



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

XIII TO СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '22

Охрид
14 – 16. 10. 2022 год.

СЕИЗМИЧКИ ЕФЕКТИ ПРИ МИНИРАЊЕ НА ПК „ТРОЈАЦИ“, ПЛЕТВАР, ПРИЛЕП

Јован Лотески¹, Ристо Дамбов², Илија Дамбов³

¹Ина Трејд Лоте, Прилеп, Р. Северна Македонија

²Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Р. Северна Македонија

³ДАМ-ЕКСПЛО, ДОО Радовиш, Р. Северна Македонија

Апстракт: Енергијата која се создава при експлозија на одредено количество на експлозив ги раздробува и крши карпестите маси, формира пукнатини и различни деформации во околниот карпест масив. Околу самото место на минирање и во поодалечените зони предизвиканиот детонациски бран, предизвикува еластични деформации концентрично распоредени околу зоната на минирање.

Овие (сеизмички) бранови поминувајќи низ карпестиот масив предизвикуваат осцилации на честичките од тлото и на околните градежни објекти. Минирањата кои се изведуваат на површинските и подземните копови, предизвикуваат различни ефекти на околината во поглед на интензитетот на потресите, воздушните удари и разлетување на парчиња од минираната карпеста маса.

Овие негативни ефекти може да предизвикаат опасни последици по луѓето и објектите. За заштита од штетните ефекти воведени се стандарди, критериуми и ограничувања за интензитетот на овие ефекти а пред се на дозволеениот интензитет на потреси на тлото на одредено растојание од минските серии.

За таа цел се наметнува потребата од контрола, мерење и регулирање (колку е тоа можно) на осцилациите на тлото и сеизмичките потреси предизвикани од овие појавени осцилации како ефект од експлозијата при минирање.

Со цел да се оценат и контролираат сеизмичките ефекти при детонација, неопходно е да се одреди законот на осцилации на тлото во правец и растојание кон соодветно место или објект кои треба да бидат заштитени.

Клучни зборови: минирање, експлозија, раздробување, осцилации, сеизмички ефекти, безбедно растојание.

SEISMIC EFFECTS OF BLASTING IN THE QUARRY “TROJACI”, PLETVAR, PRILEP

Jovan Loteski¹, Risto Dambov², Ilija Dambov¹

¹Ina trejd Lote, Prilep, R. of North Macedonia

²University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip,
R. of North Macedonia

³DAM-EXPLO, DOO, Radovis, R. of North Macedonia

Abstract: The energy generated by the explosion of some quantity of explosives, have broken and breaking rocks, cracks form and various deformations in the surrounding rocks. Around of blasting place

and outlying areas the generate detonated wave, causing elastic deformation, concentrically arranged around the mining area.

These (seismic) waves passing through a rocky massif cause oscillations of the particles from the ground and surrounding buildings. Blasted series performed on surface and underground mines, cause different effects on the environment in terms of intensity of the shocks, air shocks and pieces of blasted rock mass.

These negative effects can cause harmful effects on humans and buildings. For protection from the harmful effects introduced standards, criteria and restrictions on the intensity of these effects, especially the allowable intensity of tremors on the ground to some distance from the blasting series.

Therefore there is a need for control, measurement and regulation (as possible) the oscillations of the ground and seismic shocks caused by these oscillations occurred as the effect of sapping the blast.

In order to evaluate and control the effects of seismic blasting, it is necessary to determine the soil oscillation law in direction and ground distance to the appropriate place or object that are to be protected.

Keywords: *blasting, explosion, rock decomposition, oscillations, seismic effects, safety distance.*

1. ВОВЕД

Примената на експлозивите при различни методи на минирање предизвикува ефекти како во поглед на раздробување на карпестиот масив (примарен ефект) така и во поглед на добиените ефекти при експлозијата од самото минирање. Овие ефекти се директно поврзани со применетите дупчечко - минерски параметри, типот и количината на експлозивот, начинот на иницирање и т.н. Потресите и деформациите кои се видливи и можат да се почувствуваат во поблиската околина од местото на минирање, можат да бидат со таков интензитет и карактер што со своето дејство претставуваат опасност за објектите, природната (работна) средина и луѓето. Поради овие причини проучувањата на овие потреси предизвикани од минирање се значајни и им се посветува значајно внимание.

