

VÝSKUM DYNAMICKÝCH ÚČINKOV TRHACÍCH PRÁC V LOME BREKOV

RESEARCH DYNAMIC EFFECTS OF BLASTING IN THE BREKOV QUARRY

Blažej Pandula¹, Julián Kondela²

Abstrakt

Jednou z najvýznamnejších surovín na výrobu stavebných materiálov na Slovensku sú karbonátové horniny. Ťažba vápencov a dolomitov je veľkokapacitná a povrchová. Prevažne sa na rozpojovanie horniny používajú viacrádové clonové odstrelky. Z pohľadu prírodných útvarov sú práve vápence náchylné na vznik krasových útvarov - jaskýň. Ide o jedinečné prírodné útvary chránené najvyšším stupňom ochrany. Často práve blízkosť jaskyne v okolí lomu je dôvodom pre obmedzenie až pozastavenie ťažby. Takýchto lokalít na Slovensku je niekoľko. Napríklad lom Slavec (Gombasek) a Gombasecká jaskyňa, lom Brekov a Brekovská jaskyňa a iné. Článok poukazuje na metodiku merania a zhodnotenie účinkov technickej seizmicity na krasové útvary – jaskyne.

Abstract

The carbonate rocks are one of the most important raw materials for production of the building materials in Slovakia. Mining of limestones and dolomites is extensive and done on the surface. For rock breaking mainly the Multi-row blasting is used. Limestones are prone to create the karst formations – caves, from the perspective of natural systems. There are a unique natural formations protected by the highest degree of protection. The proximity of the cave near the quarry is often the reason for the restriction to the stop of mining. In Slovakia there are more such localities. As an example are quarry Slavec (Gombasek) and Gombasek Cave, Brekov quarry and Brekov Cave and others. Article shows the methodology of measuring and evaluation the effects of the technical seismicity in the karst formations - caves.

Kľúčové slová

lom, dynamické účinky odstrelu, trhacie práce, krasové útvary – jaskyne

1 Úvod

Trhacie práce majú a oddávna mali rozhodujúcu úlohu v živote človeka. V závislosti od podmienok a parametrov rozpojovania, môžu prekročiť únosné – bezpečné hranice kedy sa stávajú škodlivými a môžu zapríčiniť veľké škody.

S rastúcou hmotnosťou nálože trhaviny rastie aj intenzita vlnenia seizmických vln, ktoré sa šíria v horninovom prostredí a rozkmitávajú postupne jednotlivé časti tohto prostredia. Ak je intenzita kmitania dostatočne veľká, môže dôjsť k porušeniu prostredia, prípadne aj k jeho deštrukcii (Dojčár a kol., 1996, Viskup, Pandula, 2008, Viskup a kol., 2010, Viskup a kol., 2011).

Identifikácia týchto škodlivých účinkov a stanovenie seizmickej bezpečnosti je v súčasnej dobe veľmi aktuálny problém. Je potrebné nájsť ekonomicky výhodnú cestu, ktorá by na jednej strane zabezpečovala istotu neporušenia objektu a na druhej strane by určovala čo najefektívnejšiu technológiu trhacích prác (Kaláb, Knejzlík, 2004).

Na podnet Správy slovenských jaskýň, odboru výskumu a ochrany jaskýň, oddelenia praktickej starostlivosti o jaskyne, bolo uskutočnené posúdenie technickej seizmicity trhacích prác v lome Brekov. Z nameraných hodnôt boli zhodnotené účinky umelo vybudenej seizmicity vplyvom clonových odstrelov na Brekovskú jaskyňu, ktorá sa nachádza na najvyššej etáži lomu Brekov. Lom Brekov je situovaný v humenských vrchoch asi 1,5 km na sever od mesta Strážske (obr. 1) (Pandula, Kondela, 2010).

2 Geologická stavba okolia lomu Brekov

Humenské vrchy sú tvorené mezozoickými karbonátmi stredného triasu až strednej kriedy. Toto obdobie



Obr. 1 Vystupovanie a pozícia Brekovskej jaskyne na úrovni IV. etáže (247 m n. m.) v lome Brekov. Zasahujúca hranica ochranného pásma (OP) Brekovskej jaskyne do dobývacieho priestoru

je charakteristické rôznou intenzitou sedimentácie. Územie je súčasťou križňanského príkrovu, avšak litologicky sa čiastočne odlišuje od typických profilov tejto tektonickej jednotky. Predpokladá sa, že sa môže jednať o plytkovodnejší sedimentačný priestor, v ktorom sedimentovali karbonáty mezozoika Humenských vrchov (Jacko ml., 1997).

