



## VIBROAKUSTICKÁ ŠTÚDIA

### NAVÝŠENIE ŤAŽBY V LOME HUBINA

Protokol: Vi\_002\_2026

| 1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE                                                                                                                                                                    |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Objednávateľ:</b> INECO, s.r.o., Mladých budovateľov 2, 974 11 Banská Bystrica                                                                                                     |                     |
| <b>Predmet objednávky:</b> Vibroakustická štúdia                                                                                                                                      |                     |
| <b>Protokol vypracoval:</b> Ing. Mgr. Michal Bugala, Ing. Ján Šimo, CSc., Ing. Ján Sobota<br>Ing. Lenka Pechancová, doc. Mgr. Julián Kondela, PhD., prof. RNDr. Blažej Pandula, CSc., |                     |
| <b>Protokol schválil vedúci pracoviska:</b><br>Žilina 17.02.2026                                                                                                                      |                     |
|                                                                                                                                                                                       | Ing. Ján Šimo, CSc. |

UPOZORNENIE: Výsledky sa vzťahujú iba na predmety skúšky a protokol sa bez písomného súhlasu môže reprodukovať iba ako celok. Odmietame zodpovednosť za informácie obdržané od zákazníka.

## **OBSAH**

### **1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE**

#### **1.1 Stručná geologická stavba okolia lomu Hubina (prenosové prostredie)**

### **2. MERACIE STANOVISKO A POUŽITÁ APARATÚRA PRI MERANÍ RADOVÉH**

### **3. O OSTRELU č. 210/HUB/26**

### **4. ZDROJ OTRASOV**

### **5. NAMERANÉ HODNOTY**

### **5. SEIZMICKÉ ÚČINKY TRHACÍCH PRÁC**

### **6. ODHAD BEZPEČNEJ VZDIALENOSTI OD MIESTA ODSRELU**

#### **6.1. Druhy základovej pôdy podľa STN EN 1998-1/NA/Z4**

### **7. ELIMINÁCIA ŠKODLIVÝCH ÚČINKOV TRHACÍCH PRÁC**

### **8. KRITÉRIUM A MERÍTKO SEIZMICKÝCH ÚČINKOV**

### **9. VZDUŠNÁ TLAKOVÁ VLNA**

### **10. DOVOLENÁ RÝCHLOSŤ KMITANIA PRE CHRÁNENÉ OBJEKTY BYTOVEJ ZÁSTAVBY OBCE HUBINA A DUCOVE**

### **11. NAMERANÉ SEIZMICKÉ ÚČINKY ODSRELOV A ICH ANALÝZA**

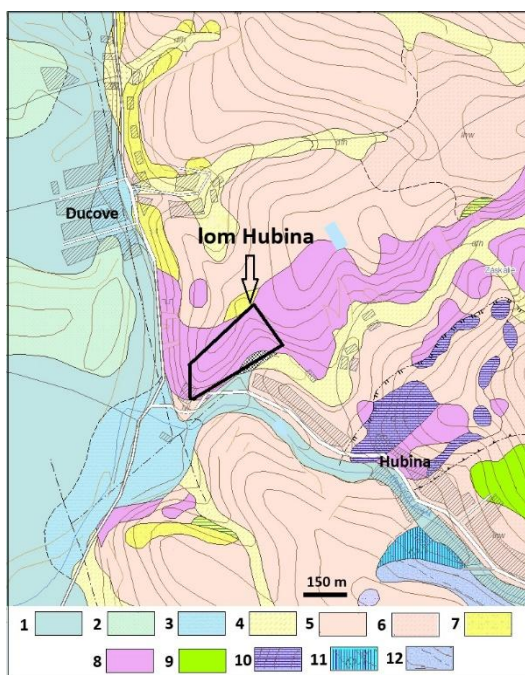
#### **11.1 Odstrely v lome ako vysoko energetický impulzový zdroj zvuku**

### **12. ZÁVER**

Na základe objednávky, sme 6. februára 2026 uskutočnili meranie technickej seizmicity **radového odstrelu č. 210/HUB/26 v lome Hubina** a v okolí lomu Hubina. Z nameraných hodnôt sme zhodnotili účinky umelo vybudenej seizmicity vplyvom odstrelu na individuálnu zástavbu v obci Hubina a Ducové.

### 1.1 Stručná geologická stavba okolia lomu Hubina (prenosové prostredie)

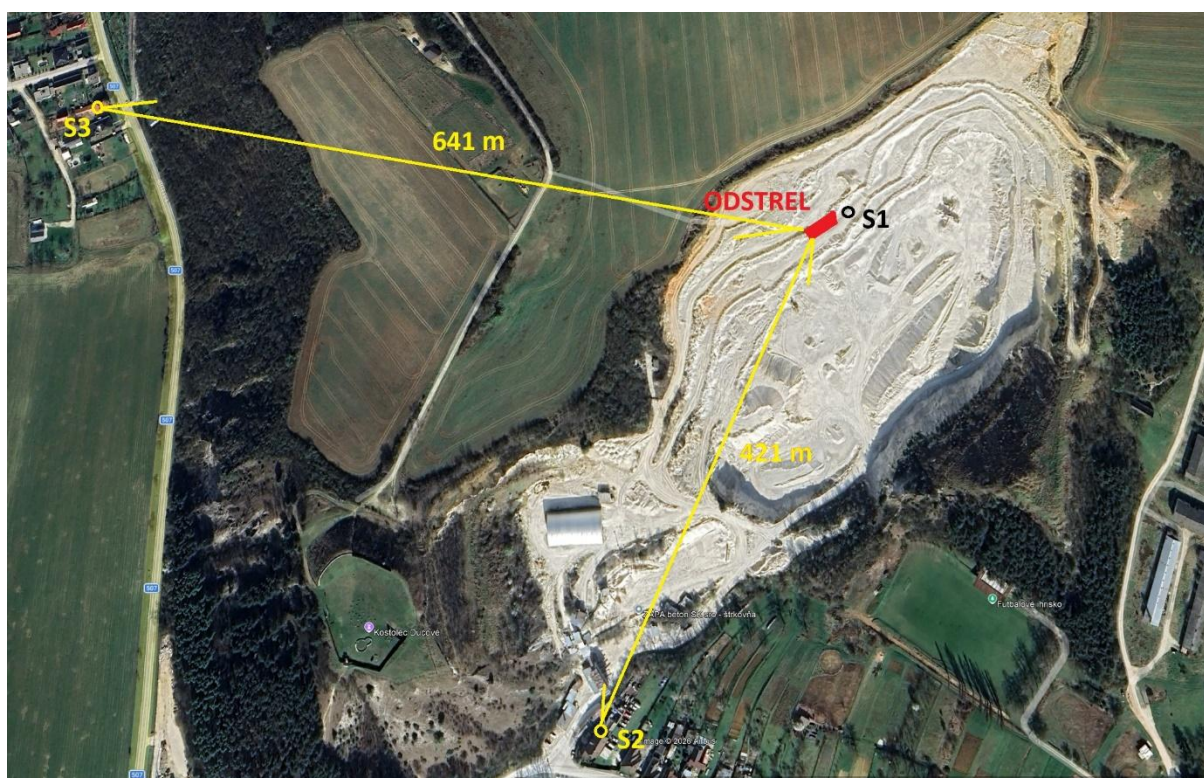
Kameňolom Hubina je situovaný na západnom okraji Považského Inovca na úpätí pri rozhraní s Podunajskou nížinou. Geologicky je okolie lomu budované fluviálnymi sedimentárnymi horninami kvartétneho veku, neogénnymi siliciklastickými horninami a mezozoickými komplexami sedimentárnych karbonátových hornín chočského príkrovu (obr. 1.1). Lom je založený vo wettersteinských dolomitoch vrchného triasu. Dolomity sú svetlosivé až sivobiele, značne brekciované. Vysoká porušenosť dolomitu sa odráža aj v spôsobe ťažby a použitia. Dolomitová drva je používaná najmä na výrobu liateho terazza, umelého kameňa, pre povrchové úpravy panelov a stavieb či na tvorbu mlátových povrchov posyp asfaltových kobercov. Veľmi efektne sa dá využiť aj na skrášlenie chodníkov, parkových úprav či ako materiál v záhradnej architektúre. Okrem toho je dolomitická drva s nízkym obsahom  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  veľmi vhodná na tavenie pre sklárske účely. Vysoká porušenosť dolomitov (prenosového prostredia) sa prejavuje aj vo zvýšenom útlme seizmických vln. Dolomity sú väčšinou silne porušené a mechanickým pôsobením sú porušené na drvinu s množstvom dolomitckej múčky. Litologické zmeny sa prejavujú len rôznymi farebnými odtieňmi. Rozdielnosť v stupni porušenia možno pozorovať na všetkých lomových stenách, ktorými je ložisko otvorené. Hlavné súvrstvie budujú svetlosivé dolomity celistvé mikroznité až makroznité všesmernej textúry. Hornina je masívna až lavicovitá s typickým dolomitickým rozpadom. V okolí puklín sú dolomity žltohnedej farby a viac navetralé. V súvrství dolomitov sa často nachádzajú aj dolomitické brekcie, ktoré vznikli tektonickým porušením pôvodnej horniny a opätovným stmelením úlomkov ílovitokarbonatickej hmoty.



