



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

VII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '14

Радовиш
14–15.11.2014 год.

СПЕЦИЈАЛНИ МИНИРАЊА ВО РАЗДРОБЕНИ ЗОНИ ПРИ ДОБИВАЊЕ НА МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ

SPECIAL BLASTING IN SPLIT – BROKEN ZONES IN OBTAINING MARBLE BLOCKS

Ристо Дамбов¹, Игор Стојчески²

¹УГД, ФПТН, Институт за рударство, Штип,

²Мермерен комбинат, Рудник Сивец, Прилеп

Апстракт: Со цел за растресување на некавалитетните зони и зоните со присутни пукнатини се врши дупчење и минирање на овие зони. Пред самото минирање се оконтурова блокот за минирање со правење на резови со дијамантски жични пили и со потсек со каменорезна машина или со дијамантски жични пили.

На овој начин се врши одделување на блокот за минирање од цврстата мермерна маса при што се врши заштитување на здравиот квалитетен дел од мермерната маса од ефектите од минирање како што се детонаторскиот ударен бран и од сеизмичкото дејство. За намалување на сеизмичките потреси на околниот мермерен масив се применува нонел систем за иницирање со сите негови елементи и предности кои ги има.

Клучни зборови: Мермер, минирање, растресени зони, нонел систем, сеизмички потреси

Abstract: In order to broken of substandard areas of marble and areas with cracks is done drilling and blasting of these areas. Just before blasting are prepare same block by making incisions with diamond wire saws and diamond chain machine. In this way are making separation of the block for mining of solid marble table where they're protecting the common quality of the marble table of the effects of blasting such as detonating shock wave and seismic effects and action. For reduction of seismic tremors in the surrounding marble massif are used nonel initiating system with all of its features and advantages they have.

Key words: marble, blasting, broken zones, nonel sistem, seismic tremors

ВОВЕД

При изведување на минските серии се појавуваат ефекти од експлозиите а како најизразени се звучниот ефект и сеизмичките осцилации на тлото или т.н. потреси. За дефинирање и намалување на овие негативни ефекти на површинскиот коп Сивец од страна на стручниот тим се преземени одредени мерки од техничко – технолошки аспект за мерење на сеизмичките потреси и промена на начинот на иницирање и методата на минирање. Целта на изведените минирања е да се утврди влијанието на ефектите од минирање на околните карпести маси – мермер

а посебно на локацијата каде би требало според проектот да се разработи отворање на галериски откоп и добивање на квалитетни мермерни блокови.

Површинскиот коп Сивец е висинско – длабински коп за добивање на квалитетен бел мермер. Етажите се со висина од 4 до 10 метри а според проектот тие се проектирани со висина од 8 метри. Се применува современа техника и технологија за добивање на мермерни ламели кои по соборувањето се сечат на помали димензии според стандардите за транспорт и доработка на гатери.

При вршење на минирања во рудниците и урбаните средини, каде што понекогаш се активираат различни количини на експлозив и тоа од неколку килограми до неколку илјади килограми експлозив, може да се предизвикаат негативни ефекти од аспект на безбедност на околните објекти или карпестиот масив.

Овие несакани ефекти во дадено време може да бидат проблем за безбедна работа или експлоатација, особено ако се применува метода на добивање со висок ризик на оштетување на карпестите масиви како во случајот на ПК Сивец.

Со оглед дека сите минирања на овој површински коп се изведуваат со релативно мали количини на експлозив, ефектите на воздушни удари, расфрлувањето на парчиња и појавата на штетни гасови се занемарливи и не се анализираат.

1. ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ ЗА МИНИРАЊЕ НА ПК

Дупчењето се врши со примарни дупчалки со пречник од 76 и 90mm. Длабочината на дупчотините е различна во зависност од дебелината на блокот, висината на етажата и методата на минирање.

Растојанието помеѓу дупките е различно и се движи од 0,5 , 1,0 до 2 метри пак во зависност од методата на минирање и пречникот на дупчење.

Според постојната техника на дупчење најчесто се прават хоризонтални мински дупки а во некои случаи се прават и дополнителни вертикални дупки кои се минираат заедно за добивање на подобра гранулација.