Со примена на масовни минирања посебно лоцирани (релативно) блиску до населени места, зголемени се можностите за оштетување на околните објекти од ефектите предизвикани од минирањата. Со примената на се порестриктивните еколошки закони и заштитата на приватната сопственост, често пати се создаваат услови за судски спорови, надокнади на штети и сл. При тоа се наметнува потребата од поефикасна и безбедна примена на експлозивите и воопшто минирањето како технолошки процес, и почитување на овие закони.

Поради овие причини рудниците и воопшто фирмите што се занимаваат со минирање, мораат да имаат сигурен, разработен и проверен систем на контрола на ефектите од минирањата а пред се од нивото на потреси на околината, како би се заштитиле објектите во околината каде се минира, а од друга страна да имаат аргументирани докази и стручно мислење во случаи кога настануваат оштетувања на околните објекти.

Во овој труд, се фокусирам на стандардите за мерења на вибрации што се користат за минирање пропишани според Европската Унија. Правев мерења на вибрации врз основа на различни технологии на минирање и нивното влијание фокусирани на анализа на извршените мерења на вибрации според различни стандарди.

2. СЕИЗМИЧКО ДЕЈСТВО ПРИ МИНИРАЊЕ

Еластичните деформации предизвикани од динамичкиот ефект при експлозијата претставуваат осцилаторен процес, односно сеизмички ефект на експлозијата. Формираните еластични деформации се протегаат во форма на еластични бранови радијално од местото на експлозија. Според обликот на пренос на еластичните деформации, сеизмичките бранови може да се поделат во две основни групи:

- Зафатнински и
- Површински

Со дејство на експлозија во работната средина истовремено се формираат сите типови на еластични бранови при што со промена на растојанието од местото на минирање се менува и нивниот интензитет.

Интензитетот на сеизмичките бранови може да се утврди со мерење на еден од основните динамички параметри од возбудената средина и тоа: брзина на осцилирање (V), забрзување (a) и движење на тлото (x). Врската помеѓу овие параметри се добива со аналитички пресметки.

Како параметар кој се користи најчесто за оценување на сеизмичкиот интензитет е брзината на сеизмичките осцилации на возбуденото тло (v).

Максималната резултантна брзина на осцилација на тлото (V_{\max}), се добива како на интензитет на вектори со компоненти по X, Y и Z- оската, во согласност со формулата:

$$V_{\max} = \sqrt{V_v^2 + V_l^2 + V_t^2}, \text{ (mm/s)} \quad [1]$$

каде се:

V_v - вертикална компонента на брзината на осцилирање на тлото, (mm/s);

V_l - подолжна компонента на брзината на осцилирање на тлото, (mm/s);

V_t - попречна компонента на брзината на осцилирање на тлото, (mm/s).

Инструментите за регистрација се поставуваат на тврдо тло вкопани во земја или карпата. Истите можат да се поставуваат и во градежни објекти на бетонска подлога или тврдо набиено земјено тло. Поставувањето на инструментот е секогаш во насока на пристигнувањето на сеизмичките бранови.

3. ПРОПИСИ И СТАНДАРДИ ВО ЕУ И РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА ВО ОБЛАСТА НА ВИБРАЦИИТЕ ПРИ МИНИРАЊЕ

Вибрациите во животната средина настануваат поради природни и вештачки фактори. Вибрации, кои произлегуваат од антропогени фактори не се должат само на рударството, туку се тие се јавуваат и поради други извори кои се присутни на дневна основа. Меѓу вештачките генератори на вибрации, што влијае на зградите и луѓето, вклучуваме железнички и патен транспорт и индустриски постројки, кои предизвикуваат дневни вибрации со користење на различни уреди. Тие предизвикуваат голем дел од вибрациите работи и во градежништвото, каде настануваат поради тркалање, транспорт, рушење на објекти, возење во потпорни сидови и купови.