**Obr. 1.1** Geologická stavba širšieho okolia dobývacieho priestoru lomu Hubina. KVARTÉR: 1- litofaciálne nečlenené hliny, piesčité hliny, hlinité piesky až štrky dolinných nív riek a potokov, 2- piesky (sporadicky drobné štrky) agradačných valov, 3- hlinité a piesčité štrky, piesky a štrky v nívnych náplavových kužeľoch, 4- splachové (ronové) hliny,

piesčité a ílovité hliny ojedinele s úlomkami hornín, 5- prachovité, podradne jemnopiesčité hliny – spraše, 6- sprašové hliny s polohami spraší a solifluovaných sedimentov podložia, NEOGÉN: 7- Ducovské vrstvy-zlepence, brekcie, piesky, MEZOZOIKUM: 8-Považský príkrov-Bebravská sukcesia-wettersteinské dolomity: svetlosivé až bielosivé a sivohnedé dolomity, brekciovité dolomit, 9- Zliechovská sukcesia- ílovité tenkovrstevnaté vápence (vrchný titón – vrchný barém), 10- Považský príkrov-Bebravská sukcesia -gutensteinské vápence: sivohnedé až čiernosivé vrstvomité vápence a tmavosivé brekciovité vápence 11- Zliechovská sukcesia-Kopienecské vrstvy - vápence s organodetritom, ílovce a kremenné pieskovce , 12- Fatranské súvrstvie Zliechovská sukcesia - vrstevnaté vápence s organodetritom a s brachiopódmi, dolomity, tmavosivé až čierne celistvé, ílovité a organodetritické vápence.

***Meracie stanoviská boli situované podľa požiadaviek objednávateľa v rodinných domoch obcí Hubina a Ducové.***



***Obr. 1.2*** Pozícia odstrelu v lome Hubina (meracie stanovisko S1) voči meracím stanoviskám v obci Hubina a Ducove (bytový objekt – S2 a bytový objekt – S3)

## **2. MERACIE STANOVISKO A POUŽITÁ APARATÚRA PRI MERANÍ RADOVÉHO OSTRELU č. 210/HUB/26**

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

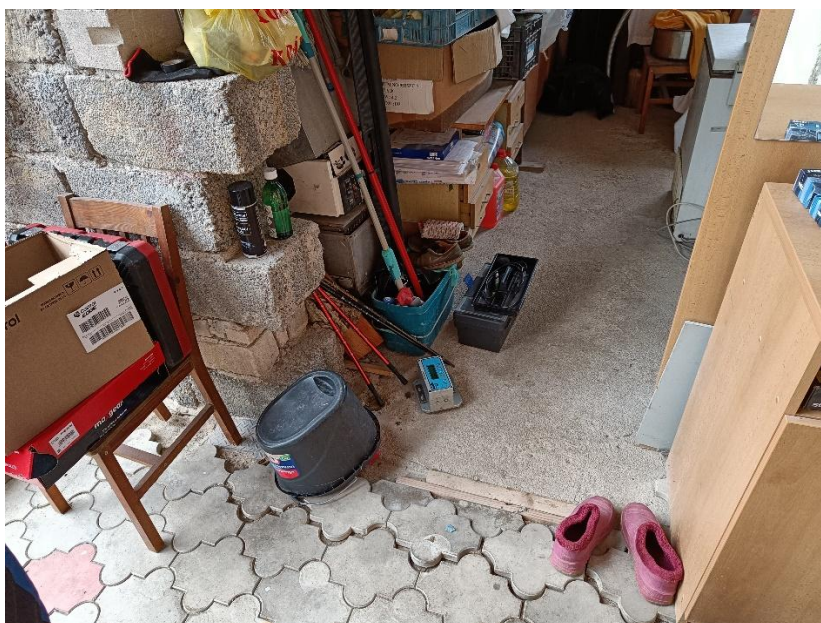
- seizmograf Vibracord Tellus španielskej fiemy Tellus a seizmosnímače Tellus (obr. 3).
- seizmograf ABEM Vibracord švedskej firmy ABEM a seizmosnímače ABEM (obr. 4, 5).

