

Fakulta BERG, Technickej Univerzity v Košiciach
Ústav geovied

**Posúdenie vplyvu technickej seizmicity v lome
Včeláre na objekt skladu trhavín a okolitú zástavbu
obce Včeláre**

ODBORNÝ POSUDOK
odstreľu č. 5083 zo dňa 28. mája 2024



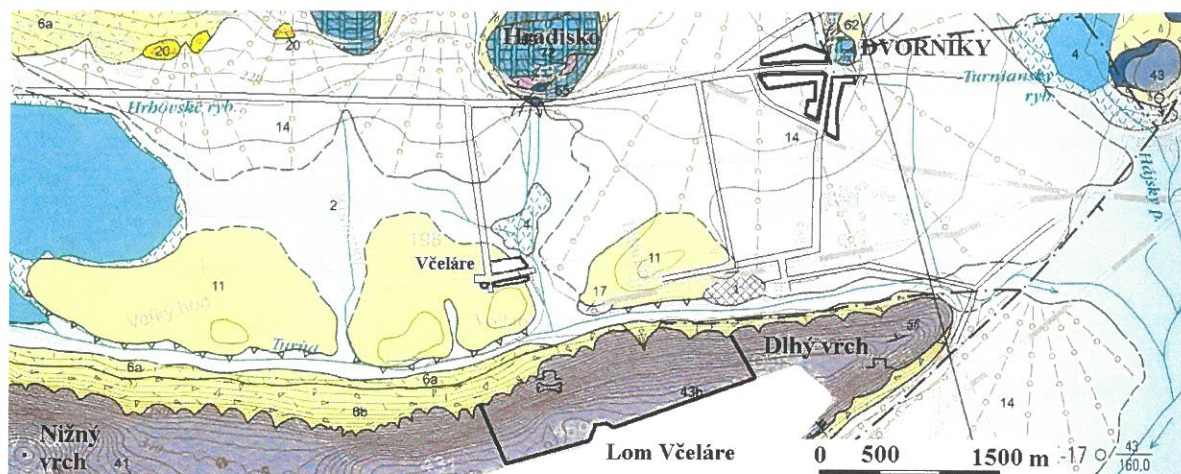
Autori : prof. RNDr. Blažej Pandula, CSc.
doc. Mgr. Julián Kondela, PhD.

	2
1. STRUČNÁ GEOLOGICKÁ STAVBA OKOLIA LOMU VČELÁRE	3
2. MERACIE STANOVISKO A POUŽITÁ APARATÚRA PRI MERANÍ CLONOVÉHO OSTRELU č. 5083	4
3. ZDROJ OTRASOV	5
4. NAMERANÉ HODNOTY	10
5. SEIZMICKÉ ÚČINKY TRHACÍCH PRÁC	14
6. ODHAD BEZPEČNEJ VZDIALENOSTI OD MIESTA ODSSTRELU	16
7. ELIMINÁCIA ŠKODLIVÝCH ÚČINKOV TRHACÍCH PRÁC	20
8. KRITÉRIUM A MERÍTKO SEIZMICKÝCH ÚČINKOV	20
9. VZDUŠNÁ TLAKOVÁ VLNA	21
10. DOVOLENÁ RÝCHLOSŤ KMITANIA PRE CHRÁNENÉ OBJEKTY INDIVIDUÁLNEJ ZÁSTAVBY V OBCI VČELÁRE	21
11. NAMERANÉ SEIZMICKÉ ÚČINKY CLONOVÝCH ODSSTRELOV A ICH ANALÝZA	22
12. ZÁVER	23

ÚVOD

Na základe objednávky Carmeuse Slovakia, s.r.o. sme 28. mája 2024 uskutočnili meranie technickej seizmicity *clonového odstrelu č. 5083 v lome Včeláre a* v okolí lomu Včeláre. Z nameraných hodnôt sme zhodnotili účinky umelo vybudenej seizmicity vplyvom **CO 5083** na individuálnu zástavbu v obci Včeláre.

1. STRUČNÁ GEOLOGICKÁ STAVBA OKOLIA LOMU VČELÁRE (PRENOSOVÉ PROSTREDIE)



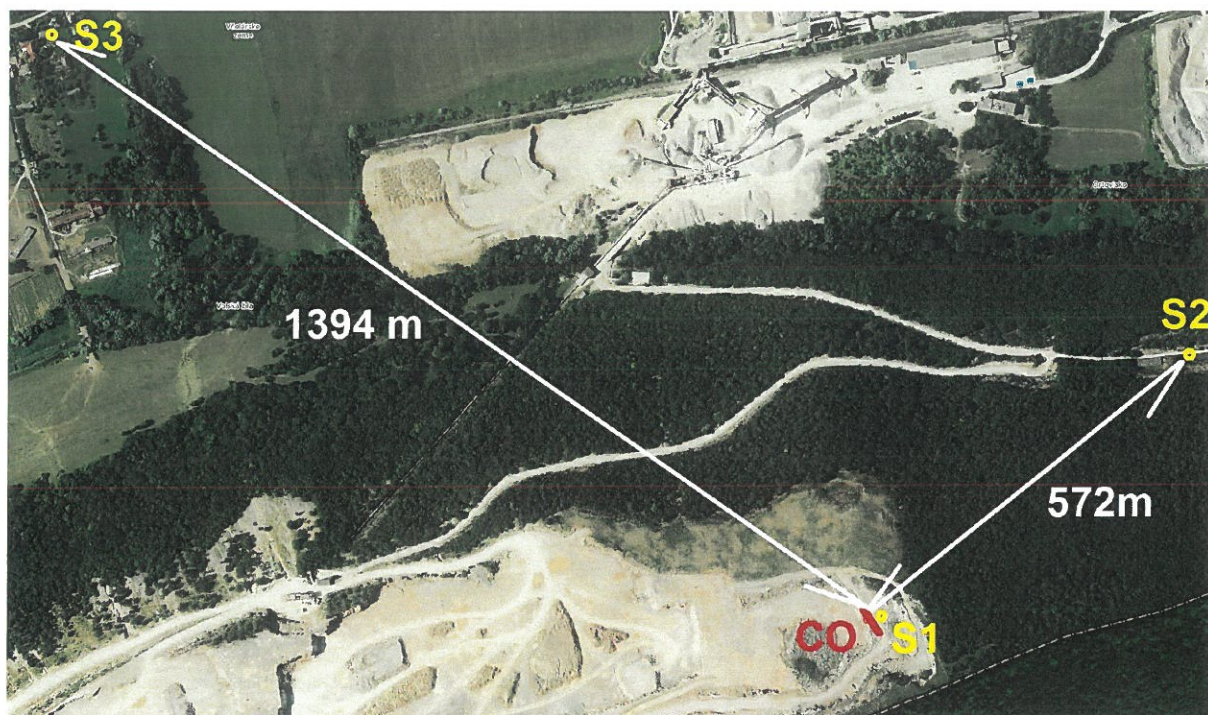
Obr. 1 Geologická mapa okolia lomu Včeláre s vyznačenými najbližšími obcami (Mello, et al., 1996)-upravené. KVARTÉR 1-antropogénne sedimenty, 2-fluviálne sedimenty: nív riek - hlinito-piesčité a štrkovito-piesčité, 4-organické sedimenty: slatiny (nívne rašelin), 6a a 6b- deluviálne sedimenty (a-hlinité s úlomkami hornín, b-hlinito-kamenité a kamenité), 8-deluviálno-proluviálne sedimenty: osypové kužele, 11-deluviálno-eolické sedimenty: sprašové hliny a spraše, 14-proluviálne sedimenty: štrky a zahlinené piesčité štrky, 17-fluviálne sedimenty: štrky, piečité štrky a piesky terás, 20-deluviálne sedimenty: spevnené sute brekie a zlepenice, miestami štrky. MEZOZOIKUM-trias silického príkrovu 41-leckogelské vápence (onkolitové, pizolitické), 43 (a, b)- wetersteinské vápence (a-rifové, b-lagunárne), trias turnianského príkrovu 62-tmavé bridličnaté vápence a piesčité sliene, 65-dvornické vrstvy: bridlice a fylity s vložkami pieskovcov, 72 - gutensteinské dolomity, 77-bodvasilašské pieskovce a bridlice.

Povrchový lom Včeláre je situovaný v horninovom prostredí wetersteinských vápencov silického príkrovu (obr. 1). Silický príkrov je rozsiahle horizontálne až subhorizontálne uložené teleso, v ktorom sú najviac zastúpené stredno a hlavne spodnotriasové karbonátové sedimenty. Wetersteinské vápence sú ťaženou nerastnou surovinou, ktorá sa využíva prevažne v hutníckom a cementárskom priemysle. Obec Včeláre leží na kvartérnych deluviálno-eolických sprašiach a sprašových hlinách, ktoré sa nachádzajú v nadloží vápencov. Na rozdiel od vápencov sa spraše vyznačujú vyšším útlmom seizmických vln ako vápence.

