)

(20)

(21)

		hmotnost <sub>Qhor</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	podélných vln c (m/s) zdravé horniny těžitelnost 6	impedance horniny: I <sub>hor</sub> (kg/m <sup>2</sup> s)	minimální akustická impedance trhaviny I <sub>trh</sub> ( kg/m <sup>2</sup> s)	plastické (Ob- jemová hmotnost 1300 kg/m <sup>3</sup> )	amonoledkové (Objemová hmotnost 1050 kg/m <sup>3</sup> )
ortorula	metamor-	2600	3000	7 800 000	3 900 000	3 000	3 714
skarn	fované	4500	3000	13 500 000	6 750 000	5 192	6 428

### 5.2 Návrh časování roznětu systému INDET SHOCK

• Optimální interval časování byl spočten dle rovnice	
$\tau = (N - 0.12x I_{hor}) m^n$	(22)
m=a/V	(23)
Kde:	
τ optimální časový interval mezi rozbuškami	
N N=12	
m součinitel přiblížení náloží	
Ihorakustická impedance horniny /1 000 000	
a rozteč 2,5 m	
V záběr 3,5 m	
n exponent určený praktickými zkušenostmi n = 2	
<u>Po dosazení :</u>	
m=2,5/3=0,83	(23)
$\tau = (12 - (0, 12 + 6.2) + 0, 68 = 7.68 \text{ ms})$	(24)
Rozdíl v časových stupních při použití rozbušek INDET SHOCK navrhujeme 8 ms a vyšší.	

### 5.3 Stanovení maximálních náloží na časový stupeň

### 5.3.1 Stanovení útlumu seismických vln dle ČSN 730040

Pro výpočet seismických účinků trhacích prací bylo použito rovnice (5) ČSN 730040.

 $u = \frac{K \sqrt{m_{ev}}}{L}$ kde: K.....funkce přenosu  $m_{ev} \dots ekvivalentní hmotnost nálože (kg)$ L.....vzdálenost od těžiště odstřelu (m) (25)

Naměřené hodnoty ze seismických měření z archivu autora zpracované s 80% pravděpodobností jsou na obr.9.

#### Obr.9

### 5.3.2 Stanovení útlumu seismických vln pro 80 % pravděpodobnosti

Tato metoda popsaná Dowdingem v literatuře 17 je součástí Federal Registru Vol. 48, No 46, Tuesday, March 8, 1983, RULES AND REGULATION Washington, D.C.: U.S. Governmet Printing Office. Na základě měření seismických účinků hmotnosti nálože na časový stupeň a vzdálenosti od odstřelu byl podle výše uvedené metodiky, která je součástí softwaru společnosti INSTANTEL Blast Ware III sestaven graf na příloze 4, kde na svislé ose je maximální rychlost kmitání U (mm/s) a vodorovné ose redukovaná vzdálenost označená výrazem SD (Square Root Distance ) SD, který je dle rovnice (26) roven:

$$SD =$$
(26)

√ m<sub>ev</sub>

Na grafu je klasická regresní křivka vyznačena čárkovaně a křivka 80% pravděpodobnosti plně. Rychlost kmitání pro provádění trhacích prací s 95% pravděpodobností je pak dána rovnicí (27).  $U = K_1$  (SD) (-K2)

(27)

Z grafu na obr.8 vycházejí následující hodnoty:

- $K_1 = 933$
- $K_2 = -1.61$
- Koeficient korelace = 0.623•
- Standardní odchylka = 0.199

#### 7.3.3 Celkové zhodnocení útlumu

- Ekvivalentní nálož je chápána jako hmotnost trhaviny kterou lze odpálit bezpečně bez vzniku prvých známek škod v jednom časovém stupni DeD DeP popř. DeK.
- Maximální nálože na časový stupeň jsou uvedeny v tabulce 14 numericky.
  - Tabulka 14 byla spočtena pro následující parametry :
    - Dynamicky nejcitlivější objekt kaverna Magdalena jih 0
    - Stanovená maximální rychlost kmitání 50,100,200 a 300 mm/s 0

**TAB. 14** 

Vzdálenost (m)	Maximální nálož na časový stupeň DeM nebo INDET kmitání		95 % pravděpodobnosti (kg) pro mezní rychlosti	
	50 mm/s	100 mm/S	200 mm/s	300 mm/s
5	0.664	1.57	3.71	6.13
10	2.66	6.28	14.8	24.5
15	5.98	14.1	33.3	55.1
20	10.6	25.1	59.3	98
25	16.6	39.2	92.6	153
30	23.9	56.5	133	221
35	32.6	76.9	182	300
40	42.5	100	237	392
45	53.8	127	300	496
50	66.4	157	371	613
55	80.4	190	448	741
60	95.7	226	534	882
65	112	265	626	1035