Минирањето (во досегашната експлоатација) се изведува со примена на патронирани прашкасти експлозиви со пречник од 28mm кои во дупките се поставуваат како сноп како би се заполнил целиот пречник од минската дупчотина. Се применува експлозив тип АМОНИТ – 6 со брзина на детонација од преку 3600 m/s. За иницирање се користи детонаторски фитил од индиско производство и брзина на детонација од преку 4000m/s.

1.1 Проверка и предлог на метода на минирање

1.1.1 Избор на тип на експлозив

При изборот на најпогоден тип на експлозив се тргнува од три најважни критериуми а тоа се:

- работната средина, односно можностите за пренос на енергија
- минерско - техничките карактеристики на експлозивот, и
- цената на дупчечко - минерските работи.

Најголемо искористување и процент на пренесување на ослободената енергија од експлозивот во карпестиот масив се постигнува ако вредностите на акустичните импеданси на експлозивот и на работната средина се приближно исти или нивниот сооднос е приближно 1 (еден).

Аналитички овој сооднос е:

$$Z_e = Z_s \quad \text{или} \quad r_e \cdot D_e = \gamma \cdot V_p \cdot K_{ras}$$

каде се: Z_e - акустична импеданса на експлозивот

Z_s - акустична импеданса на работна средина (мермер)

r_e - густина на експлозивот, g/cm³

D_e - детонаторска брзина на експлозивот, m/s

γ - зафатнинска маса на карпата, g/cm^3

V_p - брзина на простирање на подолжни акустични бранови, m/s

$K_{\text{рас}}$ - коефициент за корекција во однос на степенот на распуканост, (0,3 - 0,6)

Според физичко - механички карактеристики споменатите физички параметри изнесуваат:

$$V_p = 3500 \text{ m/s}, \gamma = 2,8 \text{ t/m}^3, \mu = 0,3, K_{\text{рас}} = 0,40$$

Коефициентот на способност за акумулација на енергијата изнесува:

$$S = \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)} = 0,74$$

Според добиениот параметар за овој тип на карпи истиот е со релативно висока вредност на коефициент на способност за акумулирање на енергија што практично значи дека треба да се применуваат по слаби експлозиви од аспект на ослободување на топлина при експлозија, брзина на детонација, густина на експлозивот и др.

За оптимално искористување на енергијата на експлозивот потребно е:

$$Z_s = Z_e, \text{ т.е. } r_e \cdot D_e = \gamma \cdot V_p \cdot K_{\text{рас}},$$

од овде за D_e следува:

$$D_e = \frac{V_p \gamma}{\rho_e} K_{\text{рас}}, \text{ m/s}$$

За потребната детонациона брзина на експлозивот се добива:

$$D_e = \frac{3500 \cdot 2,8 \cdot 0,40}{1,1} = 3563,6 \text{ m/s}$$

Ова значи дека одговараат прашкасти АН - патронирани експлозиви со слична или помала детонациона брзина. Во следната табела се дадени минерско - технички карактеристики на некои типови на експлозиви со слични карактеристики кои можат да се применуваат на овој површински коп.

1.1.2 Избор на начин на иницирање

За намалување на звучниот ефект и воведување на секвенционално милисекундно иницирање се применува нонел систем за иницирање.

Во пракса овие системи се применуваат поединечно или многу често во одредени комбинации со класичните елементите за иницирање.

Системите со цевчиња се, најнови неелектрични системи, во поново време во светот многу популарни и применувани.

Карактеристични се по тоа што водовите низ кои се пренесува иницијалниот импулс се од пластични цевчиња во кои што е вграден - нанесен на внатрешната страна слој на реактивна смеса.

Импулсот се пренесува со бурна реакција на смесата низ цевчето, во форма на ударен бран. При тоа цевчињата остануваат неоштетени, односно реакцијата останува затворена во цевката, што значи **без никаков механички, топлотен, звучен или друг ефект на околината.**

Ударниот бран што се движи низ цевчето е доволно силен да го иницира забавувачкиот елемент во нонел детонаторот, но не е доволен да ја разори пластичната маса од цевчето (брановодот) или да иницира блиску поставени до него експлозиви или други цевчиња.

Брзината на реакцијата на смесата или гасовите во цевката т.е. брзината на пренос на импулсот се движи во границите од **2000 - 2300 м/с.**

Кај етажните минирања на коповите, покрај површинско забавување помеѓу дупчотините, се применува и длабинско забавување подеднакво во сите дупчотини,

кое треба да овозможи иницијалниот импулс да помине доволно далеку низ мрежата, така што карпестата маса да не го прекине делот од мрежата кој не е активиран. Бидејќи при минирање карпите го зголемуваат својот обем за околу **50%**, мора за многу кратко време да се ослободи простор за тоа зголемување на обемот.