3.1. Македонски стандарди за вибрации

Во македонското законодавство, рударството е класифицирано како рударска индустрија опфатена со Законот за минерални суровини. Минирањето

предизвикува вибрации на тлото кои можат да имаат големо негативно влијание врз предметите и луѓето. Македонското законодавство пропишува да се утврдат вибрациите кои влијаат на луѓето во зградите каде што се пропишани такви вибрации стандарди (ISO 2631-2). Вибрациите на работното место се опишани во стандардот ISO 5349 за изложеноста на луѓето на вибрации на работните места каде што вибрациите се пренесуваат преку рака на остатокот од телото. За објекти изложени на вештачки вибрации (минирање, консолидација, транспорт...), законодавството користи европски стандарди, кои се направени врз основа на долгогодишно истражување. Македонскиот закон и правилникот за технички стандарди за ракување со експлозивни и ископување во рударството дефинира правила за барања за обезбедување безбедност и здравје при работа и технички мерки за минирање, кога станува збор за истражување и експлоатација на минерални сировини, извршување на други рударски работи и вршење на операции на минирање во други дејности. Поставува насоки за пресметка на безбедно минирање, додека за методот на сеизмички мерења и гранични вредности за објекти, се пропишуваат со примена на европските стандарди (DIN), со кои се определува начинот на мерење и дозволени вредности за поединечни објекти.

4. ОПИС НА МЕРНИТЕ ИНСТРУМЕНТИ

Осцилациите на почвата се предизвикани од различни природни и вештачки фактори, а со тоа предизвикуваат вибрации на луѓето, објектите и животната средина. Големините на вибрациите (осцилации на земјата) може да се мерат со различни мерни инструментите, и се разликуваат според целта на мерењата. Во продолжение е објаснат системот за собирање на податоците, систем за аквизиција на податоците.

- **Виброметар**

Прв во мерниот синџир е виброметарот кој ги собира податоците од акцелерометарот и ги носи во засилувачот. Виброметарот е од тип VM13 производство на фирмата "СПЕКТАР" од Дрезден, Германија (слика 1).



Слика 1. Виброметар VM13 со акцелерометар

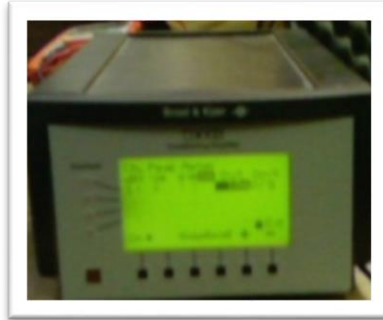
Техичките карактеристики на виброметарот се следните: мерење на вибрации со голема точност на брзина од 0,2- 200 mm/s за фреквентен опсег од 10-1000Hz и мерење на вибрации на забрзување од 0.2-200 m/s² за фреквентен опсег од 1-10kHz, со точност од $\pm 2\%$.

Функцијата на виброметарот во синџирот за аквизиција на податоците е следната: Виброметарот ги собира аналогните сигнали кои ги мери акцелерометарот, при што ја меморира највисоката вредност на забрзувањето, а потоа преку излезниот BNC конектор ваквиот аналоген сигнал го испраќа во засилувачот.

- Засилувач

Бидејќи вредностите на сигналот кој ги испраќа акцелерометарот во виброметарот се многу мали, што се гледа од техничките карактеристики на виброметарот, потребно е засилување на овој сигнал.

Засилувањето на овој сигнал се врши со засилувач NEXUS Conditioning Amplifiers тип 2690 (слика 2). Засилувачот е едноканален производство на фирмата Brüel & Kjær.



Слика 2. Засилувач

Вака засилениот сигнал преку BNC конекторот се испраќа до А/Д конекторот.

- А/Д конвертор

Сигналот кој го мери акцелерометарот кој е регистриран од виброметарот и кој е засилен од засилувачот е сеуште аналоген.

За било која анализа на било кој податоци потребна ни е дискретна низа на податоци. Значи, потребно е еден аналоген сигнал (континуиран сигнал) да се претвори во дискретна низа на податоци. Уредите кои вршат трансформација на аналогните сигнали во дискретна (дигитална) форма на податоци се викаат А/Д конвертори (Аналого/Дигитални конвертори). Во мерењето користиме А/Д конвертор (SigBook картица) во вид на картица од фирмата Signalogic од Dalas Texas (слика 2.)

Техничките карактеристики на оваа картичка се :

- SigBook карицата е 16-bit sigma-delta аналоген I/O канал со 90 dB SNR,
- со 66 или 100 MHz Motorola DSP56303 процесор,
- 32k x 24 fast SRAM, и RS-232 и high-speed дигитален паралелен I/O опција.

Опсегот на семплирање е од 4 до 48 kHz.

Вака дигитализираниот сигнал преку излезниот RS-232 порт на А/Д конверторот се испраќа во компјутер на паралелен EPP порт. Последен елемент на системот за аквизиција на податоците е компјутерот кој служи за запишување на дигитализираните податоци. Компјутерот е IBM ThinkPad со процесор Pentium II.