Meracie stanoviská boli situované podľa požiadaviek objednávateľa v lome Včeláre a objekte kostola v obci Včeláre. Údaje o polohe snímačov a vzdialenosti medzi snímačmi a odstreli sú v tabuľke 1. Pozícia odstrelov a vzdialenosti medzi odstreli CO 5083 a meracími stanoviskami, objektom kostola a budovou školy v obci Včeláre je uvedená na obr. 2.

Tabuľka 1. Údaje o polohe odstrelov a vzdialenosti stanovísk (rodinný domov) od odstrelov (obr. 2).

Stanovisko	odstrel	Súradnice geofónov a odstrelu			Vzdialenosť od odpalu ku stanovisku		poznámka
		x	y	z	šikmá	horizontálna	
S1 - Lom Včeláre	CO 5083				29,66 m	23 m	Odstrel
S3 – sklad	CO 5083					572 m	
S3 – kostol	CO 5083					1394 m	



Obr. 2 Pozícia a vzdialenosť CO 5083 v lome Včeláre voči meracím stanoviiskám v lome Včeláre – sklad trhavín S2 a kostol – S3 v obci Včeláre

2. MERACIE STANOVISKO A POUŽITÁ APARATÚRA PRI MERANÍ CLONOVÉHO ODSTRELU č. 5083



Obr. 3 Meracie stanovisko S3, situovanie meracej aparatury ABEM Vibratloc na betónovom základe objektu kostola vo Včelároch vo vzdialenosti 1394 m od odstrelu č. 5083 v lome Včeláre

Na meranie a grafický záznam seizmických účinkov odstrelu boli použité nasledujúce digitálne seizmické aparatury:

- seizmograf ABEM Vibratloc švedskej firmy ABEM a seizmosnímače ABEM (obr. 3, 4).
- vibrograf Vibracord a seizmosnímače španielskej firmy Vibracord (obr. 9).
-

Pozícia meracieho stanoviska S1 v lome Včeláre. Aparatúra ABEM Vibratloc vo vzdialenosti 23,18 m od iniciačného vrtu clonového odstrelu č. 5083 (obr. 3). Meracie stanovisko S2 – sklad trhavín (obr. 3), bolo situované vo vzdialenosti 572 m od iniciačného vrtu clonového odstrelu č. 5083 v lome Včeláre. Meracie stanovisko S3 (obr. 3), bolo situované na betónovom základe pri vchode do kostola v obci Včeláre.



Obr. 4 Meracie stanovisko S2 - sklad trhavín, situovanie meracej aparatúry ABEM Vibratloc na betónovom základe objektu.

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 Instantel Minimate 6, ABEM Vibratloc a vibrograf Svantek pracujú autonómne, automaticky uskutočňujú testy kanálov bez zásahu a vplyvu operátora do nameraných a zaregistrovaných charakteristík kmitania. Seizmografy Instantel a ABEM Vibratloc majú AD prevodník s automatickým 14 bitovým dynamickým rozsahom, ktorý zodpovedá $0,05 \div 250 \text{ mm.s}^{-1}$. Pre tieto merania boli použité trojzložkové elektrodynamické geofóny s frekvenčným rozsahom $2 \div 250 \text{ Hz}$ a citlivosťou 10 mV/mm.s^{-1} od firmy Instantel, trojzložkový geofón od firmy ABEM s frekvenčným rozsahom $2 \div 1000 \text{ Hz}$ a citlivosťou 10 mV/mm.s^{-1} a geofóny od firmy Svantek. Geofóny boli umiestnené na špeciálnej podložke s oceľovými ostrými hrotmi, ktoré zabezpečovali nepretržitý kontakt s podkladom (obr. 3, 4).

3. ZDROJ OTRASOV

Zdrojom seizmických účinkov bol odstrel **CO 5083** na ložisku vápenca nachádzajúceho sa cca 1 km južne od obce Včeláre. Odstrely boli situované na IV. etáži na severnom okraji lomu (obr. 5).



Obr. 5 Odstrel č. 5083 bol situovaný na IV. etáži lomu Včeláre

Odstrel č. 5083:

Navrútaných bolo 12 vrtov s priemerom 115 mm, dĺžkou 20,0 m, so záberom 4,7 m a rozstupom vrtov 5,1 m a 7 pätných vrtov. Celková nálož v týchto vrtoch bola 1524,0 kg trhavín. Maximálna nálož na jeden časovací stupeň 114,7 kg trhaviny. Rozpis použitých trhavín je v tabuľke. Neelektrický roznet s milisekundovým s časovaním 9, 17, 25 ms. Záznamový list, pasport vrtacích prác a časová schéma odstrelu sú na obr. 6, 7 a 8.

Odborný posudok CO 5083 zo dňa 28. mája 2024

Pečiatka organizácie, ktorá výbušniny odobrala										Z Á Z N A M N Ý L I S T o spotrebe výbušnín										Odstrel druh a poradové číslo 5083 CO;PO				
Miesto použitia výbušnín: Lom Včeláre															Okres: Košice - okolie Kraj: Košický.....									
Technický vedúci odstrelu: Lukács Ladislav																								
Výbušniny doviezol: Karaffa Jozef dňa: 28.5.2024															Výbušniny prevzal: Lukács Ladislav dňa: 28.5.2024									
Nabíjať sa začalo dňa 28.5.2024 o 08:45hod.															Odstrel vykonaný dňa: 28.5.2024 o 11:50hod									
Odber povolil					č. j.					na množstvo a druh					skutočne dodané množstvo					zo skladu				
Rozpis spotreby výbušnín																								
Poradové číslo nálože	hĺbka vrhu (m)	Trhaviny										Rozbušky					Bleskovica		Poznámka (zlyhavka)					
		množstvo podľa druhu v náloži										pre roznet	Spolu	čas. stupeň			počet	Nitrocord 12		dĺžka upchávk				
		Amonex2 70/1500	Andex M	Eurodyn 65/2500	Andex M 80/2500	Senatrel 72/2400	Dapmon 30	Andex A	Eurodyn 65/2500	Indelshock MS25/50	Surfáce			Dem - S										
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	ks	ks	ks	ks	ks	m	m						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
1	19,5	43,5	25	0	0	0	0	25	1,25	94,75	475 500	9;42	0°	2	2	1	19	4						
2	19,2	43,5	25	0	0	0	0	25	1,25	94,75	475 500	42		2	1		19	4						
3	18,8	43,5	25	0	0	0	0	25	1,25	94,75	475 500	9		2	1		19	4						
4	18,4	43,5	25	0	0	0	0	25	1,25	94,75	475 500	17		2	1		19	4						
5	18,2	42	25	0	0	0	0	25	1,25	93,25	475 500	25		2	1		19	4						
6	17,8	42	25	0	0	0	0	25	1,25	93,25	475 500	9		2	1		19	4						
7	18	42	25	0	0	0	0	25	1,25	93,25	475 500	17		2	1		19	4						
8	18,2	42	25	0	0	7,2	0	25	1,25	100,45	475 500	25		2	1		19	4						
9	18,3	45	35	0	0	7,2	0	25	1,25	113,45	475 500	9		2	1		19	4						
10	18,5	45	35	0	0	7,2	0	25	2,5	114,7	475 500	42		2	1		19	4						
11	12	24	30	0	0	2,4	0	25	1,25	82,65	475 500	9		2	1		10	4						
12										0														
13										0														
14										0														
15										0														
16										0														
17										0														
18										0														
19										0														
20										0														
pre nos	196,9	456,0	300	0	0	24	0	275	15,0	1070,0	475 500	9;25 17;42	0°	22	12	1	200	44						

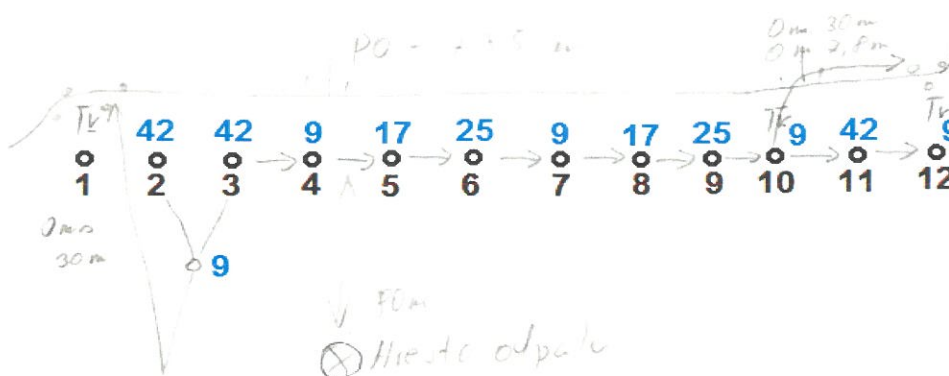
Vč- L-01 -01

Odborný posudok CO 5083 zo dňa 28. mája 2024

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
pre nos	196,9	456,0	300	0	0	24	0	275,0	15,0	1070,0	475 500	17;25 42;9	0°	22	12	1	200	44											
21										0																			
22										0																			
23										0																			
24										0																			
25										0																			
26										0																			
27										0																			
28										0																			
29										0																			
30										0																			
31										0																			
32										0																			
33										0																			
34										0																			
35										0																			
36										0																			
37										0																			
38										0																			
40										0																			
41										0																			
Päty										0																			
1-7	35	24			75					99	475	0		7	3		0	10,5											
										0																			
										0																			
										0																			
Spolu	231,9	480	300	0	75	24	0	275	15	1169,0	475 500	9;42 17;25;0	0°	29	15	1	200	54,5											
nespotre - bované										0							100												
vrátené do skladu										0							100												
zničené																													
prívodné vedenie (odpor v ohmoch) : 10 Ω										Odpor roznetného okruhu pred roznetom:																			
roznetná sieť I (odpor v ohmoch) : 1,5Ω										11,5 Ω																			
roznetná sieť II (odpor v ohmoch) :																													
Správnosť zápisu do záznamného listu potvrdzujem:																													
dňa :																													
vedúci pracoviska					techn. vedúci odstrelov					strelník, ktorým nabíjal																			
Tento záznamný list sa po vyplnení odovzdáva osobe, ktorá vedie záznamnú knihu o skladovaní výbušnín. Záznamný list musí sa vyplniť v priebehu nabíjania.																													