***Pozícia meracieho stanoviska S1 bola v lome Hubina. Aparatúra Vibracord Tellus vo vzdialenosti 220 m od iniciačného vrtu radového odstrelu č. 210/HUB/26 (obr. 2.1).***

*Meracie stanovisko S2 (obr.2.2 ), bolo situované na betónovom základe v zadnej časti bytového objektu v obci Hubina. Meracie stanovisko S3 bolo vo vchode do bytového objektu v obci Ducové (obr. 2.3).*



**Obr. 2.1** Meracie stanovisko S1, situovanie meracej aparatury Vibracord Tellus vo vzdialenosti 22 m od iniciačného vrtu odstrelu č. 210/HUB/26 v lome Hubina



**Obr. 2.2** Meracie stanovisko S2, situovanie trojzložkového vibrografu ABEM Vibracord na betónovom základe v zadnej časti bytového objektu v obci Hubina vo vzdialenosti 421 m od odstrelu č. 210/HUB/26 v lome Hubina



**Obr. 2.3** Meracie stanoviisko S3, situovanie trojzložkového vibrografu ABEM Vibratloc na betónovom schodisku vo vchode do zadnej časti bytového objektu č. 71 v obci Ducove, vo vzdialenosti 641 m od odstreľu č. 210/HUB/26 v lome Hubina

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 Vibracord Tellus a ABEM Vibratloc pracujú autonómne, automaticky uskutočňujú testy kanálov bez zásahu a vplyvu operátora do nameraných a zaregistrovaných charakteristík kmitania. Seizmografy Vibracord Tellus 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  $10 \text{ mV/mm.s}^{-1}$  od firmy Tellus, trojzložkový geofón od firmy ABEM s frekvenčným rozsahom  $2 \div 1000 \text{ Hz}$  a citlivosťou  $10 \text{ mV/mm.s}^{-1}$ . Geofóny boli umiestnené na špeciálnej podložke s oceľovými ostrými hrotmi, ktoré zabezpečovali nepretržitý kontakt s podkladom (obr. 2.1, 2.2, 2.3).

### 3. ZDROJ OTRASOV

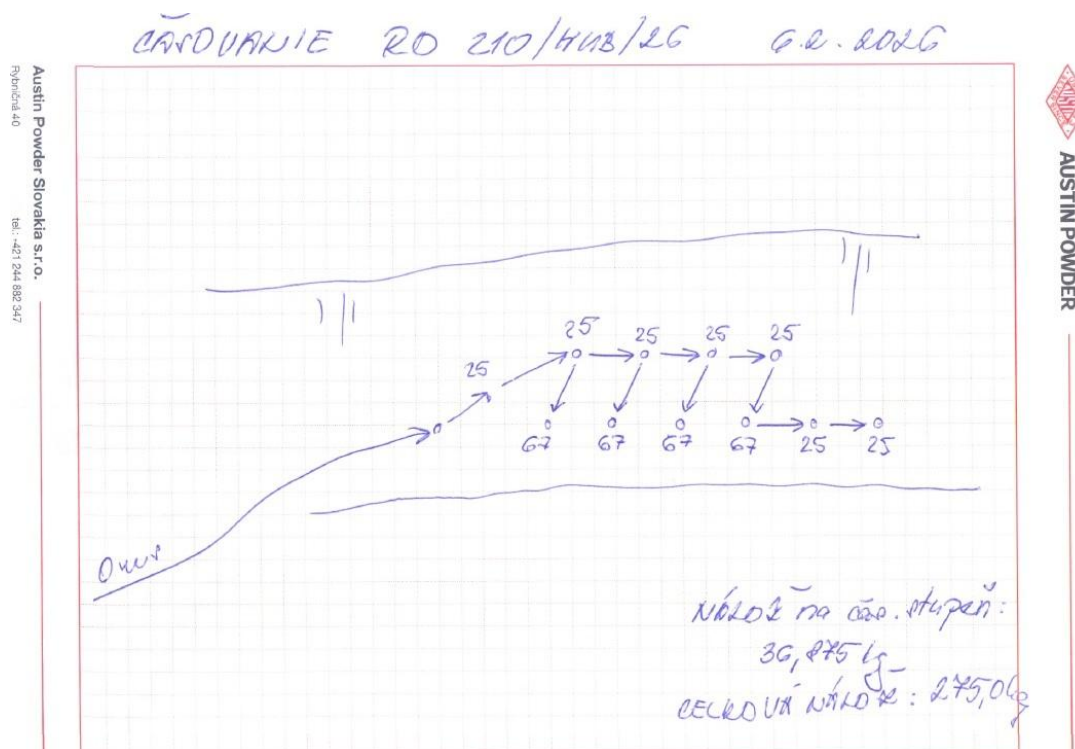
Zdrojom seizmických účinkov bol štandardný ťažobný odstrel navrhovaný horizontálnymi vrtmi (pätné + druhý rad - dovrchné) odstrel na ložisku dolomitického vápence nachádzajúceho sa cca 0,5 km južne od obce Hubina. Odstrel bol situovaný na IV. etáži na lomu Hubina



**Obr. 3.1** Situovanie radového odstrelu 210/HUB/26 v lome Hubina

**Odstrel č. 210/HUB/26:**

Navŕtaných bolo 7 pätných vrtov a 4 v druhom rade ako dovrchné (bašty) s celkovou náložou 275,0 kg trhavín. Maximálna nálož na jeden vrt 36,8 kg trhaviny. Neelektrický roznet s milisekundovým s časovaním 25 ms. Časovacia schéma odstrelu je na obr. 7.



