

# Избор технологије откопавања на примеру рудника „Штаваљ”

Иван Вукашиновић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

**[ДР РГФ]**

Избор технологије откопавања на примеру рудника „Штаваљ” | Иван Вукашиновић | | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006591>

**Универзитет у Београду  
Рударско-геолошки  
факултет**



# **Завршни рад**

**Основне академске студије**

**Избор технологије откопавања на примеру рудника  
„Штаваљ”**

**Кандидат:**

**Ментор:**

**Вукашиновић Иван**

**проф. др Бранко Глушчевић**

**P40/18**

**Београд, септембар, 2022.**

## **Комисија:**

1. Име и презиме и наставно звање, ментор

---

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. Име и презиме и наставно звање, члан

---

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. Име и презиме и наставно звање, члан

---

Рударско-геолошки факултет, Београд

**Датум одбране:** \_\_\_\_\_

**Резиме:** Тема овог завршног рада је избор технологије откопавања и приказ модификоване стубно-коморне методе откопавања на примеру рудника „Штаваљ“. У првом делу рада дати су основни подаци о руднику. У другом делу рада дат је приказ методе откопавања. У трећем делу су приказана остала техничка решења. На самом крају су дати капацитети, продуктивност, као и безбедност и здравље на раду и заштита животне средине.

Технологија откопавања је подељена по фазама. Постоје четири фазе. У првој фази се израђује откоп, у другој се угаљ откопава из бочних крила и изнад откопа. У трећој фази се откопава угаљ изнад раскршћа двеју просторија, а у четвртој фази се откоп зарушава.

**Кључне речи:** *Модификација методе, Централно поље, рударство, припрема, откопавање, рудник „Штаваљ“*

## Садржај

1. УВОД .....	1
2. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О РУДНИКУ МРКОГ УГЉА „ШТАВАЉ“ .....	3
2.1 Географски положај .....	3
2.2 Врста и квалитет минералне сировине .....	5
2.3 Физичко-механичке карактеристике угља и пратећих стена .....	7
2.4 Резерве угља .....	8
2.5 Истраживање лежишта .....	11
2.6 Оконтуривање лежишта .....	12
2.7 Геолошка грађа лежишта .....	13
2.8 Тектоника лежишта .....	16
2.9 Слегање терена, клизишта и израда подземних просторија .....	17
2.10 Самозапаљивост и експлозивност угља и угљене прашине .....	18
2.11 Гасоносност лежишта .....	19
2.12 Хидрогеолошке карактеристике лежишта .....	19
2.13 Климатске прилике подручја .....	20
3. МОДИФИКОВАНА СТУБНО-КОМОРНА МЕТОДА ОТКОПАВАЊА .....	22
3.1 Разлози модификације методе откопавања .....	22
3.2 Основни параметри раније коришћене методе откопавања .....	23
3.4 Основна и откопна припрема .....	26
3.5 Основне димензије откопне јединице .....	28
3.6 Технологија и фазе откопавања .....	29
3.6.1 Прва фаза откопавања .....	30
3.6.2 Друга фаза откопавања .....	31
3.6.3 Трећа фаза откопавања .....	32
3.6.4 Четврта фаза откопавања .....	33
4. ОСТАЛА ТЕХНИЧКА РЕШЕЊА .....	34
4.1 Бушачко минерски радови .....	34
4.1.1 Избор експлозива .....	34
4.1.2 Прорачун параметара минирања .....	35

4.2	Транспорт угља са откопа.....	38
4.3	Вентилација рудника.....	39
4.4	Одводњавање рудника .....	40
4.5	Радна снага, репроматеријал и опрема за откопавање .....	40
5.	ВРЕМЕ ТРАЈАЊА, КАПАЦИТЕТ И ПРОДУКТИВНОСТ ОТКОПАВАЊА .....	44
5.1	Време трајања откопног циклуса .....	44
5.1.1	Време трајања циклуса у првој фази .....	44
5.1.2	Време трајања циклуса у другој и трећој фази.....	46
5.2	Производни капацитет откопа .....	48
5.2.1	Капацитети откопа у фазама по сменама и данима .....	48
5.2.2	Укупна производња са једног откопа.....	49
5.3	Производни капацитет откопних поља .....	50
5.4	Продуктивност рада .....	50
5.5	Производно технички параметри методе откопавања.....	51
6.	ПОСЕБНЕ МЕРЕ БЗНР ПРИ ИЗРАДИ ПРОСТОРИЈА .....	52
6.1	Посебне мере заштите код израде просторија.....	52
6.2	Посебне мере заштите код бушачко минерских радова .....	53
6.3	Посебне мере заштите код вентилације рудника .....	53
6.4	Посебне мере заштите код подграђивања.....	54
6.5	Посебне мере заштите код транспорта и допреме репроматеријала.....	55
7.	УТИЦАЈ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ.....	56
7.1	Оштећење површине терена.....	56
7.2	Загађивање токова површинских вода .....	57
7.2	Загађивање атмосферског ваздуха .....	58
8.	ЗАКЉУЧАК .....	59
9.	ЛИТЕРАТУРА .....	61

# 1. УВОД

**Рударство** је једна од најстаријих индустријских грана која се бави истраживањем, експлоатацијом и припремом минералних сировина које се примењују у разним областима индустрије и представља темељ развоја металургије и енергетике једне земље.

По начину експлоатације рудници руднике можемо поделити на руднике са површинском експлоатацијом и руднике са подземном експлоатацијом минералних сировина.

Подземна експлоатација се примењује за експлоатацију минералних сировина из дубљих делова Земљине коре. Подземна експлоатација је комплекснија у односу на површинску експлоатацију, јер осим копања минералне сировине захтева низ мера које се односе на безбедност и оперативност, а то су: подграђивање, вентилација, одводњавање, компликован систем транспорта минералних сировина, сервисирање и одржавање рудника, стална контрола гасосности и водоносности лежишта, безбедност и здравље рудара и др.

У овом завршном раду даће се приказ модификоване стубно-коморне методе откопавања на примеру рудника „Штавал” Сјеница.

Због сложеније геолошке грађе и блоковске структуре лежишта није могућа примена савремених метода откопавања као што је широкочелна метода, код које је омогућен механизован процес добијања угља. Зато је у руднику „Штавал” нашла примену стубна метода откопавања са обарањем кровног угља и зарушавањем кровине.

Ипак, због примене ове методе постојали су многи проблеми у биду великих губитака минералне сировине приликом откопавања, као и проблема са недостатком простора за смештај бушилице и бушаћег прибора. Такође пуњење минских бушотина се обављало ручно и није постојала могућност механизованог пуњења минских бушотина.

Ради тога, морала се изменити постојећа метода откопавања како би се допунитли ови недостаци. Поред тога ова метода би повећала искоришћење руде, а самим тим би се одразила и на економски аспект и одрживост рудника.

Модификована стубно-коморна метода откопавања подразумева откопавање угља по пружању слоја просечне дебљине од 12 м, са оствљањем заштитне плоче и санирањем откопаног простора са зарушавањем кровине.

Препоручени нагиб угљеног слоја који би се откопавао овом методом креће се у распону од 20° до 40°.

Фронт рударских радова и откопавање коморних блокова је по пружању угљеног слоја. Откопавање се обавља бушачко-минерским радовима применом стубне бушилице или ручних бушаћих чекића, а углањ се одвози грабуљастим транспортером.

Ова метода се користи због специфичних услова који владају у лежишту. Лежиште је слојевито са великим тектонским поремећајима у виду раседа, па је услед тога, подељено на мале откопне блокове, који су тектонски поремећени у хоризонталном и вертикалном смислу.

За постојеће лежиште рудника „Штавал“ и откопавање угља у једном пролазу потребно је применити лепезасто минирање. Треба испунити одређене услове у смислу простора за бушилицу и бушаћи прибора уз максимално поштовање радне дисциплине и сигурности рудара.