- **Основни практични правила за работа со Нонел системот**

Нонел системот не може да биде проверен со инструменти. Поради таа причина од исклучителна важност е да се постигне добра организација на сврзување на шемата, при што е потребна добра визуелна контрола.

Пред поврзување: треба да се користи Нонел детонатор со должина на цевчето, соодветна на длабочината на дупчотината и на растојанијата меѓу нив. Тоа ќе го олесни зарежувањето и сврзувањето на мрежата, ќе ја олесни контролата и ќе ги намали трошоците. Кога ќе се отвори пликот не треба да дојде до нарушување на Нонел цевчето. Се проверува дали Нонел цевчето има јазли и прекинувања. Ако Нонел цевчето е оштетено, детонаторот не треба да се користи.

Поврзување на Нонел-системот: Поврзувањето на соединувачките елементи треба да е што поблизу до дупчотината. Тоа ќе го олесни проверувањето на полето. Должината на цевката меѓу конекторите треба да е најмалку 0,6 метри. Треба да се провери цевчето да не е оштетено со неговите соединувачки елементи. Доколку е оштетено не треба да се користи. Мрежата на поврзување на површината на минското поле треба да е најкратка, но да не е оптегната.

После поврзување на мрежата: Треба да се провери дали шемата на врзување е правилно врзана и дали сите детонатори се поврзани во системот. Многу е важно главната Нонел-линија да не е прекината. Ако полето биде иницирано со електричен детонатор и или со Кап. бр.8, тој треба да се поврзе кога целиот систем е потполно подготвен за минирање. Детонаторот со којшто се иницира Нонел-системот, треба да биде заштитен од моментот на поврзување до моментот на минирање. Тоа може да биде направено со покривање со прирачни средства од теренот како што се тенки дрвца, празни кутии, хартии и др.

2. АНАЛИЗА НА МИНСКИ СЕРИИ

За проверка и анализа од усвоените параметри на минирање изведени се повеќе мински серии. Овие минирања се изведени со различни типови експлозиви, со примена на нонел систем на иницирање и претходно се постабвени мерни инструменти за регистрација на сеизмичките потреси т.е. за мерење на осцилациите на тлото. Локација на мерните инструменти беше дефинирана според потребите на технолошкиот процес а со цел дефинирање на безбедносни растојанија за заштита на здравата мермерна маса и околните рударски објекти (управна зграда, погонска барака, галериски влез и.т.н.).

За оваа цел и во рамките на овој труд ќе бидат прикажани резултатите од две мински серии.

Сите серии беа изведени во мермерна маса со изразени геолошки деформитети, ласови и пукнатини со различен карактер.

МИНСКА СЕРИЈА БР.1

♣ Оваа минска серија беше лоцирана на Раб. бр. 8 V етажа со вкупна зафатнина од 300 м³. Шематскиот приказ на серијата е прикажан на сликата 3.4 со основните дупчечко – минерски параметри.

За оваа минирање се изработени 7 (седум) хоризонтални дупчотини на висина од 1,5 метри од подот на етажата. Длабочината на истите беше 3,0 метри. Беа распоредени во еден ред со растојание од 2,0 до 2,2 метри. Пречникот на дупчење е 90 мм.

На сликата 1 исто така се даден и шематски приказ на минската серија и начинот на поврзување со податоци за полнењето.

За полнење се користеше експлозив Амонех – 4 , од фирмата Детонит- Радовиш. Експлозивот е со ознака 60/1000 (**Φ60мм**, и тежина на еден патрон 1000 гр.)

Распоредот на експлозивот по дупчотини и нивната должина се дадени во табелата 1.

Табела 1.

Реден број на дупчотина	Длабочина на дупчотина, L_b (m)	Количина на експлозив, Q_b (kg)
1	3,0	4,0
2	3,0	4,0
3	3,0	4,0
4	3,0	4,0
5	3,0	4,0
6	3,0	4,0
7	3,0	4,0
Вкупно	21	28

Оваа минска серија се карактеризираше со присутни пукнатини и релативно компакна маса. Активирањето на експлозивот во дупчотините се вршеше со Нонел детонатори U_{500} . Иницирањето на нонел цевкичките беше со каписла бр. 8 и бавногорлив фитил.