**Obr. 3.2** Časovacia schéma odstrelu č. 210/HUB/26

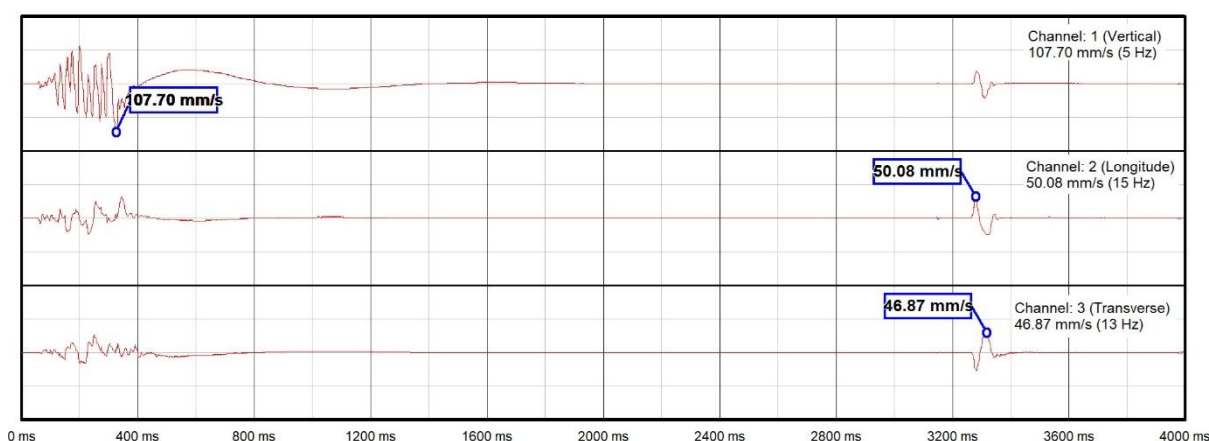
#### 4. NAMERANÉ HODNOTY

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 odstrele (obr. 4.1, 4.2, 4.3). Na meracom stanovisku S1 lom (aparátúra Vibracord Tellus) kanál č. 1 - zložka *z*, kanál č. 2 - zložka *x*, kanál č. 3 - zložka *y* zaznamenal účinky seizmických vln vo vzdialenosti 22 m od iniciačného vrtu odstrelu (obr. 3). Na meracom stanovisku S2 bytový objekt v obci Hubina (aparátúra ABEM Vibraloc) kanál č. 1 - zložka *z*, kanál č. 2 - zložka *x*, kanál č. 3 - zložka *y* zaznamenal účinky seizmických vln na betónovom základe (obr. 4). Na meracom stanovisku S3 bytový objekt v obci Ducove (aparátúra ABEM Vibraloc) zaznamenali účinky seizmických vln na betónovom schodisku vo vchode do objektu (obr. 4.3). Záznamy sú štvorsekundové. Jednotlivé meracie aparátúry boli na meracích stanoviskách umiestnené tak, aby bolo možné posúdiť vplyv vybudenej technickej seizmicity na monitorované objekty. Namerané hodnoty na jednotlivých meracích stanoviskách sú uvedené v tabuľke 4.1.

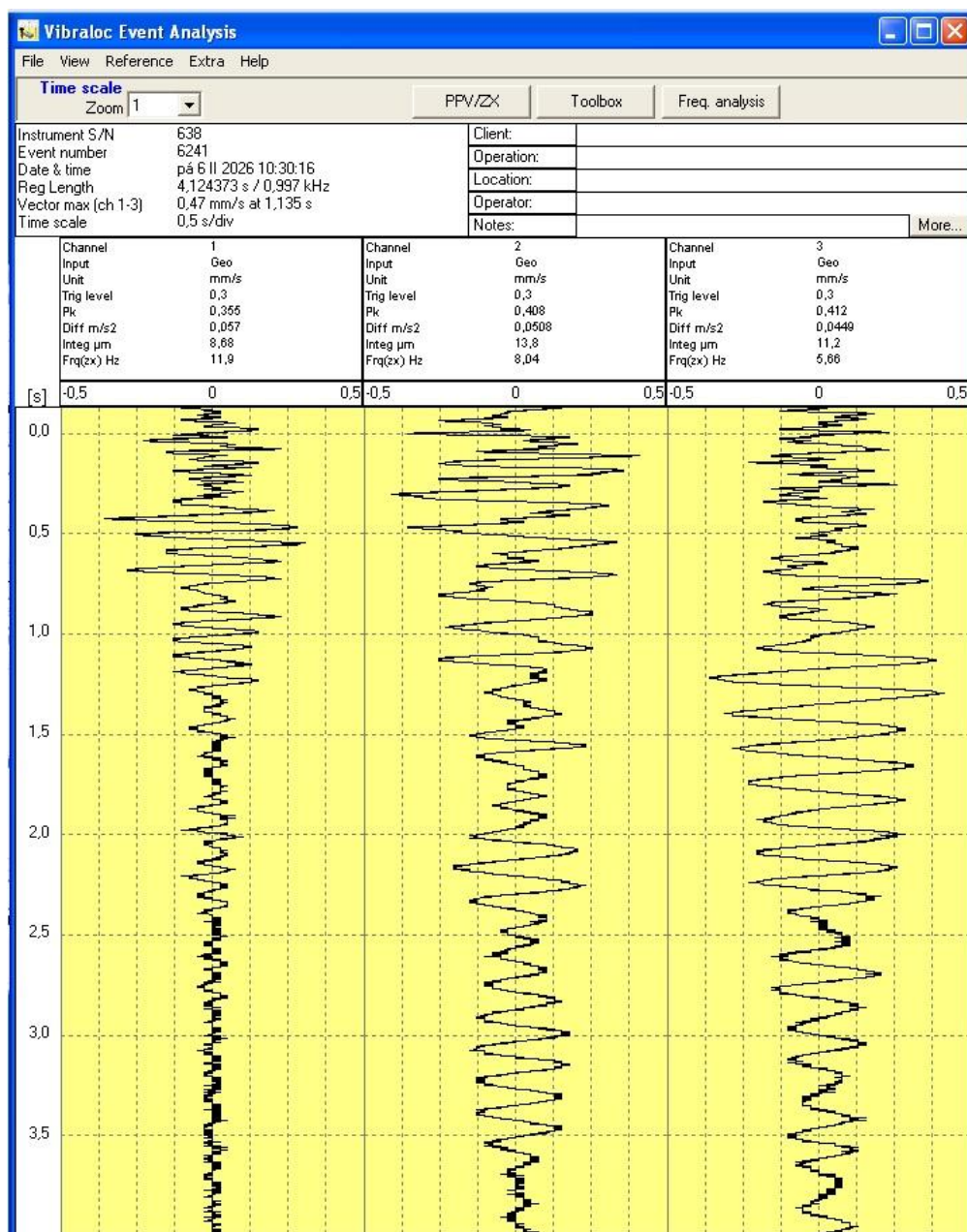
**Tabuľka 4.1** Namerané hodnoty rýchlostí kmitania a frekvencií pri RO.

| Stanovisko/CO    | x<br>v[mm. s <sup>-1</sup> ] | y<br>v[mm. s <sup>-1</sup> ] | z<br>v[mm. s <sup>-1</sup> ] | x<br>f [Hz] | y<br>f [Hz] | z<br>f [Hz] |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| S1 – lom Hubina  | 50,08                        | 46,87                        | 107,70                       | 15          | 13          | 5           |
| S2 – obec Hubina | 0,408                        | 0,412                        | 0,355                        | 8,04        | 5,66        | 11,9        |
| S3 – obec Ducove | < 0,3                        | < 0,3                        | < 0,3                        | -           | -           | -           |

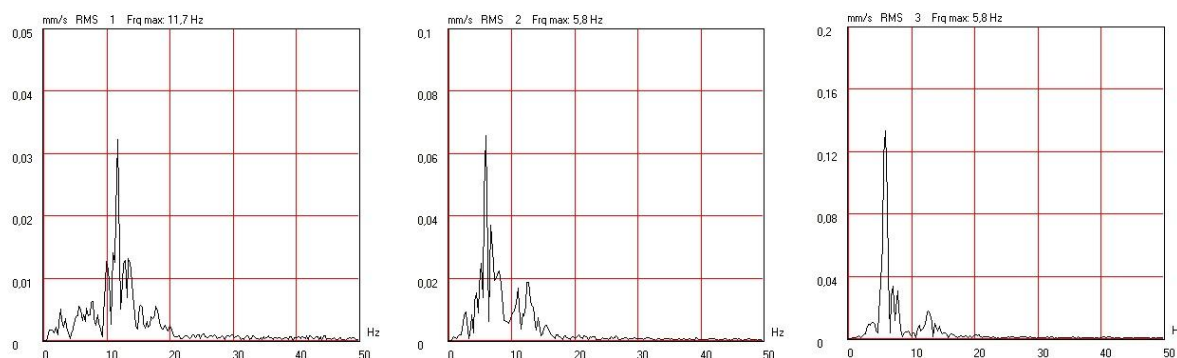
Poznámka: Namerané hodnoty rýchlostí kmitania na stanovisku S3 boli pod hranicou citlivosti prístroja 0,3 mm/s.



