

GeoSurvey s.r.o.
Fakulta BERG, Technickej Univerzity v Košiciach
Ústav geovied

Meranie technickej seizmicity na bani Mária
Strieborná žila a jej vplyv na individuálnu výstavbu
v obci Rožňava

ODBORNÝ POSUDOK
odstrelu zo dňa 22. novembra 2012



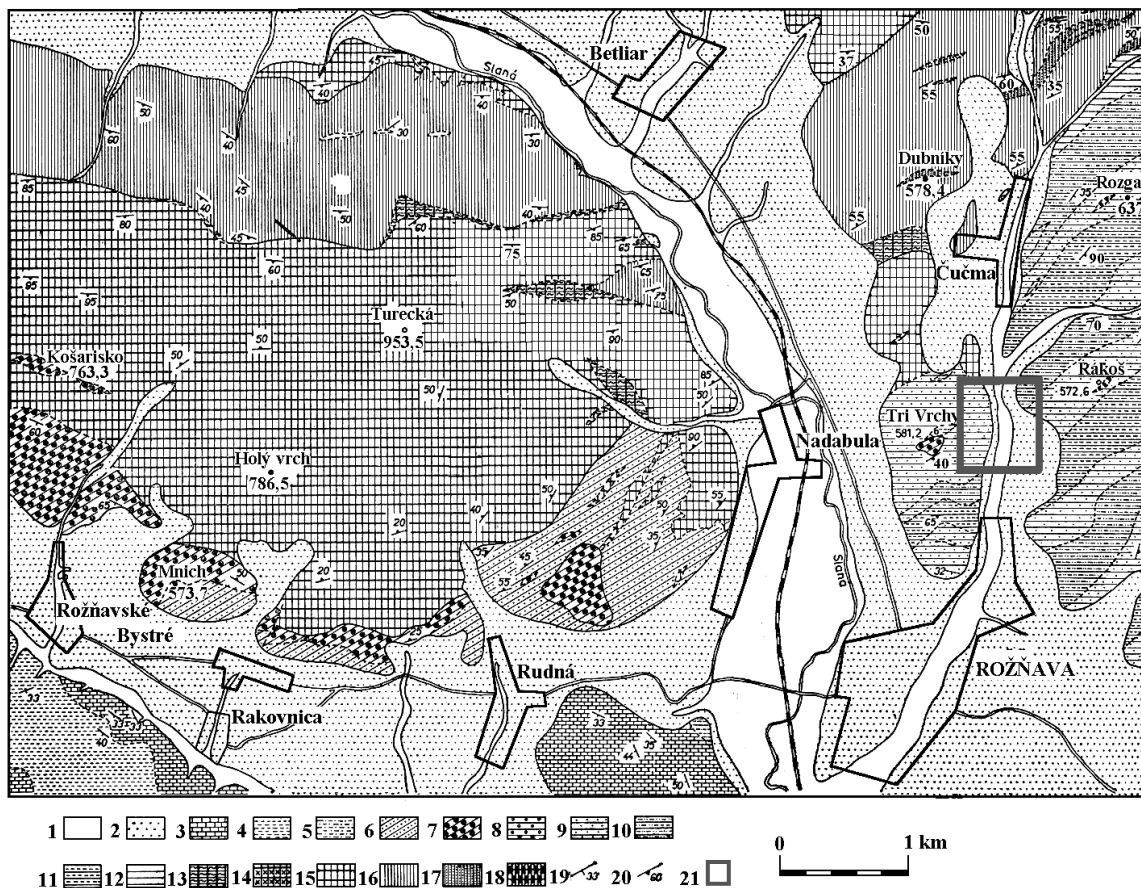
Autor : Doc. RNDr. Blažej Pandula, CSc.
Spoluautor : Mgr. Julián Kondela, PhD.

OBSAH	2
1. Stručná geologická stavba okolia bane Mária	3
2. Meracie stanoviská a použitá aparatúra pri meraní.....	4
3. Zdroj otrasov.....	5
4. Namerané hodnoty.....	7
5. Seizmické účinky trhacích prác.....	9
6. Odhad bezpečnej vzdialenosti od miesta odstrelu.....	11
7. Eliminácia škodlivých účinkov trhacích prác.....	15
8. Kritérium a merítka seizmických účinkov.....	15
9. Vzdušná tlaková vlna.....	15
10. Dovoľená rýchlosť kmitania pre objekty bytovej zástavby.....	17
11. Namerané seizmické účinky clonových odstrelův a ich analýza	17
12. Záver.....	19

Úvod

Na základe požiadavky GeoSurvey s.r.o., sme 22. novembra 2012 uskutočnili meranie technickej seizmicity **odstrelu** v okolí bane Mária v meste Rožňava. Z nameraných hodnôt sme zhodnotili účinky umelo vybudenej seizmicity vplyvom **odstrelu** v okolí bane Mária na individuálnu výstavbu v meste Rožňava.

1. Stručná geologická stavba okolia bane Mária (prenosové prostredie)



Geologická mapa rožňavského rudného poľa (Slavkovský, 1978) - upravené.