Obr. 6 Záznamový list odstreľu CO 5083

Odborný posudok CO 5083 zo dňa 28. mája 2024



Obr. 7 Časovacia schéma odstrelu CO 5083



Pasport vrtacích prác č. 081/24

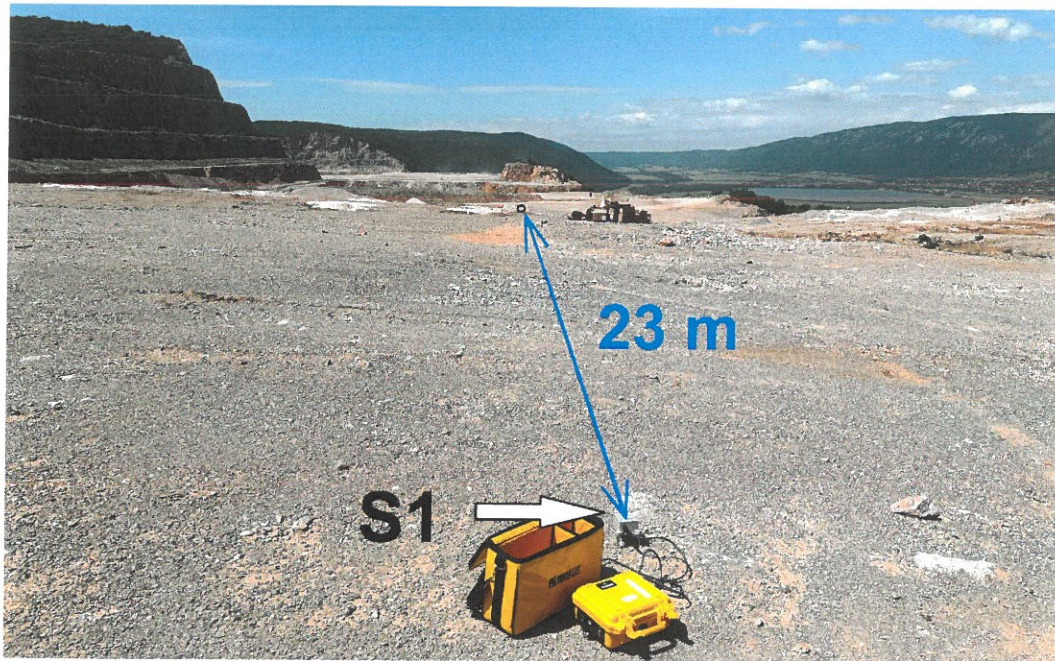
Lom Včeláre

číslo odstrelu 5083

Vytýčil:	Lukács 23.5.2024		
Pracovisko	P	9	východ
Sektor	sever		

Číslo vrtu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Priemer (mm)	115	115	115	115	115	115	115	115	115	130	130	130
Dĺžka vrtu (m)	20	20	20	19,5	19,5	19	19	19	19,5	19,5	19,5	19,5
Uhol vrt (čel./boč.)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Záber (m)	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,9	5,2	5,4
Rozteč (m)	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2
Legenda	1 kameň 2 hlina 3 kaverna 4 bez prachu 5 voda 6 zával											
Všetka odber A/m												
Znamo parametre (A)												
Pátne vrt (rad)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Obr. 8 Pasport trhacích prác odstrelu CO 5083



Obr. 9 Stanovisko merania S1 (seizmosnímač Vibracord) 23 m od odstrelu

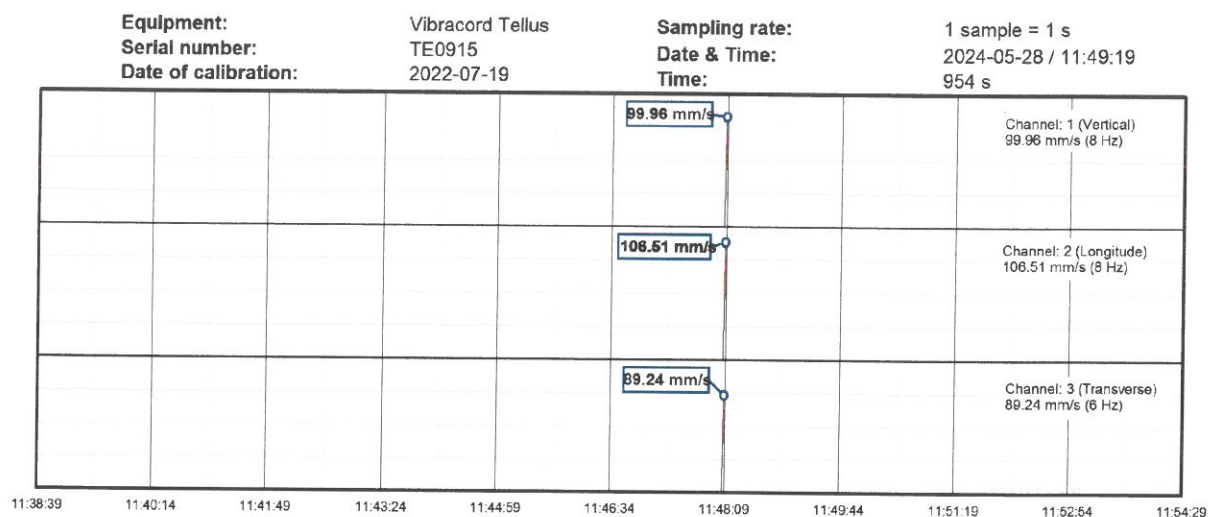
4. NAMERANÉ HODNOTY

Prístroje uložené na stanoviskách boli pred meraním kalibrované a prekontrolované bola ich citlivosť. Na meracích stanoviskách bol zaznamenaný grafický priebeh jednotlivých zložiek seizmického vlnenia pri **CO 5083** (obr. 8, 9, 11, 12). Na meracom stanovisku S2 sklad trhavín (aparátúra ABEM Vibracord) kanál č. 1 - zložka z, kanál č. 2 - zložka x, kanál č. 3 - zložka y zaznamenal účinky seizmických vln vo vzdialenosti 0,1 m od obvodového múru (obr. 3). Na meracom stanovisku S3 kostol (aparátúra ABEM Vibracord) kanál č. 1 - zložka z, kanál č. 2 - zložka x, kanál č. 3 - zložka y, zaznamenali účinky seizmických vln vo vzdialenosti 0,1 m od obvodového múru (obr. 3). Záznamy sú štvorsekundové. Jednotlivé meracie aparátúry boli na meracích stanoviskách umiestnené tak, aby bolo možné posúdiť vplyv vybudenej technickej seizmicity na rodinné domy. Namerané hodnoty na jednotlivých meracích stanoviskách sú uvedené v tabuľke 3.