✦ **Инструментални мерења**

Регистрирањето на сеизмичките потреси се вршеше на 7 мерни инструменти опишани погоре поставени на истите локации како и претходната минска серија.

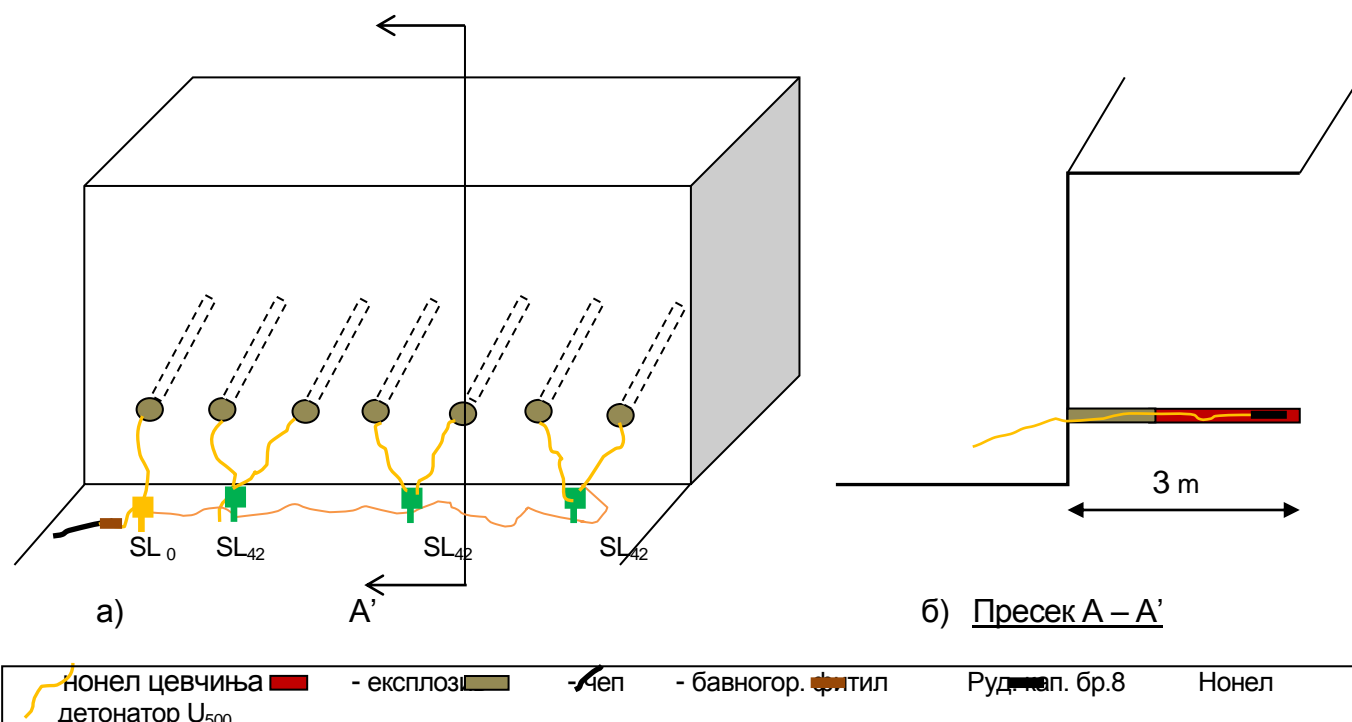
Заради прегледност на добиените резултати од мерењата во табелата 3.5 за секое мерно место (ММ-х) се дадени соодветните влијателни параметри и добиени сеизмички мерења:

- Растојание од центарот на минската серија (**МС**) до мерните места (**ММ**),
- Максимална количина на експлозив по еден интервал, Q_i ,
- Вкупна количина на експлозив по минска серија, Q_{vk} ,
- Максимална брзина на осцилирање по компоненти, V_V ; V_T ; V_L ,
- Резултантна максимална брзина на осцилации, V_{max} ,
- Стварна резултантна максимална брзина на осцилации, V_{st} .
- Пресметано редуцирано растојание, **R**.

Табела 2.

