



**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.

### **ТЕХНОЛОГИЈА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ТРАВЕРТИНСКИ БЛОКОВИ ВО РУДНИКОТ ГОЛУБОВА ПЕШТЕРА С. БЕШИШТЕ - ПРИЛЕП**

**Ристо Дамбов<sup>1</sup>, Радмила Каранакова Стефановска<sup>1</sup>,  
Зоран Костоски<sup>2</sup>, Илија Дамбов<sup>3</sup>, Магдалена Костоска<sup>2</sup>**  
<sup>1</sup>Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки,  
Штип, Р. Северна Македонија  
<sup>2</sup>Мармо бјанко, ДОО, Прилеп, Р. Северна Македонија  
<sup>3</sup>ДАМ-ЕКСПЛО, ДОО Радовиш, Р. Северна Македонија

**Апстракт:** Во овој труд ќе биде претставен начинот т.е. методата и опремата за експлоатација на травертин на локалитетот „Гулабова Пештера“ кај село Манастир општина Прилеп. На овој простор со Главниот рударски проект се предвидени три откопни полиња на травертин во кои се работи со иста опрема и со иста метода на трите различни простори.

**Клучни зборови:** травертин, кроење, цепање, комерцијални блокови, ламели

### **EXPLOITATION TECHNOLOGY OF TRAVERTINE BLOCKS IN GOLUBOVA PESTERA MINE, S. BESISTE - PRILEP**

**Risto Dambov<sup>1</sup>, Radmila Karanakova Stefanovska<sup>1</sup>, Zoran Kostoski<sup>2</sup>  
Ilija Dambov<sup>3</sup>, Magdalena Kostoska<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip,  
R. of North Macedonia  
<sup>2</sup>Marmo Bjanko, Prilep, R. of North Macedonia  
<sup>3</sup>DAM-EXPLO, DOO, Radovis, R. of North Macedonia

**Abstract:** In this paper, will be presented method and the equipment for the exploitation of travertine at the “Golubova pestera” site, near the village of Manastir, municipality of Prilep. With main mining project foresees three fields of travertine excavation in which work is done with the same equipment and the same method in the three different areas.

**Keywords:** travertine, cutting, splitting, commercial blocks, lamellas.

#### **1. ВОВЕД**

Рудното наоѓалиште за травертин и оникс “Гулабова Пештера” се наоѓа во регионот на Мариово, меѓу селата Манастир и Бешиште (Слика 1). Комуникациските врски до наоѓалиштето се поволни од причина што скоро до самата локација патот е асфалтиран и тоа од градот Прилеп до селото

Манастир, од кој се двои локален макадамски пат за селото Бешиште и кој поминува покрај локалитетот “Гулабова Пештера”. До самото наоѓалиште патот е макадамски и е прооден преку целата година. Самата локација е оддалечена на околу 3km северозападно од селото Бешиште, а од градот Прилеп околу 40km.

За откопување на минералната суровина во границите на површинскиот коп “Гулабова Пештера” т.е. од трите проектирани откопни полиња се врши сукцесивно отворање и подготовка за експлоатација на проектираните работни етажи.

## **2. ТЕХНОЛОГИЈА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ТРАВЕРТИНСКИ БЛОКОВИ**

За површинскиот коп “Гулабова Пештера”, а на база на извршените анализи, усвоена е откопна метода со следните технолошки операции:

- Издвојување на ламели од камениот масив со помош на фронтално вертикално пилење со каменорезна машина – ланчана пила.
- Дупчење на хоризонтални дупчотини како припрема за пилење со дијамантските жични пили.
- Фронтално вертикално пилење со дијамантска жична пила.
- Оддвојување и извлекување на ламелите од камениот масив.
- Плацно пилење и кроење на извлечените ламели од камениот масив со помош на плацна дијамантска жична пила.
- Товарање и транспортирање на произведените блокови и томболони до плацот за складирање.
- Товарање и транспортирање на преостанатата непродуктивна камена маса од ламелата при плацното кроење на истата, до одлагалиштата.

Овие тековни технолошки процеси содржат повеќе рударски операции за кои во продолжение се дава краток опис, бидејќи од нив зависи производниот процес и неговата ефикасност.

### **2.1. Технологија на експлоатација со каменорезна машина – ланчана пила BENETTI 962 CSM**

Во површинскиот коп “Гулабова Пештера” каменорезната машина се користи за изработка на челни вертикални резони во здрава камена маса, при изработката на усеци и канали за отворање и разработка на етажите, со што се елиминира дупчењето и минирањето.