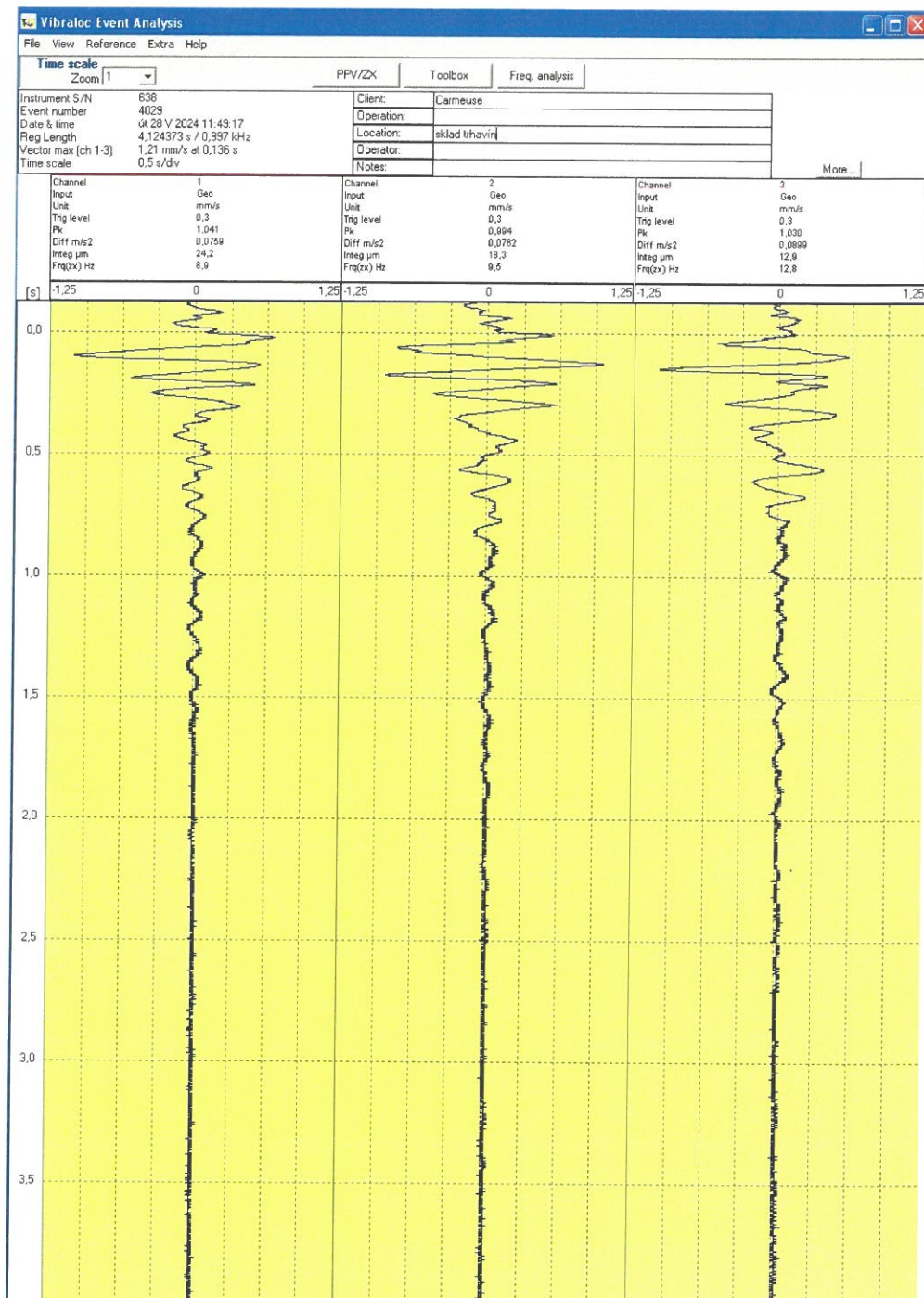
Tabuľka 3 Namerané hodnoty rýchlostí kmitania a frekvencií pri CO 5083.

stanovisko	X v[mm. s ⁻¹]	Y v[mm. s ⁻¹]	Z v[mm. s ⁻¹]	X f [Hz]	Y f [Hz]	Z f [Hz]
S1 - lom Včeláre	105,51	89,24	99,96	3	6	6
S2 – sklad trhavín lom Včeláre	0,994	1,03	1,04	9,5	12,9	8,9
S3 – kostol obec Včeláre	0,841	0,608	0,463	4,3	3,93	4,2

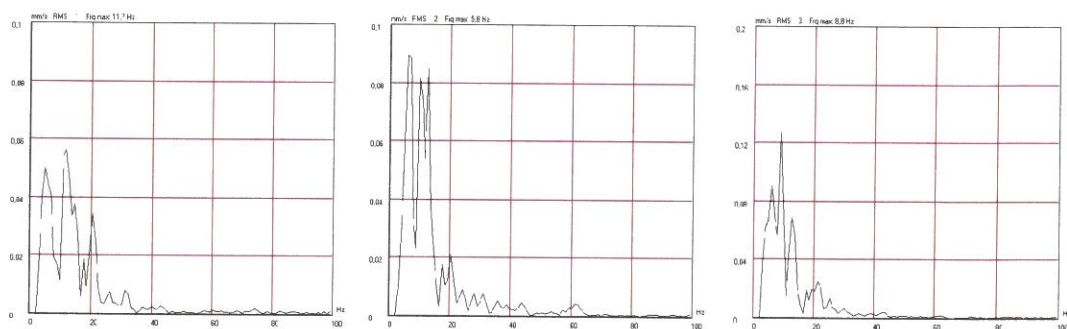
Odborný posudok CO 5083 zo dňa 28. mája 2024



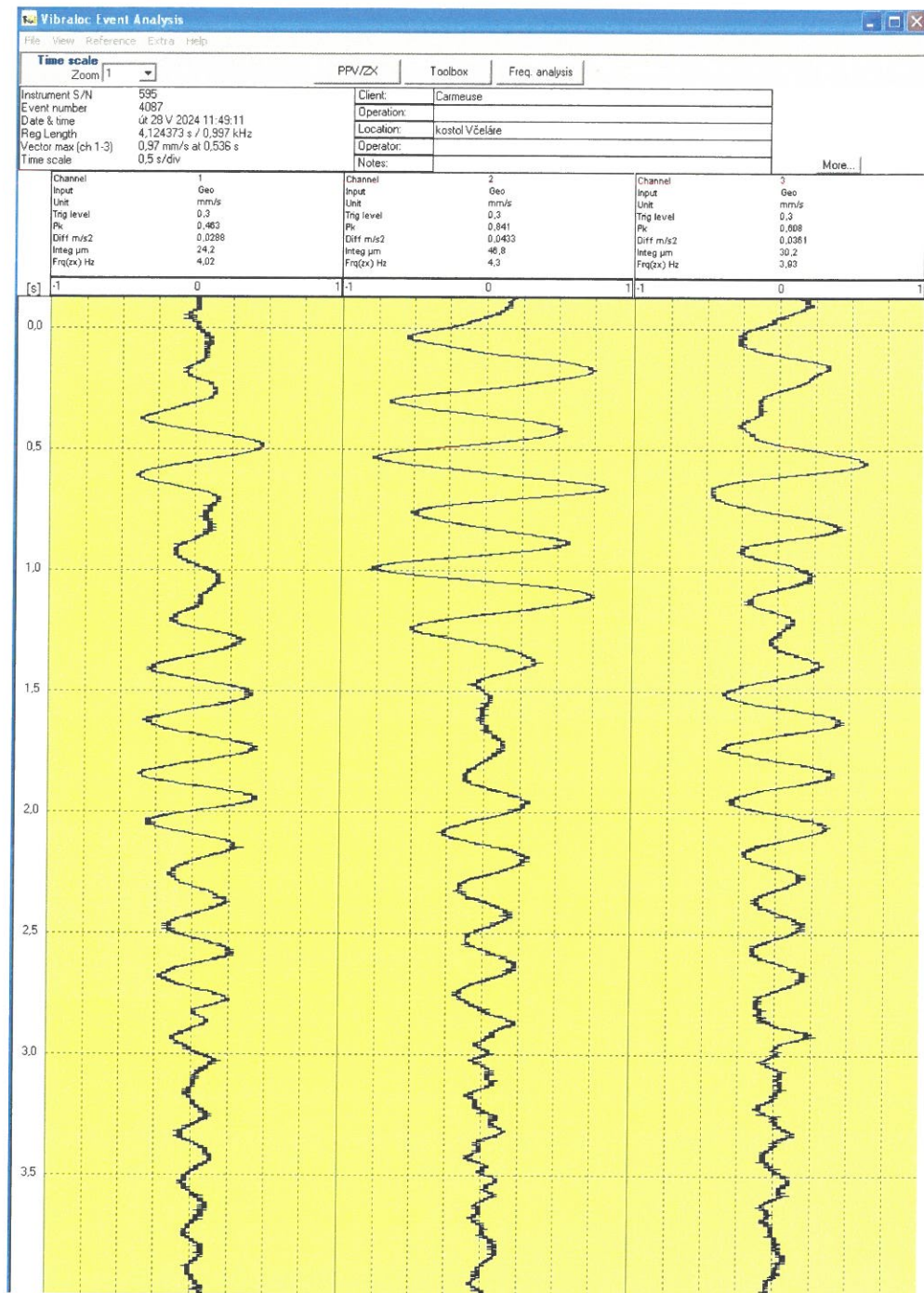
Obr. 10 Grafický záznam jednotlivých zložiek vlnenia 1-z, 2-x, 3-y pri CO č. 5083 na stanovisku S1 – lom