1-2 kvartér : 1 alúvium, 2 delúvium; 3-5 mezozoikum Slovenského krasu : 3-sivé slienité vápence s polohami slienitých ílovcov, 4-pestre ílovce, 5-pestre pieskovce a pieskovce; 6-7 rožňavské súvrstvie (vrch. karbón) : 6-kremence s polohami pieskovcov a piesčito ílovitých bridlic až fylitov, 7-oligomiktne zlepenice; 8-18 gelnická skupina (kambrium-silúr) : 8-mikrokonglomeráty, 9-kvarcicity, 10-kvarcicity v prevahe s fylitmi, 11-fylity v prevahe nad kvarcitmi, 12-fylity (8-12 drnavské súvrstvie), 13-sopečný popol – sivý a zelený, nezvrstvený, ojedinele s magnetitom, 14-kremité porfýry, 15-porfyroidy, (13-15 pačianske súvrstvie), 16-tmavé fylity s prechodom do grafitických fylitov, 17-kvarcicity, 18-karbonatické horniny často metasomaticky zmenené na ankerity a siderity, (16-18 betliarske vrstvy), 19-vrstevnatosť, 20-bridličnatosť, 21-územie z možným vplyvom technickej seizmicity vyvolanej trhacími prácami v bani Mária

Baňa Mária je situovaná v rožňavskom rudnom poli. Rozlohou rudné pole nie veľké (asi 50 km²) je charakteristické bohatstvom výskytov hydrotermálnych žilných ložísk sideritovej formácie. Údolím rieky Slaná je rozdelené na západnú a východnú časť. Západná časť je charakterizovaná sideritovými žilami masívu Tureckej, východná je známa výskytom žilného

systému Rožňava-Mária-Tri Vrchy (Kalvária) a žilným systémom Rozgang. Západná časť RRP, masív Tureckej, je v prevažnej miere budovaná porfyroidmi gelnickej skupiny a to tak na povrchu, ako aj pod povrchom, až do hĺbky 0 m n. m. V podloží porfyroidov sa nachádzajú tmavé fylity, ktoré potom vystupujú aj na povrchu v severnej časti masívu Tureckej. Na južnom úpätí masívu vystupuje rožňavské súvrstvie. Vo východnej časti RRP Tri Vrchy-Rákoš-Rozgang prevažujú fylity viacerých variet nad porfyroidmi. Na rozdiel od západnej časti sa tu tmavé metapelity nachádzajú aj v nadloží porfyroidov.

Nami monitorovaný odstrel bol situovaný na 6. horizonte bane Mária v horninovom prostredí grafitických fylitov. Grafitické fylity sú tu silne zbridličené a tektonicky značne porušené.

2. Meracie stanoviská a použitá aparatúra pri meraní

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

- seizmický prístroj VMS 2000 MP americkej firmy Thomas Instruments a seizmosnímače americkej firmy Geospace (obr. 2),
- digitálny seizmograf ABEM Vibraloc a seizmosnímače švédskej firmy ABEM
- digitálny seizmograf UVS 1504 a seizmosnímače švédskej firmy Nitro Consult



Obr. 2 Meracie stanovisko 1 umiestnenie seizmickej aparatúry VMS 2000 MP a seizmosnímačov GeoSpace na ocelových hrotoch.

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, UVS 1504 a ABEM Vibraloc pracujú autonómne, automaticky uskutočňujú testy kanálov bez zásahu a vplyvu operátora do nameraných a zaregistrovaných charakteristík kmitania. Seizmografy VMS 2000 MP, UVS 1504 a ABEM Vibraloc 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 NitroConsult s frekvenčným rozsahom $1 \div 1000 \text{ Hz}$ a citlivosťou 20 mV/mm.s^{-1} . Ďalej trojzložkový geofón od firmy GeoSpace a trojzložkový geofón od firmy ABEM s frekvenčným rozsahom $1 \div 1000 \text{ Hz}$ a citlivosťou 10 mV/mm.s^{-1} . Geofóny boli umiestnené