**Obr. 4.1** Grafický záznam jednotlivých zložiek vlnenia 1-z, 2-x, 3-y pri RO č. 210/HUB/26 zo dňa 6. februára 2026 na stanovisku S1 – lom Hubina 22 m od iniciačného vrtu odstrelu



**Obr. 4.2** Grafický záznam jednotlivých zložiek vlnenia 1-z, 2-x, 3-y pri RO č. 210/HUB/26 zo dňa 6. februára 2026 na stanovisku S2 – obec Hlubina 421 m od iniciačného vrtu odstrelu



**Obr. 4.3** Spektrálna analýza vlnenia odstrelu RO č. 210/HUB/26 zo dňa 6. februára 2026 na stanovisku S2 – obec Hubina 421 m od iniciačného vrtu odstrelu na stanovisku S2 – obec Hubina

## 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  $\Delta t$ :

- $\Delta t \geq 250$  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 odstrele sa vo výpočte uvažuje s celkovou hmotnosťou nálože trhaviny. Pri časovanom odstrele s intervalom časovania kratším ako 250 ms možno vplyv časovania zistiť experimentálne. Ak to nie je možné, uvažuje sa pri zhruba rovnakých jednotlivých náložkách najviac dvojnásobná hmotnosť čiastkovej nálože (hmotnosť v jednom časovom stupni – ekvivalentná hmotnosť nálože  $m_{ev}$ ), prípadne pri náložkách 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.

Najspolahlivejší 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/Z4):

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

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 5.1** Informatívne hodnoty súčiniteľa prenosu energie K podľa STN EN 1998-1/NA/Z4.

| Vzdialenosť $l$ | Súčiniteľ $K$ [ $\text{kg}^{-1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]                         |                                                        |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                 | Podložie zo skalných<br>a poloskalných hornín so<br>strednou až veľkou hustotou<br>a diskontinuit | Ostatné horniny okrem hornín vo<br>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 odstreľu možno podstatne znížiť:

- *rozdelení celkovej nálože do viacerých čiastkových náloží.* Veľmi účinne možno výsledný seizmický účinok znížiť milisekundovým časovaním odstreľu, 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 odstrelov. Zvyšovaním počtu voľných plôch a znižovaním upnutia náloží použitím vhodných vrtných schém a organizácie odstreľu (geometria a časovanie) je možné účinky plánovaného odstreľu 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 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 odstrel.

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 6.1** Triedy odolnosti stavebných objektov podľa STN EN 1998-1/NA/Z4.

| Trieda odolnosti objektu | Objekty bytové, občianske, priemyselné a poľnohospodárske                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Objekty inžinierske                                                                      | Objekty podzemné                                                                                                                                                                                                                                                  | Podzemné inžinierske                                                                             |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A                        | Chatrné stavby nezodpovedajúce predpisom, zrušaniny: historické budovy z neopracovaného kameňa alebo tehál s klenutými prekladmi, príslušenstvom plošným i klenutým i nad i so stenami i prízemím a suterénom: kamenné a murované pomníky a fontány, budovy s rozlehlou plastickou výzdobou, budovy v osobitnej pamiatkovej starostlivosti |                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                  |
| B                        | Bežné tehlové stavby, izolované alebo radové domčeky a pôdorysnou plochou do 200 m <sup>2</sup> , najviac trojpodlažné                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                  |
| C                        | Veľké budovy z tehál a tvárnic, veľké vysokejšie stavby postavené a montované so železobetónových prvkov, murivo na cementovú maltu                                                                                                                                                                                                        | Kamenné mosty /sochy ozdoby), oporné a ochranné steny z kameňa a tehál, murované vodajmy | Keramické a kamenné obklady a dlažby podzemných objektov miera 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 hradené stavby a dobrým vystužením, prostý betón                                                                                                                                                                                                                      | Opory mostov z opracovaného kameňa, monolitické vodajmy                                  | Tehlové, kamenné a tvárnicové výmurovky v podzemných objektoch                                                                                                                                                                                                    | Liatinové a betónové potrubia, potrubia z umelých hmôt                                           |
| E                        | Železobetónové oceľové konštrukcie, výrobne a prevádzkové objekty, železobetónové pila a zásobníky                                                                                                                                                                                                                                         | Železobetónové inžinierske stavby, oceľové stĺže                                         | 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 mm, podzemná železobetónová stena, kotvená výstuž, koruna kotviev | Káble žilové, koaxiálne, komunikačné káble                                                       |
| F                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                          | Železobetónové oceľové potrubia tunelov miera a konštrukcie, akryty civilnej obrany                                                                                                                                                                               | Oceľové potrubia                                                                                 |

**6.1 Druhy základovej pôdy podľa STN EN 1998-1/NA/Z4**

Pre účely hodnotenia technickej seizmicity sa základová pôda zatrieduje 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 6.3** Závislosť stupňa poškodenia od maximálnej rýchlosti kmitania druhu objektu a základovej pôdy podľa STN EN 1998-1/NA/Z4.

| Maximá rýchlosti kmitania pre frekvenčnú oblasť |                               |               | Stupeň<br>poškodenia | Trieda<br>odolnosti<br>objektu | Druh<br>základovej<br>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                              | c                          |
|                                                 |                               |               | 1                    | D                              | a                          |
|                                                 |                               |               |                      | B                              | b                          |
|                                                 |                               |               |                      | 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                          |
|                                                 |                               |               |                      | E                              | b,c                        |
|                                                 |                               |               | 1                    | F                              | a                          |
|                                                 |                               |               |                      | C                              | c                          |
|                                                 |                               |               | 2                    | D                              | a                          |
|                                                 |                               |               |                      | B                              | b,c                        |
| 30 až 50                                        | 50 až 100                     | 100 až 150    | 0                    | C                              | a                          |
|                                                 |                               |               |                      | F                              | b,c                        |
|                                                 |                               |               | 1                    | D                              | b,c                        |
|                                                 |                               |               |                      | E                              | a                          |
| 30 až 50                                        | 50 až 100                     | 100 až 150    | 2                    | C                              | b                          |
|                                                 |                               |               |                      | F                              | b,c                        |

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

**Tabuľka 6.4** Súčinitele  $k_1$  a  $k_2$  podľa STN 730036.

| Trieda odolnosti objektu | Stupeň poškodenia objektu | $k_1=2/3$                                | $k_2=1/3$                                   |
|--------------------------|---------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                          |                           | $m_{ev} = 1 \text{ až } 10^3 \text{ kg}$ | $m_{ev}=10^3 \text{ až } 5.10^3 \text{ kg}$ |
|                          |                           | $k_1$                                    | $k_2$                                       |
| 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 h-odnoty  $u$ ,  $v$ . To znamená, že výpočet nemôže dať jednoznačne spoľahlivú odpoveď, či plánovaný odstrel zaručí alebo nezaručí seizmickú bezpečnosť chráneného objektu (tab. 7)