Поред методе откопавања, бушачко-минерских радова, у овом раду обрађени су и остали делови технолошког процеса: утовар и транспорт одминераног материјала, допрема репроматеријала, вентилација и одводњавање.



## 2. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О РУДНИКУ МРКОГ УГЉА „ШТАВАЉ“

### 2.1 Географски положај

Сјеничко-штаваљски угљоносни басен налази се на југозападу Србије. Припада јужном делу Златиборског округа и општини Сјеница.

Овај угљоносни басен представља котлину чија је површина благо заталасана. Надморска висина површине терена се креће од 900 до 1300 метара и захвата простор од 150 m<sup>2</sup>.



Слика 1. Улаз у просторије рудника "Штаваљ"

У источном и средњем делу басена се истичу узвишења: Криваја (1.293 m), Ограј (1.300 m), Капура (1.200 m), Танаскова глава (1.214 m), Шабанов крш (1.200 m), Борово брдо (1.264 m), Вескова клеча (1.109 m), Асаново брдо

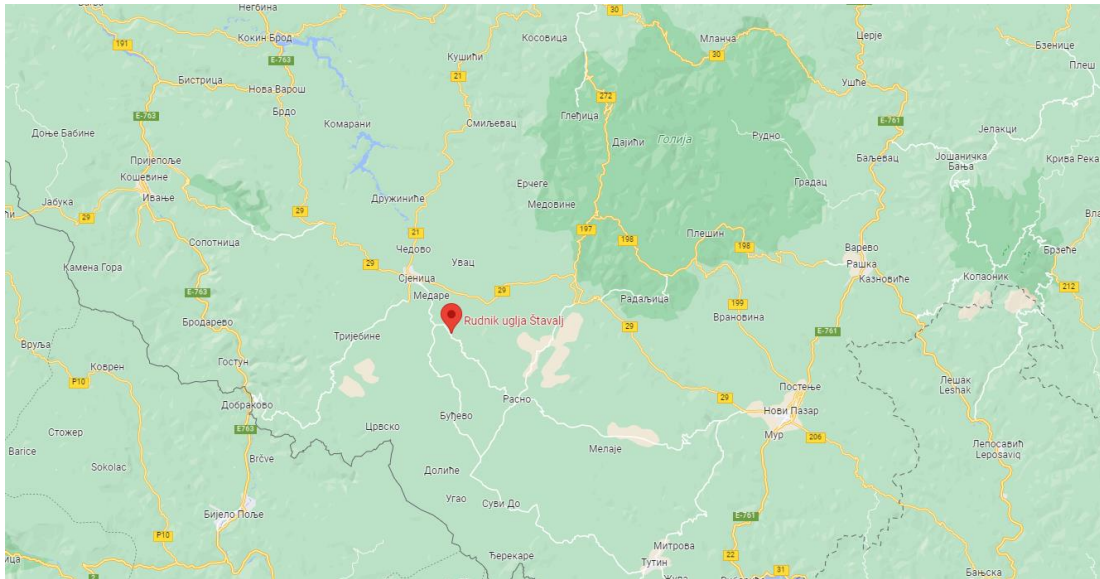
(1.207 m), Попово брдо (1.160 m), Радуловска главица (1.141 m), Бојиште (1.167 m) и Кула (1.234 m).

Лежиште угља „Централно поље“ се налази источно од Сјенице на око 12 km, а северозападно од Новог Пазара на удаљености од 42 km. Рудник је добио име по селу Штаваљ у чијој ближој околини се и налази. Највиша кота терена износи 1.141 m (Радуловска главица). Терен лежишта се снижава од североистока према југозападу. Границе лежишта су: на северу Лиса, на југу Попова главица, на западу Бојиште (Западно поље), а на истоку Ступско поље.

Рудник „Штаваљ“ захвата централни део угљоносног подручја Сјеничко–штаваљског басена. Главне улазне просторије су два нископа који се налазе у јужном делу лежишта: GIN-1 дужине 580 m и GVN-2 дужине 635 m. Израдом ових нископа у кровинској етажи почела је експлоатација угља стубном методом откопавања.

Хидрографска мрежа је добро развијена и припада сливу реке Вапе површине око 500 km<sup>2</sup>. Десне притоке су Кнежица, Бочевска и Пањевска река, а леве Грабовица и Јабланица.

Саобраћајне везе су неповољне, а искључиво је заступљен друмски превоз. Најзначајнија саобраћајница је регионални пут Рашка–Нови Пазар–Сјеница–Пријеполје, јер повезује рудник са магистралним друмским саобраћајницама и железничким пругама.



**Слика 2. Географски положај рудника "Штаваљ"**

## 2.2 Врста и квалитет минералне сировине

Угаљ рудника Штаваљ“, према Правилнику о резервама (члан 33), је сврстан у марку (врсту) мрколигнитског угља (МЛ). Техничком анализом параметара као што су укупна влага, калоријска вредност, коксни остатка угља итд. угаљ лежишта „Централно поље“ је сврстан у мрколигнитске угљеве са симболом МЛ.

Врста угља	Укупна влага, %	DTE без влаге и пепела, kcal/kg	Коксни остатак	Симбол угља
Мрколигнит	24,51	15 394–20 866	прах	ML

**Табела 1 Приказ најважнијих карактеристика угља из басена  
"Централно поље"**

Угаљ из лежишта „Централно поље“ је тамно мрке боје. Прелом му је шкољкаст, а не размазује се под прстима. Угаљ има хетерогену структуру и јасно изражену слојевитост. Структура угља је тракаста, а понекад зрнаста или

сочиваста. Угаљ показује особине компактности и жилавости. Под утицајем атмосферских прилика и самим транспортовањем угаљ се додатно уситњава.

Просечна влажност угља у лежишту „Централно поље“ је 28,33%. На ваздуху угаљ брзо губи грубу влагу. Запреминске масе угља износи око 1300 kg/m<sup>3</sup> (аритметичка вредност лабораторијских испитивања 12 узорка узетих из подинског, средњег и кровинског дела угљеног слоја).

Влага %	Пепео %	S %			Кокс %	C-fix %	Испарљ. %	Сагор љ. %	GTE kJ/kg	DTE kJ/kg
		укупни	пепео	сагорели						
24,51	11,62	0,98	0,72	0,25	42,28	35,21	41,69	72,65	20 866	15 394

**Табела 2 Средње вредности основних параметара преосталих резерви угља**

Петрографски састав испитиваног угља чине: хумусни гел, доплерит, хумусни детритус средњег и вишег ранга, ксилит ређе фузинит. Хумусни гел или улминит представља основну масу угља (76-80%). Хумусни детритус вишег ранга заступљен је са 8-10%, а остале компоненте су заступљене у нешто нижим процентуалним вредностима. Фузинит је константован само у траговима. Минералне примесе, које се јављају у угљу, су пирит и глина. Присуство пирита је констатовано скоро у свим узорцима, као сингенетска творевина. Пирит се јавља у виду скупина микро-конкреција које су неравномерно распоређене у угљеном слоју. Средњи садржај пирита износи 1,5-2,5%.

Према петрографском саставу и физичким особинама угаљ припада тврдим мрким угљевима. С обзиром на веома мали садржај сумпора угаљ из овог басена се сматра се идеалним тврдим горивом са широким могућностима примене (за потребе домаћинства и градских топлана или за потребе индустрије и енергетике).

## 2.3 Физичко-механичке карактеристике угља и пратећих стена

Лабораторијска испитивања физичко-механичких особина угља и пратећих стена из јаме „Штавал“ извршио је Рударски Факултет- Београд, 1998. године, а резултати испитивања су дати у табели 3.