Poznámka: Rozbušky INDET SHOCK se do rozdílu časů 8 ms chovají jako rozbušky DeM. Při menším rozdílu je nutno volit poloviční nálože

### 5.4 Návrh trhacích prací

#### 5.4.1 Mapa izocharg

- Dle rovnice 27 s ohledem na zkušenosti byly stanoveny vzdálenosti v závislosti na nálože na časový stupeň a orientaci od odstřelu dle programu INSTANTEL BLAST WARE III, při nichž na takto zvoleném stanovišti nepřekročí rychlost kmitání hodnotu 200 mm/s, což zaručí dostatečný stupeň bezpečnosti . Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15.
- Na základě stanovených maximálních náloží na časový stupeň dle tabulky 15 jsou na příloze 21 v řezu stanoveny čáry maximálních náloží na časový stupeň (izochargy), při nichž nebude překročena mezní rychlost kmitání stanovená pro ohrožený objekt pro stanovenou izoseistu.
- Izochargy jsou stanoveny tak, aby nedocházelo k poddimensování náloží. U poddimensovaných náloží se energie výbuchu nevyužívá k rozpojení horniny, ale k zvýšeným seismickým účinkům a omezování náloží by mělo obrácený efekt. Byly narýsovány na základě tabulky 15.

**TAB. 15** 

Nálož na časový stupeň	Vzdálenost od izochargy (m)
(kg)	80 % pravděpodobnosti výskytu
	200 mm/s
50	18.4
75	22.5
100	26
125	29
150	31.8
175	34.4
200	36.7
225	39.0
250	41.1
275	43.1
300	45

### 5.4.2 Mapa izoseist

- Obecně lze stanovit, že při rychlosti kmitání 200 mm/s na okraji výrubu nedojde k zavalení starých důlních děl.
- Mapa izosest je na obr.10

### 5.4.3 Technický projekt trhacích prací

Zajištění ochrany stavebních objektů podle tohoto posudku je potřeba konkretizovat v příslušné části technického projektu trhacích prací.

Obr.10

# 6. TECHNICKÝ ZÁVĚR



### 6.1 Konkretizace narušení stěn lomu

- Stařiny v prostoru stávajícího lomu na Holém vrchu jsou postupně odtěžovány. Stařiny v prostoru lomu Magdalena budou lomem těženy v nejbližší době. Stařiny v jižní části magdalénské kry budou patrně otevřeny v budoucnosti.
- Z důvodu bezpečnosti práce v lomu je třeba znát prostorovou lokalizaci stařin a zejména vydobytých prostor s maximální přesnosti. Cílem práce bylo shromáždit veškerou dostupnou dokumentaci hlubinného dolu a převést ji do digitální podoby takovým způsobem, aby byla využitelná pro připravované přehodnoceni zásob a změnu POPD. Tyto práce provedly Geologické služby s.r.o. a jejich mapové podklady byly použity v tomto posudku. Mapa důlních děl je na 10 a geologický řez na obr.11.
- Ve východní části lomu je výrazná tektonická porucha. Tato porucha byla zaměřena přístrojem GPS map 60CSx a je zakreslena na obr.8. Porucha rozděluje ložisko Magdalena II na 2 části. V místě poruchy je nutno při provádění trhacích prací dohlížet se zvýšenou opatrností na stabilitu svahu.

### 6.2 Výsledky geotechnických výpočtů

- Hodnota horninového tlaku ve stropě podle metodiky vypracované N. Bartonem, F. Losetem, R. Lienem aj. Lundem z Norwegian Geotechnical Institutu v Oslu byla spočtena podle rovnice 4, nebo podle grafu dle Karhánka na Obr.4 následovně pro ortorulu i skarn:
  - Horninový tlak ve stropě je 0,01 MPa pro obě horniny
  - o Horninový tlak na stěny výrubu je 0,05 MPa pro obě horniny
- Doba stability výrubu je 10 let obě horniny
- Stropní tlak u skarnu dle Cimbareviče je 0.439 MPa při výšce klenby 8.7 m