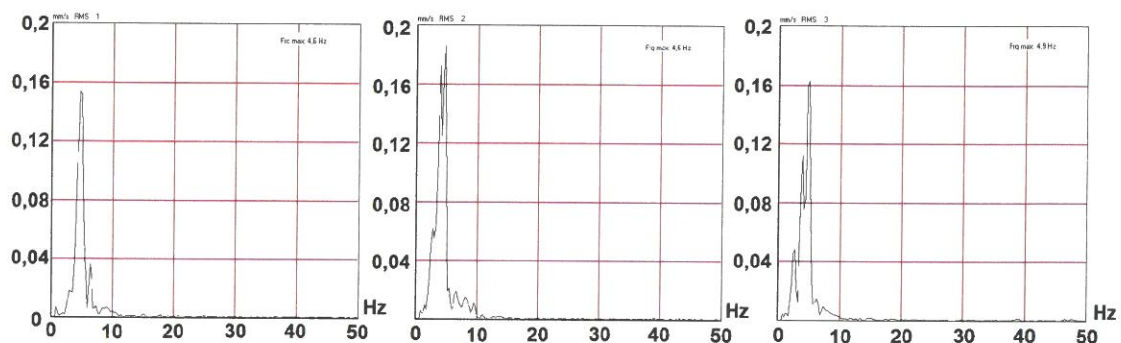
Obr. 11 Grafický záznam jednotlivých zložiek vlnenia 1-z, 2-x, 3-y pri CO č. 5083 na stanovisku S2 – objekt skladu trhavín v lome Včeláre 572 m od odstrelu



Obr. 12 Rýchla Fourierová transformácia – spektrálna analýza vlnenia na stanovisku S2 – objekt skladu trhavín v lome Včeláre



Obr. 13 Grafický záznam jednotlivých zložiek vlnenia 1-z, 2-x, 3-y pri CO 5083 zo dňa 28. mája 2024 na stanovisku S3 – objekt kostola v obci Včeláre vo vzdialenosti 1394 m.



Obr. 14 Rýchla Fourierová transformácia – spektrálna analýza vlnenia na stanovisku S3 – objekt kostola

5. SEIZMICKÉ ÚČINKY TRHACÍCH PRÁC

Veľkosť intenzity otrasového účinku je priamo úmerná nasledovným parametrom nálože:

- *hmotnosti nálože,*
- *brizancii trhaviny,*
- *náložovej hustote trhaviny.*

Časť energie výbuchu výbušniny, ktorá sa nevyužije na rozpojenie, vniká do obklopujúceho prostredia ako rázový impulz, ktorým sa od miesta detonácia šíri všetkými smermi vo forme rôznych typov pružných rázových vln, z ktorých najvýznamnejšie sú povrchové vlny Rayleighove a Loveove. Rýchlosť šírenia týchto objemových vln napätia, pozdĺžnej (ťah – tlak) a priečnej (šmyk), je zhodná s rýchlosťou zvuku v danom prostredí.

Charakteristickými fyzikálnymi veličinami pre každé vlnenie (harmonický pohyb) a teda j pre seizmické vlny sú:

- *amplitúda,*
- *frekvencia vlnenia.*

Kmity vyvolané výbuchom výbušnín majú neperiodický priebeh a charakterizuje ich veľká amplitúda a energia. Na šírenie seizmickej vlny majú vplyv vlastnosti obklopujúceho prostredia, ktoré v mnohých prípadoch nie je možné úplne uspokojivo definovať. Napríklad v horninách prechádza seizmická vlna cez tektonické poruchy s veľkým utlmením, ale pozdĺž týchto porúch sa šíri pomerne ľahko a na veľké vzdialenosti. Rozkmitanie prostredia v okolí výbuchu nálože má pritom podobný charakter ako blízke zemetrasenie.

Obvyklé frekvencie budené výbuchom náloží sa pohybujú v rozmedzí 5-50 Hz. Frekvencie $f > 10$ Hz zodpovedajú náložiam s ekvivalentnou hmotnosťou $m_{ev} > 2000$ kg, frekvencie $f > 50$ Hz zodpovedajú náložiam s ekvivalentnou hmotnosťou $m_{ev} < 5$ kg.

Podľa usporiadania môžu mať odstrel:

- *jednu nálož uloženú vo vrte alebo komore,*
- *viac náloží uložených vo vrtoch alebo komorách,*
- *príložnú nálož alebo nálož.*

Podľa časovania to môžu byť odstrel:

- *okamihové* (všetky nálože vybuchujú súčasne),
- *časované* (čiastkové nálože vybuchujú v rôzne odstupňovaných časových intervaloch).

V jednom časovom stupni môže súčasne vybuchovať viac náloží, ktoré považujeme za jednu čiastkovú nálož.

Pri časovanom odstrelе uvažujeme s dvomi časovými intervalmi Δt :

- **$\Delta t \geq 250$ ms** (kmity utlmia ešte pred výbuchom ďalšej čiastkovej nálože),
- **$\Delta t < 250$ ms** (vzniká interferencia účinkov čiastkových náloží).

Potrebná dĺžka medzného intervalu časovania závisí od horninového prostredia a môže klesnúť z hodnoty 250 ms až na $\Delta t = 10$ ms.

Pri okamihovom odstrelе sa vo výpočte uvažuje s celkovou hmotnosťou nálože trhaviny. Pri časovanom odstrelе s intervalom časovania kratším ako 250 ms možno vplyv časovania zistiť experimentálne. Ak to nie je možné, uvažuje sa pri zhruba rovnakých jednotlivých náložiach najviac dvojnásobná hmotnosť čiastkovej nálože (hmotnosť v jednom časovom stupni – ekvivalentná hmotnosť nálože m_{ev}), prípadne pri náložiach rôznej veľkosti najviac súčet hmotností dvoch najväčších náloží. Ak prevyšuje hmotnosť jednej z náloží ostatné

aspoň štvornásobne, stačí uvažovať hmotnosť tejto najväčšej nálože. Podmienkou je normálne upnutie a obvyklé utesnenie náloží.

Najspoločnejší spôsob stanovenia a predpovede intenzity otrasov sú priame merania seizmických účinkov na konkrétnom stavebnom objekte pri odpálení nálože malej hmotnosti. Prístroje na meranie a záznam môžu byť:

- *mechanické,*
- *digitálne.*

Prístrojmi sa merajú, zaznamenávajú a u digitálnych aj vyhodnocujú amplitúda kmitov alebo rýchlosť kmitania. Zo záznamu amplitúdy sa odčíta maximálna výchylka, jej zodpovedajúca frekvencia a rýchlosť kmitania sa stanoví výpočtom. Efektívnejší spôsob je priame meranie rýchlosti kmitania. Ako elektrické snímače sa používajú 3 geofóny rozmiestnené a upevnené tak, aby boli snímané všetky tri priestorové zložky kmitania (dve horizontálne a jedna vertikálna). Rýchlosť kmitania sa určí zo záznamu ako maximálna hodnota jednej z troch zložiek.

Pre hrubý predbežný odhad seizmického pôsobenia odstrelu na blízky stavebný objekt sa používa upravený Kochov vzťah (STN EN 1998-1/NA/Z1):

$$v = K \cdot \frac{\sqrt{m_{ev}}}{1000 \cdot l},$$

- kde
- v je rýchlosť kmitania seizmickej vlny [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],
 - m_{ev} je ekvivalentná hmotnosť nálože [kg],
 - l je najkratšia vzdialenosť miesta odstrelu od objektu [m],
 - K je súčiniteľ prenosu energie geologickým prostredím alebo funkcia prenosu energie stanovená seizmickým meraním, ktorá je závislá od vzdialenosti bodu merania od ťažiska odstrelu.

Orientačné hodnoty súčiniteľa prenosu energie K sú uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4 Informatívne hodnoty súčiniteľa prenosu energie K podľa STN EN 1998-1/NA/Z1.

Vzdialenosť l	Súčiniteľ K [$\text{kg}^{-1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	
	Podložie zo skalných a poloskalných hornín so strednou až veľmi malou hustotou diskontinuit	Ostatné horniny okrem hornín vo zvodnenom prostredí
10	350	250
50	250	150
200	150	120
500 a viac	120	100

Hodnoty uvedené v tabuľke platia pre rýchlosti kmitania do $30 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, neplatia pre vodou nasýtené prostredie.

Rýchlosť kmitania menšia ako $10 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ nespôsobuje žiadne škody, pri rýchlosti $20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ sa prejavujú prvé známky ľahkých škôd pri vyšších rýchlostiach už vznikajú vážne až veľké poškodenia objektov vedúce až k úplnému narušeniu stability.

Seizmické účinky pripravovaného odstrelu možno podstatne znížiť:

- *rozdelení celkovej nálože do viacerých čiastkových náloží.* Veľmi účinne možno výsledný seizmický účinok znížiť milisekundovým časovaním odstrelu, u ktorého

oneskorenie jednotlivých náloží spôsobuje interferenciu seizmických vln tak, že sa ich nežiadúce účinky vzájomne rušia. Je známy fakt, že otras je tým menší, čím ľahšie nálož prekoná odpor záberu, preto v niektorých prípadoch je vhodné predimenzovanie hmotnosti nálože o 30 – 40%. Tým vzrastie amplitúda, ale zníži sa frekvencia kmitov a zmenší sa upnutie rozpojovaného materiálu. Výsledkom je menší seizmický účinok za cenu zväčšenia odhodenia a rozletu rozpojovaného materiálu.