Ширината на резот е 38mm па оттука произлегува можноста за полесно манипулирање со испилените ламели. Капацитетот на сечење е сса 8-10 m<sup>2</sup>/h.

BENETTI 962 CSM (Слика 1) е едноставна машина и се состои од:

- основна машинска конструкција на која се монтирани сите погонски делови за движење на машината и пилење на каменот,
- водилки на ланецот,
- команден пулт прицврстен на основната конструкција,
- колосек по кој се движи машината , со должина од 3m.

Напредувањето на машината ја определува технологијата на откопување и нејзиниот откопен фронт може да изнесува до 100, а и повеќе метри. Бидејќи се

движи по шини (сопствен колосек) се применува постапка според која изминатите шински слогови се поставуваат повторно пред машината.



Технички карактеристики на каменорезна машина " BENETTI 962 CSM "		
Електромотор за движење на ланецот	53	<b>kW</b>
Ширина на резот	42	<b>mm</b>
Длабина на резот	3,0-3,25	<b>m</b>
Димензии на машината (W x L x H)	1,86x3,09x1,60	<b>m</b>
Тежина на машината	7000	<b>kg</b>
Брзина на ротација на ланецот	1,2	<b>m/s</b>
Брзина на сечење	0-13	<b>cm/min</b>
Потрошувачка на маст за подмачкување и ладење на ланецот	1,5	<b>Kg/h</b>

**Слика 1.** Каменорезна ланчана пила BENETTI 962 CSM и технички карактеристики

## 2.2. Технологија на експлоатација со дупчачки работи

На површинскиот коп "Гулабова Пештера" со проектираната технологија на експлоатација, дупчењето ќе користи при изработка на хоризонталните дупчотини како припрема за пилење со дијамантски жични пили, и за дополнителни дупчачки работи. За дупчење ќе се користат хоризонтални дупчачки чекани со постолје тип "ATLAS", рачни дупчачки чекани тип "ATLAS", (Слика 2) а за производство на компримиран воздух се користат два компресори од типот "ATLAS COPCO 175 XAS".



**Слика 2.** Рачен дупчачки чекан "ATLAS", слика горе, РК во хоризонтална положба во работа (доле)

### 2.3. Технологија на експлоатација со дијамантска жична пила

#### ❖ Дијамантска жична пила "TL 920"

Дијамантската жична пила "TL 920" во конструктивен поглед ги задоволува и решава основните технички проблеми кои ги бара пилењето на травертин и ониксот. Таа представува електронска дијамантска жична пила која овозможува пилење на рамни површини со правоаголна форма, вертикално под агол или хоризонтално во однос на работната етажа.



Слика 3. Дијамантска жична пила "TL 920"

#### ❖ Дијамантска жична пила - "ALPHA 840 B"

На површинскиот коп "Гулабова Пештера" ќе се користи дијамантската жична пила "ALPHA 840B" (Слика 7).



Технички карактеристики на додатната верзија на дијамантската жична пила "ALPHA 840B"		
Снага на електромоторот	36	kW
Дијаметар на погонското тркало	800	mm
Дијаметар на водечкото тркало	400	mm
Брзина на дијамантската жица	40	m/s

Слика 4. Дијамантска жична пила "ALPHA 840B" и технички карактеристики на додатната верзија ALPHA 840B

### 3. ТЕХНОЛОГИЈА НА ИЗРАБОТКА НА "0" (НУЛТИ) ПОЧЕТЕН УСЕК ЗА ОТВОРАЊЕ НА ЕТАЖА

Технолошкиот систем за изработка на усек за отворање на експлоатациона етажа е во директна зависност од конфигурацијата на теренот и од

компактноста на камената маса. Главна цел која се постигнува со изработката на усекот е создавањето на втора слободна површина на работната етажа.

Отворањето на етажите во површинскиот коп " Гулабова Пештера " ќе се остварува со изработка на усеци и канали со употреба на " U " резови.

" U " резовите се применуваат за изработка на усеци и канали најчесто во компактна " здрава " камена маса, при што со самата изработка на каналот се вадат комерцијални блокови и томболони, додека поретко се применуваат во раздробена камена маса .