- Stropní tlak u ortoruly dle Cimbareviče je 0.578 MPa při výšce klenby 12.47 m
- <u>Stropní tlak u skarnu dle upraveného Cimbareviče pro rychlost kmitání od trhacích prací od 0.5-3</u> m/s je 0.45 – 0.46 MPa při výšce klenby 14.7-15.2 m
- <u>Stropní tlak u skarnu dle upraveného Cimbareviče pro rychlost kmitání od trhacích prací od 0.5-3</u> <u>m/s je 0.58 – 0.62 MPa při výšce klenby 23.3-24.8 m</u>
- Závislost na rychlosti kmitání od 0,5 do 3 m/s je u obou hornin cca 1 m
- Spočtené napětí ve stropě výrubu dle Cimbareviče je podstatně větší, než podle Norské metody. Je to způsobeno tím, že Nová Norská metoda vychází ze statistiky štol do 100 m<sup>2</sup> a Cimbarevičova teorie jde do hloubky mechaniky hornin."
- Proto v dalším hodnocení je použito Cimbarevičovy teorie.
- Doba stability výrubu je 10 let obě horniny od konce těžby. Tato doba již dávno uplynula a proto zcela jistě dochází v kaverně k vypadávání bloku horniny, zvláště v tektonické poruše, která dle obr.9 a v10 protíná kavernu
- Dle rovnice 27 s ohledem na zkušenosti byly stanoveny vzdálenosti v závislosti na nálože na časový stupeň a orientaci od odstřelu dle programu INSTANTEL BLAST WARE III, při nichž na takto zvoleném stanovišti nepřekročí rychlost kmitání hodnotu 200 mm/s, což zaručí dostatečný stupeň bezpečnosti. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15.
- Na základě stanovených maximálních náloží na časový stupeň dle tabulky 15 jsou na obr.11 v řezu stanovenyizochargy- čáry maximálních náloží na časový stupeň, při nichž nebude překročena mezní rychlost kmitání stanovená pro ohrožený objekt pro stanovenou izoseistu.
- <u>Izochargy jsou stanoveny tak, aby nedocházelo k poddimensování náloží. U poddimensovaných náloží se energie výbuchu nevyužívá k rozpojení horniny, ale k zvýšeným seismickým účinkům a omezování náloží by mělo obrácený efekt. Izochargy byly narýsovány na základě tabulky 15.</u>
- <u>Generální sklon svahu je 45<sup>0</sup> (obr.11) a je zakreslen fialovou čerchovanou čárou</u>
- Obecně lze stanovit, že při rychlosti kmitání 200 mm/s na okraji výrubu nedojde k zavalení starých důlních děl.
- Mapa izoseist je v řezu na obr.11 v situaci na obr.10.

### 6.3 vymezení prostoru ohroženého území

Nejnebezpečnější je prostor je nad vyrubaným prostorem dolu Magdaléna jih ohraničený izochargami na příloze 22. Obzvzláště pak v blízkosti tektonické poruchy zobrazené na příloze 22.

### 6.4 Návrh opatření k sanaci

#### Z výše uvedených zjištění vyplývají následující závěry:

- Jelikož hodnoty rychlosti šíření podélných vln a moduly pružnosti byly odhadnuty, bude nutno v budoucnosti provést seismickou tomografii, která tyto hodnoty upřesní a navíc určí přesně rozvolnění kolem výrubů provedených při těžbě skarnového ložiska.
- Tomografii bude nutno provést, až těžba dosáhne úrovně zakreslené na obr.11 plnou hnědou čarou.
- Po provedení tomografie je možno pokračovat k hranici označené plnou fialovou čárou s generálním sklonem 45<sup>0</sup>.
- Další etapu geofyzikálních měření je nutno provést při dosažení hranice označenou čerchovanou fialovou čárou která začíná na etáži 430 mnm se sklonem 35<sup>0</sup>. Zde bude nutno provést i gravimetrické měření. Pak bude možno pokračovat v dotěžení až ke kaverně.
- Tato měření je nutno provést, neboť rozsah kaverny je díky překročení doby stability bude větší od nadvýlomy.
- Přibližovat se ke kaverně doporučuji od severu. V těchto místech se dle vrtů 49,115 a 116 bude nacházet kvalitní skarn.
- V případě zjištění většího rozsahu porušení, bude nutno kavernu před vzmáháním í vyplnit inertním materiálem.

 V místě poruchy zakreslené na obr.10 a 11 je nutno při provádění trhacích prací dohlížet se zvýšenou opatrností na stabilitu svahu.