- vytvorením umelej prekážky (štrbiny) v ceste seizmických vln pomocou metódy hladkého výlomu „presplit blasting“ (predštep).

Najväčší seizmický efekt sa docieli odpálením uzavretých náloží v geometricky neohraničenom prostredí, t.j. bez voľných plôch (otrasové trhacie práce), pri rozpojovaní na jednu voľnú plochu (zálomy) a pri veľkom upnutí náloží (rozpojovanie na ohraničenú šírku voľnej plochy). Najmenší seizmický efekt je pri druhotnom rozpojovaní, t.j. pri veľkom počte voľných plôch.

Niekde uprostred medzi týmito dvomi extrémami sa pohybuje väčšina odstrelův. Zvyšovaním počtu voľných plôch a znižovaním upnutia náloží pozitívne vhodných vrtných schém a organizácie odstrelu (geometria a časovanie) je možné účinky plánovaného odstrelu už v štádiu jeho projektovania posunúť do oblasti minimalizovaného seizmického účinku.

6. ODHAD BEZPEČNEJ VZDIALENOSTI OD MIESTA ODSSTRELU

Rýchlosť kmitania možno zistiť meraním (v smeroch x, y, z), pri odpálení menšieho množstva trhaviny ako bude mať vlastná nálož. Meranie sa musí uskutočniť na posudzovanom mieste alebo na mieste s podobnými geologickými pomermi. Skúšobná nálož nesmie mať menšiu hmotnosť ako 0,1 hmotnosti maximálnej čiastkovej nálože m_{ev} , ktorá bude použitá pri plánovanom odstrele.

Medzi rýchlosťami kmitania v_1 a v_2 od náloží o hmotnostiach m_1 a m_2 (ak $m_1 < m_2$) platí vzťah:

$$v_1 = v_2 \cdot \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{\alpha_v},$$

kde $\alpha_v < 1$, (približne sa rovná 0,5).

Analogicky vzťah platí aj pre zložky rýchlosti u .

Pre danú triedu odolnosti (tab. 5) objektu a prípustný stupeň poškodenia sa bezpečná vzdialenosť l stavebného objektu od miesta odstrelu, ak nebolo možné vykonať skúšobný odstrel a meranie, približne určí zo vzťahu:

$$l = k_1 \cdot m_{ev}^{k_2},$$

kde k_1 je súčiniteľ vyjadrujúci druh stavby, stupeň poškodenia a je závislý od ekvivalentnej hmotnosti nálože,
 k_2 exponent závislý od hmotnosti nálože m_{ev} ,
 m_{ev} ekvivalentná hmotnosť nálože.

Tabuľka 5 Triedy odolnosti stavebných objektov podľa STN EN 1998-1/NA/Z1.

Trieda odolnosti objektu	Objekty bytové, občianske, priemyselné a poľnohospodárske	Objekty inžinierske	Objekty podzemné	Podzemné inžinierske siete a káble
A	Chatrné stavby nezodpovedajúce predpisom, zrúcaniny: historické budovy z neopracovaného kameňa alebo tehál s klenutými prekladmi, prievlakmi a plošnými klenbami nad miestnosťami prízemí a suterénu: kamenné a murované pomníky a fontány, budovy s rozsiahlou plastickou výzdobou, budovu v osobitnej pamiatkovej starostlivosti			
B	Bežné tehlové stavby, izolované alebo radové domčeky s pôdorysnou plochou do 200 m ² , najviac trojpodlažné			
C	Veľké budovy z tehál a tvárnic, dobre vystužené stavby panelové a montované so železobetónových prvkov, murivo na cementovú maltu	Kamenné mosty /sochy ozdoby), oporné a ochranné steny z kameňa a tehál, murované vodojemy	Keramické a kamenné obklady a dlažby v podzemných objektoch metra a v podchodoch	Azbestocementové a kameninové potrubia, káblové spojky, rozvodné skrine na komunikačných kábloch
D	Budovy s monolitickým skeletom z ocele alebo železobetónu, drevené a hrazdené stavby s dobrým vystužením, prostý betón	Opory mostov z opracovaného kameňa, monolitické vodojemy	Tehlové, kamenné a tvárnice výmurovky v podzemných objektoch	Liatinové a betónové potrubia, potrubia z umelých hmôt
E	Železobetónové a oceľové konštrukcie, výrobné a prevádzkové objekty, železobetónové silá a zásobníky	Železobetónové inžinierske stavby, oceľové stôžiare	Betónové monolitické konštrukcie podzemných objektov, vymurované a monolitické štôľne kruhového a oválneho tvaru, stoky a technologické tunely z prefabrikátov a rúr s priemerom väčším ako 800 mm, podzemné železobetónové steny, kotvená výstuž, korene kotviev	Káble žilové a koaxiálne, komunikačné káble
F			Železobetónové a oceľové ostenia tunelov metra a kolektorov, úkryty civilnej obrany	Oceľové potrubia

6.1. Druhy základovej pôdy podľa STN EN 1998-1/NA/Z1

Pre účely hodnotenia technickej seizmicity sa základová pôda zatriedí do troch kategórií:

- *kategória a*, patria sem horniny všetkých tried pri tabuľkovej návrhovej únosnosti $R_{dt} \leq 0,15$ MPa, s hladinou podzemnej vody trvalo v hĺbke od 1,0 do 3,0 m pod základovou škárou,
- *kategória b*, horniny všetkých tried pri tabuľkovej návrhovej únosnosti $R_{dt} \leq 0,15$ MPa, s hladinou podzemnej vody trvalo v hĺbke viac ako 3,0 m. Do tejto kategórie patria tiež horniny všetkých tried pri tabuľkovej návrhovej únosnosti $R_{dt} > 0,15$ MPa, ak je hladina podzemnej vody trvalo v hĺbke od 1,0 do 3,0 m pod základovou škárou.
- *kategória c*, horniny všetkých tried pri tabuľkovej návrhovej únosnosti $R_{dt} > 0,15$ MPa, s hladinou podzemnej vody trvalo v hĺbke viac ako 3,0 m pod základovou škárou. Do tejto kategórie patria tiež horniny všetkých tried tabuľkovej návrhovej únosnosti $R_{dt} > 0,6$ MPa, ak je hladina podzemnej vody trvalo v hĺbke viac ako 1,0 m.

Individuálne posúdenie je potrebné urobiť pre horniny všetkých tried, ak je hladina podzemnej vody trvalo menej ako 1,0 m pod základovou škárou a v územiach náchylných na zosuvy (Müncner, E a kol., 2000).

Závislosť stupňa poškodenia od maximálnej rýchlosti kmitania (max. u , max. v), druhu objektu a základovej pôdy je uvedená v tabuľke 6.

Tabuľka 6 Závislosť stupňa poškodenia od maximálnej rýchlosti kmitania druhu objektu a základovej pôdy podľa STN EN 1998-1/NA/Z1.

Maximá rýchlosti kmitania pre frekvenčnú oblasť			Stupeň poškodenia	Trieda odolnosti objektu	Druh základovej pôdy
$f_k < 10$ Hz	$10 \text{ Hz} < f_k < 50$ Hz	$f_k > 50$ Hz			
do 3	3 až 6	6 až 5	0	A	a
3 až 6	6 až 12	12 až 20	0	A	b,c
				B	a
6 až 10	10 až 20	15 až 30	0	B	b,c
				C	a
			1	A	a
8 až 15	15 až 30	20 až 30	0	C	b
				B	c
			1	A	b,c
10 až 20	20 až 30	30 až 50	0	B	a
				C	c
			1	D	a
				B	b
			2	C	a
15 až 25	25 až 40	40 až 70	0	A	a
				D	b,c
			1	E	a
				C	b
			2	B	c
				A	b,c
20 až 40	40 až 60	60 až 100	0	B	a
				F	b,c
			1	C	a
				D	c
			2	B	a
				C	b,c
30 až 50	50 až 100	100 až 150	0	F	a
			1	D	b,c
				E	a
			2	C	b

1) Hodnoty v stĺpci pre f_k väčšie ako 50 Hz nemožno použiť pre potrubie uložené v zásype.

Tabuľka 7 Súčinitele k_1 a k_2 podľa STN 730036.

Trieda odolnosti objektu	Stupeň poškodenia objektu	$k_1=2/3$	$k_2=1/3$
		$m_{ev} = 1 \text{ až } 10^3 \text{ kg}$	$m_{ev} = 10^3 \text{ až } 5 \cdot 10^3 \text{ kg}$
		k_1	k_2
A až F	0	15	150
A	1	10	100
B až F	0	10	100
A	2	7	70
B	1	7	70
C až F	0	7	70
A	3	5	50
B	2	5	50
C	1	5	50
D až F	0	5	50
A	4	4	40
B	3	4	40
C	2	4	40
D	1	4	40
E, F	0	4	40
A	5	2	20
B	4	2	20
C	3	2	20
D	2	2	20
E	1	1	20

Spôľahlivá predpoveď seizmického účinku ľubovoľne veľkej nálože trhaviny na stavebný objekt v ľubovoľnej vzdialenosti neexistuje. Aj v rovnakom prenosovom prostredí a pri rovnakej technológii rozpojovania dávajú hodnoty súčiniteľov K , k_1 a k_2 veľký rozptyl hodnôt a tým aj rôzne hodnoty u , v . To znamená, že výpočet nemôže dať jednoznačne spoľahlivú odpoveď, či plánovaný odstrel zaručí alebo nezaručí seizmickú bezpečnosť chráneného objektu (tab. 7)

Tabuľka 8 Škodlivé seizmické účinky v závislosti na rýchlosti kmitania (Müncner, E a kol., 2000).