**Tabuľka 6.5** Škodlivé seizmické účinky v závislosti na rýchlosti kmitania(Müncner, E a kol.,2000).

| Rýchlosť kmitania<br>[mm.s <sup>-1</sup> ] | 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 maľby, 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 tab. 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 prízemí 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 odstrelu (pred odstrelom) na základe praktických skúseností uvádzaných v rôznych normatívoch (u nás napr. STN EN 1998-1/NA/Z4), alebo na základe expertíznych posúdení špecialistami. STN EN 1998-1/NA/Z4 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)  $v = 0 - 10 \text{ mm/s}$  – nehrozí žiadne poškodenie stavby,
- b)  $v = 10 - 30 \text{ mm/s}$  - možnosť vzniku prvých známok škôd
- c)  $v = 30 - 60 \text{ mm/s}$  – 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 príločných náloží. V takých prípadoch môže rozsiahlejšie škody spôsobiť aj pomerne neveliká nálož. Intenzita tlakovej vlny sa meria tlakovými snímačmi alebo sonometrami s veľmi krátkou časovou základňou (niekoľko  $\mu\text{s}$ ). 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  $0,1 \text{ MPa}$ . Veľmi intenzívne až bolestivo sú pociťované pretlaky nad  $0,005 \text{ MPa}$  (Müncner, E a kol, 2000).

## 10. DOVOLENÁ RÝCHLOSŤ KMITANIA PRE CHRÁNENÉ OBJEKTY BYTOVEJ ZÁSTAVBY OBCE HUBINA A DUCOVE

Vychádzajúc z odporúčaní STN EN 1998-1/NA/Z4 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií, s ohľadom na nálože používané pre odstrel, ktoré predstavujú rádovo desiatky kilogramov, kedy frekvencie kmitov bývajú obvykle  $f > 10 \text{ Hz}$  a na základe odolnosti stavebných objektov voči technickej seizmicite je možno stavebné objekty v obci Hubina a Ducove 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 Hubina, kde frekvencie kmitov boli  $f < 10 \text{ Hz}$  a vzhľadom na dlhodobjší charakter odstrelov na ložisku vápenca lom

Hubina, pre rozpojovanie odstrelmi na ložisku lom Hubina a pre stavebné objekty v obci možno maximálnu dovolenú rýchlosť kmitania (zložku rýchlosti) stanoviť hodnotou

$$v_d \leq 6 \text{ mm/s.}$$

## 11. NAMERANÉ SEIZMICKÉ ÚČINKY OdstrelOV A ICH ANALÝZA

Na základe nameraných hodnôt rýchlostí a frekvencií jednotlivých zložiek vlnenia pri odstrele sme mohli vyhodnotiť podľa STN EN 1998-1/NA/Z4 (Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií) účinky jednotlivých odstrelov na zástavbu v obci Hubina a Ducove.

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. 2 a obr. 11). 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  $6 \text{ mm.s}^{-1}$ .

Namerané maximálne hodnoty seizmických účinkov generované radovým odstreloom č. 201/HUB/26, ktorý bol uskutočnený dňa 6.februára 2026 v lome Hubina (Tab. 2) nám poslúžili ako podklad na stanovenie zákona útlmu seizmických vln v lome Hubina (Dojčár, Pandula, 1998).

**Tabuľka 11.1** Namerané maximálne hodnoty zložiek rýchlosti kmitania radového odstrelu v lome Hubina

| L [m] | Q [kg] | $L_R = L/Q^{0,5} \text{ [m/kg}^{0,5}]$ | $v_x \text{ [mm/s]}$ | $v_y \text{ [mm/s]}$ | $v_z \text{ [mm/s]}$ |
|-------|--------|----------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 22    | 36,8   | 3,63                                   | 50,08                | 46,87                | 107,70               |
| 421   | 36,8   | 69,4                                   | 0,408                | 0,412                | 0,355                |
| 641   | 36,8   | 105,7                                  | -                    | -                    | -                    |

Na základe údajov z tabuľky 3 bola zostrojená grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti pri odstreloch. Graf na obr. 12 predstavuje tzv. zákon útlmu seizmických vln pre lom Hubina, v ktorom bola použitá hodnota Q v tvare

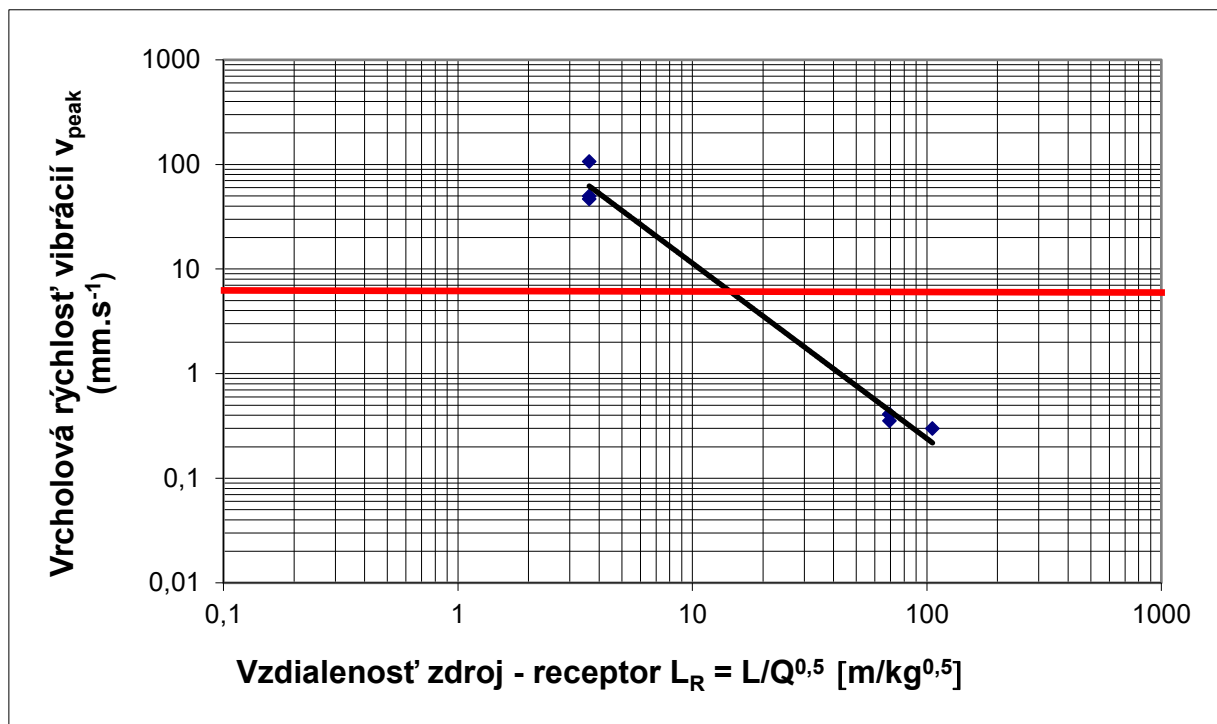
$$v = \left( \frac{L}{Q^{0,5}} \right) = K \left[ \frac{L}{Q^{0,5}} \right]^n,$$