Odborný posudok odstrelu zo dňa 22. novembra 2012

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



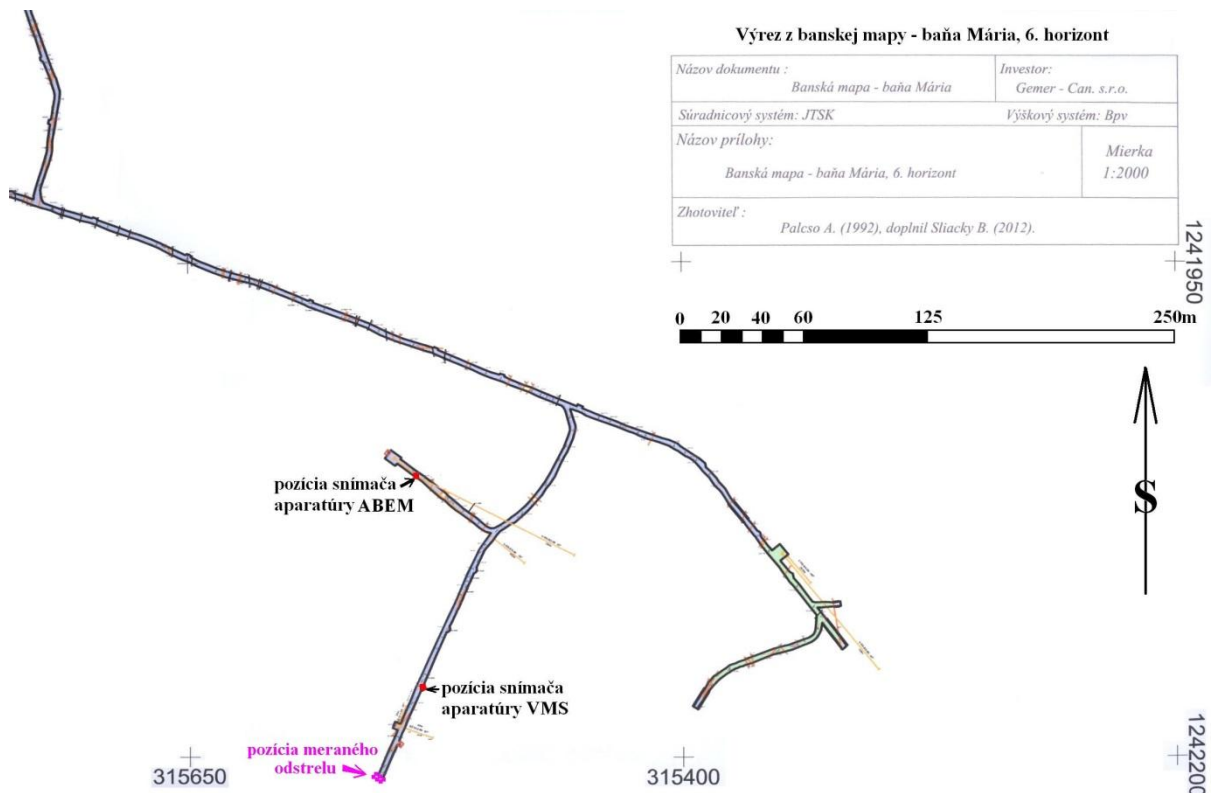
Obr. 3 Meracie stanovisko 2 umiestnenie seizmografu ABEM Vibracore a seizmosnímače švédskej firmy ABEM na vodorovne uloženej oceľovej platni v prekope. Oceľová platňa stála na oceľových hrotoch pevne spojená s horninovým prostredím.



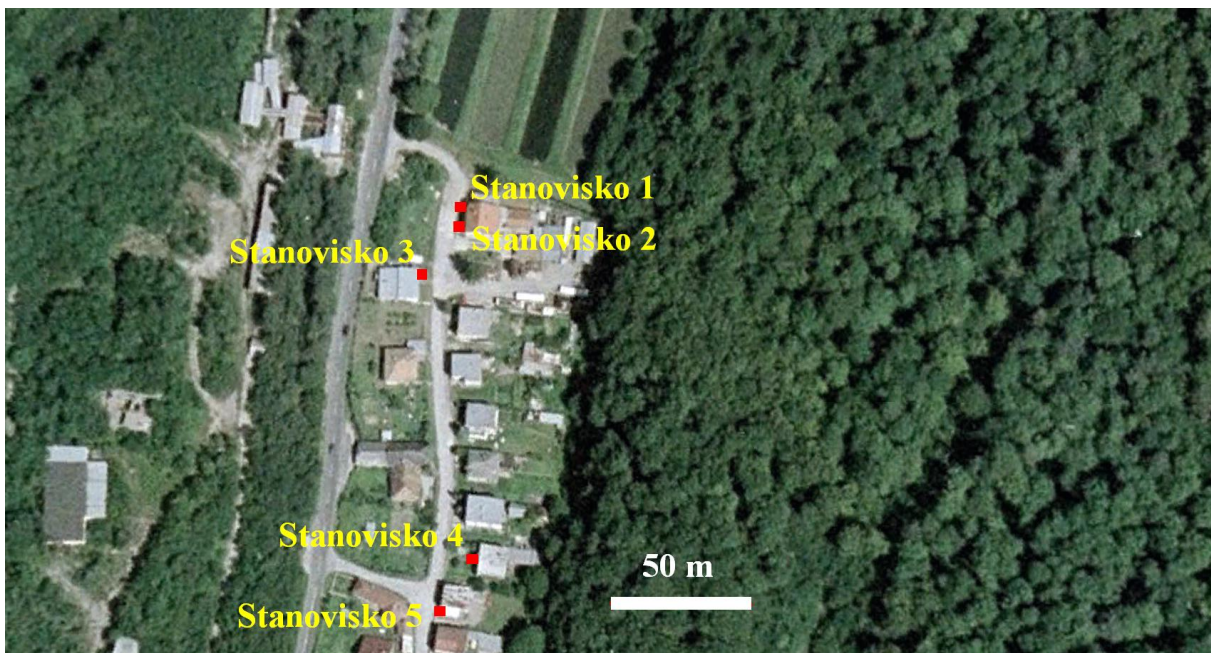
Obr. 4 Meracie stanovisko 4- umiestnenie seizmografu UVS 1504 a ABEM Vibracore a seizmosnímače švédskej firmy ABEM a Nitro Consult na schodisku vo vchode do bytového objektu na Hrnčiarskej ulici 20.

Meracie stanoviská bolo situované tak, aby bolo možné posúdiť vplyv umelo vybudenej seizmicity odstrelom na bytové objekty. Meracie stanoviská boli situované tak, aby bolo možné stanoviť a prekontrolovať aj zákon útlmu seizmických vĺn. Vzdialenosti medzi snímačmi a odstrelom sú uvedené v tabuľke 1 a pozícia meracieho stanoviska voči odstrelu je na obrázku 6.