Mezozoikum Humenských vrchov má z tektonického hľadiska polyštádiálny vývoj: najstaršie štádium deformácie sa v študovanom území nezachovalo, súviselo s vrchnokriedovo - severovergentným násunom križňanského príkrovu. Výsledkom mladšej (miocénnej) etapy je šupinovitá stavba ZSZ - VJV smeru so strmým úklonom k S resp. SV počas, ktorej došlo k rozčleneniu mezozoika na štyri tektonické šupiny (Jasenovská, Klakočiny,



***Obr. 2 Odkrytá časť Brekovskej jaskyne v lome Brekov
v stene najvyššej ťažobnej etáže***

Kocovo a Hôrka). Mladšia (neogénna až kvartérna) tektonika územia výrazne ovplyvnila priebeh a litologicky obsah šupín. Zlomové štruktúry, počas ktorých došlo k smerným pohybom (ZSZ - VJV smeru), výzdvihu humenského mezozoika (okrajový zlom V - Z smeru) a priečnym posunom na priebeh šupín S-J smer, rozsegmentovali územie na rad priečných, relatívne samostatných blokov (Jacko ml., 1997).

Práve početná viacgeneračná tektonická predispozícia umožnila vznik krasových dutín, ktoré v niektorých častiach boli prepojené a vznikli tak podzemné krasové útvary. Dňa 11. decembra 2006 vypracoval KÚŽP v Prešove Vyhlášku č. 6/2006, ktorou od 1. februára 2007 vyhlásil ochranné pásmo (OP) prírodnej pamiatky Brekovská jaskyňa s výmerou 15,2648 ha (obr. 1).

3 Použitá aparátúra a metodika merania

Pre posúdenie vplyvu technickej seizmicity na Brekovskú jaskyňu bol vypracovaný projekt seizmických meraní. V prípade posudzovania objektov, ktoré nie sú zahrnuté v STN 730036 je potrebné postupovať individuálne.



Obr. 3 Priestorová pozícia odstrelov voči meracím stanoviskám a Brekovskej jaskyni v lome Brekov

Posúdenie vplyvu seizmických účinkov vyvolaných trhacími prácami závisí od vzdialenosti trhacích prác a hodnoteného objektu a od veľkosti náloži v jednotlivých časovacích stupňoch použitých pri trhacích prácach. Pre stanovenie medzných veľkosti náloži a minimálnej vzdialenosti je potrebné zistiť útlmové vlastnosti seizmických vln v hodnotenom území. (Kaláb, Lednická, 2006).

Na zistenie útlmu bolo potrebné uskutočniť prevádzkové aj pokusné odstrely tak, aby sa vystihla geologická charakteristika hodnoteného územia z hľadiska prenosu vibrácií vyvolaných odstreloom na hodnotený receptor – Brekovskú jaskyňu (obr. 2).

Prvý odstrely bolo potrebné uskutočniť za bežných prevádzkových podmienok, aby sa zistila intenzita vibrácií a stanovil sa súčiniteľ prenosu energie geologickým prostredím. Druhý pokusný



Obr. 4 Digitálny štvorkanálový seizmograf VMS 2000 MP firmy THOMAS INSTRUMENTS (vľavo). Trojzložkový seizmosnímač americkej firmy Geospace (vpravo) inštalovaný na podložke s oceľovými hrotmi meracie stanovisko 1

Obr. 5 Seizmograf UVS 1504 švédskej firmy Nitro Consult a seizmosnímače firmy Nitro Consult (stanovisko 2) - inštalované pred vstupom do Brekovskej jaskyne na najvyššej etáži lomu Brekov (vľavo)

potrebné situovať do plánovaného dobývacieho priestoru, kde sa v budúcnosti plánuje s dobývacími prácami. Tretí kontrolný odstreľ s veľmi malou náložou (veľkosť náložie bola stanovená na základe prvého a druhého odstreľu) bolo potrebné situovať do blízkeho okolia jaskyne, aby sa zistili vlastnosti prenosového prostredia v okolí jaskyne (obr. 3).

Pre meranie seizmických účinkov na Brekovskú jaskyňu boli použité digitálne štvorkanálové seizmografy:

- **VMS 2000 MP** americkej firmy THOMAS INSTRUMENTS a seizmosnímače americkej firmy Geospace (obr. 4),
- **UVS 1504** a seizmosnímače švédskej firmy Nitro Consult (obr. 5).