При изработката на " U " резовите ќе се користи комбинираниот систем: пилење на челниот рез од масивот со каменорезна машина ( ланчана пила) - хоризонтално дупчење - пилење на хоризонтален и двата бочни реза со дијамантска жична пила.

Во рудникот "Гулабова Пештера" основната технологија за експлоатација на блокови и томболони од травертин и оникс ќе биде комбинација од пилење со ланчана пила и пилење со дијамантска жична пила.

Сите други технологии (од кои, во прв ред спаѓа технологијата на дупчење) и машини ќе се употребуваат како помошни и услужни во процесот на експлоатација. За максимално искористување и успешно функционирање на оваа комбинирана технологија, во дадената ситуација на теренот, треба да се исполнат два битни предуслови, кои во исто време со нивното исполнување го претставуваат и отворањето на етажите, тоа се:

- *изработка на рамна хоризонтална површина за поставување на д.ж.пила и ланчаната пила.*
- *две слободни страни во камениот масив на етажите.*

Првиот услов се исполнува при самата работа на етажите кои се лоцираат на одредена кота. Додека вториот услов се исполнува константно, чекор по чекор, со самата разработка на етажите, во текот на работата (експлоатацијата) на етажите, па се до нејзиното завршување со експлоатација - до завршната косина. Тоа значи константна изработка на усек по одредената кота т.е. по должината на откопниот фронт на етажите, со што се добива рамна хоризонтална површина за поставување на д.ж.пила и една слободна страна во масивот. Втората слободна страна во масивот се добива со изработка на " U " канал, кој се лоцира во зависност од специфичностите на самата етажа.

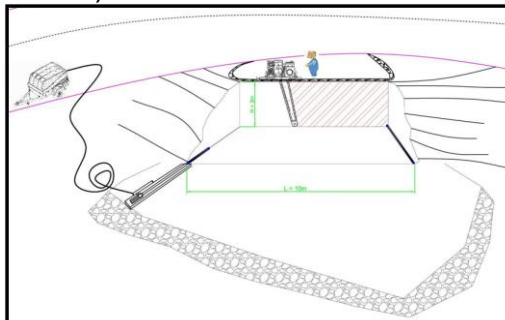
Изработката на почетниот усек ќе претставува прв чекор во отворањето на етажите од кого во понатамошниот тек на отворањето на етажите ќе започнуваат и ќе се развиваат работите за изработка на усекот и каналот. За негова изработка ќе се користи веќе споменатата комбинирана технологија.

По предходно извршениот избор на локацијата на усекот се пристапува кон негово димензионирање. Димензиите на усекот кој се изработува со "U" рез се: 10m во должина (по откопниот фронт) а додека димензијата во ширина (во внатрешноста на масивот) е променлива и зависи од постигнувањето на работната висина на етажите од 3 метри, така да на одредени места ќе биде помала а на други поголема во зависност од нагибот на теренот. Изработката започнува со поставување и нивелирање на каменорезната машина на веќе претходно подготвен терен и пилење на челниот рез со должина од 10 метри.

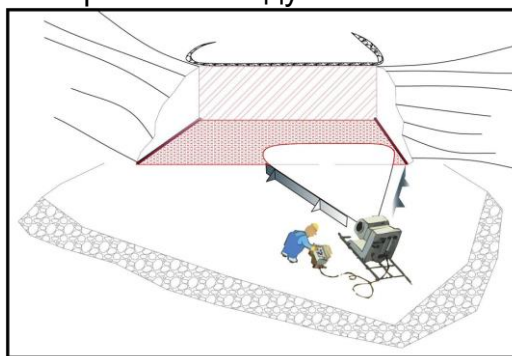
Потоа се пристапува кон дупчење на две хоризонтални дупчотини со пречник од Ф36mm. Хоризонталните дупчотини се дупчат со дупчечки чекан поставен на хоризонтално пневматско постоље, првата дупчотина се прави на почетокот

од челниот рез а другата хоризонтална дупчотина на крајот од челниот рез односно на растојание од 10 метри. (Сл. 5)