Odborný posudok odstrelu zo dňa 22. novembra 2012



Obr. 5 Pozícia meraného odstrelu na úrovni 6. horizontu v bani Mária a pozícia snímačov aparatury VMS a ABEM. Seizmosnímač aparatury VMS bol vo vzdialenosti 46 m od odstrelu. Seizmosnímače aparatury ABEM Vibrac bol vo vzdialenosti 148 m od odstrelu.



Obr. 6 Pozícia meracích stanovísk v bytových objektoch. Seizmické aparatury UVS 1504 a ABEM Vibrac pri meraní seizmických účinkov odstrelu dňa 22. 11. 2012 boli umiestnené na stanovisku 4 a 5.

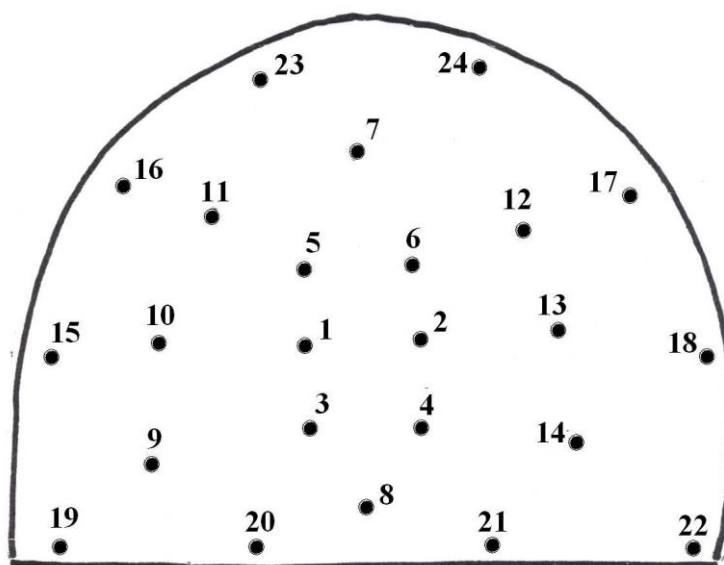
Tabuľka 1 Údaje o vzdialenosti medzi stanoviskami merania a odstrelom

Stanovisko	Číslo odstrelu a charakter stanoviska	Súradnice geofónov			Vzdialenosť od odpalu ku stanovisku v m		poznámka
		x	y	z	šikmá	horizontálna	
5	VMS 2000 – Hrnčiarska č. 22				312		
5	ABEM Vibraloc - Hrnčiarska č. 22				312		
4	UVS 1504 - Hrnčiarska č. 20				320		
4	ABEM Vibraloc - Hrnčiarska č. 20				320		

3. Zdroj otrasov

Zdrojom seizmických účinkov bol odstrel malého rozsahu pri banskej činnosti v dobývacích priestoroch bane Mária v meste Rožňava.

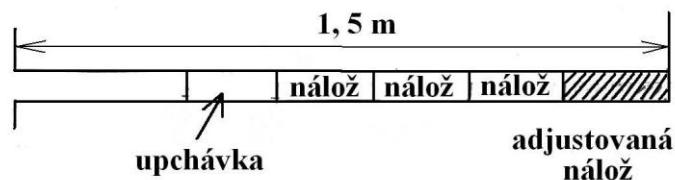
VRTNÁ SCHÉMA PROFIL 3,5 x 2,7 m



ČASOVÉ STUPNE:

1 ^o	1,2,
2 ^o	3,4,5,6,
3 ^o	7,8,
4 ^o	9,10,11,12,13,14,
5 ^o	15,16,17,18,
6 ^o	19,20,21,22,
7 ^o	23,24

Konštrukcia nálož:

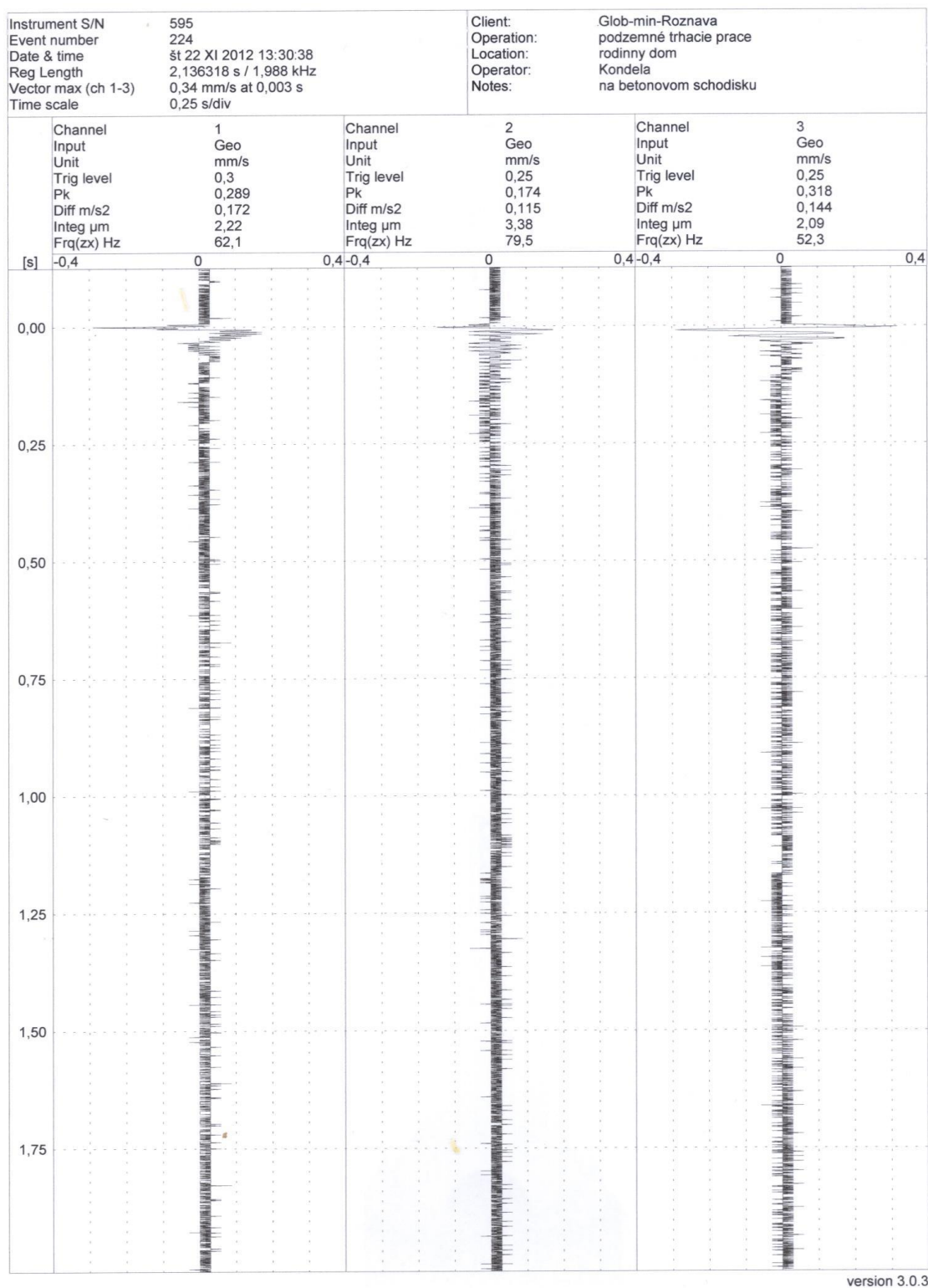


Obr. 7 Vrtná schéma, časovanie odstrelu a konštrukcia nálož monitorovaného odstrelu

Navŕtaných bolo 24 vrtov s dĺžkou 1,7 m. Maximálna nálož v jednom vrte bola 1 kg trhaviny. Na roznet bola použitá trhavina Ekodanubit. celková nálož trhaviny vo vrtoch 24 kg. Na jeden časový stupeň bolo použitých maximálne 4 kg trhaviny. Boli použité 500 ms rozbušky DEP.