Seizmografy poskytujú digitálny a grafický záznam všetkých troch zložiek rýchlosti kmitania častíc prostredia, horizontálna pozdĺžna – v_x , horizontálna priečna – v_y , vertikálna – v_z . Seizmografy VMS 2000 MP a UVS 1504 pracujú autonómne, automaticky uskutočňujú testy kanálov bez zásahu a vplyvu operátora do nameraných a zaregistrovaných charakteristík kmitania.

Seizmografy UVS 1504 a VMS 2000 MP majú AD prevodník s automatickým 14 bitovým dynamickým rozsahom, ktorý zodpovedá $0,05 \div 250 \text{ mm.s}^{-1}$. Pre tieto merania boli použité elektrodynamické geofóny Nitro Consult a geofóny Geospace s frekvenčným rozsahom $1 \div 1000 \text{ Hz}$ a citlivosťou 20 mV/mm.s^{-1} .

Tab. 1: Vzďialenosti odstrelov od meracieho stanoviska

Číslo odstreľu	Veľkosť nálože Q_{ev} [kg]	Súradnice odstreľu			Vzďialenosť od odstreľu ku stanovisku L [m]	
		x	y	z	šikmá	horizontálna
CO 24/1	198,5	1221786.20	219854.26	247.80	254	
CO 24/2	198,5	1221944.50	219846.73	224.00	376	
P1	4,8	1219198.32	219735.26	197.20		72,3
P2	6,25	1219174.51	217521.73	205.00		229,1
K1	16,9	1215672.20	213431.26	189.40		98
K2	16,9	1213340.50	211624.73	192.00		88

Geofóny boli umiestnené na špeciálnej podložke s oceľovými ostrými hrotmi, ktoré zabezpečovali nepretržitý kontakt s podkladom.

Meracie stanoviská v lome Brekov boli určené tak, aby bolo možné jednoznačne stanoviť vplyv seizmických účinkov trhacích prác na Brekovskú jaskyňu. Pred meraním boli seizmické aparatúry prekontrolované a automaticky kalibrované jednotlivé zložky snímačov.

Prvé meracie stanovisko bolo situované medzi odstreľom a Brekovskou jaskyňou na úrovni II. etáže 197 m n. m. (obr. 4). Druhé meracie stanovisko bolo situované priamo pred vstupom do Brekovskej jaskyne, na úrovni IV. etáže 247 m n. m (obr. 5).

V prípade kontrolného odstreľu bolo meracie stanovisko 1 situované vo vnútri jaskyne, 10 m od vstupu do jaskyne.