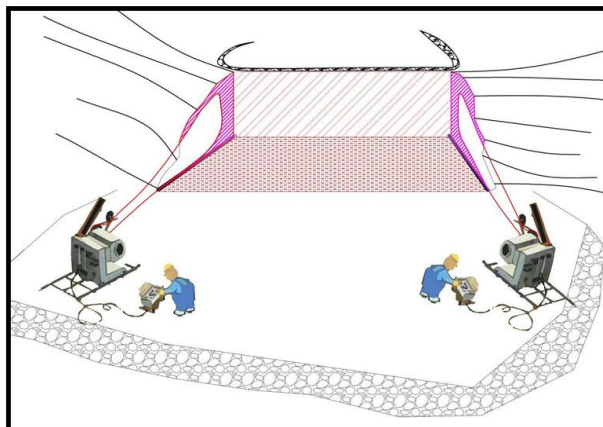
Наредна фаза е провирање на дијамантската жица низ едната дупчотина па преку челниот рез прифаќање и извлекување низ другата дупчотина, потоа следи нивелирање и поставување на дијамантска жична пила за сечење на хоризонталниот рез (Слика 6).



**Слика 5.** Пилење на челниот рез со каменорезна машина и дупчење на хоризонтални дупчотини



**Слика 6.** Пилење на хоризонтален рез



**Слика 7.** Пилење на двата вертикални странични реза со дијамантска жична пила

Со овие операции усекот е завршен и се пристапува кон одделување од масивот со помош на лимени перници и извлекување со помош на багер.

Потоа се пристапува кон оформување на блоковите со плацни дијамантски жични пили. Во поголем дел ќе бидат застапени томболони и непродуктивна камена маса (јаловина), а во мал дел блокови, од причина што усекот е со неправилна форма. Со товарна лопата CAT 988 F се транспортираат

томболоните и блоковите до плацот за готови производи а останатата камена маса се товари на камиони дампера и се одлага на одлагалиште.

#### 4. ТЕХНОЛОГИЈА НА ИЗРАБОТКА НА „U“ КАНАЛ

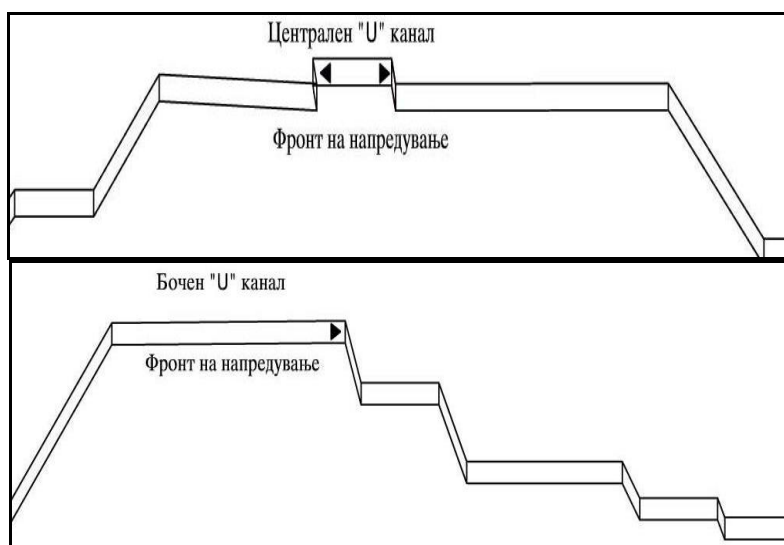
Изработката на канал при отворањето и во текот на самата експлоатација на етажите во рудниците за АГК е неопходна работа, што треба да се извршува константно, а без која во голем број на случаи не е можно отворањето и експлоатацијата на самата етажа

Во површинскиот коп “Гулабова Пештера” постапката за изработка на “U” канал е иста како и при изработката на почетниот усек, разликата е во испилената ламела која за разлика од почетниот усек има правилна форма и во поголем дел ќе бидат застапени блоковите а во помал дел томболоните и непродуктивна камена маса (јаловина).

Димензиите на “U” резевите во ширина изнесуваат 10m (што ја претставува и ширината на каналот) и со должината во масивот до 3m. Што значи дека напредуваме по 3m во должина во масивот при изработката на каналот со секој изработен нов “U” рез.

Во зависност од специфичностите на самата етажа “U” каналот може да биде:

- Централен канал
- Бочен канал.