Слика 3. А/Д конвертор - SigBook карицата

Вака дигитализираниот сигнал преку излезниот RS-232 порт на А/Д конверторот се испраќа во компјутер на паралелен ЕРР порт. Последен елемент на системот за аквизиција на податоците е компјутерот кој служи за запишување на дигитализираните податоци. Компјутерот е IBM ThinkPad со процесор Pentium II.

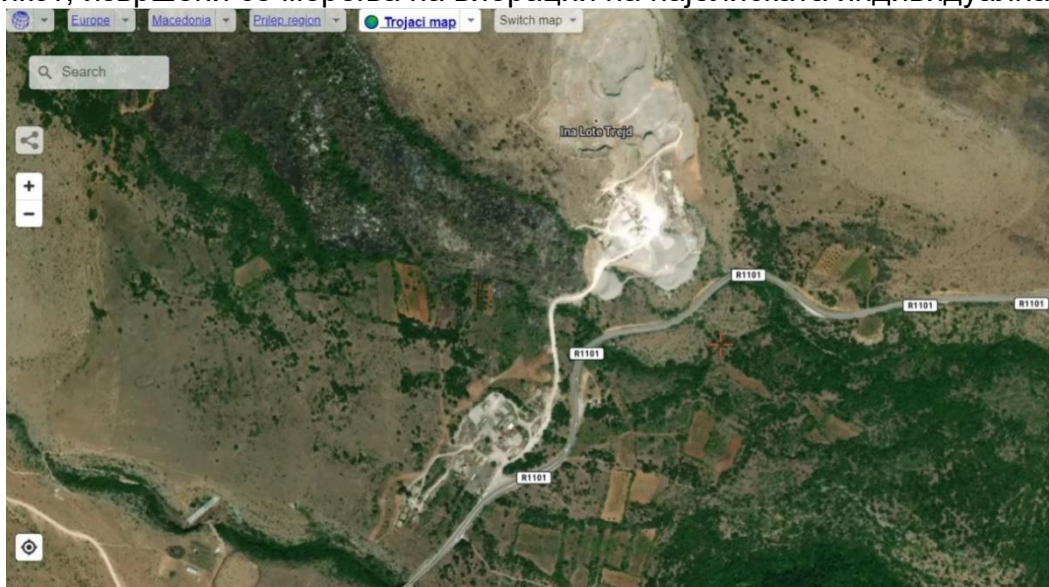
5. ОПИС НА МЕРНОТО МЕСТО – МИНИРАЊЕ НА ВАРОВНИК НА ПК “ТРОЈАЦИ” ПРИЛЕП

Рудникот за експлоатација на варовник во месноста Тројаци се наоѓа на патниот правец Плетвар и припаѓа на општина Прилеп во Пелагонискиот регион. Неговите GPS координати се:

Latitude: 41°22'18"N Longitude: 21°44'21"E

Во рудникот се експлоатира бел ситнозрнест варовник, а на некои места има темносив густ варовник. По EUROCODE 8 геолошкиот состав на почвата во областа на каменоломот Тројаци е класифицирана како почва со поголема брзина на смолкнување со брзина на брановите на геолошката почва од ($V_s, 30 > 800 \text{ m / s}$).

Каменоломот користи минерална суровина-варовник. Во експлоатацијата на минералните суровини се користи технологија на минирање според системот на подот (слика 4). Во поголемата област на каменоломот нема населени места, но во близина има индивидуална куќа и други објекти на фирмата Ина Лоте Трејд, имено на северната и северозападната страна. Поради минирањето во рудникот, извршени се мерења на вибрации на најблиската индивидуална куќа.



Слика 4. Површински коп „Тројаци“, Плетвар

5.1 Мерења на вибрации во областа на каменоломот Тројаци – Прилеп и нејзините резултати

Како дел од мерењата на вибрации во реонот на каменоломот Тројаци - Прилеп, во текот на истражувањето беа извршени повеќе минирања, на различни локации во каменоломот.

Во практичниот случај, се избираат мерењата што беа извршени на една (1) локација во близина на индивидуален станбен објект (во склоп на каменоломот и една (1) локации во близина на експлозијата односно метото на минирање во склоп на каменоломот.

Во Табелата што следи и слика 5 ги прикажува микролокациите на мерните места.