4 Zdroj otrasov

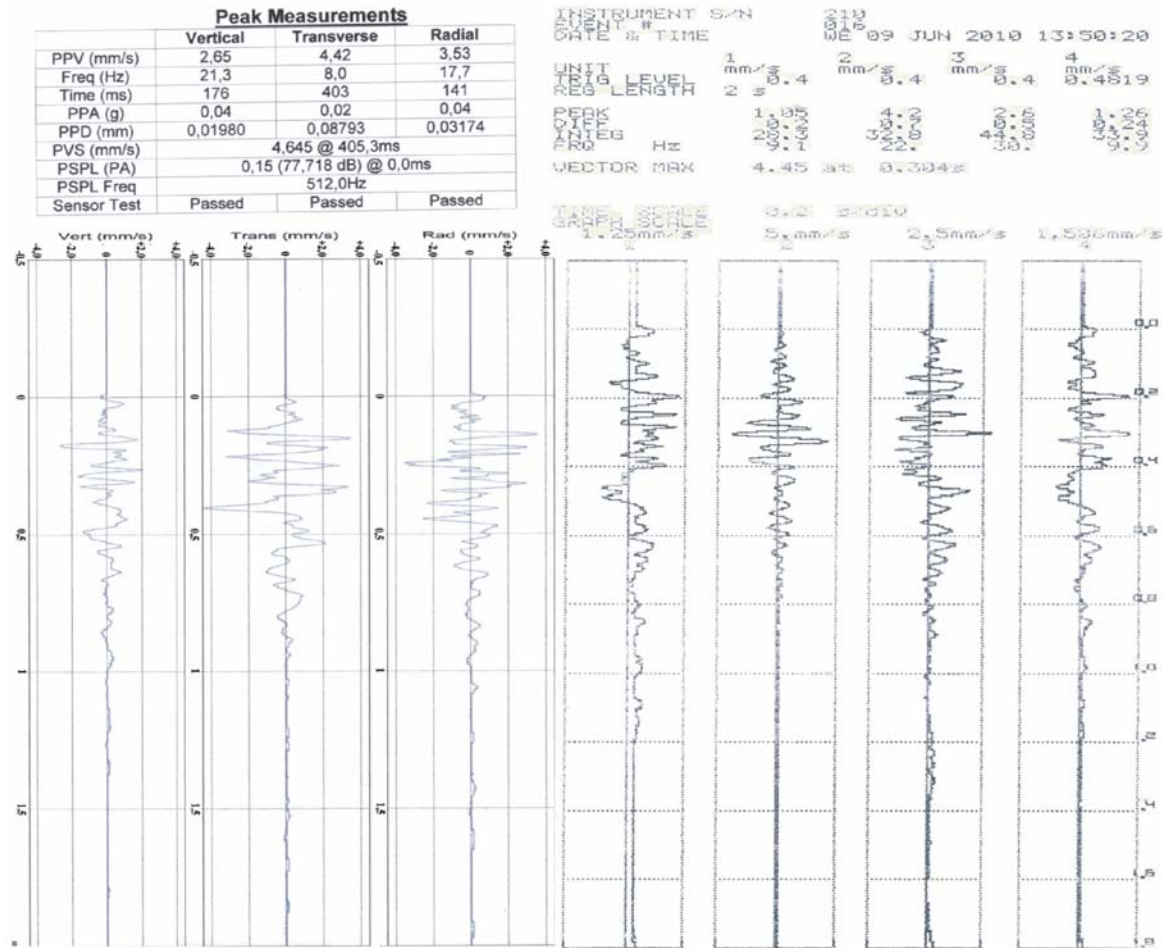
Zdrojom seizmických účinkov boli prevádzkový clonový odstreľ č. 24 (CO 24) (obr. 6), pokusné odstrely (P1, P2) a kontrolný odstreľ (K1, 2) na ložisku vápenca – lom Brekov, nachádzajúceho sa cca 1,5 km na sever od mesta Strážske, v katastrálnom území obce Brekov. Veľkosti náloží na jeden časovací stupeň sú uvedené v tabuľke 1.



Obr. 6 Prevádzkový clonový odstrel CO 24 v lome Brekov situovaný vo vzdialenosti 376 m od Brekovskej jaskyne

5 Namerané hodnoty

Seizmograf VMS 2000 MP bol uložený na stanovisku 1 (obr. 4). Seizmograf UVS 1504 bol uložený na stanovisku 2. Namerané hodnoty počas odstrelu sú v tabuľke 2. Na stanovisku 2 bol zaznamenaný grafický priebeh jednotlivých zložiek seizmického vlnenia takto: kanál č. 1 je zložka z, kanál č. 2 je zložka y, kanál č. 3 je zložka x a kanál č. 4 je zložka z (obr. 7 vpravo).



Obr. 7 Grafické záznamy rýchlostí kmitania jednotlivých zložiek seizmického vlnenia (v pozdĺžnom, priečnom a vertikálnom smere) nameraných pri CO 24. Vľavo je výsledný záznam zo seizmografu VMS 2000 MP (stanovisko 1). Vpravo je výsledný záznam zo seizmografu UVS 1504 (stanovisko 2)

Tab. 2: Namerané hodnoty rýchlostí a frekvencií jednotlivých zložiek vlnenia pri odstreloch

odstrel č./ stanovisko č.	x [mm. s ⁻¹]	y [mm. s ⁻¹]	Z [mm. s ⁻¹]	z ₁ [mm. s ⁻¹]	x [Hz]	y [Hz]	z [Hz]	z ₁ [Hz]
24/1	3,53	4,42	2,65	-	17,7	8,0	21,3	-
CO24/2	2,60	4,20	1,05	1,26	30	22	9,1	9,9
P1	0,9	1,8	0,9	0,54	24	27	0,2	0,2
P2	0,25	0,5	0,25	0,2	-	-	-	-
K1	1,88	1,88	0,99		43	46,5	21	
K2	2,75	2,15	1,2	1,02	24	28	19	29