Мерно место, ММ	Растој. на минското поле до ММ, m	Максимална количина на експлозив по еден интервал Q_i , kg	Вкупна количина на експлозив, kg , Q_{vk}	Макс. брзина на осцилирање по компоненти, mm/s			Резултантна максимална брзина на осцилации, V_{max} , mm/s	Стварна резулт. макс. брзина на осцилации, V_{st} , mm/s	Пресметано редуцирано растојание R , m
				V_V	V_T	V_L			
ММ-1	232,6	I int - 4,0 II int - 8,0 III int - 8,0 IV int - -8,0	28,0	-	-	-			
ММ-2	189,7			-	-	-			
ММ-3	154,0			-	-	-			
ММ-4	124,5			-	-	-			
ММ-5	87,0			0,6 8	1,422	0,938	1,835	1,460	29,8
ММ-6	34,3			4,4 5	10,10 8	9,183	14,363	13,220	76,0
ММ-7	85,7			1,2 9	2,683	2,047	3,614	3,350	34,0

Напомена: На мерните места каде е запишано (-) нивото на потреси е под нивото на осетливост на инструментите, односно со тригер (ниво на осетливост на инструментот) од **0,5 mm/s**.



Слика 1. Шематски приказ на минската серија и начин на поврзување

Според добиените резултати – ефекти од минирањето и мерените сеизмички ефекти може да се каже за оваа серија дека во однос на количината на експлозив и растојанието кон точите на отворање на галерискиот откоп влијанието е незначително и само на три инструменти се регистрирани мали осцилации на тлото и тоа на најблиските мерни места ММ-5, ММ-6 и ММ-7. Овие мерни места се оддалечени од од 140 до 330 метри од местото за локација на галерискиот откоп. Потрошувачката на експлозив изнесува: $q = Q / V = 28 / 300 = 0,09 \text{ kg/m}^3$ или **0,032 kg/t или 32 g/t**

Максималните брзини на осцилации кои се регистрирани според наведените критериуми се многу под дозволените вредности за осцилации ($< 2 \text{ cm/s}$) и според тоа овие осцилации - потреси според Критериумите за потреси НЕМААТ ВЛИЈАНИЕ НА ОКОЛНИТЕ МЕРМЕРНИ МАСИ.

Безбедносното растојание во однос на потреси од минска серија на околниот мермерен масив се одредува според следната формула: $r_s = K_s \alpha \sqrt[3]{Q}$, (m) каде се:

r_s - радиус на сеизмички опасна зона, m

α - коефициент кој зависи од показателот на дејство на експлозија ($n=1,1$)

K_s - коефициент кој зависи од физичко – мех. карактеристики на карпестиот масив и се движи од 3 -20 (3 за цврсти комп. карпи, 30 за наноси, земјиште под вода или кал)

Q - вкупна количина на експлозивно полнење, кг

За количина на експлозив од 28 кг која ќе се иницира **едновременно** за опасната зона на потреси ќе се добие: $r_s = K_s \alpha \sqrt[3]{Q} = 5 \cdot 0,98 \cdot \sqrt[3]{28} = 14,8$ метри

Ова практично значи дека **во радиус од 15 метри оваа серија од 28 кг** едновременно активиран експлозив ќе има влијание на околниот масив во вид на потреси, ситни деформации и значителни вредности на брзината на осцилации.

МИНСКА СЕРИЈА БР.2

♣ Оваа минска серија беше лоцирана на Раб. бр. 5 IV етажа со вкупна зафатнина од 525 m^3 .

Шематскиот приказ на серијата е прикажан на сликата 3.5 со основните дупчечко – минерски параметри.

За оваа минирање се изработени 17 (седумнаесет) вертикални дупчотини, со длабочина од 6 (шест) метри. Две од дупчотините беа зарушени и не се употребени за мирање. Минските дупки беа распоредени во три реда и беа со неправилен геометриски распоред. Растојанието помеѓу нив беше 2,0 – 2,2 метри а помеѓу редовите беше 0,8 – 1,0м. Пречникот на дупчење е 90 мм.

На сликата 2 исто така е даден и шематски приказ на минската серија и начинот на поврзување со податоци за полнењето.