Табела 1. Микролокации на мерните места

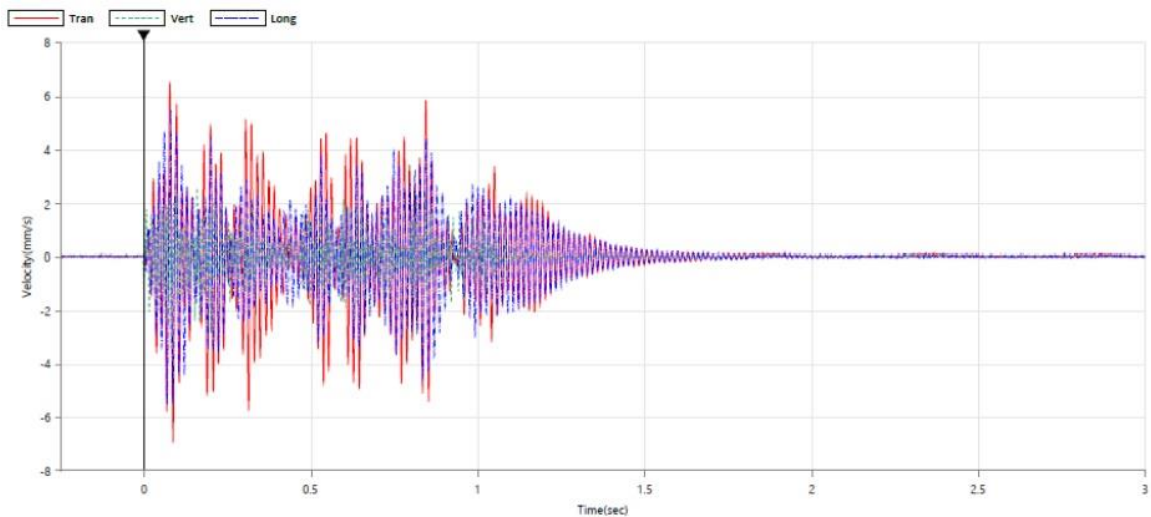
Име на фајлот /документот/	Локација Местоположба на мерниот инструмент	Број на примероци	Фреквенција на семплирање (Hz)	Времетраење на аквизицијата (sec)	„v“ (mm/s)
G14033	MP1	24000	8000	3	8,84
G14034	MP2	24000	8000	3	2,15



Слика 5. Микролокација на мерните места

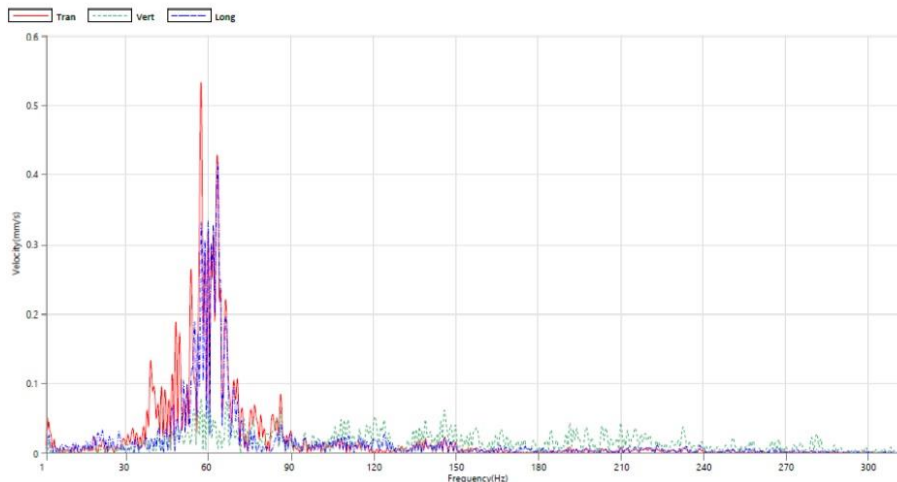
Од извршените мерења ги добиваме следните податоци кои се прикажани на графичките дијаграми што следат во продолжение. Да напоменеме дека растојанието од изворот на вибрации до мерното место MP1 е 120m, а до мерното место MP2 е 350m.