Tab. 3: Rýchlosti kmitania pri periodicky uskutočňovaných odstreloch

Charakteristika hornín	Koefficient pevnosti k _f	c _p [km.s ⁻¹]	Prípustné rýchlosti kmitania v _p [mm.s ⁻¹]			
			1*	2*	3*	4*
Silne trhlinovité a pórovité	0,5 ÷ 1	1 ÷ 2	41	82	122	204
Silne trhlinovité a pórovité	1 ÷ 3	2 ÷ 3	68	136	203	340
Skalné, silne trhlinovité	3 ÷ 5	3 ÷ 4	95	190	284	475
Relatívne celistvé, trhlinovité	5 ÷ 9	4 ÷ 5	122	244	367	600
Celistvé, málo trhlinovité	9 ÷ 14	5 ÷ 6	149	298	445	745
Veľmi pevné, celistvé	14 ÷ 20	6 ÷ 7	178	356	533	890

6 Analýza nameraných seizmických účinkov clonových odstrelov

Pre chránené objekty, ktoré musia mať dlhú životnosť (jaskyne a pod.), podmienku seizmickej bezpečnosti, dovolenú rýchlosť kmitania v_d , je možné vyjadriť v závislosti na rýchlosti pozdĺžnych vln v masíve c_p (Dojčár a kol.,1996):

$$v_d = 0,0001c_p \quad (1)$$

Pre podzemné a iné objekty s ohľadom na ich rôznu požadovanú životnosť, môžu byť hraničné podmienky kmitania iné. Objekty sú do poručované triediť do štyroch tried, v okolí ktorých v závislosti na čase životnosti sú prípustné relatívne deformácie $10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-4}$.

Podľa funkcie pružno-plastických vlastností hornín a prípustnej pomernej deformácie sa pre výpočet prípustnej rýchlosti kmitania doporučuje vzťah (Dojčár a kol.,1996):

$$v_p = \frac{375 \times \left(c_p^2 - \frac{4}{3} \times c_s^2 \right) \times \left\{ \left[1 + (1 - 2\mu) \times \varepsilon_0 \right]^{\frac{8}{3}} - 1 \right\}}{c_p \times \left[1 + (1 - 2\mu) \times \varepsilon_0 \right]^4}, \quad (2)$$

kde: v_p je prípustná rýchlosť kmitania [$\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$],

c_p , c_s sú rýchlosti pozdĺžnych a priečných vln v masíve [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

μ je Poissonove číslo,

ε_0 je prípustná pomerná deformácia.

Tab. 4: Súčiniteľ bezpečnosti pre jednotlivé triedy objektov

<i>Trieda objektu T</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Koeficient bezpečnosti k_b	1,52	1,44	1,36	1,3

Hodnoty v_p vypočítané zo vzorca pre jednotlivé triedy sú v tabuľke 3. Tieto sú v dobrom súlade s hodnotami c_p nameranými a stanovenými pre celistvé horniny v rôznych podzemných baniach ($300 \div 500 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$).

Pri periodicky uskutočňovaných odstreloch sa doporučuje znížiť prípustné rýchlosti kmitania v tabuľke 4 a 5 koeficientom bezpečnosti k_b , (v_p/k_b), v závislosti na triede objektu T:

**Triedy objektov:*

- **Zvlášť dôležité diela životnosti nad 10 rokov, $\varepsilon_0 = 0,0001$, (hydrotechnické štôlne, jamy, hlavné banské diela, odvodňovacie a iné vodohospodárske diela).**
- Dôležité diela životnosti od 5 do 10 rokov, $\varepsilon_0 = 0,0002$, (náraziská, prekopy, stropné piliere, stabilné svahy etáží a hald a pod.).
- Diela s krátkou životnosťou od 1 do 5 rokov, $\varepsilon_0 = 0,0003$, (chodby, komory apod.).
- Diela s životnosťou do jedného roka, $\varepsilon_0 = 0,0004$, (dobývky, svahy pracovných etáží a pod.).