За полнење се користеше експлозив Атонех – 4 , од фирмата Детонит- Радовиш, која работи во состав на Трајал корпорација - Крушевац, Србија. Експлозивот е со ознака 60/1000 (**Ф60мм**, и тежина на еден патрон 1000 гр.) и е со валиден рок за употреба. Распоредот на експлозивот по дупчотини и нивната должина се дадени во табелата 3. Оваа минска серија се карактеризираше со присутни пукнатини и релативно компакна маса. Полнењето со експлозив беше со меѓучепови во вториот ред и се користени по два нонел –детонатори U_{500} за активирање на овие мински дупки.

Табела 3.

Реден број на дупчотина	Длабочина на дупчотина, L_b (m)	Количина на експлозив, Q_b (kg)
Прв ред		
1	6,0	3,0
2	0,0	0
3	0,0	0
4	6,0	4,0
Втор ред		
5	6,0	5,0 +2,0=7
6	6,0	5,0 +2,0=7
7	6,0	5,0 +2,0=7
8	6,0	5,0 +2,0=7
9	6,0	5,0 +2,0=7
10	6,0	5,0 +2,0=7
Трет ред		
11	6,0	3,0
12	6,0	3,0
13	6,0	3,0
14	6,0	3,0
15	6,0	3,0
16	6,0	3,0
17	6,0	3,0
Вкупно		70

Активирањето на експлозивот во останатите мински дупки се вршеше со Нонел детонатори U_{500} . Иницирањето на нонел цевкичките беше со каписла бр. 8 и бавногорлив фитил.

✦ Инструментални мерења

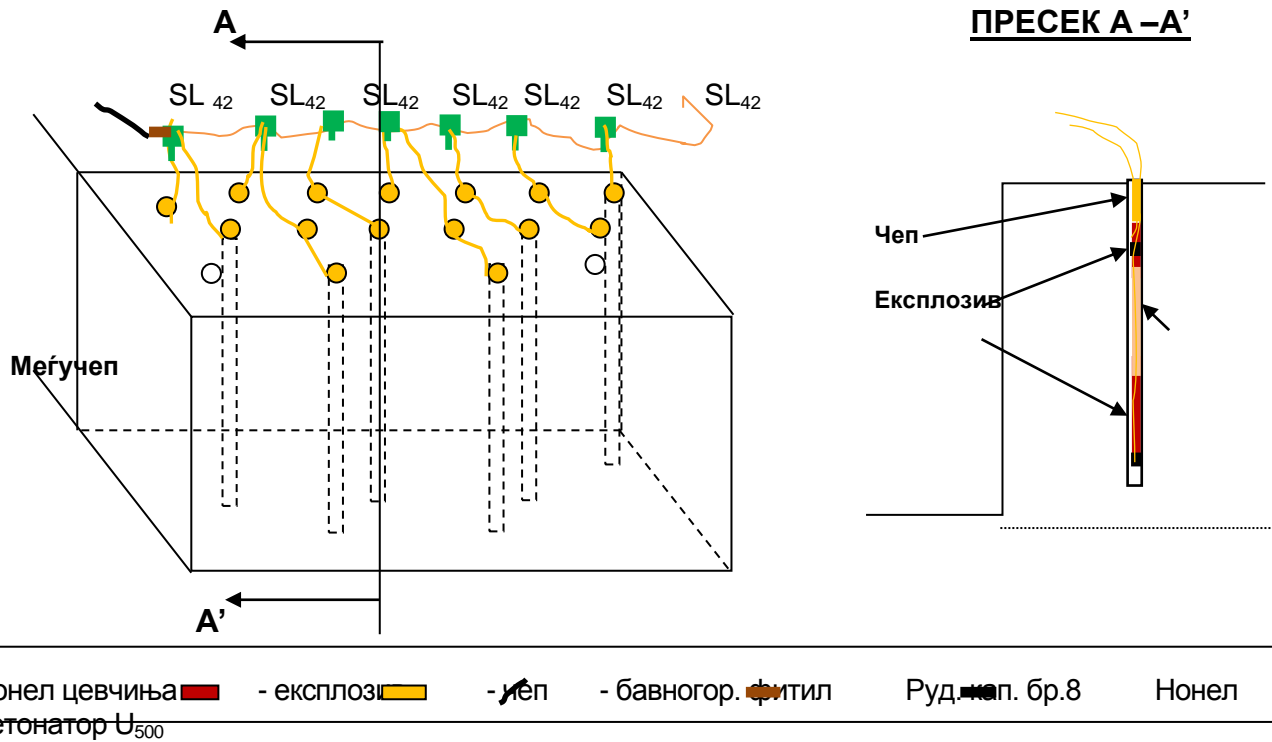
Регистрирањето на сеизмичките потреси се вршеше на 7 мерни инструменти опишани погоре поставени на истите локации како и претходната минска серија.