Узорак	W %	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_p$ MPa	$\sigma_z$ MPa	c MPa	$\phi$ (°)	Vp m/s	Vs m/s	E <sub>dyn</sub> GN/m <sup>2</sup>	$\mu_{dyn}$
Кровински лапорац TN-2	11,60	20,09	20,72	2,459	2,853	33°51'	1980,95	899,45	4,45	0,37
Кровински део угљеног слоја TN-2	30,61	12,69	25,00	3,024	3,512	33°05'	2265,5	1108,77	4,19	0,34
Кровински део угљеног слоја PVH-1	30,60	12,68	24,355	2,954	3,659	33°01'	2333,49	1124,54	4,34	0,35
Подински део угљеног слоја PVH-1	31,44	12,93	26,010	3,342	4,186	33°56'	2404,57	1162,49	4,72	0,35
Подински лапорац GIN-4	12,40	20,51	22,625	2,785	2,860	33°33'	2654,0	1259,12	8,85	0,35

**Табела 3 Физичко-механичке карактеристике угља и пратећих стена у руднику „Штавал“**

Узорци за лабораторијска и физичко-механичка испитивања узети су у облику блокова из угљеног слоја у просторијама VP-2, TN-1, TN-2 и TN-3. Из просторије TN-1 узети су узорци подине тј. угаљ и јаловина. Из просторије VP-2 узети су узорци подинског угљеног слоја, а са раскршћа VP-2 и TN-2 узети су узорци средишњег дела угљеног слоја.

Из посторије TN-2 на 50 m од раскршћа уз нископ узети су узорци подинског угљеног слоја и лапорац на контакту са угљем. На следећих 200 метара

просторије TN-2 узимани су узорци подинског дела угљеног слоја на растојању по 50 метара.

На узорцима угља и пратећих стена из рудника „Штавал“ одређивана је: запреминска тежина, специфична тежина, порозност, влажност и брзина простирања еластичних таласа. Добијени резултати за све литолошке чланове су статички обрађени, а у табели 4 су приказана два узорка.

<i>Испитна локација</i>	<i>Опис материјала</i>	<i>Број узорака</i>	<i>Запреминска тежина</i>	<i>Специфична тежина</i>	<i>Порозност %</i>	<i>Влага %</i>	<i>Брзина простирања еластичних таласа</i>
<i>VP-2/I Узорак 1</i>	Подински део уг. слоја	1	1,93	2,47	27,98	24,72	2000,0
		2	1,94	2,46	26,80	22,00	1981,1
		3	1,95	2,48	29,17	24,38	1925,5
<i>Средња вредност:</i>			<b>1,93</b>	<b>2,47</b>	<b>27,98</b>	<b>23,70</b>	<b>1968,86</b>
<i>VP2/I-TN2 Узорак 2</i>	Средишњи део уг. слоја	1	1,28	1,45	13,28	57,19	1933,38
		2	1,27	1,48	16,54	56,39	1853,3
		3	1,27	1,47	15,75	55,92	1915,7
<i>Средња вредност:</i>			<b>1,27</b>	<b>1,47</b>	<b>15,19</b>	<b>56,50</b>	<b>1900,9</b>

**Табела 4 Физичко-механичке особине угља и пратећих стена на примеру два узорка**

## 2.4 Резерве угља

Са тренутним степеном истражености Сјеничког басена, са доказаним резервама мрколигнитског угља, може се рећи да је ово лежиште најперспективније лежиште угља у Републици Србији за подземну експлоатацију. Укупне геолошке резерве угља на 20 % истраженог простора износе око 194.000.000 тона угља.

Да би се од добијеног угља произвођила енергија, у близини самог рудника је потребно изградити термоелектрану снаге 250 MW.

У Сјеничком басену постоје реалне могућности за изградњу више подземно производних система (јама):

1. Постојећа јама рудника чија је производња 130.000 тона годишње
2. Јама “ Западна варијанта “ са производњом од 700.000 тона годишње
3. Јама “ Источна варијанта “ са производњом од 200.000 тона годишње

У јамаи „Штваљ“ може се у другој етапи развоја басена производити годишње око 1.000.000 тона угља из јамске експлоатације.

Сјеничко штаваљски басен подељен је у три истражно-експлоатациона поља:

- Источно експлоатационо поље
- Централно експлоатационо поље и
- Западно експлоатационо поље.

Геолошке резерве Сјеничко-штаваљског басена сврстане су у А, В и С1 категорију. Овај басен је један од најперспективнијих у погледу количина и квалитета минералне сировине у Србији.

Укупне резерве оивичене су: са западне стране ходником VH-7, са северне стране ходником ОTH-2, са јужне стране раседом R-3 а са источне стране границом поља.

КАТЕГОРИЈА	РЕЗЕРВЕ (t)
A	2.812.025
B	110.964.853
C <sub>1</sub>	81.120.096
A+B +C <sub>1</sub>	194.896.974

**Табела 5 Укупне резерве у Сјеничко-штаваљском басену**

Пошто је једино „Централно поље“ погодно за експлоатацију, у табели испод су приказне резерве за тај део басена. Централно експлоатационо поље захвата простор између источног и западног поља. Ово поље истражено је дубинским бушотинама и рударским радовима.

На основу података истражног бушења и података рударских истражних радова 2010. године урађен је Елаборат о резервама угља. Просечна вредност запреминске масе чистог угља, са којом су рачунате резерве износи  $1,30 \text{ t/m}^3$ . Укупне геолошке резерве лежишта „Централно поље“ Рудника „Штаваљ“ износе 15.278.416 t .

КАТЕГОРИЈА	РЕЗЕРВЕ (t)		
	билансне	ванбилансне	Укупне
B	4 911 931	3 197 463	8 109 394
C1	4 247 2663	2 561 399	6 809 022
A+B+C1	9 159 554	5 758 862	14 918 416

**Табела 6 Резерве угља у "Централном пољу"**

Резерве које ће бити захваћене пробном експлоатацијом износе  $Q_1=42000 \text{ t}$  и  $Q_2=43000 \text{ t}$  .



## 2.5 Истраживање лежишта

Истраживања у „Централном пољу“ започета су 1955. године дубинским истражним бушењем. Таква истраживања врше се и данас. У „Централном пољу“ отворена је нова јама „Штаваљ“ у којој се активно експлоатише угаљ. Све већом рударском активношћу и истраживањима у североисточном, источном и југоисточном крилу, полако се изашло ван граница „Централног поља“ ка Источном пољу па је најновијим Елаборатом лежиште „Централно поље“ проширено тако да захвата делове тзв. „источног експлоатационог поља“.

Досадашња испитивања Сјеничко-штаваљског басена су се сводила на испитивање прављењем мреже истражних бушотина, а касније и погушћивање исте. Интерполацијом је створена слика лежишта и у неистраженим деловима и дошло се до закључка да постоји више раседних зона. Примењена је метода истраживања по мрежи, која је постепено погушћавана, те су резултати постајали све тачнији. Истраживање лежишта „Централно поље“ своди се на прављење пресека угљеног слоја истражно-припремним као и експлоатационим рударским радовима. Овакво истраживање представља комбинацију рударских радова и испитних јамских бушотина.

Истражним бушењем су узимани узорци за лабораторијска испитивања угља и пратећих стена и то: техничке и елементарне анализе, анализе пепела, топивост и др. Вршена су и петрографска испитивања седимената продуктивне миоценске серије. Са циљем дефинисања природних услова лежишта као и утврђивања хидрогеолошких стања унутар лежишта, поред ових изведена су и геофизичка испитивања.