Tab. 5: Rýchlosti kmitania pri periodicky uskutočňovaných odstreloch

Trieda objektu T	Prípustné v_p [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$] pre kvalitu objektu K								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	27,6	16,5	10	6	3,7	2,2	1,3	-
2	75	46	27,6	16,5	10	6	3,7	2,2	1,3
3	120	75,6	46	27,6	16,5	10	6	3,7	2,2
4	198	120	75	46	27,6	16,5	10	6	3,7

Jaskyňa Brekov je situovaná v horninovom masíve a jej životnosť sa predpokladá na niekoľko desaťročí. Uskutočňované odstrely v lome Brekov považujeme za periodické vzhľadom k tomu, že ide o permanentnú ťažbu v lome. Triedu posudzovaného objektu – jaskyňa Brekov, zaraďujeme medzi zvlášť dôležité objekty životnosti nad 10 rokov T_1 . Hodnotenie kvality objektu závisí od viacerých faktorov. Vychádza zo spôsobu jeho zakladania, konštrukcie, použitého materiálu a fyzického stavu objektu v čase merania. V prípade posudzovania seizmických účinkov trhacích prác na jaskyňu Brekov nejde len o posúdenie fyzického stavu objektu, ale hlavne o posúdenie horninového prostredia, v ktorom je jaskyňa situovaná.

Pri stanovovaní prípustnej rýchlosti kmitania vybudenej technickou seizmicitou v lome Brekov vychádzame z toho, že jaskyňa musí ostať v prirodzenom stave a neporušená. Pri uvedenom spôsobe je prípustná maximálna rýchlosť kmitania jednotlivých zložiek 95 mm.s^{-1} (tab. 4) a koeficient bezpečnosti je 1,52 (tab. 3). Z uvedeného vyplýva, že pri hodnotách rýchlostí kmitania menších ako $95/1,52 = 62,5 \text{ mm.s}^{-1}$ nedôjde k porušeniu horninového prostredia, v ktorom je situovaná Brekovská jaskyňa.

Namerané maximálne hodnoty zložiek rýchlosti kmitania clonového odstrelu v lome Brekov sú v tabuľke 2. Ak podľa STN 730036 platí:

$$v = K \times \frac{\sqrt{Q_{ev}}}{L} \quad (3)$$

v - je nameraná maximálna rýchlosť kmitania (maximálna zložka rýchlosti kmitania) generovaná odstrelom, $[\text{mm.s}^{-1}]$.

Z uvedeného vzťahu, potom súčiniteľ prenosu energie geologickým prostredím K pre blízke okolie jaskyne v lome Brekov

$$K_1 = v \cdot L / \sqrt{Q_{ev}} = 1,88 \cdot 98 / \sqrt{16,9} = 184,24/4,11 = 44,82,$$

$$K_2 = v \cdot L / \sqrt{Q_{ev}} = 2,75 \cdot 88 / \sqrt{16,9} = 242/4,11 = 58,87.$$

Na základe vypočítaného súčiniteľa prenosu energie geologickým prostredím K je možné vypočítať maximálnu dovolenú nálož na časový stupeň, tzv. ekvivalentnú nálož Q_{vmax} pre najbližšiu vzdialenosť zdroja - trhacích prác v lome Brekov a receptora – jaskyňa Brekov:

$$\text{Pre vzdialenosť } 50 \text{ m } Q_{vmax} = v^2 \cdot L^2 / K^2 = 6^2 \cdot 50^2 / 58,87^2 = 25,97 \text{ kg},$$

$$\text{Pre vzdialenosť } 60 \text{ m } Q_{vmax} = v^2 \cdot L^2 / K^2 = 6^2 \cdot 60^2 / 58,87^2 = 37,39 \text{ kg},$$

$$\text{Pre vzdialenosť } 70 \text{ m } Q_{vmax} = v^2 \cdot L^2 / K^2 = 6^2 \cdot 70^2 / 58,87^2 = 50,9 \text{ kg},$$

$$\text{Pre vzdialenosť } 80 \text{ m } Q_{vmax} = v^2 \cdot L^2 / K^2 = 6^2 \cdot 80^2 / 58,87^2 = 66,48 \text{ kg},$$