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

- $L/Q^{0,5}$  je tzv. redukováaná vzdialenosť, [m/kg<sup>0,5</sup>],
- L je najkratšia vzdialenosť zdroja otrasov od ich receptora, [m],
- Q je hmotnosť nálože časového stupňa, [kg],
- K je súčiniteľ závislý od podmienok odstrelu, vlastností 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. 11.1) sú vynesené namerané hodnoty rýchlostí kmitania na rodinných domoch v obci Hubina pri odstrele. Body vynesené v ľavej časti grafu označujú namerané hodnoty rýchlostí kmitania pri zdroji otrasov, teda v blízkosti odstreľu v lome Hubina. Ostatné body (pod červenou čiarou) v grafe na obrázku 11.1 predstavujú výsledky meraní zistené pri odstrele v obci Hubina a Ducove. 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. 11.1** Grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti pri radovom odstrele 210/HUB/26 v lome Hubina – zákon útlmu seizmických vln. Červená čiara označuje maximálnu bezpečnú dovolenú rýchlosť vrcholových vibrácií

Ťažba na lokalite Hubina je uskutočňovaná vrtno ťhacími prácami horizontálnymi vrtmi väčšinou v 2 radoch - ťažobnými odstreľmi. Výsledky merania seizmických účinkov radového odstreľu č. 210/HUB/26 dňa 6.02.2026, ktorý bol uskutočnený v lome Hubina potvrdili, že namerané hodnoty vibrácií neprekročili hodnoty, ktoré stanovuje platná slovenská technická norma STN EN 1998-1/NA/Z4 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií,  $v_d < 6$  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. Namerané frekvencie boli v rozsahu 5-15Hz a preto maximálnu dovolenú rýchlosť kmitania sa stanovuje na 6 mm/s

Pričom jeho výkon sa pohybuje na úrovni 70t/h a pri obsluhu 1 nakladačom sa jeho zmenový výkon pohybuje na úrovni 400-600t/deň a teda ročne max 150 000t ale pri bežnej zmennosti tak cca 80 -95000t.

### 11.1 Odstrely v lome ako vysoko energetický impulzový zdroj zvuku

Základné pojmy na účely vyhlášky č. 549/2007 Z. z. v § 2, písm. y) definujú zvukový impulz ako jednorazový akustický dej charakterizovaný náhlým nárastom akustického tlaku a krátkym trvaním a následne v § 2, písm. z) definujú impulzový hluk ako rušivý alebo nepríjemný zvuk, ktorý vzniká v dôsledku jedného alebo viacerých zvukových impulzov. Impulzový hluk v závislosti od druhu zdroja, ktorým môže byť bežný impulzový, vysokoimpulzový a vysokoenergetický impulzový zdroj, ktorý sa primerane posudzuje podľa slovenskej technickej normy, <sup>4)</sup>

V zmysle prílohy k vyhláške č. 549/2007 Z. z. pre hluk z vysokoenergetických impulzových zdrojov je určujúcou veličinou hladina C zvukovej expozície. Pri hodnotení vysokoenergetického impulzového hluku sa primerane postupuje podľa slovenskej technickej normy.

<sup>4)</sup> STN ISO 1996-1: 2006 Akustika. Opis, meranie a posudzovanie hluku vo vonkajšom prostredí. Časť 1: Základné veličiny a postupy posudzovania vrátane prílohy B.

V odseku 3.5 Impulzové zdroje zvuku v citovanej norme je poznámka v nasledovnom znení: V čase publikovania tejto časti normy ISO 1996 neexistoval matematický deskriptor, ktorý môže jednoznačne definovať prítomnosť impulzového zvuku alebo môže rozdeliť impulzové zvuky do uvedených kategórií.

Odstrely v lome ako vysoko energetický impulzový zdroj zvuku.

Príloha B Vysoko energetické impulzové zvuky odsek B.2 uvádza základný deskriptor pre jednotlivú udalosť vysoko energetických impulzových zvukov hladinu C zvukovej expozície  $L_{EC}$ . V odseku B.3 je uvedený Výpočet upravenej hladiny zvukovej expozície  $L_{RE}$  pre vysoko energetické impulzové zvuky

$$L_{RE} = 2 L_{EC} - 93 \text{ dB} \quad \text{pre } L_{EC} \geq 100 \text{ dB}$$

$$L_{RE} = 1,18 L_{EC} - 11 \text{ dB} \quad \text{pre } L_{EC} < 100 \text{ dB}^*$$

\*Definícia platí len po hodnotu hladiny 70 dB, ktorá je relevantná. Nižšie hodnoty ako 70 dB nie sú relevantné pre ozvu človeka.

Objektivizácia vysoko energetických impulzové zvukov vo vonkajšom priestore RD č. 2 počas série odstrelov, 6.februára 2026 upravená hladina zvukovej expozície  $L_{RE}$  pre vysoko energetické impulzové zvuky pre  $L_{EC} < 100 \text{ dB}$

$$\text{I. séria odstrelov } L_{RE} = 1,18 L_{EC} - 11 \text{ dB} = 1,18 \times 81,3 - 11 \text{ dB} = 84,9 \text{ dB}$$

$$\text{II. séria odstrelov } L_{RE} = 1,18 L_{EC} - 11 \text{ dB} = 1,18 \times 68,9^* - 11 \text{ dB}$$

\*hodnoty nie sú relevantné pre ozvu človeka

$$\text{III. séria odstrelov } L_{RE} = 1,18 L_{EC} - 11 \text{ dB} = 1,18 \times 80,6 - 11 \text{ dB} = 84,1 \text{ dB}$$

Existujúci stav je popísaný v POPD aj v Technologickom postupe ťažby a spracovania dolomitu.