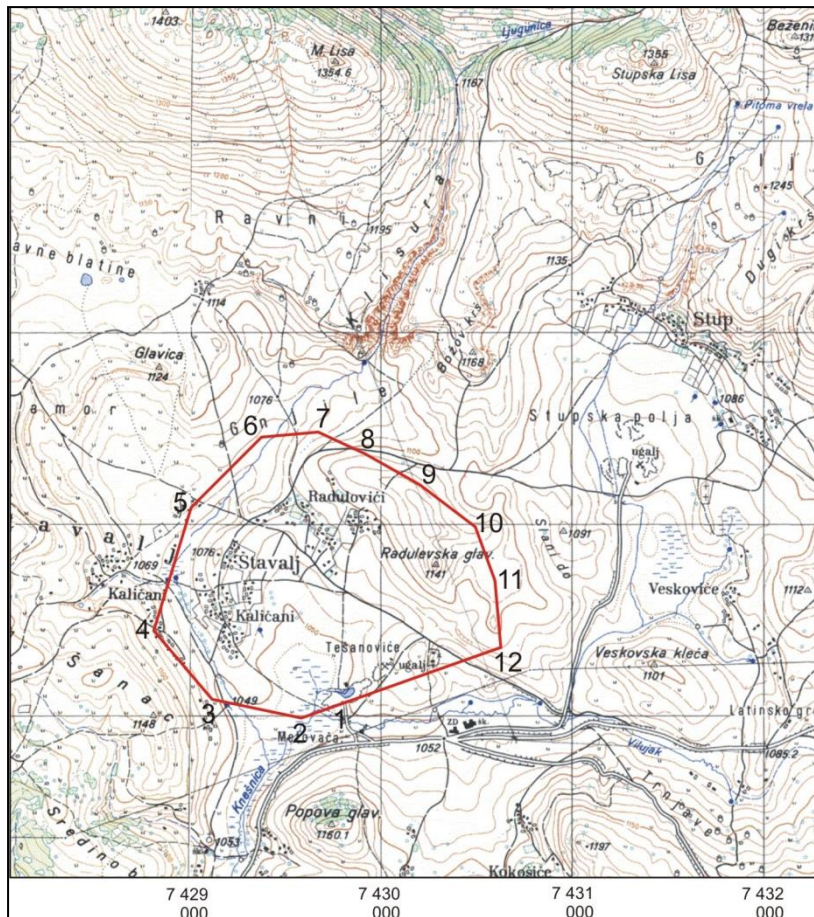
На простору лежишта избушене су 134 бушотине. Од тога је 115 бушотина дало позитивне резултате. 11 бушотина са малом дубином се налази на контакту са лежиштем, односно у изданачкој зони угљеног слоја. Свега 19

бушотина нису дале никакве информације о угљеном слоју. Те бушотине су вероватно у раседу или раседној површи, а могуће је и да су остале плитке.

Повећање површине лежишта „Централног поља“, узроковано истраживањем истражним бушотинама и рударким радовима на откопавању, утицало је на повећање резерви угља овог басена, као и резерви угља Србије.

## **2.6 Оконтуривање лежишта**

Границе „Централног поља“ представљене су преломним тачкама од 1-12 (слика 3.). У оквиру границе „Централног поља“ постоји спољашња и унутрашња контура поља. Спољашња контура је једним делом представљена интерполацијом између бушотина, а делом екстраполацијом између позитивних и граничних бушотина. Спољашња контура према источном делу поља одређена је екстраполацијом на исток од бушотина В-6/98, В-3/83, В-2/2003 и В-1/61 на половину минималног растојања између истражних радова и она се у потпуности поклапа са границом поља према истоку. Спољашња контура поља на јужној страни одређена је раседом R-1 који је доказан рударским радовима (Н-16 и TN-22 сада откопано), као и раседом R-15 који је доказан бушотинама XXXIII/67, XIX/65 и XVI/65, 36/68. Поље је оконтурено и истражним бушотинама В-1š-86, В-2š/86, В-20š/79 и В-5š/61. Оконтуривње западног дела поља одређено је раседом Р-8 који је доказан бушотинама Š-122/78, Š-121/78 и 2/96. Северна контура поља одређена је екстраполацијом бушотине OS-1/65, и интерполацијом између бушотина В-93/76 и В-92š/76 као и В-š-30/76 и В-š-29/75.



Слика 3. Оконтурено лежиште "Централно поље", топографска карта са  
размером 1:25000

## 2.7 Геолошка грађа лежишта

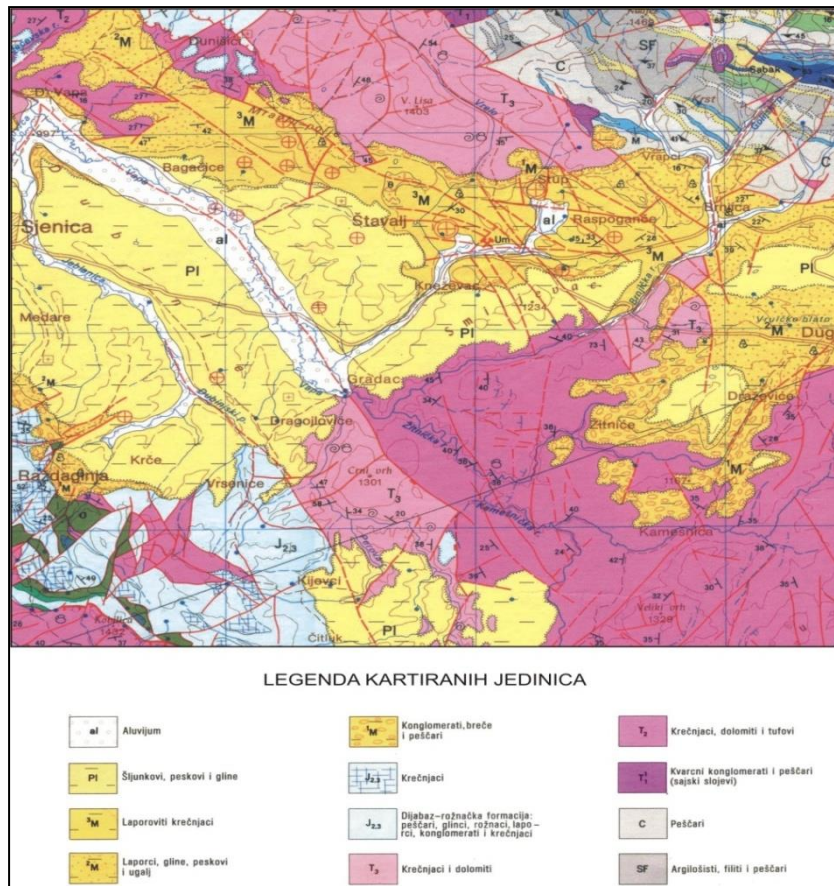
Централни део Сјеничко-штаваљског басена назван је „Централно поље“ и захвата простор између источног и западног дела басена површине око 1,4 km<sup>2</sup>. Од 1967. године у лежишту „Централно поље“ се експлоатише угаљ.

У палеорељефу неогених седимената учествују стене тријаса. Тријаске стене се јављају као кречњаци, верфенски шкриљци као и дијабаз-рожначке формације. Преко њих лежи угљоносна серија која је дискордантна, односно испрекидана. У њој се могу издвојити: подински део, средњи угљоносни (хоризонт) део и горњи повлатни део.

Сјенички неогени басен образује дијагонално тектонско улегнуће, унутар централне офиолитске зоне Динарског планинског венца. У неогену у Сјеничком басену је дошло до стварања језера и таложења седимената, који су током миоцена испуњавали басен, те су се због повољних климатских и вегетационих услова формирали угљоносни слојеви. Угљени слој је ретко хомоген. Као јалови прослојци јављају се угљевити лапораци, ређе глина, угљевита глина и пешчар. У лежишту се јављају два прослојка јаловине дебљине 0,5-2,5 m којима се угљени слој дели на подински, средњи и кровински део. Моћност угљеног слоја са све јаловим прослојцима се креће од 10-16 m. Просечна моћност угљеног слоја са јаловим прослојцима износи око 11,1 m, а без јалових прослојака, за чист угаљ је око 9,1 m. Средњи садржај јаловине у угљеном слоју износи око 16,2 %.