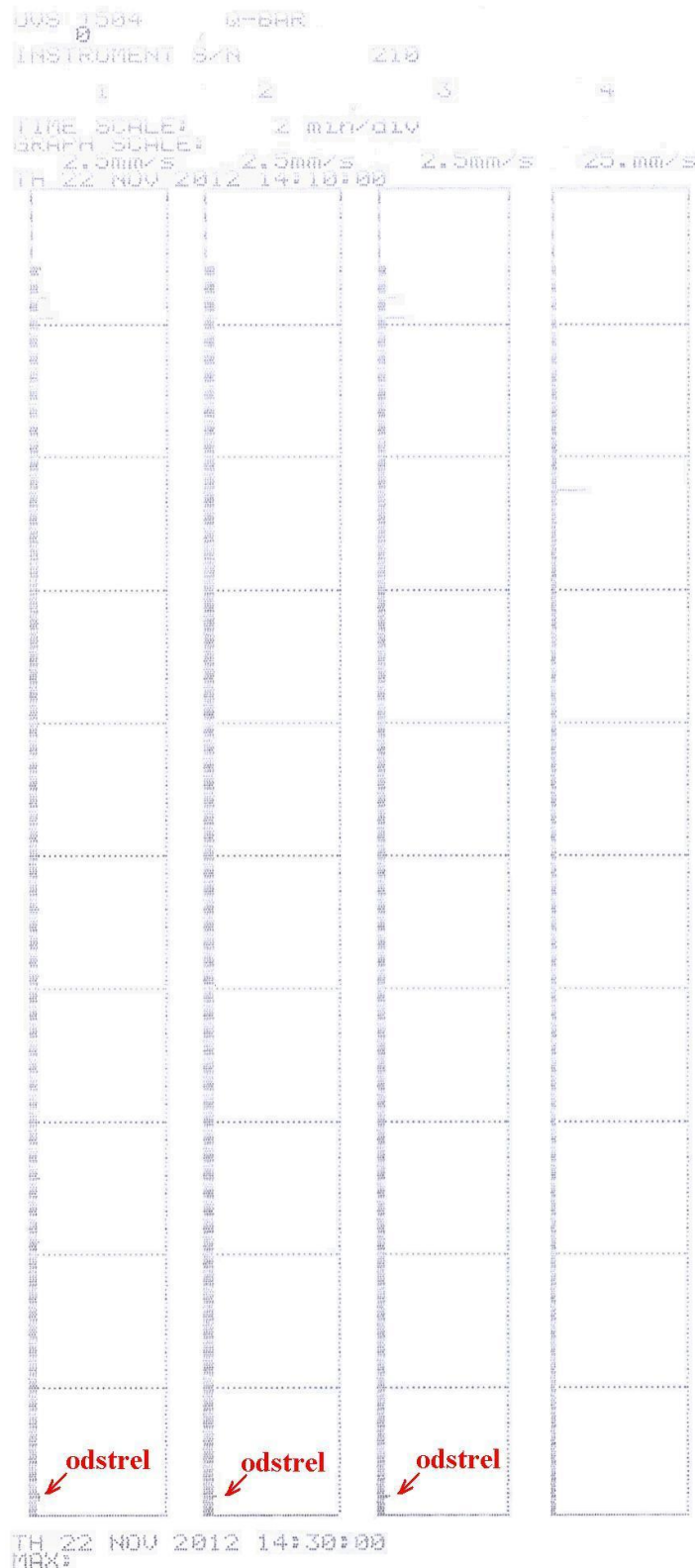
4. Namerané hodnoty

Seizmograf VMS 2000 bol uložený na stanovisku v bani, 46 m od odstrelu (Obr. 2). Pred meraním bol kalibrovaný a prekontrolovaná bola jeho citlivosť. Namerané hodnoty počas odstrelu na stanovisku sú v tabuľke 3. Na stanovisku bol zaznamenaný grafický priebeh jednotlivých zložiek seizmického vlnenia. Kanál č. 1 je zložka z, kanál č. 2 je zložka y, kanál č. 3 je zložka x..



Odborný posudok odstrelu zo dňa 22. novembra 2012

Seizmograf Abem Vibracloc bol uložený na stanovisku v bani vo vzdialenosti 148 m (Obr. 3). Pred meraním bol kalibrovaný a prekontrolovaná bola jeho citlivosť. Namerané hodnoty počas odstrelu na stanovisku sú v tabuľke 3. Na stanovisku č. 1 bol zaznamenaný grafický priebeh jednotlivých zložiek seizmického vlnenia. Kanál č. 1 je zložka z, kanál č. 2 je zložka x, kanál č. 3 je zložka y.



Obr.10 Grafický záznam jednotlivých zložiek vlnenia pri odstrelе dňa 22.11.201 na stanovisku 4.

Seizmograf UVS 1504 bol uložený na stanovisku 4 – schodisko bytového objektu č. 255 v Rožňave (Obr. 2). Pred meraním bol kalibrovaný a prekontrolovaná bola jeho citlivosť. Namerané hodnoty počas odstrelu na stanovisku sú v tabuľke 3. Na stanovisku č. 1 bol zaznamenaný grafický priebeh jednotlivých zložiek seizmického vlnenia a akustického vlnenia. Kanál č. 1 je zložka z, kanál č. 2 je zložka y, kanál č. 3 je zložka x. Štvrtá zložka je zvukový kanál.

Tabuľka 3 Namerané hodnoty rýchlostí a frekvencií

stanovisko	X Hz	Y Hz	Z Hz	4 Pa	X mm. s ⁻¹	Y mm. s ⁻¹	Z mm. s ⁻¹	4 Pa
Rodinný dom č. 22-ABEM	62	79	52		0,28	0,17	0,31	
Rodinný dom č. 20- UVS 1504	-	-	-	-	0,2	0,25	0,25	1 Pa

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,*
- *prílohnú nálož alebo nálože.*

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 odstrelé uvažujeme s dvomi časovými intervalmi Δt :

- $\Delta t \geq 250 \text{ ms}$ (kmity utlmia ešte pred výbuchom ďalšej častkovej nálože),
- $\Delta t < 250 \text{ ms}$ (vzniká interferencia účinkov častkových náloží).

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

Pri okamihovom odstrelé sa vo výpočte uvažuje s celkovou hmotnosťou nálože trhaviny. Pri časovanom odstrelé s intervalom časovania kratším ako 250 ms možno vplyv časovania zistiť experimentálne. Ak to nie je možné, uvažuje sa pri zhruba rovnakých jednotlivých náložích najviac dvojnásobná hmotnosť častkovej nálože (hmotnosť v jednom časovom stupni – ekvivalentná hmotnosť nálože m_{ev}), prípadne pri náložích 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.

Najspoľahlivejší 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 73 0036):

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

kde \dot{u} 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 tab 4.

Tabuľka 4 Informatívne hodnoty súčiniteľa prenosu energie K.

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 veľkou hustotou a 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 mm.s^{-1} , neplatia pre vodou nasýtené prostredie.

Rýchlosť kmitania menšia ako 10 mm.s^{-1} nespôsobuje žiadne škody, pri rýchlosti 20 mm.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:

- *rozdelením 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 ohraňujúcu 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 odstrelu

Rýchlosť kmitania možno zistiť meraním (v smeroch x , y , z), pri odpálení menšieho množstva trhavy 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 odstrelu.

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.