Слика 8. Напредување на централен и бочен канал

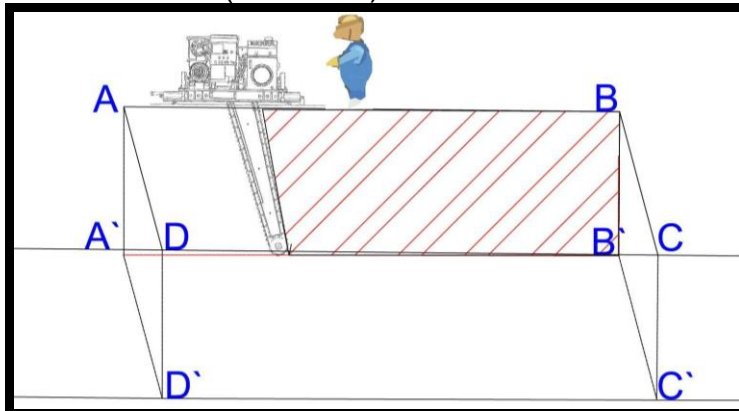
Ако каналот е централен, етажата се развива двокрилно (Слика 8), а ако каналот е бочен, етажата се развива скалесто, односно еднокрилно. Откако ќе се изработи “U” канал се пристапува кон разработка на етажата.

##### ❖ Изработка на “U” канал

Начинот на изработка на “U” каналот се одвива по следниот редослед:

- Сечење на челниот дел на каналот  $ABB'A'$  со каменорезна машина (Слика 9).
- Одредување на правецот и дупчење на хоризонталните дупчотини  $D'A'$  и  $C'B'$  со хоризонтален дупчачки чекан “ATLAS” (Слика 10).

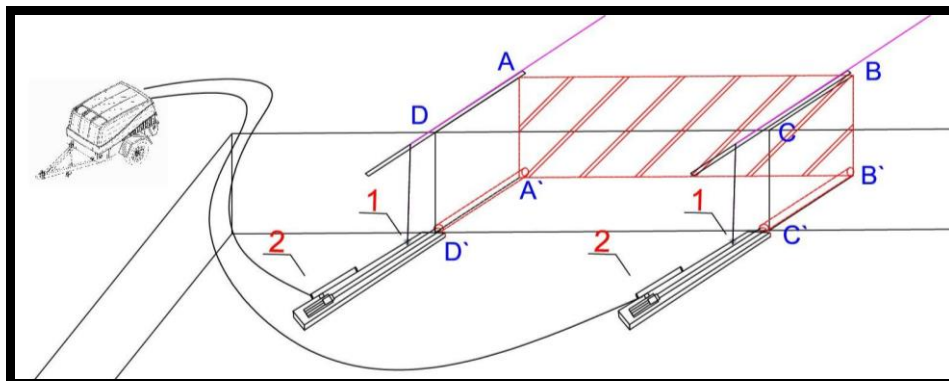
- Сечење на хоризонталната површина на каналот A'B'C'D' со дијамантска жична пила (Слика 11).
- Сечење на бочните страни на каналот ADD'A' и втората BCC'B' со дијамантска жична пила (Слика 12).



**Слика 9.** Сечење на челниот дел на каналот со каменорезна машина

За да се започне со дупчење на хоризонталните дупчотини треба претходно да се одреди нивниот правец. Најпрво со помош на најлон конец, алуминиумска летва и високот (Слика 10), се одредува положбата на крајниот дел од резот ABB'A' испилен со каменорезна машина.

При тоа треба да се внимава едниот крај од конецот да биде на самиот крај од челниот рез. На ивицата на ламелата преку која поминува конецот со високот (1) се поставува штичка, која служи за правилен премин на конецот преку ивицата на ламелата, и за подобро налегнување на алуминиумската летва. Со висок се одредува положбата на хоризонталениот дупчечки чекан (2) со постољето да биде во правец на крајниот дел од челниот рез AA' или BB'.



**Слика 10.** Дупчење на хоризонтални дупчотини со хоризонтален дупчачки чекан "ATLAS"

Пред почетокот на пилењето со дијамантска жична пила независно дали се работи за вертикални или хоризонтални резови неопходно е да се направат следните припремни работи:

- Вовлекување на дијамантската жица во едната хоризонтална дупчотина и извлекување низ другата хоризонтална дупчотина. Низ едната хоризонтална дупчотина се вовлекува претходно подготвена жица составена по следниот редослед: најлон конец, пластично јаже, челично јаже и дијамантска жица на која со спојница со навој се поврзува дијамантската жица. При вовлекувањето