Према литолошким и фацијалним особинама у њој се могу се издвојити:

- Подински део
- Средњи угљоносни (хоризонт) део и
- Горњи повлатни део



Слика 4. Геолошка карта Сјеничко-Штаваљског угљеног басена (положај "Централног поља" је означен крстићем)

### Подински део

У доњем делу подинског дела појављују се сиво зелени слабо везани конгломерати и агломерати, сиви разнозрни трошни пешчари и туфови. У средњем подинског дела појављују се карбонатни седименти у виду танко услојених лапораца и сиво-белих банковитих порозних кречњака. Горњи завршни део подинског дела изграђују лапорци и угљевити лапорци, који чине непосредну подину угљеном слоју.

### Средњи угљоносни део (хоризонт)

Средњи део – угљоносни хоризонт, променљивог је и сложеног литолошког састава и у њему је развијен угљени слој дебљине од 4 до 18 метара. Јављају се и прослојци угљевитих лапораца и угљевите глине. Средњим делом је

прекривен цео слој приближно једнаком дебљином свугде. Благо залеже од истока према западу под углом од 5-10°.

### **Горњи повлатни део**

У повлатном делу издвајају се два карактеристична слоја: туфогено-лапоровити и карбонатно-пелитски слој. Туфогено-лапоровити слој изграђен је од тамно сивих лапораца са биљним остацима и комадићима угља, који чине директну кровину угљеном слоју. Преко њих леже сиво бели танко услојени лапорци и делимично меки кречњаци са бројним сочивима разнозрних меких туфова. Налазе се на 4,0 – 17,0 m изнад угљеног слоја. Изнад њих леже сиво-бели услојени лапорци који се смењују са тањим партијама белих меких кречњака. Укупна дебљина овог хоризонта креће се између 80,0 – 270,0 m.

Карбонатно-пелитским хоризонтом завршава се угљоносна серија у виду танко услојених белих и сивих лапораца са присутним прослојцима меких кречњака (писаћа креда) и прослојцима бигровитих кречњака. Преко карбонатно-пелитског хоризонта лежи такозвана, завршна серија, која је развијена углавном у западном делу лежишта, док је на другим деловима лежишта знатно мање развијена или потпуно недостаје. Може бити у виду сиво-жутих разнозрних глиновитих, трошних, а местимично и туфозних пешчара и сочива шљунковитих глина и шљункова различите гранулације. Завршни део ове серије обухватају крупнозрни пескови и шљункови изграђени од валутака и незаобљених фрагмената кречњака, рожнаца и другог кластичног материјала.

## **2.8 Тектоника лежишта**

Из целог склопа Сјеничко-штаваљског басена нама је најважније „Централно поље“, јер се једино у том делу јављају билансне резерве. Лежиште „Централно поље“ има облик нагетих слојева деформисаних раседима чије је дејство видљивије на периферним деловима. Раседи су маказсти са

различитом вредношћу скокова дуж раседа. Последица овога је стварање блокова са различитим елементима пада слојева.

У „Централном пољу“ јавља се седам маркантних раседа (R-1 до R-7) којима је лежиште подељено у три степеничаста дела: јужни, централни и северни.

Скок степеница ових раседа је преко 15 метара. Рударским радовима и геолошким истражним бушењем утврђено је да скок степеница ових раседа расте од истока према западу, те понегде износи чак 50 m.

Поред система раседа R-1 до R-7, истраживањем је пронађен и други систем раседа који је скоро управан на пружање раседа R-1 до R-4. Тај други систем раседа има пружање североисток-југозапад и нешто мањи скок (до 15 метара).

Раседи у лежишту „Централно поље“ су гравитационог типа. Постоје два система раседа. Један систем има генерално пружање исток-запад, док други систем има пружање североисток-југозапад. Први систем раседа има такве скокове крила који кидају угљени слој (скокови већи од дебљине угљеног слоја преко 15 метара) и стварају јалове раседне зоне, док други систем раседа има мање скокове крила од свега неколико метара који остају унутар самог угљеног слоја.

## **2.9 Слегање терена, клизишта и израда подземних просторија**

Услед откопавања угљеног слоја долази до „негативног рељефа” или до „провалјивања“ терена и формирања удубљења. На тај начин се терен на површини слеже. Терен се слеже сукцесивно како радови на откопавању напредују. На почетку се отварају вертикалне пукотине гравитационог типа и хоризонталног зева до 0,5 метара и означавају зону откопавања. Просторни положај пукотина на површини терена се поклапа са просторним положајем и геометријом откопа у експлоатационом пољу. Слегањем терена услед откопавања угља стварају се улегнућа, а у почетку се појављују прслине и пукотине на објектима на површини.

Понегде се јављају и локална клизишта, нарочито у делу терена између села Заграђана, Павићевића и реке Туркаче, обзиром на морфолошке услове терена.

У тим деловима дошло је и до слабљења и повећане испуцалости стенских маса, тј. до стварања хетерогене и некохерентне зоне. У близини раседа и раседних зона неретко долази до повећаног протока подземне воде. Ту се обично јављају пластичне невезане и слабо везане стене које у додиру са водом бубре (неке глине), повећавајући хоризонталне и вертикалне притиске на јамски рад односно подграду.

Угљени слој представља погодну радну средину за израду рударских просторија минирањем или применом комбајна, односно механизоване израде. Током израде просторије се уобичајено подграде или се чак и не подграђују дужи временски период. Угаљ са пратећим стенама у подини или кровини, има врло добру носивост што омогућава примену челичне фриксионе или хидрауличне подграде. У угљеном слоју се могу привремено отворити „веће“ површине без подграде, без опасности од изненадног и неконтролисаног зарушавања.

Директну подину и повлату угљеног слоја чине услојени компактни лапорци, са добрим физичко-механичким особинама и са задовољавајућом чврстоћом. Рударске просторије се могу израђивати минирањем или пак применом комбајна. Израђене просторије углавном не захтевају густу подграду.

## **2.10 Самозапаљивост и експлозивност угља и угљене прашине**

На основу испитивања може се закључити да угаљ показује велику склоност ка самозапаљивости, а угљена прашина при загревању представља извор опасности. Самозапаљивост угља је раније доводила до јамских пожара у деловима лежишта у близини старих радова. Јамски пожари могу се избећи уколико се предузму одговарајуће мере.



Према добијеним вредностима за угаљ из откопа, вредности природног индекса самозапаљивости се креће у границама од 103-111°C/min, а за угаљ без влаге и пепела од 118-134°C/min, те је према овим вредностима угаљ сврстан у самозапаљиве.

## **2.11 Гасоносност лежишта**

Досадашњим истраживањима било дубинским бушењем било при јамској експлоатацији нису регистроване појаве штетних гасова (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> и др.). На основу искуства из других рудника, у оваквим експлоатационим условима не треба очекивати појаву штетних гасова, осим оних који настају услед оксидационих процеса и минирања. Лежиште „Централно поље“ тј. јама „Штаваљ“ је због тога категорисана у неметанску. И поред тога ипак треба редовно контролисати састав ваздуха.

## **2.12 Хидрогеолошке карактеристике лежишта**

Вода у лежиште „Централно поље“, а тиме и у јаму „Штаваљ“, долази са планине Голије, из северног кречњачког залеђа, преко великог броја већих и мањих раседа и пукотина. Прилив воде је већи са већом дужином јаме, као и приближавањем откопних поља кречњачком залеђу. Због тога се морају предузети одређене мере сигурности-предвртавање чела радилишта. Ово је нарочито битно када се прилази већим раседима, како би се избегла евентуална опасност од неконтролисаних излива подземне воде у јаму.