Trieda odolnosti objektu	Objekty bytové, občianske, priemyselné a poľnohospodárske	Objekty inžinierske	Objekty podzemné	Podzemné inžinierske
A	Chatrné stavby nezodpovedajúce predpisom, zrúcaniny; historické budovy z neopracovaného kameňa alebo tehál s klenutými praktizm i, prítvarkm i a ptoánym i k i v b a m i a d m i a k u o t f a m i p r i e t a m i a k u t e r a n o u k a m e n n a a m u r o v a n a p o m n i k y a t o n t a n y . b u d o v y z r o z k a t h o u p l a s t i c k o u v y z d o b o u , b u d o v y v o s t a n i n e j p a m i a t k o v e j s t a r o k l a s t i c k e s t i			
B	Bežné p o d e r y a n o u p l o c h o u d o 2 0 0 m ² , n a j v i a c t r o j p o d l a ž n é			
C	Veľké b u d o v y z t a h a t a t v a r o u , d e s t a v y z o s t a n a s t a v y p a n a l o v a a m o n t o v a n e z o z i e z o b e t o n o v ý c h p r a k t y , m u r i v a n a c e m e n t o v a m a t i c a	Kamenné mosty (sochy ozdoby), oporné a ochranné steny z kameňa t a h a t i , m u r o v a n a v a d o j a m y	Keramické a kamenné obklady a dlažby p r e f a b r i k á t o v p o d k l a d o c h p o d c h o d o c h	Azbestocementové a kameninové potrubia, káblkové spojky, rozvodné skrine na komunikačných kábloch
D	Budovy s monolitickým skeletom z ocele alebo železobetónu, p r e v a n a a b r a z o n a s t a v y z d o b r é m v y z o s t a n i m , p r a t e b a t o n	Opory mostov z opracovaného kameňa, m o n o l i t i c k a v a d o j a m y	Tehlové, kamenné a tvárnicové výmurovky v podzemných objektoch	Liatinové a betónové potrubia, potrubia z umelých hmôt
E	Železobetónové o b j e k t y , z i e z o b e t o n o v a k i a a z a b o n i k y	Železobetónové i n z i n i e r s k e s t a v b y , o c e t o v e k o s t i a r a	Betónové monolitické konštrukcie podzemných objektov, vymurované a monolitické štôlne kruhového a oválneho tvaru, stoky a technologické tunely z prefabrikátov a rúr s priemerom väčším ako 800 m m , p o d e r a n a z i e z o b e t o n o v a s t e n y , k o t v a n a v p a t e z , k u r a n a k u t y l a v	Káble a k o n s t r u k c i a k o m u n i k a c i o n e k á b l a
F			Železobetónové o c e t o v a o s t a n i a t u n e l o v , m a t i c a a k o n s t r u k c i a , p a r y t y c i v i t a n j o b r a n y	Oceľové potrubia

6.1. Druhy základovej pôdy

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

Odborný posudok odstreľu zo dňa 22. novembra 2012

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 tab. 6.

Tabuľka 6 Závislosť stupňa poškodenia od maximálnej rýchlosti kmitania druhu objektu a základovej pôdy.

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
8 až 15	15 až 30	20 až 30	0	A	a
				C	b
			1	B	c
				A	b,c
10 až 20	20 až 30	30 až 50	0	B	a
				C	a
			1	A	a
				C	a
15 až 25	25 až 40	40 až 70	0	D	b,c
				E	a
			1	C	b
				B	c
20 až 40	40 až 60	60 až 100	2	A	b,c
				B	a
			0	E	b,c
				F	a
30 až 50	50 až 100	100 až 150	1	C	c
				D	a
			2	B	b,c
				C	a
			0	F	b,c
				D	b,c
			1	E	a
				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 .

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 (tab. 8) 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.

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 tab. 8.

Tabuľka 8 Škodlivé seizmické účinky v závislosti na rýchlosti kmitania.

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 kľudu, hodnota by nemala byť prekročená u pamiatkovo chránených budov (zrúcanín)
5 – 10	Otras je už človekom vnímaný, najmä osobami informovanými o odstrel
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

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 merítka 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 prízemnej budovy; hodnota „v“ závisí hlavne od maximálnej hmotnosti náložie trhaviny odpálenej v jednom časovom stupni Q_k [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 odstrel (pred odstrelom) na základe praktických skúseností uvádzaných v rôznych normatívoch (u nás napr. STN 73 00 36), alebo na základe expertíznych posúdení špecialistami. STN 73 0036 uvádza vzťah medzi intenzitou kmitania vyjadrenou rýchlosťou kmitania jednotlivých zložiek a možnosťou poškodenia stavby. V zhode s normou a podľa skúsenosti 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 náložie 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 náložie) charakter rázovej vlny a vo väčšej vzdialenosti prechádza na vlnu zvukovú. Pri dobre utesnenej náložie je ohrozenie zdravia jej pôsobením oveľa menej pravdepodobné, než ohrozenie rozletom rozpojovaného materiálu. Silnejšou tlakovou vlnou sa prejavuje výbuch polouzavretých alebo príložných 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)