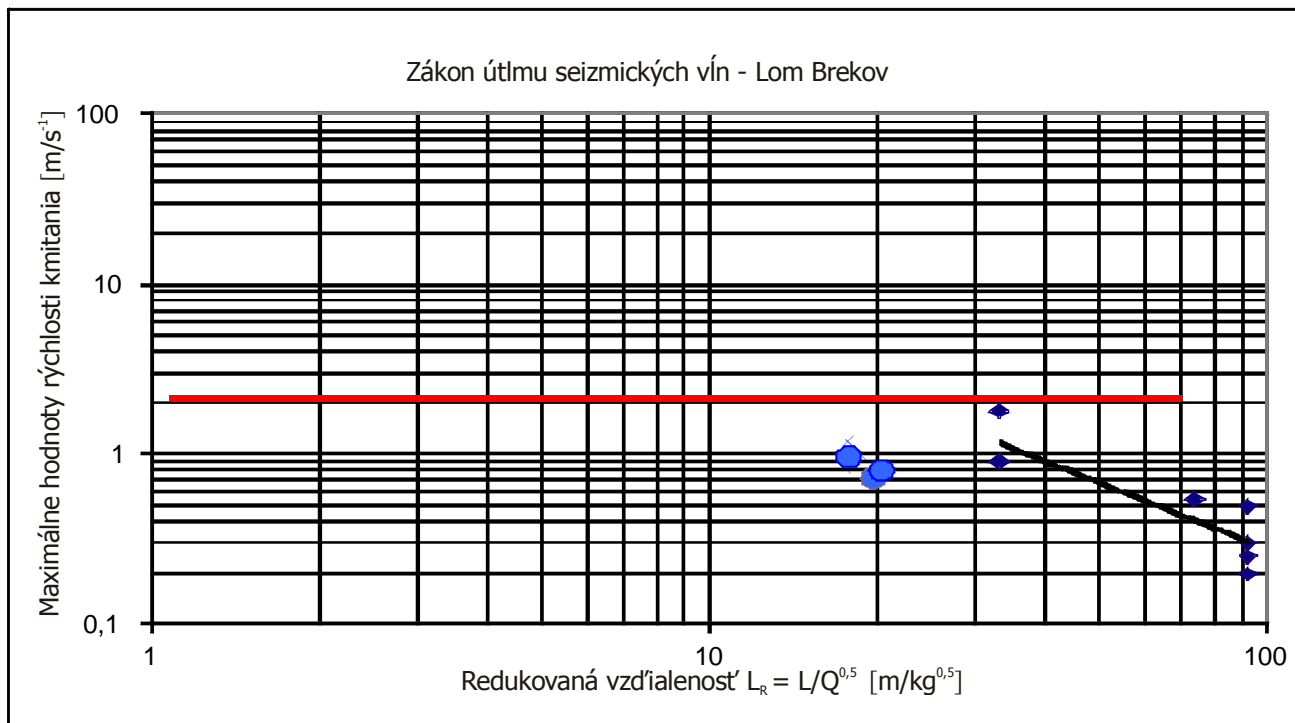
$$\text{Pre vzdialenosť } 90 \text{ m } Q_{vmax} = v^2 \cdot L^2 / K^2 = 6^2 \cdot 90^2 / 58,87^2 = 84,14 \text{ kg},$$

$$\text{Pre vzdialenosť } 100 \text{ m } Q_{vmax} = v^2 \cdot L^2 / K^2 = 6^2 \cdot 100^2 / 58,87^2 = 103,87 \text{ kg},$$

kde „ v “ je nameraná maximálna rýchlosť kmitania (maximálna zložka rýchlosti kmitania) generovaná odstrelom $[\text{mm.s}^{-1}]$,

• v_d je maximálna dovolená rýchlosť kmitania meranej zložky $[\text{mm.s}^{-1}]$,

- L je najkratšia vzdialenosť zdroja otrasov od ich receptora, [m],
- Q_{ev} je hmotnosť nálože na jeden časový stupeň, [kg],
- K je súčiniteľ závislý od podmienok odstrelu, vlastnosti prenosového prostredia, druhu trhaviny a pod. [$m^2 \cdot s^{-1} \cdot kg^{-0,5}$].



Obr. 8 Grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na stanoviskách 1 a 2 na redukovanej vzdialenosti v lome Brekov zákon útlmu seizmických vln. Krúžkami sú vyznačené hodnoty namerané pri kontrolnom odstrelé na stanoviskách 1 a 2

Na základe údajov z tabuľky 2 bola zostrojená grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti pri clonových odstreloch. Graf na obr. 8 predstavuje tzv. zákon útlmu seizmických vln (Pandula, Kondela, 2010) pre blízke okolie jaskyne v lome Brekov, v ktorom bola použitá hodnota Q v tvare

$$v = \left(\frac{L}{Q^{0,5}} \right) = K \times \left[\frac{L}{Q^{0,5}} \right]^n, \quad (4)$$

kde „ v “ je maximálna rýchlosť kmitania (maximálna zložka rýchlosti kmitania) generovaná odstreloom, [mm/s],

- $L/Q^{0,5}$ je tzv. redukovaná vzdialenosť, [m.kg^{-0,5}],
- L je najkratšia vzdialenosť zdroja otrasov od ich receptora, [m],
- Q je hmotnosť nálože časového stupňa, [kg],
- K je súčiniteľ závislý od podmienok odstrele, vlastnosti prenosového prostredia, druhu trhaviny a pod. [m².s⁻¹.kg^{-0,5}],
- n je exponent závisiaci na útlme seizmických vln.