Сјеничко подручје обилује бројним потоцима и рекама који образују мрежу површинских токова. Хидрографска мрежа у целини припада сливу реке Вапе површине око 500 km<sup>2</sup>. Десне притоке су Кнежица, Бочевска и Пањевска река а леве Грабовица и Јабланица. Количина воде реке Вапе креће се од 1 до 10 m<sup>3</sup>/сек. Река Вапа се северно улива у реку Увац.

Порозност стенских маса условила је издвајање следећих типова издани:

- збијени тип издани,
- пукотински тип издани,
- карсни тип издани,
- безводни терен.

Просторије отварања (нископи) рудника „Штаваљ“ су лоше позиционирани у смислу хипсонометрије, односно, налазе се на најнижим котама, што је неповољно због могућег уливања површинских вода у јаму. Јама се налази између два бујичава потока Белана и Клисуре, што је такође неповољно. Поред тога на великом делу површине басена простиру се водонепропусни или слабо пропусни седименти који узрокују појаву мочвара нарочито у јужном делу басена. Атмосферске падавине подручја су, за период 1980 - 2000. година, просечно 680 mm годишње и самим тим условљавају знатну оводњеност лежишта. Прилив подземних вода у јаму „Штаваљ“ је из пукотинског и карстног типа издани, путем прелина, пукотина, раседа и раседних зона.

## **2.13 Климатске прилике подручја**

У сјеничкој котлини долази до температурне инверзије услед нагомилавања и задржавања хладног ваздуха који се спушта са околних планина, док топао ваздух из котлине одлази горе. Хладан ваздух се задржава на дну котлине, док су на већим висинама, односно на ободним планинама, температуре ваздуха више.

Сјеничку област, односно Пештерску висораван називају „српски Сибир“. Према подацима из хидрометеоролошке станице „Сјеница“, у Сјеници је 26. јануара 1954. године измерена апсолутно најнижа температура ваздуха у Србији икада и то  $-38,4^{\circ}\text{C}$ . Највиша температура ваздуха  $+34,7^{\circ}\text{C}$ , измерена је 22. 08. 2000 године. Најтопли месец је јули са средњом месечном температуром  $+16,4^{\circ}\text{C}$ , а најхладнији је јануар са средњом месечном

температуром  $-7,8^{\circ}\text{C}$ . Средња годишња температура ваздуха креће се од  $+4,8^{\circ}\text{C}$  до  $+6,7^{\circ}\text{C}$ . У Сјеници је просечно у години 145 дана са мразем, а просечно 105 дана са снежним покривачем. Средња вредност релативне влажности ваздуха износи 80%, а годишње колебање 15-20%. Годишња количина падавина креће се од  $501,3 \text{ lit/m}^2$  до  $1007,01 \text{ lit/m}^2$ .

### **3. МОДИФИКОВАНА СТУБНО-КОМОРНА МЕТОДА ОТКОПАВАЊА**

У досадашњој експлоатацији угља у јами „Штаваљ“ коришћене су различите варијане стубних метода откопавања са обарањем кровног угља и зарушавањем кровине. Примену ових метода откопавања, често условљава сложена структура и тектоника угљеног слоја. Првобитна метода откопавања је у примени од 1973. године, а модификована је 2009. године.

#### **3.1 Разлози модификације методе откопавања**

У лежишту овог рудника дебљина угљеног слоја је понегде и 12 m, а постојеће (раније коришћене) методе откопавања су пројектоване за слојеве до свега 6 m дебљине. Због тога се јавила потреба за модификацијом методе откопавања. Постојећа стубна метода откопавања у технолошко-техничком смислу није решење на којем се може планирати будући рад и развој рудника.

Постојећом техником минирања и распоредом мина није било могуће једним минирањем обрушити сав угаљ из откопа. Због тога су радници морали улазити у неподграђени део откопа и минирати преостали угаљ у наткопу. Иако је радна средина веома добра и може издржати неко време без подграде, радници су улажењем у неподграђени део ризиковали своје животе. Још један разлог за измену методе откопавања је чињеница да код постојеће методе откопавања постоји одређени губитак угљене супстанце. Тај губитак је огроман, а заједно са откопним губицима у лежишту износи чак и преко 40%, што значи да је ова метода откопавања веома неефикасна. Због ова два разлога уведена је метода са дубоко-бушотинским минирањем (у лепезама).

Као најповољније техничко-технолошко решење усвојена је **Модификована стубно-коморна метода** откопавања са зарушавањем кровине у повлачењу по пружању и паду угљеног слоја.

Модификацијом постојеће стубне методе елиминисана је забрана уласка у простор који се откопава, јер са новом методом откопавања радници немају потребе накнадно минирати угљ у наткопу. На овај начин радници не ризикују своје животе, а уједно је и ефикасност методе повећана.

Поред модификоване стубно-коморне методе откопавања предложена је примена и:

- метода откопавања широким челом са фрикционим ступцима и то са обарањем кровног угља и зарушавањем кровине
- метода откопавања широким челом са применом хидрауличне подграде

### **3.2 Основни параметри раније коришћене методе откопавања**

Основне фазе рада код класичне стубне методе састоје се од:

- припреме пружних – нагнутих стубова (основна припрема)
- откопне припреме
- откопавања
- зарушавања кровине

Капацитет откопа	70 t/dan
Ширина откопа	4,0 m
Висина поткопног дела	2,75 m
Висина наткопног дела	3,25 m
Дебљина угљеног слоја	6,0 m
Напредовање у смени	1,25 m/smeni
Искоришћење угља	65%
Утрошак грађе	0,009 m <sup>3</sup> /dan
Учинак	6,6 t/nadnici

**Табела 7 Основни параметри откопавања раније коришћене методе**

### **3.3 Стубно-коморна модификована метода откопавања**

Модификована стубно-коморна метода откопавања по пружању слоја подразумева откопавање целе дебљине слоја, односно 12 m у овом случају, остављајући притом заштитне плоче. Подразумева и санирање откопаног простора зарушавањем кровине. Нагиб угљеног слоја који би се потенцијално откопавао овом методом требало би да буде од 18° до 40°. Добијање надкопног дела угљеног слоја пројектовано је тако да се врши у секцијама дужине 1,2 m.

Ова метода је прилагодљива условима у лежишту, мали блокови тектонски поремећени у хоризонталном и вертикалном правцу који имају различите углове залегања.

Фронт радова и откопавање стубова је по пружању угљеног слоја. За дезинтеграцију материјала користе се бушачко-минерски радови уз примену стубне бушилице и транспортом угља грабуљастим транспортером.

Велика предност ове методе огледа се у доброј концентрацији производње, добром проветравању уз максимално повећање капацитета производње из једне откопне јединице.

Фактори који су утицали на избор нове методе откопавања:

- дебљина и различита дебљина угљеног слоја
- губици услед откопавања угља
- веома променљиви рударско-геолошки услови
- положај, дебљина и чврстоћа јалових прослојака у угљеном слоју
- досадашњи техничко-технолошки проблеми код откопавања угља
- настојање да се код откопавања угља омогући концентрација производње
- опасност од самоупале угља,
- угао пада слоја,
- тектоника лежишта
- физичко-механичке карактеристике лежишта
- могућност остварања пројектованог капацитета производње
- сигурност запослених у свим фазама откопавања

Метода откопавања мора да испуни следеће захтеве:

- да омогући рационалну и технички усклађену производњу
- да обезбеди сталну концентрацију производње у откопној јединици
- да обезбеди радни комфор у свим откопним јединицама
- да се откопавање обавља са што мањим експлоатационим губицима
- да омогући ефикасан систем проветравања откопних јединица
- да обезбеди укупну стабилност откопних јединица

### 3.4 Основна и откопна припрема

Припрема откопних поља у руднику “Штавал” састоји се од израде основних ходника по пружању угљеног слоја. Основни ходници се израђују на међусобном растојању од 40 до 45 m, односно на растојању од 40 до 45 m од вишележећег старог рада. Њихово повезивање се врши израдом вентилационих веза на међусобном растојању од 40 m. Те вентилационе везе имају улогу откопних ускопа. То се ради због ефикаснијег проветравања, транспорта ископине, допреме репроматеријала, а самим тим и сигурности запослених.