9.1. Účinky vzdušných tlakových vln

Podľa nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 549/2007 z.z. o ochrane zdravia pred hlukom a vibráciami pre posudzovanie škodlivosti hluku nezáleží len na intenzite a frekvenčnom spektre, ale i na dobe pôsobenia hluku. V prípade krátkeho časového pôsobenia hluku (1 až 200 ms), počas ktorého dochádza k maximálnemu vyžarovaniu zvukovej energie, hovoríme o impulznom zvuku. Stacionárnymi zdrojmi impulzného hluku sú predovšetkým strelne zbrane použitie, trhavín a výbušnín (napr. odstrel v lomoch), ale aj iné technológie, kedy dochádza k náhlemu uvoľneniu energie. Najvyššia prípustná maximálna hladina hluku L_{Amax} pre hluk impulzný s počtom impulzov menším ako 20 impulzov za sekundu a dobou trvania menej ako 1 s, z hľadiska pôsobenia na ľudský organizmus, je 130 dB. Tlak akustického vlnenia, z hľadiska pôsobenia na obytné objekty, môže spôsobiť poškodenia pri hodnotách nad 100 Pa.

Pretože pre posúdenie vplyvu na ľudský organizmus sa pôsobenie akustického tlaku vyjadruje pomocou hladín, ktoré sú vyjadrené v decibeloch, je možné akustický tlak prepočítať na hladiny podľa korelačného vzťahu medzi decibelom (dB) a pascalom (Pa) $dB = 20 \times 10 \log (0,05 \text{ Pa} \times 10^6)$.

Tabuľka 9 Vzájomný vzťah medzi akustickým tlakom a hladinou akustického tlaku

Hladina akustického tlaku L_A (dB)	Akustický tlak p (Pa)
0	$2,0 \cdot 10^{-5}$
50	$6,3 \cdot 10^{-3}$
100	2,000
110	6,311
120	20,00
130	63
140	200,0
150	630,0

Pre bližšie dokreslenie, uvádzame hodnoty účinkov vzdušných tlakových vln v závislosti na pretlaku na čele vlny:

- | | |
|--------------------------------|--|
| pretlak vzdušnej tlakovej vlny | škodlivé účinky vzdušnej tlakovej vlny |
| ○ 198 dB | ťažké a smrteľné zranenia, |
| ○ 180 dB | ťažké škody na bežných stavbách, |
| ○ 174 dB | väčšina okenných tabúl rozbitá, |
| ○ 154 dB | niektoré okenné tabule rozbité, |
| ○ 148 dB | veľmi intenzívny vnem ľudmi, |
| ○ 143 dB | neškodne pre stavebné objekty, |

- 140 dB niektoré veľmi veľké okenné tabule rozbité,
- 138 dB najvyššia prípustná hodnota, v žiadnom prípade nedôjde k poškodeniu,
- 134 dB maximálna prijateľná hodnota, nedôjde k poškodeniu.

10. Dovolená rýchlosť kmitania pre stavebné objekty bytovej zástavby Rožňava

Vychádzajúc z odporúčaní STN 73 0036 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií, s ohľadom na nálože používané pre clonové odstrelky, ktoré predstavujú rádovo stovky kilogramov, kedy frekvencie kmitov bývajú obvykle **$f < 10 \text{ Hz}$ (potvrdené meraním)** a na základe odolnosti stavebných objektov voči technickej seizmicite je možno posudzovaný rodinný dom v obci Vyšná Šebastová zaradiť do **triedy odolnosti B** (tab. 6).

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

Na základe uvedeného a vzhľadom na dlhodobjší charakter odstrelův na Bani Mária a s ohľadom na charakter stavebných objektov, pre rozpojovanie odstrelmi na ložisku Baňa Mária a pre stavebné objekty v Rožňave, možno maximálnu dovolenú rýchlosť kmitania (zložku rýchlosti) stanoviť hodnotou (tab. 7)

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

11. Namerané seizmické účinky clonových odstrelův a ich analýza

Namerané hodnoty rýchlosti kmitania na stanoviskách 4 a 5 boli pod hranicou citlivosti meracích aparátův.

Seizmograf ABEM Vibraloc, ktorý bol uložený na stanovisku 5 – bytový objekt Hrnčiarská č. 22 v Rožňave - vo vzdialenosti 312 m od odstrelu namerál maximálne hodnoty zvuku 1Pa a vibrácií 0,31 mm/s, ktoré sú menšie ako dovolená rýchlosť kmitania $v_d \leq 3 \text{ mm/s}$.

12. Záver

Na základe rýchlostí kmitania seizmických vln nameraných pri odstrole dňa 22. 11. 2012 na Bani Mária je možné konštatovať, že hodnoty rýchlosti kmitania seizmických vln na meraných bytových objektoch 4 a 5 neprekročili dovolenú rýchlosť kmitania stanovenú STN 730036 pre bytové objekty v Rožňave.

Uskutočnený odstrel bol z pohľadu seizmických účinkův na merané objekty bezpečný.

V Košiciach dňa 21.12.2012

- Doc. RNDr. Blažej Pandula, CSc.....
- Mgr. Julián Kondela, PhD.....

Správa bola vyhotovená 1x v písomnej podobe
1 x v digitálnej podobe.

Použitá literatúra

- Dojčár, O. a kol., 1996: Trhacia technika, Montanex, a.s., Ostrava 1996, 421 s.
- Jacko, S. ml., 1997: Prehľad stavby mezozoika humenských vrchov. Acta Montanistica Slovaca.
- 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 730036 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií, Bratislava 1995