Geophone	Tran	Vert	Long
Peak Particle Velocity	6.953 mm/s	3.397 mm/s	5.509 mm/s
Zero Crossing Frequency	51.2 Hz	>100 Hz	56.9 Hz
Time (Relative to Trigger)	0.087 sec	0.080 sec	0.069 sec
Peak Acceleration	0.235 g	0.406 g	0.239 g
Peak Displacement	0.020 mm	0.004 mm	0.014 mm
Sensor Check	✓ Passed	✓ Passed	✓ Passed
Frequency	7.5 Hz	7.4 Hz	7.8 Hz
Overswing Ratio	3.5	3.6	3.3
Peak Vector Sum	8.835 mm/s at 0.087 sec		



Слика 6. Временски запис на вибрациите за мерно место MP1

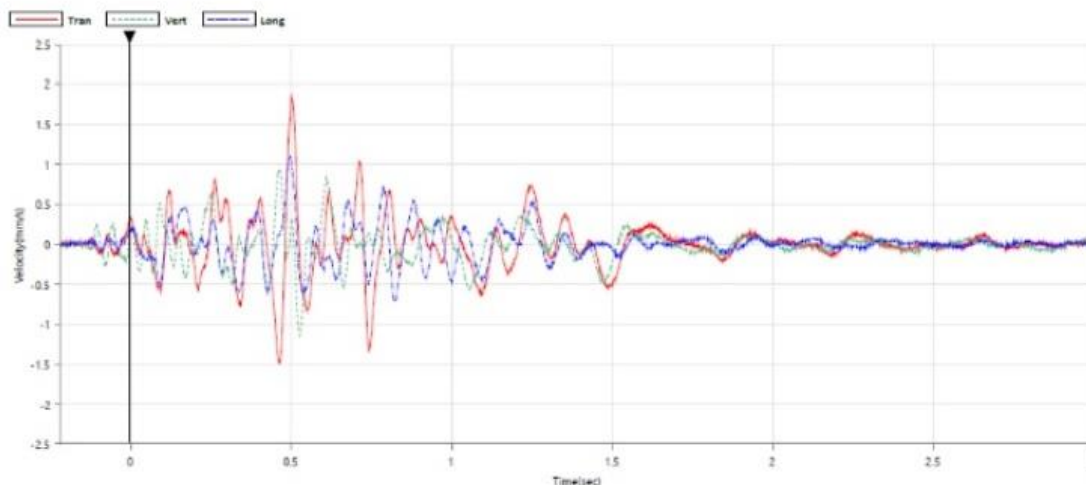
Ако се изврши Брза Фуриерова трансформација на овој сигнал се добива фреквентниот спектар на сигналот (слика 7).



Слика 7. FFT анализа за мерно место MP1

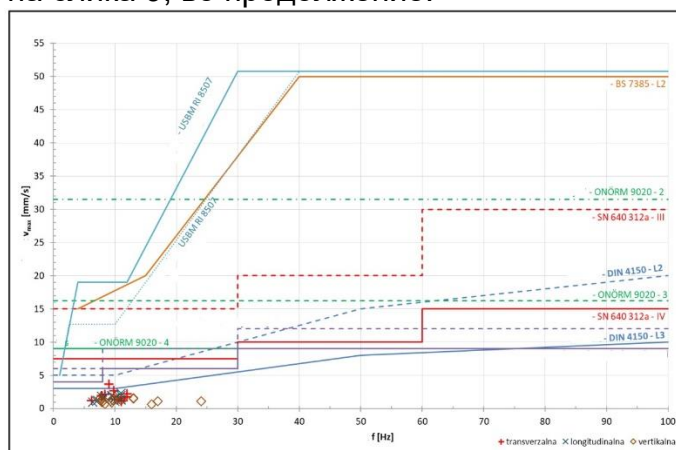
Од добиените резултати за мерното место MP1 кое се наоѓа во непосредна близина на местото на детонација односно минирање, но неговата надморска висина се разликува во однос на референтантата положба, односно е за две етажи повисоки како што е прикажано на слика 8, можеме да констатираме дека максималната брзина на бранот е 8.835 mm/s, а врз основа на фреквентната анализа со примена на Брзата Фуриерова трансформација доминантниот фреквентен спектар на овие бранови е околу 60Hz, како што е прикажано на сл.8. Добиените измерени параметри за мерното место MP2 дадени се во продолжение.