Под термином основна припрема подразумева се израда основних ходника, као и израда вентилационих веза. Под термином откопна припрема подразумева се израда откопа. Све наведене просторије израђују се технологијом бушачко-минерских радова. Бушење минских бушотина се врши електричним ротационим бушилицама. За минирање се користи неметански експлозив и милисекундни електрични детонатори, јер је јама кетегорисана као неметанска. Транспорт угља са радилишта вршиће се дволанчаним грабуљастим транспортерима, а утовараће се ручно. Транспортери се продужавају и скраћују у складу са потребама на радилишту. Грабуљаста транспортер је повезан са континуалним системом транспорта за извоза угља из јаме.

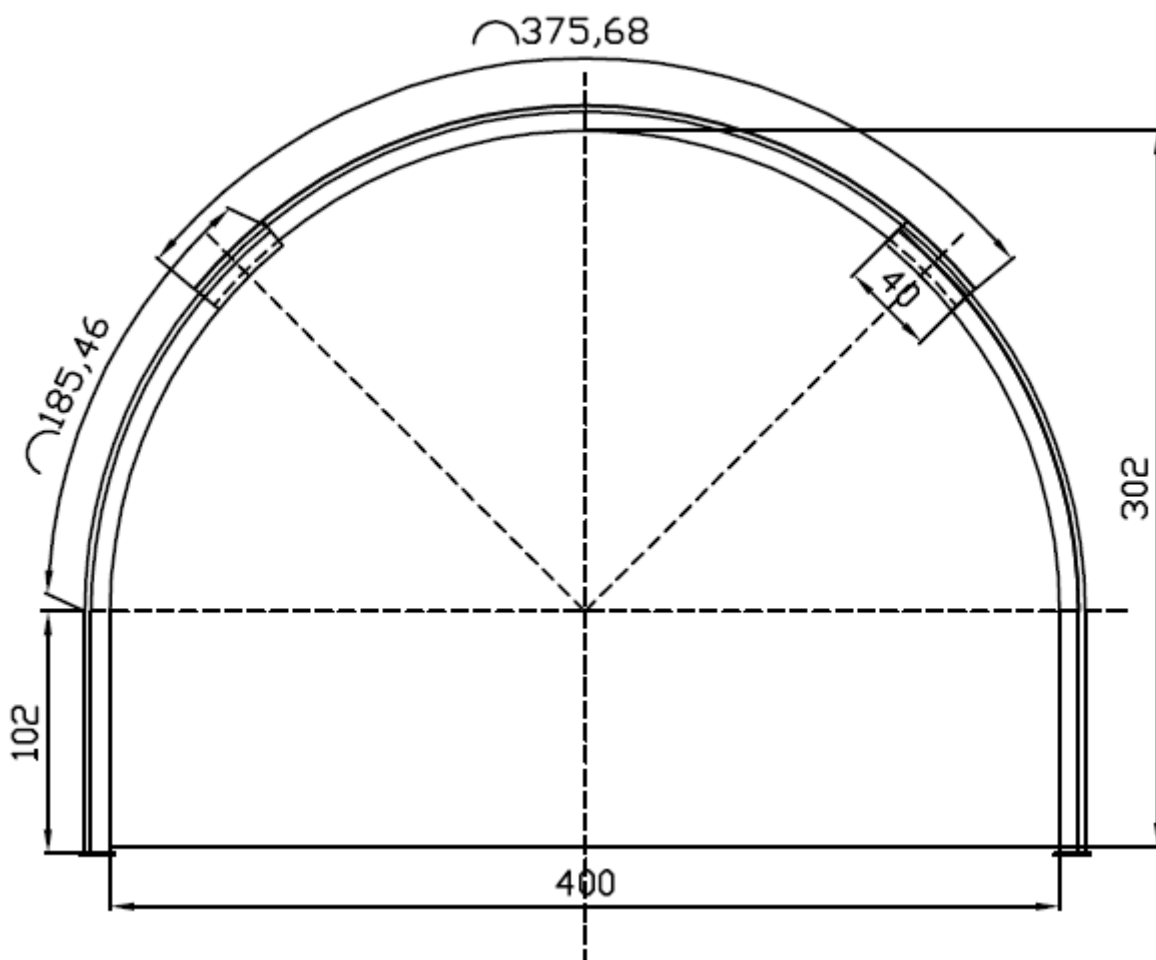
Просторије основне и откопне припреме су подграђене челичном лучном попустљивом подградом. Димензије попречног пресека просторије су 4,00 m × 3,02 m тј. светле површине попречног пресека  $S_s = 9,16 \text{ m}^2$ . После сваког циклуса минирања врши се подграђивање на растојању од 1,0 m.

Подграђивање просторија врши се троделном лучном попустљивом подградом. Ради заштите од обрушавања висећих комада бокови и кров просторије се залажу дрвеним залагачима димензија 5 × 10 × 120 cm.

Подграда мора бити постављена управно (нормално) на под. Повезивање сегмената подграде врши се помоћу спојница. Попустљива лучна челична



подграда се састоји од три сегмента који се међусобно спајају на два места са по две спојнице на сваком месту везивања. Приликом подграђивања просторије (у току израде), оквири се међусобно спајају металним распонима, који имају одговарајућу дужину, те на тај начин остварују тачно растојање између оквира. Ова веза има улогу укрућења подграде и обезбеђивања константног растојања између оквира.



Слика 5 Челична лучна попустљива подграда светле површине  $S_s=9,16\text{m}^2$

Слободна површина	В	Н	Преклоп
$\text{m}^2$	См	см	см
9,16	400	302	40

Табела 8 Димензије подграде

Све припремне просторије у току израде проветравају се сепаратно и то компресионо. Дужина цевовода и број вентилатора зависи од удаљености чела радилишта, а са напредовањем чела продужава се и цевовод. Вентилатор за сепаратно проветравање мора увек бити најмање десет метара у свежој ветреној струји. Истрошена ваздушна струја из просторија откопне припреме одлази ка просторијама за излазну ваздушну струју, те кроз њих на површину.