Заради прегледност на добиените резултати од мерењата во табелата 4 за секое мерно место (ММ-х) се дадени соодветните влијателни параметри и добиени сеизмички мерења.

Табела 4.

Мерно место, ММ	Растој. на минското поле до ММ, m	Максимална количина на експлозив по еден интервал Q_i, kg	Вкупна количина на експлозив, Q_{vk}, kg	Макс. брзина на осцилирање по компоненти, mm/s			Резултантна максимална брзина на осцилации, $V_{max}, mm/s$	Стварна резулт. макс брзина на осцилации, $v_{st}, mm/s$	Пресметано редуцирано растојание R, m
				V_V	V_T	V_L			
ММ-1	243,8		70,0	-	-	-			
ММ-2	203,8			-	-	-			
ММ-3	166,6	I int - 10,0		-	-	-			
ММ-4	134,0	II int - 10,0		-	-	-			
ММ-5	85,6	III int - 10,0 IV int - 10,0 Vint - 10,0		1,8 6	1,512	1,542	2,853	2,150	27,2
ММ-6	41,2	VIint - 10,0 VIIint - 10,0		2,0 1	3,678	3,054	5,192	5,000	39,5
ММ-7	77,2			0,9 3	1,730	1,777	2,649	1,860	39,5

Напомена: На мерните места каде е запишано (-) нивото на потреси е под нивото на осетливост на инструментите, односно со тригер (ниво на осетливост на инструментот) од **0,5 mm/s**.



Слика 2. Шематски приказ на минската серија со начин на поврзување

Според добиените резултати – ефекти од минирањето и мерените сеизмички ефекти може да се каже за оваа серија дека во однос на количината на експлозив и растојанието кон точките на отворање на галерискиот откоп влијанието е незначително и само на три инструменти се регистрирани мали осцилации на тлото и тоа на најблиските мерни места ММ-5, ММ-6 и ММ-7. Овие мерни места се оддалечени од од 140 до 330 метри од местото за локација на галерискиот откоп. Максималните брзини на осцилации кои се регистрирани според наведените критериуми се многу под дозволените вредности за осцилации ($< 2cm/s$) и според тоа овие осцилации - потреси според Критериумите за потреси НЕМААТ ВЛИЈАНИЕ НА ОКОЛНИТЕ МЕРМЕРНИ МАСИ. Ова се должи на методата на минирање при што се употребени два нонел детонатори со примена на меѓучепови како и вертикалните дупчотини кои во голема мера се поекономични, ефективни во поглед на гранулацијата и при иницирање не се предизвикуваат големи осцилации.

Безбедносното растојание во однос на потреси од минска серија на околниот мермерен масив ќе се одреди според следната формула: $r_s = K_s \alpha \sqrt[3]{Q}$, (m)
каде се: r_s - радиус на сеизмички опасна зона, m

α - коефициент кој зависи од показателот на дејство на експлозија ($n=1,1$)

K_s - коефициент кој зависи од физичко – мех. карактеристики на карпестиот масив и се движи од 3 -20 (3 за цврсти комп. карпи, 30 за наноси, земјиште под вода или кал)

Q - вкупна количина на експлозивно полнење, kg

За количина на експлозив од 70 kg која ако се иницира **едновремено** за опасната зона на потреси ќе се добие: $r_s = K_s \alpha \sqrt[3]{Q} = 5 \cdot 0,98 \cdot \sqrt[3]{70} = 20,0$ метри

Ова практично значи дека **во радиус од 20 метри од оваа серија со 70 kg** едновремено активиран експлозив ќе има влијание на околниот масив во вид на потреси, ситни деформации и значителни вредности на брзината на осцилации.

Со примената на нонелот систем за иницирање ова количина на експлозив е поделена по интервали на иницирање при што видливи се резултатите од осцилациите каде има многу мали брзини на осцилации ($< 0,5$ cm/s). Оваа вредност е прочитана на најблиското мерно место ММ-6 кое е оддалечено само 40 метри од минската серија. Сепак и оваа вредност не би предизвикала никакви микро деформации и потреси во околниот мермерен масив на растојание од 20 – 30 метри.