Geophone	Tran	Vert	Long
Peak Particle Velocity	1.857 mm/s	1.143 mm/s	1.095 mm/s
Zero Crossing Frequency	11.6 Hz	13.1 Hz	7.9 Hz
Time (Relative to Trigger)	0.504 sec	0.530 sec	0.499 sec
Peak Acceleration	0.017 g	0.012 g	0.010 g
Peak Displacement	0.024 mm	0.015 mm	0.017 mm
Sensor Check	✓ Passed	✓ Passed	✓ Passed
Frequency	7.1 Hz	7.5 Hz	7.3 Hz
Overswing Ratio	4.0	3.6	3.8
Peak Vector Sum	2.138 mm/s at 0.504 sec		



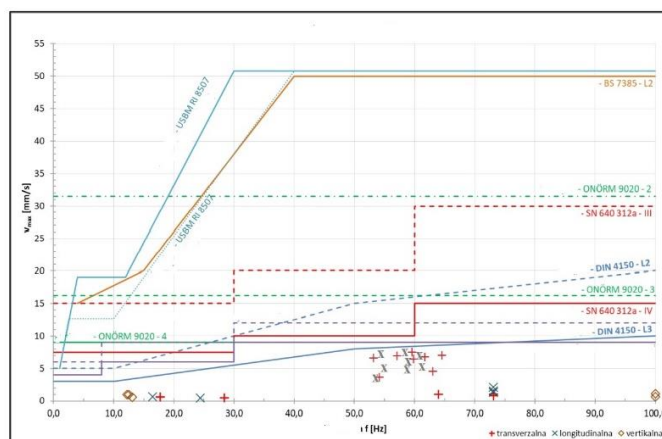
Слика 8. Временски запис на вибрациите за мерно место MP2

Од резултатите се забележува дека максималната брзина на бранот е 2.158mm/s, а фреквентниот спектар се движи од 8Hz до 15Hz. Ако врз овие податоци направиме анализа со примена на соодветните европски стандарди за дозволени вибрации на станбени објекти можеме да констатираме дека вредноста на брзината на брановите во различните три правци не ги надминуваат граничните вредности на референтните класи за домување за сите разгледани стандарди во оваа магистерска работа, а делумно ги надминуваат граничните вредности на класата на заштитени споменици според Германски стандард DIN 4150. Можеме да констатираме дека фреквентниот опсег на мерното место MP2 е екстремно ниско односно е во опсег од 5Hz до 20Hz, како што е прикажано на слика 9, во продолжение.



Слика 9. Резултати од мерното место MP2 според европските стандарди

Од слика 9 можеме да забележиме дека според стандардот за заштитени споменици овие вредности според австрискиот и швајцарскиот стандард ги надминуваат граничните вредности, а додека германскиот стандард ги надминува граничните вредности за станбени згради.



Слика 10. Резултати од мерното место MP1 според европските стандарди

На слика 10 прикажано е влијанието на вибрациониот бран според европските стандарди за мерното место MP1 кое е во непосредна близина на изворот на вибрацијата. Од овој графички приказ можеме да констатираме дека кога би имале станбени згради во оваа близина на детонација, според германскиот, австрискиот и швајцарскиот стандард граничните вредности за станбени згради ќе бидат надминати.

Општо од измерените две позиции при анализа на вибрациониот бран се забележува дека со зголемување на растојанието помеѓу мерното место и изворот на вибрација, брзината на бранот се намалува во сите правци. Исто така со зголемување на висината помеѓу мерното место и етажата на каменоломот, опсегот на фреквенцијата се зголеми.

6. АНАЛИЗА И ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

При обработката на податоците, се фокусиравме на мерењата на вибрациите добиени на две места од минирањето на рудникот во Тројаци-Прилеп. Главната цел на анализата на мерењата на вибрациите беше да се утврди како индивидуалните стандарди се занимаваат со измерените големини на вибрациите кај станбените објекти и рудниците. Иако во анализата не ја разгледавме различната технологија на минирање, туку се презентира општо познатата технологија за минирање, извршените мерења на вибрации на споменатата локација се направени со точно испланирано минирање, а не се анализираа различни технологии и методи со варирање на соодветни параметри како што се количеството на експлозив, бројот на конектори со различни доцнења, начинот и местото на иницирање и т.н.

Според анализите се гледа дека најстрогите граници се во одредени фреквентни опсежи утврдени во германскиот стандард DIN 4150-3 и француските упатства. По проценката на ограничувањата, следат Швајцарскиот и австрискиот стандард, каде повисоките гранични вредности се дозволени, но ограничени се според видот на објектите, кои според двата стандарди се поделени во неколку категории. Уште една добра карактеристика на швајцарскиот и австрискиот стандард е поделбата според зачестеноста и времетраењето на настани.