#### Obr.11

## 7. POUŽITÁ LITERATURA

- 1. ČSN 730601 Ochrana staveb proti radonu z podloží
- 2. ČSN 731001 Základová půda pod plošnými základy
- 3. ČSN 733050 Zemní práce
- 4. ČSN 721001 Pojmenování a popis hornin
- 5. ČSN 730090 Geologický průzkum pro stavební účely
- 6. ČSN 731215 Betónové konštrukcie. Klasifikácia agresivných prostredí
- 7. ČSN 731214 Betonové konstrukce. Základní ustanovení pro navrhování ochrany proti korozi
- 8. Kolář V., Němec I.: Studie nového modelu podloží staveb .ACADEMIA studie 3.861
- 9. Zákon 62/88 Sb v plném znění zákona 66/2001 o geologických pracích.
- 10. Zákon 143/2001 o ochraně hospodářské soutěže.
- 11. Zákon 121/2000 o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským
- 12. Zákon 500/2004 Sb. ve znění novely 413/05 Sb. (Správní řád).
- 13. Česká geologická služba Výtah z mapy 1:50 000
- 14. Geofond ČR program E-Earth
- 15. Bernard, J. H., Pouba, Z. a kol.: Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu. Praha: Ústřední ústav geologický, 1986. s. 192-194.
- Litochleb, J., Šrein, V., Černý, P.: Nález železem bohatého sfaleritu ve skarnu na Holém vrchu ve Vlastějovicích u Zruče nad Sázavou. Bulletin mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze, 1995, roč. 3, s. 237.

- 17. Macků, P., Závodský, J., Brychta, B.: Zajímavé nálezy Sb okrů a berthieritu ze skarnu ve Vlastějovicích. Minerál, 1995, roč. 3, č. 6, s. 412.
- 18. Novák, M.: Bór obsahující minerály z granitických pegmatitů moldanubika. Bulletin mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze, 1995, roč. 3, s. 164-169.
- 19. Pauliš, P.: Skarnové ložisko Vlastějovice u Zruče nad Sázavou. Minerál, 1996, roč. 4, č. 6, s. 392-398.
- 20. http://www.hornictvi.info/histhor/lokality/vlastej/VLASTEJ.htm
- 21. Geologické služby s.r.o. Dukelska 1779, 430 01 Chomutov, ICO 47311703
- 22. Pták J. a kol. (1987): Závěrečná zpráva a vypočet zásob ložiska Vlastějovice. MS Rudné doly. N.p. Přibram, závod Mořina. FZ006179
- 23. Martinec M. a kol. (1961): Výpočet geologických zásob Vlastějovice. MS Železnorudné doly a hrudkovny n.p. Ejpovice, závod Nučice. FZ004026.
- 24. Černý I. A kol 0: Výpočet geologických zásob magnetitu na lokalitě Vlastějovice se stavem k 1.7.1967. MS Železnorudné doly a hrudkovny n.p. Ejpovice, závod Kutna Hora. FZ004944
- 25. Bez autora a data: Dějiny dolováni železných rud ve Vlastějovicích. Staženo ze serveru Historie hornictví.
- 26. Ing Jaromír Karhánek CSc, Návody ke cvičení z podzemních staveb SNTL 1986, VUT v Brně Fakulta stavební
- 27. N. Barton, F. Losete, R.Liene aj. Lunde Norwegian Geotechnical Institutu Oslo, Aplication of Q-systém in design decisions concerning dimensions and appropriate support for underground installations. International symposium on subsurface space, Rockstore 180, Stokholm 1980. proc. Vol. 2. pp. 553-561.
- 28. Barton N. Recent Experiences with the Q-system of Tunnel Support design In Proc. Of the Symposixim on Exploration for Rock Engineering /Johunesburg/ November 1976 pp107-117.
- 29. Bieniawski Z.T. Engineeering Classification of Joited Rock Mas Masses. Int The Civil Engineering in South Africe, December 1973, pp 335-343.
- 30. Šedivý, M.: Tunelářské klasifikace, Stavební geologie n.p Praha 1983
- 31. Cimbarevič, P.M, :.0 gornom davlenii v očistnoj vairabotke krutopadajuščevo ugolnogo plasta pri rabotach s zakladkoj Ugol 1952 č.3 str. 8-12
- 32. Cimbarevič, P.M, :.0 gornom davlenii v očistnoj vairabotke krutopadajuščevo ugolnogo plasta pri rabotach s zakladkoj Ugol 1952 č.6