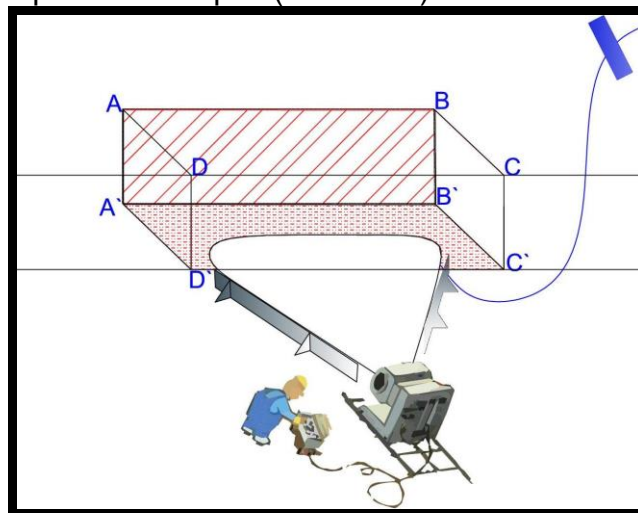
на претходно подготвената жица се користи цевка и компримиран воздух. Од другата хоризонтална дупчотина се вовлекува челично јаже со кука на која се закачува претходно подготвената жица од другата дупчотина и така се извлекува дијамантската жица.

- Пред да се почне со пилење на ламелата со дијамантската жица мануелно треба да се пропилят острите ивици на дупчотините, кои можат да ја оштетат дијамантската жица при пуштање во работа на дијамантската жична пила.

- Се носи технолошка вода со црево на местото на пилење за ладење на дијамантската жица и плакнење на резот (одвод на струготини од камената маса, кои се јавуваат како пратечки отпадок при пилењето на тарвертинот и ониксот). Протокот на технолошка вода во рез при стандардни услови изнесува  $0,6\text{m}^3$  на  $1\text{m}^2$  испилена површина.

- Се врши проверка на дијамантската жична пила и командниот пулт како од механички така и од електричен аспект и се пушта во работа.

- Пилење на хоризонтален рез (Слика 11)

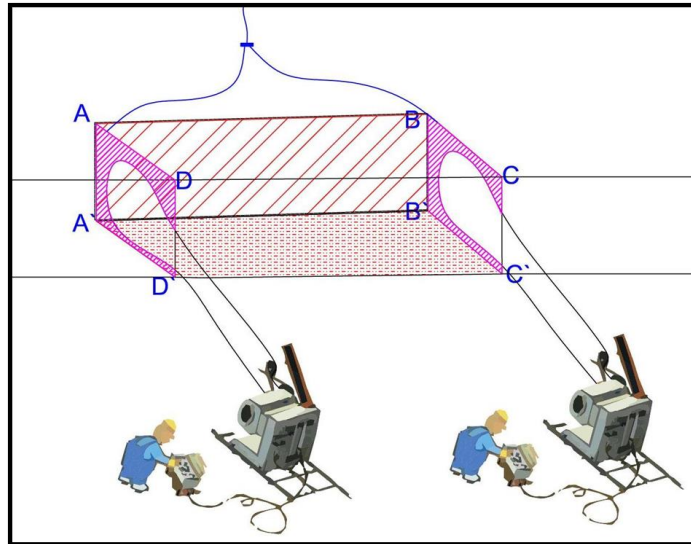


Слика 11. Хоризонтално сечење (пилење) на “U” каналот

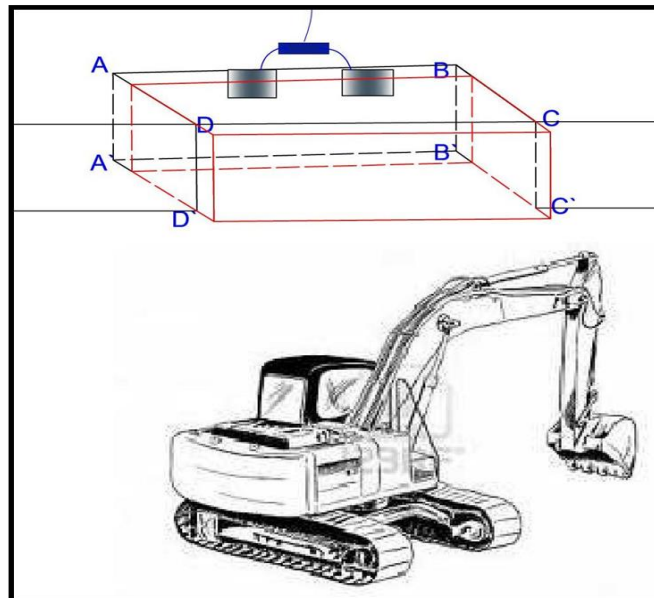
- За пилење на вертикалните резови исто така се вовлекува низ една хоризонтална дупчотина претходно подготвената жица на која со спојница со навој се поврзува дијамантската жица, и се извлекува низ вертикалниот рез испилен со каменорезна машина, со јадица на која се закачува подготвената жица, и може да се започне со пилење на вертикалниот рез .