Во табела 2 дадена е споредба на резултатите од мерењето на вибрациите врз основа на разгледаните европски стандарди.

Табела 2. Споредба на резултатите од мерењето на вибрациите

Стандард	Мерење на вибрациите во каменоломот Тројаци – Прилеп
Германски DIN 4150-3	<ul style="list-style-type: none"> - Еднократно зголемување на граничните вредности при мерењето на фреквенцијата во опсег од 5-15Hz за мерното место MP2. - Преостанатите мерни вредности се под граничните големини за станбени објекти. - Мерењата на мерното место MP1 во близина на изворот на вибрации, односно на површината од етажата на каменоломот, покажаа дека вредноста на фреквенцијата од околу 60Hz за класа на објект L2 ја надминува граничната вредност.
препораките од Министерство за животна средина на Француската Република	<ul style="list-style-type: none"> - Вредностите се под дозволените граници за чувствителни објекти и многу чувствителни предмети за мерно место MP2 - Вредностите од 60Hz за мерно место MP1 не ги надминуваат граничните вредности за тип на објект површина етажа на каменолом
Австриски ONÖRM 9020	- под дозволените граници вредностите за заштитени објекти;
Швајцарски SN 640 312a	- под дозволените граници вредности за домување односно станбени објекти;
Британски BS 7385	- брзините на брановите се значително под дозволените (високи) граници за станбени згради.

7. ЗАКЛУЧОК

Дел од разгледуваните стандарди за одредување на граничните вредности на брзината на бранот поединечно за секоја класа на зграда како критериум ги користи еластичните својства на почвата, според кои бранувањето преминува во предметниот предмет. Меѓутоа, другите стандарди се фокусираат на ограничувањата на брзината на бранови за поединечни објекти во зависност од индивидуалниот фреквентен опсег.

Критериумите што ги имаат стандардите се разликуваат едни од други. Најзагрозените објекти (монументални заштитени, постари и нестабилни згради) имаат многу ниски гранични вредности според германски DIN-4150 стандард, што е исклучително важно за објектот. Најблиску до стандардот DIN за вакви објекти е Швајцарски стандард SN 640 312a. Австрискиот стандард ONÖRM 9020 е споредлив со швајцарскиот и германскиот стандард, но изворот на вибрациите како што е минирањето се занимава без анализа на фреквенциите за тие области, односно фреквентниот опсег не го зема во предвид.

Швајцарските, германските и австриските стандарди поставуваат најниски критериуми за објектите кои се најмногу загрозени и изложени. Со швајцарски и австриски стандарди вибрациите се попрецизни и се поделени во четири или пет класи и исто така го земаат предвид времетраењето на вибрациите и бројот настани во одреден временски период, што е предност на двата стандарди во однос на стандардот DIN 4150 и францускиот стандард, но има пониски гранични вредности за одделни класи на предмети.

Како заклучок, може да се истакне дека при вршење на мерења на вибрации и одредување на ударот што се должи врз основа рударство, геотехнички и градежни работи, можеме да разговараме и да ги толкуваме резултатите со мерење на вибрации според германски, австриски и швајцарски стандарди, доколку законската регулатива тоа го дозволува.

Според тоа и врз основа на анализа на европските стандарди, во Македонија би требало да се користат одредени критериуми од поединечни стандарди, имено ниска дозволена вредност на брзината на бранот според германскиот и францускиот стандард и точна поделба на градежните класи и другите фактори според швајцарскиот и австрискиот стандарди.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дамбов, Р. (2011). Методи на минирање, Универзитетски учебник, УГД, Штип.
- [2] Дамбов, Р. (2013). Дупчење и минирање, Универзитетски учебник, УГД, Штип
- [3] Ристо Дамбов, Тодор Делипетров, Слободан Трајковиќ, Слободан Стојанов, Илија Дамбов. *Критериуми за оценка на потреси и безбедносни растојанија, XXV Симпозиум, НТСМ, Варна, 2012, Р. Бугарија,*
- [4] *Дамбов И., Анализа на критериумите за оценка на потреси и безбедносни растојанија при минирање, Магистерски труд, УГД, ФПТН, Институт за рударство, 2011, Штип, Р. С. Македонија*