Rýchlosť kmitania [mm.s ⁻¹]	Charakteristika otrasov a ich účinkov
do 2	Človek otrasy nevníma, chvenie možno zistiť len prístrojom
2 – 5	Citlivé osoby vnímajú chvenie za ticha a klľudu, hodnota by nemala byť prekročená u pamiatkovo chránených budov (zrúcanín)
5 – 10	Otras je už človekom vnímaný, najmä osobami informovanými o odstrele
10 – 15	Otras je vnímateľný väčšinou ľuďmi, chvejú sa okenné tabule, v celkom výnimočných prípadoch sa môžu objavovať príznaky nepatrných poškodení
15 – 30	Prvé známky veľmi ľahkých škôd, odlupovanie malby, výnimočné vlasové trhliny v omietke
30 – 75	Ľahké škody na už poškodených budovách, trhliny v omietke, opadávanie omietky výnimočné uvoľňovanie nesúrodých dielov
75 – 100	Možné škody na už poškodených budovách, ktoré boli v dobrom stave, tenké trhliny na stenách, trhliny v komínoch, opadávanie veľkých kusov omietky, opadávanie strešnej krytiny
100 – 200	Vážne škody, veľké trhliny v nosných stenách, trhliny v betóne, zbúranie komínov
200 – 400	Rozrušenie budov, rozpadávanie muriva, zrútenie časti stien, vážne škody v železobetónových konštrukciách
nad 400	Možné zbúranie budov a veľmi ťažké poškodenie objektov všetkých druhov

Všetky vzťahy pre predbežný výpočet rýchleho kmitania môžu poskytnúť len približnú informáciu, t.j. môžu zdôrazniť potrebu konkrétnych meraní, alebo naopak môžu viesť k záveru, že vzdialenosť objektu od miesta plánovaného odstrelu je tak veľká, že merania nie sú vôbec potrebné.

Rozsah pôsobenia škodlivých seizmických účinkov na človeka i objekty, uvádza tabuľka 8.

7. ELIMINÁCIA ŠKODLIVÝCH ÚČINKOV TRHACÍCH PRÁC

Pri trhacích prácach, ani pri najdokonalejších postupoch, sa nedá počítať s absolútnym využitím energie uvoľnenej výbuchom náloží trhaviny len pre vykonanie zamýšľanej práce. Je nutné počítať s tým, že časť energie sa prejaví v podobe, ktorú považujeme za nepriaznivý účinok.

Pri trhacích prácach, dnes už vykonávaných všade, sa môže nachádzať veľa rôznych objektov, rozvodov podzemných, resp. nadzemných, fauna, flóra, ktoré musíme premyslene chrániť, aby sme pri používaní energie výbuchu nespôsobili viac škôd ako užitočnej práce.

Predovšetkým je pri týchto prácach nutné očakávať:

- rozlet materiálu,
- vzdušnú tlakovú vlnu, resp. rázovú vlnu vo vode,
- seizmické účinky.

8. KRITÉRIUM A MERÍTKO SEIZMICKÝCH ÚČINKOV

Účinky tzv. technickej seizmicity vyvolanej trhacími prácami sa merajú a posudzujú rýchlosťou kmitania častíc prostredia (rýchlosť amplitúdy) „v“ a to podľa maximálnej hodnoty jednej z jej troch zložiek x, y, z. Princíp seizmickej ochrany – seizmickej bezpečnosti stavebných objektov voči technickej seizmicite možno vyjadriť vzťahom

$$v \leq v_d$$

kde v je maximálna hodnota zložky rýchlosti kmitania vyvolaná zdrojom otrasov, nameraná na tzv. referenčnom stanovisku chráneného (posudzovaného) objektu; referenčné stanovisko sú základy prízemia budovy; hodnota „v“ závisí hlavne od maximálnej hmotnosti nálože trhaviny odpálenej v jednom časovom stupni Q_{ekv} [kg], ďalej od minimálnej vzdialenosti zdroja od receptora otrasov L [m] a od vlastností geologického prenosového prostredia medzi zdrojom a receptorom otrasov. Na úrovni súčasných poznatkov sa hodnota „v“ nedá vopred ani analyticky ani empiricky spoľahlivo vypočítať; najspoľahlivejšie sa stanoví konkrétnym meraním, ako je tomu v našom prípade, v_d je maximálna dovolená (medzná) rýchlosť kmitania pre posudzovaný (chránený) objekt; pri tejto rýchlosti kmitania nedôjde k nijakému poškodeniu objektu – **stupeň poškodenia je 0**; táto hodnota sa stanovuje nezávisle na odstrele (pred odstrelom) na základe praktických skúseností uvádzaných v rôznych normatívoch (u nás napr. STN EN 1998-1/NA/Z1), alebo na základe expertíznych posúdení špecialistami. STN EN 1998-1/NA/Z1 uvádza vzťah medzi intenzitou kmitania vyjadrenou rýchlosťou kmitania jednotlivých zložiek a možnosťou poškodenia stavby. V zhode s normou a podľa skúseností získaných meraním a vyhodnocovaním seizmických účinkov v lomoch po celom Slovensku, je možné pre murované občianske stavby v priemernom stavebnom stave prijať tieto kritéria:

pri rýchlosti kmitania

- a) $v = 0 - 10$ mm/s – nehrozí žiadne poškodenie stavby,
- b) $v = 10 - 30$ mm/s – možnosť vzniku prvých známok škôd
- c) $v = 30 - 60$ mm/s – možnosť vzniku ľahkých škôd.

9. VZDUŠNÁ TLAKOVÁ VLNA

Výbuchom nálože vzniká vzdušná tlaková vlna, ktorá pôsobí na prostredie veľkosťou pretlaku P v určitej vzdialenosti od miesta výbuchu. Je tvorená tenkou vrstvou stlačeného vzduchu, ktorá má v blízkosti zdroja (vybuchujúcej nálože) charakter rázovej vlny a vo väčšej vzdialenosti prechádza na vlnu zvukovú. Pri dobre utesnenej náloži je ohrozenie zdravia jej pôsobením oveľa menej pravdepodobné, než ohrozenie rozletom rozpojovaného materiálu. Silnejšou tlakovou vlnou sa prejavuje výbuch polouzavretých alebo príložených náloží. V takých prípadoch môže rozsiahlejšie škody spôsobiť aj pomerne nevelká nálož. Intenzita tlakovej vlny sa meria tlakovými snímačmi alebo sonometrami s veľmi krátkou časovou základňou (niekoľko μ s). Pre približný výpočet pretlaku sa používa vzťah:

$$P = k \cdot \sqrt{\frac{Q}{L^3}}$$

kde P je pretlak v [Pa],
 k je konštanta závislá od vplyvu prostredia v okolí nálože a od mernej energie výbušniny (pre priemyselné trhavy so stabilizovanou detonačnou rýchlosťou je $k=13$ až 15 , pre ostatné je menšia),
 Q je hmotnosť nálože [kg],
 L je vzdialenosť posudzovaného miesta od centra výbuchu.

Pre ľudský organizmus je škodlivý už pomerne nízky tlak. Ťažké, až smrteľné zranenia vznikajú už pri pretlaku nad $0,1$ MPa. Veľmi intenzívne až bolestivo sú pociťované pretlaky nad $0,005$ MPa (Müncner, E a kol, 2000).

10. DOVOLENÁ RÝCHLOSŤ KMITANIA PRE CHRÁNENÉ OBJEKTY BYTOVEJ ZÁSTAVBY VČELÁRE

Vychádzajúc z odporúčaní STN EN 1998-1/NA/Z1 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií, s ohľadom na nálože používané pre clonové odstrelky, ktoré predstavujú rádovo desiatky kilogramov, kedy frekvencie kmitov bývajú obvykle $f > 10$ Hz a na základe odolnosti stavebných objektov voči technickej seizmicite je možno stavebné objekty v obci Včeláre zaradiť do **triedy odolnosti B**.

Čo sa týka druhu a kategórie základovej pôdy chránených objektov, túto vzhľadom na absenciu konkrétnejších charakteristík a údajov, môžeme zatriediť do **kategórie b**, čo je najbližšie ku skutočnosti (**hladina podzemnej vody je viac ako 3 m pod úrovňou povrchu**).