- На потполно ист начин се пили и другиот вертикален рез, со што ламелата е испилена ( одвоена од камениот масив ).

- Откако ламелата е испилена (одвоена од камениот масив) се пристапува кон одделување од камениот масив со употреба на лимени перници, а потоа со хидрауличен багер се врши извлекувањето на ламелата од каналот (Слика 13).



**Слика 12.** Пилење на бочните страни на “U” каналот со дијамантска жична пила



**Слика 13.** Одделување и извлекување на ламелата од каналот со примена на лимени перници и багер за туркање и превртување

Потоа се пристапува кон оформување на парчината со плацни дијамантски жични пили.

Со товарна лопата CAT 988F се транспортираат томболоните и блоковите до плацот за готови производи а останатата камена маса се товара на камиони дампера и се одлага на одлагалиште.

#### - Добивање на комерцијални блокови

За оваа комбинирана метода на експлоатација со примена на ланчана пила и дијамантска жична пила, операциите кои се пресметуваат при експлоатација на травертин со комбинираната методата на експлоатација се следните:

- **Вертикално пилење** на фронтален рез со ланчана пила;
- **дупчење**, како подготовка за пилење со дијамантска жична пила;

- **пилење** со дијамантска жична пила на хоризонтален рез и бочен вертикален рез;
- **пилење** со дијамантска жична пила на ламели и блокови (плацно);
- **товарење и транспорт** на јаловина;
- **транспорт и товарење** на блокови.

Принципот на пресметка се базира на добивање стандардни ламели со правилен геометриски облик со следните димензии:

- $l = 10 \text{ m}$  должина на ламелата
- $h = 3 \text{ m}$  висина на ламелата
- $s = 3 \text{ m}$  ширина на ламелата

**Вкупната зафатнина на една ламела (V) изнесува:**

$$V = 10 \times 3 \times 3 = 90 \text{ m}^3$$

Во една ламела при искористување од  $\eta_{is} = 20 \%$  има:

$$k_b = 90 \times 0,20 = 18 \text{ m}^3 \text{ (комерцијални блокови и томболони)}.$$

Од секоја ламела просечно се добиваат комерцијални блокови и томболони со различни димензии во дијапазон од 2,0 до 8,0m<sup>3</sup>. Како просек се отценува дека блоковите со големина од 4,0 до 6,0m<sup>3</sup> ќе преовладуваат, така што се неопходни од 4 до 6 реза за нивно обликување. Секоја ламела во просек содржи по **3 до 4 блокови** со споменатите димензии, за чие обликување е потребно плацно пилење од 20 до 40m<sup>2</sup>. **(усвојуваме: n<sub>p</sub>=30m<sup>2</sup>)**

## 5. ЗАКЛУЧОК

Бидејќи ова наоѓалиште е слоевито и неговото залегнување е од 5-10 степени, методата за отварање и експлоатација на ваква минерална суровина ТРАВЕРТИН, која се користи е според најновите светски сознанија. Опремата е избрана така што се користат минимални количини на технолошка вода бидејќи овој регион е многу сиромашен со врнежи и водотеци, а носењето на технолошка вода го поскапува производот. За оваа комбинирана метода се применуваат најсовремени машини почнувајќи од припремните работи па се до обликување на комерцијални блокови.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дамбов Р. Специјални минирања, учебник, УГД, ФПТН, Штип, 2016 год.
- [2] Каталогзи од производители на машини
- [3] Главен рударски проект за површинска експлоатација на травертин и оникс од лежиштето „Гулабова Пештера“ с.Бешиште – Прилеп, 2013 година.
- [4] Каталогзи за рударски машини
- [5] Дамбов Р. Рударски машини, Интерна скрипта, 2015, УГД, ФПТН, Штип
- [6] Интернет пребарувања