Да би се појавиле деформации и оштетување на мермерниот масив брзината на осцилации **не треба да поминува 1,5 cm/s.** (Според критериумите на ИФСЗ – Русија). Потрошувачката на експлозив изнесува: $q = Q / V = 70 / 525 = 0,13$ kg/m³ или 46 g/t.



Слика 3. Фотографија на локацијата на минската серија во фаза на припрема за минирање

3. АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

При изведување на минирања во растресени зони со цел дефинирање на ефектите од минирање со примена на различни параметри и истовремено мерење на сеизмичките ефекти се добиени различни резултати.

При изведување на овие минирањата регистрирани се осцилации на тлото т.е. мермерниот масив и од анализите и добиените вредности може да се каже дека ниту една вредност за брзината на осцилации не е критична во однос на соодветната минска серија и мерното место. Сите брзини што се добиени се под вредностите на дозволени осцилации за овој карпест масив.

За оцена на измерените осцилации се користеше Критериум според руски стандарди според кој за **ДОЗВОЛЕНАТА БРЗИНА НА ОСЦИЛАЦИИ** без појава на деформации и негативни ефекти по масивот се добива:

$$v_o = \frac{2 \mu \sigma_c}{\gamma \cdot V_p}, [\text{cm/s}]; \quad v_o = \frac{4 \sigma_i}{\gamma \cdot V_p}, [\text{cm/s}]$$

каде се. σ_c - цврстина на притисок, 1.182,0 (dN/cm²)
 σ_i - цврстина на истегање, 118,0, (dN/cm²)
 V_p - брзина на подолжни бранови, 5.449,73 (m/s)
 γ - зафатнинска маса, 2,9 9 (kg/m³)
 μ - коэф. Пуасон, 0,27.

Со замена на вредностите се добива: $v_o = 4,33 \text{ cm/s}$ и $v_o = 3,21 \text{ cm/s}$, од овде средната вредност за дозволената брзина на осцилации за соодветниот масив изнесува: $v_o = 3,77 \text{ cm/s}$.

Според резултатите добиени од мерењата на ниту едно мерно место не е забележана добиената вредност што значи дека од изведените минирања нема влијание во однос на појавени потреси во зоните каде беа поставени мерните места.

4. ЗАКЛУЧОК

Од сите изведени минирања (6) со цел анализирање на резултатите има регистрирано вкупно 19 резултати на сите мерни места од сите мински серии од можни 42 регистрации. Овој параметар значи дека во многу случаи потресите се многу мали и незабележливи на инструментите кои мерат со прецизност од **min 0,5 mm/s**.

Тоа се должи и на применетиот тип на експлозив кој е со помала детонациона брзина од досега применуваниот на овој површински коп и ослободува поголема количина на гасовити продукти кои имаат позитивен ефект за овој карпест масив - мермер.

Исто така големо влијание за овие регистрирани вредности има примената на НОНЕЛ системот за иницирање кој овозможува минирање со интервали, при што целата количина на експлозив секвенционално се иницира со што директно се намалуваат формираните осцилации бидејќи експлозиите доаѓаат до мерните места една по една. Сите регистрирани вредности се во доменот на дозволени осцилации и немаат влијание на оштетување на мермерниот масив.

Препораки за понатамошни минирања на овој ПК се следни:

- да се применуваат **вертикални дупчотини во комбинација** со хоризонтални дупчотини на места каде има можности
- минските серии да се поставуваат **бочно во однос на локалитетот** што се штити при што се појавуваат најмали осцилации
- **геометријата на дупчење** да е во согласност со останатите параметри
- полнењето да се врши со предложениот тип на експлозив AMONEX – 4 со ознака 60/1000 со пречник од **Ф60 или 70 мм**
- потребно е **задолжително зачепување** на минските дупки со глинени чепови
- иницирањето на се врши со **интервално палење со примена на Нонел – системи** за иницирање

ЛИТЕРАТУРА

1. Елаборат за извршени сеизмички мерења на ПК „Сивец“, Дам – експло, Радовиш, РГФ Београд, 2014
2. Р. Дамбов, С. Бошевски, Техники на минирање во специјални услови, монографија, СРИГМ, Скопје, 2011.