Na základe nameraných údajov pri odstreloch v lome Včeláre, kde frekvencie kmitov boli $f < 10$ Hz a vzhľadom na dlhodobejší charakter odstrelov na ložisku vápenca lom Včeláre a s ohľadom na prevažne vyšší vek stavebných objektov, na ktorých boli zistené praskliny, pre rozpojovanie clonovými odstrelnými na ložisku lom Včeláre a pre stavebné objekty v obci Včeláre, možno maximálnu dovolenú rýchlosť kmitania (zložku rýchlosti) stanoviť hodnotou

$$v_d \leq 3 \text{ mm/s.}$$

11. NAMERANÉ SEIZMICKÉ ÚČINKY CLONOVÝCH Odstrelov A ICH ANALÝZA

Na základe nameraných hodnôt rýchlostí a frekvencií jednotlivých zložiek vlnenia pri **CO 5083** sme mohli vyhodnotiť podľa STN EN 1998-1/NA/Z1 (Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií) účinky jednotlivých odstrelův na zástavbu v obci Včeláre.

Z frekvenčnej analýzy jednotlivých zložiek rýchlosti kmitania na meracích stanoviskách vyplynulo, že energia odstrelu pôsobiaca na posudzované objekty mala frekvenciu menšiu ako 10 Hz (Tab. 3 a obr. 12, 13). To znamená, že pri prechode seizmických vln podloží posudzovaného objektu, pôsobia tieto vlny na posudzovaný objekt väčšou energiou, ako pri frekvenciách nad 10 Hz. To bol dôvod na stanovenie prípustnej rýchlosti kmitania **3 mm.s⁻¹**.

Namerané maximálne hodnoty seizmických účinkov generované clonovým odstrelom c. 5083, ktorý bol uskutočnený dňa 28. mája 2024 v lome Včeláre (Tab. 3) nám poslúžili ako podklad na stanovenie zákona útlmu seizmických vln v lome Včeláre (Dojčár, Pandula, 1998).

Tabuľka 9 Namerané maximálne hodnoty zložiek rýchlosti kmitania clonového odstrelu CO 5083

L [m]	Q [kg]	$L_R = L/Q^{0,5}$ [m/kg ^{0,5}]	v_x [mm/s]	v_y [mm/s]	v_z [mm/s]
29,66	188,5	2,16	105,51	89,24	99,96
572	188,5	41,75	0,994	1,03	1,04
1394	188,5	101,75	0,841	0,608	0,463

Na základe údajov z tabuľky 9 bola zostrojená grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti pri clonových odstrelach. Graf na obr. 15 predstavuje tzv. zákon útlmu seizmických vln pre lom Včeláre, v ktorom bola použitá hodnota Q v tvare

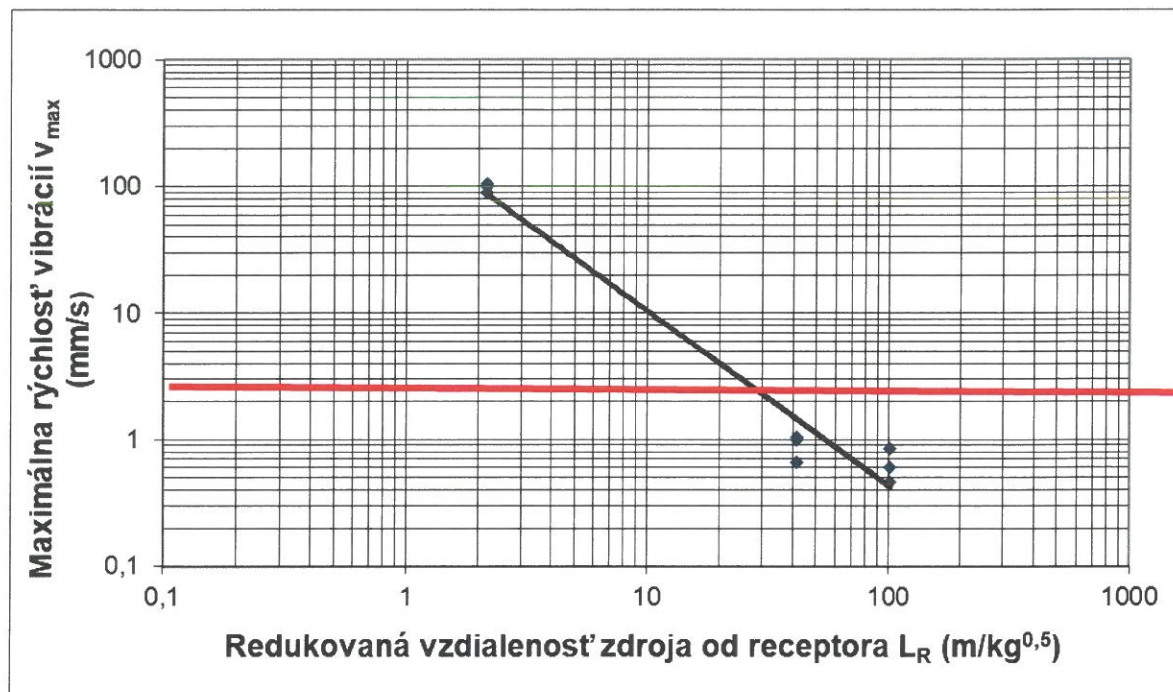
$$v = \left(\frac{L}{Q^{0,5}} \right) = K \left[\frac{L}{Q^{0,5}} \right]^n,$$

kde „v“ je maximálna rýchlosť kmitania (maximálna zložka rýchlosti kmitania) generovaná odstrelom, [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 odstrelu, vlastnosti prenosového prostredia, druhu trhaviny a pod.,
- n je ukazovateľ útlmu seizmických vln.

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.

Na grafe (obr. 15) sú vynesené namerané hodnoty rýchlostí kmitania na rodinných domoch v obci Včeláre pri **CO 5083**. Body vynesené v ľavej časti grafu označujú namerané hodnoty rýchlostí kmitania pri zdroji otrasov, teda blízko odstrelu v lome Včeláre. Ostatné body (pod červenou čiarou) v grafe na obrázku 16 predstavujú výsledky meraní zistené pri odstrelach **CO 5083** v obci Včeláre. Červená čiara predstavuje hranicu maximálne povolených rýchlostí kmitania pre typ základovej pôdy „b“ (**hladina podzemnej vody je viac ako 3 m pod úrovňou povrchu**).



Obr. 15 Grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti pri clonovom odstrele CO 5083 v lome Včeláre – zákon útlmu seizmických vln. Červená čiara označuje maximálnu bezpečnú dovolenú rýchlosť kmitania

12. Záver

Ťažba na lokalite Včeláre je uskutočňovaná clonovými odstreliami. Na základe nameraných a vypočítaných hodnôt pri prevádzkových odstreloch v lome Včeláre bol stanovený zákon útlmu seizmických vln, na základe ktorého je možné pri opakovaných clonových odstreloch v lome Včeláre použiť maximálnu dovolenú nálož na jeden časovací stupeň v závislosti od vzdialenosti takto:

Pre vzdialenosť [m]	Q_{vmax} [kg]	
500	$500^2 / 40^2$	156,0
600	$600^2 / 40^2$	225,0
700	$700^2 / 40^2$	306,0
800	$800^2 / 40^2$	400,0
900	$900^2 / 50^2$	506,0
1000	$1000^2 / 40^2$	625,0
1100	$1100^2 / 40^2$	756,0
1200	$1200^2 / 40^2$	900,0

Výsledky merania seizmických účinkov CO 5083 dňa 28. mája 2024, ktorý bol uskutočnený v lome Včeláre potvrdili, že zákon útlmu seizmických vln bol pre lom Včeláre z predchádzajúcich meraní stanovený správne.

Namerané hodnoty neprekročili hodnoty, ktoré stanovuje platná slovenská technická norma STN EN 1998-1/NA/Z1 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií, $v_d < 3$ mm/s pre frekvencie menšie ako 10 Hz a pre základovú pôdu typu „a“ a „b“. Tieto hodnoty sú z pohľadu seizmickej bezpečnosti pre stavebné objekty aj obyvateľov bezpečné.

V Košiciach dňa 18. 06. 2024

- prof. RNDr. Blažej Pandula, CSc.
- doc. Mgr. Julián Kondela, PhD.



Správa bola vyhotovená v 2 origináloch.

Použitá literatúra

- Mello, J., Elečko, M., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L., Vass, D., Vozárová, A., 1996: Geologická mapa slovenského krasu. MŽP-GSSR, Bratislava.
- Dojčár, O., Pandula, B., 1998: Výskum technickej seizmicity v lome Včeláre, Výskumná správa, F BERG TU Košice, 42 s.
- Dojčár, O. a kol., 1996: Trhacia technika, Montanex, a.s., Ostrava 1996, 421 s.
- Müncner, E a kol., 2000: Príručka pre strelmajstrov a technických vedúcich odstrelův, SSTVP Banská Bystrica 2000, 201 s.
- Pandula, B. a Kondela, J., 2010: Metodológia seizmiky trhacích prác, SSTVP Banská Bystrica, DEKI Design, s. r. o., 156 s.
- STN Eurokód 8, Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Časť 1, národná príloha, zmena 1 (STN EN 1998-1/NA/Z1).