7 Záver

Zo zákona útlmu seizmických vln je možné stanoviť pre konkrétny receptor veľkosť nálože pri známej vzdialenosti, tak aby maximálne hodnoty jednotlivých zložiek rýchlosti kmitania nepresiahli stanovené maximálne rýchlosti kmitania.

Z grafického priebehu zákona útlmu seizmických vln pre lom Brekov na obr. 8 vyplýva, že dovolená rýchlosť kmitania 6 mm.s⁻¹ pre frekvencie menšie ako 50 Hz a väčšie ako 10 Hz, nebola pri kontrolnom odstrele prekročená. Červená čiara predstavuje hranicu maximálne povolených rýchlostí kmitania. Modrými krúžkami sú uvedené namerané hodnoty pri kontrolnom odstrele na meracích stanoviskách 1 a 2.

Na základe rýchlosti kmitania seizmických vln nameraných pri kontrolnom odstrele CO v lome Brekov je možné konštatovať, že zákon útlmu seizmických vln pre lom Brekov bol stanovený správne a hodnoty rýchlosti kmitania seizmických vln na stanoviskách 1 a 2 neprekročili dovolenú rýchlosť kmitania stanovenú STN 730036 pre zvlášť dôležité objekty životnosti nad 10 rokov.

Pod'akovanie

Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: ITMS 26220220031, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

References

- DOJČÁR, O. a kol. *Trhacia technika, Montanex, a.s.*, Ostrava 1996, 421sp.
- JACKO, S. ml. *Prehľad stavby mezozoika humenských vrchov*. Acta Montanistica Slovaca, ročník 2, 1997, s. 23–27.
- KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J. *Experimentální měření seismických účinků trhacích prací v historickém dole Jeroným*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, Roč. 4, č. 2, 2004, s. 159 – 166.
- KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M. *Interpretace seismických záznamů trhacích prací prováděných ve štole Jeroným v Čisté*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, Roč. 6, č. 2, 2006, s. 155 – 161.
- PANDULA, B. A KONDELA, J. *Metodológia seizmiky trhacích prác*. SSTVP Banská Bystrica 2010, BEKI Design, s. r. o., 156 s.
- PANDULA, B., KONDELA, J. *Výskum vplyvu technickej seizmicity vyvolanej trhacími prácami v lome Brekov na Brekovskú jaskyňu*. Výskumná správa. F BERG Košice 2010, 21 s.
- STN 730036 *Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcii*. Ústav pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, Bratislava, 1977, 68 s.
- VISKUP, J., PANDULA, B., KUBÁŇ, J. *Posúdenie dynamických účinkov odstrelu v čachtickom kameňolome na Čachtickú jaskyňu*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, Roč. 10, č. 2, 2010, s. 163 – 172.
- VISKUP J., PANDULA, B., KUBÁŇ J. *Hodnotenie dynamických účinkov odstrelu v Čachtickom kameňolome na Čachtickú jaskyňu*. Zborník z konferencie TRHACIA TECHNIKA 2011, Stará Lesna 26.- 27.mája 2011, Slovenská spoločnosť pre víťacie a trhacie práce, Banská Bystrica, s. 79 – 89.
- VISKUP, J., PANDULA, B. *Posúdenie seizmických účinkov likvidácie munície a výbušnin výbuchom*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, Roč. 8, č. 2, 2008, s. 325 – 334.
- ŽEC, B., BAŇACKÝ, V., JACKO, S. ML., KALIČIAK, M., KAROLI, S., KONEČNÝ, V., LEXA, J., POTFAJ, M., RAKÚS, M. A BOOROVÁ, D. *Vysvetlivky ku geologickej mape Vihorlatských a Humenských vrchov v mierke 1: 50 000*. V tlači.

Autori

¹ doc. RNDr. Blažej Pandula, CSc. Ústav Geovied, F BERG TU v Košiciach, Park Komenského 19, 043 84 Košice, blazej.pandula@tuke.sk

² Mgr. Julián Kondela, PhD Ústav Geovied, F BERG TU v Košiciach, Park Komenského 15, 043 84 Košice, julian.kondela@tuke.sk