- primárny čelúšťový drvič,
- sekcionálny triedič na vytried'ovanie 0/4 (tzv scalping)– smerom na sekciu kde sa následne triedi na špeciálnom triediči s gumovými sitami LIWELL na frakcie 0/2 a 2/4 s výkonom do 30 t/h
- drvenie sekundárne na odrazovom drviči SAND 2 alebo kužel'ovom drviči typu SIMONS (resp kužel'ový granulátor 1063)
- triedenie sekundárne predrveného materiálu na sekundárnom triediči VFT (vytriedenie 11/22 resp 11+)
- triedenie na 2 rezonančných horizontálnych triedičoch RT1517 (frakcie 8/11 a 4/8) a (0/2 a 2/4 resp 0/1 ½ a 2/4) s prepacom do zásobníkov stacionárnej linky, kde sa materiál vyúšťa výpustným šupátkovým otvorom na vynášacie expedičné pásy na nákladnú technologickú dopravu, ktorá materiál rozváža na jednotlivé voľná skládky
- Výkon sekundárnej časti linky (drvenie a triedenie je cca 25 t/h  
Celkový výkon stacionárnej linky je na úrovni 55 t/h čo predstavuje pri 1 zmennej prevádzke denný výkon cca 385 t a ročný výkon cca max 96000 t no pri štandardnej zmennosti len na úrovni 65-80000t  
Po navýšení výroby by bolo potrebné pracovať v 2.zmenne, kde by sme vedeli výkon zdvojnásobiť na max 180 000 t./rok : 26 ton /auto = 6.923 aut ročne : 260 pracovných dní = 27 aut /deň

Podobne je to na mobilnom triediči ktorý vytrieduje strelený materiál z rozvalu na frakcie 0/8, 8/22 a 22/90 ,

Pričom jeho výkon sa pohybuje na úrovni 70t/h a pri obsluhu 1 nakladačom sa jeho zmenový výkon pohybuje na úrovni 400-600t/h a teda ročne max 150 000t ale pri bežnej zmennosti tak cca 80 -95000t

A teda pre navýšenie objemu výroby na 300 kt by bolo potrebné pracovať v 2.zmenách aj na mobilnom triediči cca 10 mesiacov.

## 2) Vibračnú štúdiu

Ad 2) súpiska stacionárnych a mobilných zdrojov vibrácií s umiestnením a s uvedením času činnosti existujúci stav a stav po navýšení

Rovnaký ako vyššie popísané

## 3) Trhacie práce

Ad 3) popis trhacích prác aký druh trhaviny, množstvo trhaviny existujúci stav a navrhovaný  
Trhacie práce cca 12 odstrelov po 25 000t a spotrebou trhavín na úrovni cca 0,05 – 0,08 kg/t (len horizontálne podvrty = päty a bašty)

## 4) doprava

Ad 4)

typ automobilov, počet rýchlostí, spôsob nakládky pred a po navrhovanej zmene  
dopravu zabezpečuje 1 nákladné vozidlo v zmene (dovoz na linku a odvoz z linky) pre mobilný drvič materiál na okolité skládky rozváža nakladač.

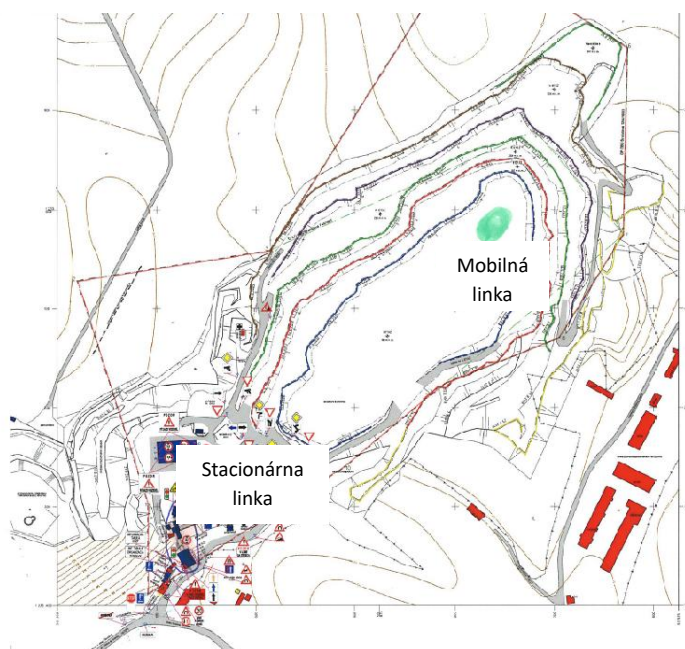
## 12. ZÁVER

Ťažba na lokalite Hubina je uskutočňovaná ťažobnými odstrelními. Výsledky merania seizmických účinkov radového odstrelu č. 210/HUB/26 dňa 6.02.2026, ktorý bol uskutočnený v lome Hubina potvrdili, že namerané hodnoty vibrácií neprekročili hodnoty, ktoré stanovuje platná slovenská technická norma STN EN 1998-1/NA/Z4 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.

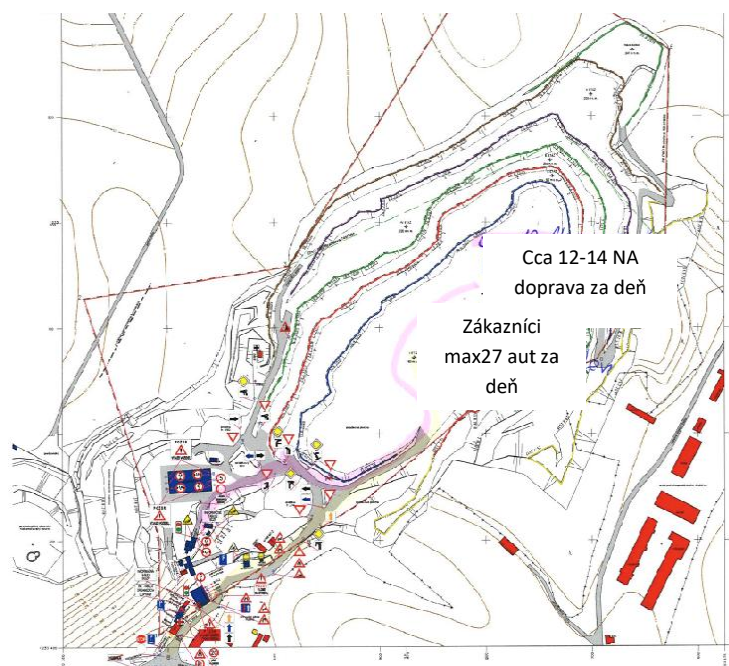
V rámci nutnosti odhlučnenia linky bolo realizované všetko čo bolo nutné pre zníženie hlučnosti aj prašnosti – t.j. opláštenie celej linky triedenia , čiastočné opláštenie sekundárneho drvenia odrazového drviča SAND 2 , výmena triediča SDT za nový úplne tichý triedič LIWELL s gumovými sitami, aktuálne výmena druhého triediča VFT za modernejší a tichší vibračný triedič SEZAKO Prerov.

Pre navýšenie výroby bude potrebné uvažovať s 2.zmennou prevádzkou cca 10 mesiacov v roku.

Podrobný prieskum vplyvu pozemnej dopravy na limitné hodnoty hluku v chránenom vonkajšom obytnom priestore poskytne cenné informácie o tom, ako navrhovaná dopravná situácia pri 2-zmennej prevádzke prispeje k celkovej úrovni hluku, a umožní navrhnúť vhodné opatrenia na jej efektívne riadenie.



**Obr.P.2** Umiestnenie mobilnej a stacionárnej linky v areály dobývacieho priestoru.



**Obr.P.3** Pozemná doprava v areály dobývacieho priestoru.