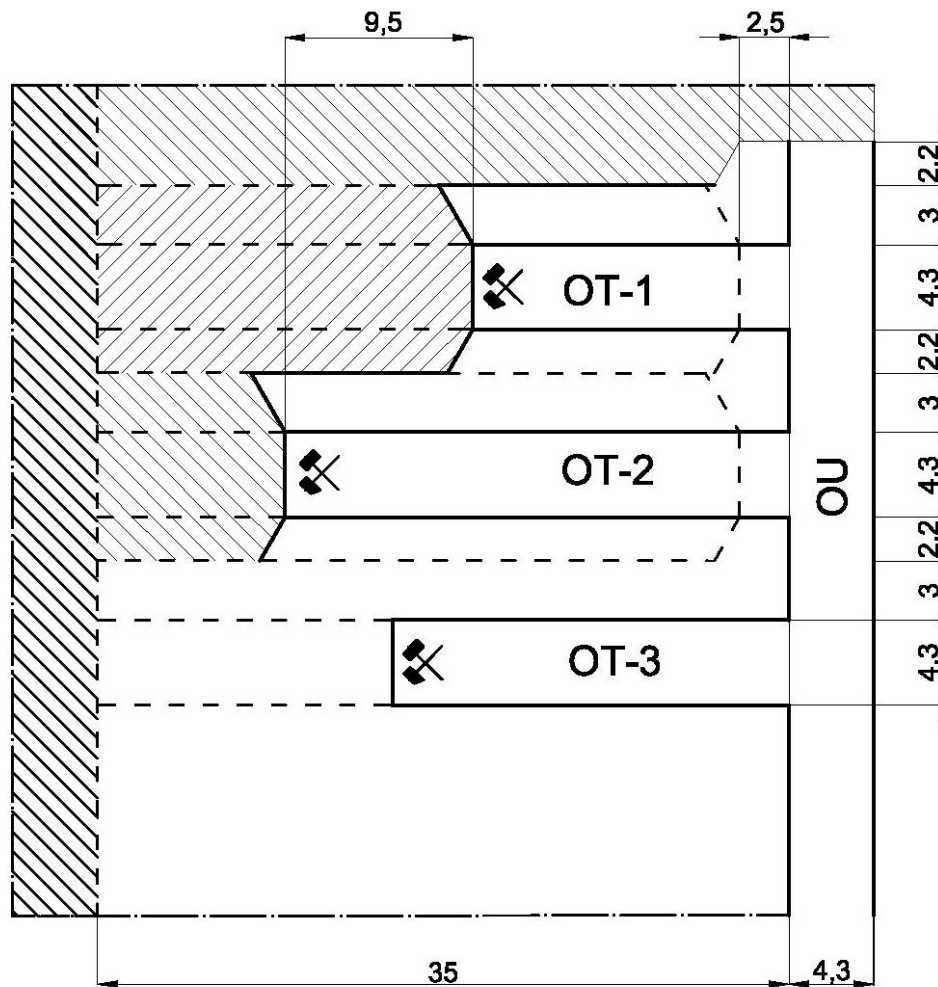
### 3.5 Основне димензије откопне јединице

Израдом просторија откопне припреме по пружању угљеног слоја, а на међусобном растојању од укупно 45 m, формира се пружни откопни стуб димензија 45,0 m × L (где је L-дужина откопног поља по пружању угљеног слоја-највише 40 метара). Тако формиран пружни откопни стуб димензија 45×L је подељен откопима на мање откопне стубове димензија 9,5 × 35,0 m који представљају откопну јединицу.

Основне димензије откопне јединице модификоване стубно-коморне методе дате су у табели 9, а могу се видети на слици 6:

Дужина откопне јединице	35,0 m
Ширина откопне јединице	9,5 m
Висина откопне јединице	10,5-11,0 m
Ширина бочног крила према старом раду	3,0 m
Ширина бочног крила према наредном стубу	2,2 m
Међуосни размак откопа	9,5 m
Дебљина заштитне плоче	1,0 m
Угао косине код самоутовара материјала	износи 35°
Растојање лепеза дубоких минских бушотина	1,2 m

Табела 9 Геометрија откопне јединице



Слика 6 Приказ три откопа у различитим фазама откопавања са основним димензијама

### 3.6 Технологија и фазе откопавања

Технологија откопавања се може поделити по фазама и то:

- Прва фаза – израда откопа
- Друга фаза – добијање угља из бочних крила у поткопном и наткопном делу и изнад откопа у наткопном делу
- Трећа фаза – добијање угља изнад раскршћа откопа и откопног ускопа
- Четврта фаза – зарушавање откопа

### 3.6.1 Прва фаза откопавања

Прва фаза откопавања представља израду откопа. Израда откопа ради се по пружању угљеног слоја у подинском делу. Дужина откопа износи укупно 35 m, светлог попречног пресека 400 cm × 302 cm. Откоп се подграђује челичном лучном подградом или дрвеним оквирима трапезног облика (400 cm × 280 cm × 295 cm), дебљине Ø 20-25 cm (дебљина дрвене подграде). Дрвени трапезни оквири се ојачавају подвлакама дужине 4,5 m ослоњене на по два ступца. Према потреби дрвени оквири се могу појачати и средњим ступцима.

Откопи се раде из откопних ускопа (ОУ), по пружању угљеног слоја на међуосном растојању од 9,5 m.

У овој фази рада на откопавању обављају се следеће операције:

- бушење минских бушотина
- минирање
- проветравање
- уградња слемењаче
- одвоз угља
- подграђивање
- помоћни радови (уградња подвлака, продужавање транспортера, вентилационих цеви и др.).

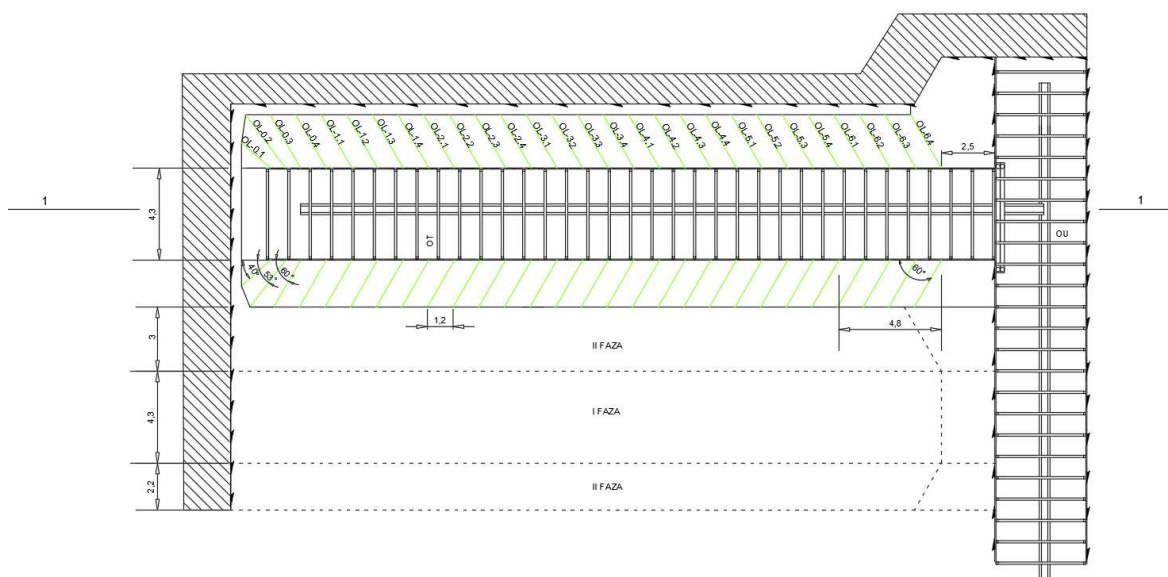
Када се са откопом дође у близину старог рада односно на 1,0 m близине, обустављају се радови на првој фази откопавања и врше припреме за другу фазу.

### 3.6.2 Друга фаза откопавања

Када је откоп дошао на 1,0 m до старог рада почиње обарање кровног угља и откопавање бочних стубова.

Друга фаза откопавања обухвата проширење откопа минирањем у лепезама. На тај начин се формира нови откопни простор (ОР-0), а затим и наредни откопни простори (ОР-1), (ОР-2), (ОР-3), (ОР-4), (ОР-5) и (ОР-6) у одсецима од по 1,2 m.

Формирање откопног простора (ОР-0) започиње израдом прве лепезе дубоких минских бушотина (OL-01). Након минирања, проветравања, и одвоза угља са радилишта, буши се друга лепеза бушотина (OL-02). Циклус се понавља, с тим што се повремено по потреби скраћује грабуљаста транспортер, а након четврте лепезе бушотина, санира се откопани простор (ОР-0) у дужини од 3,8 m и ширини од 9,5 m, тј. зарушава се кровина изнад откопног простора. Ови радови се ураде са укупно четири циклуса минирања минерских лепеза (OL-01, OL-02, OL-03 и OL-04).



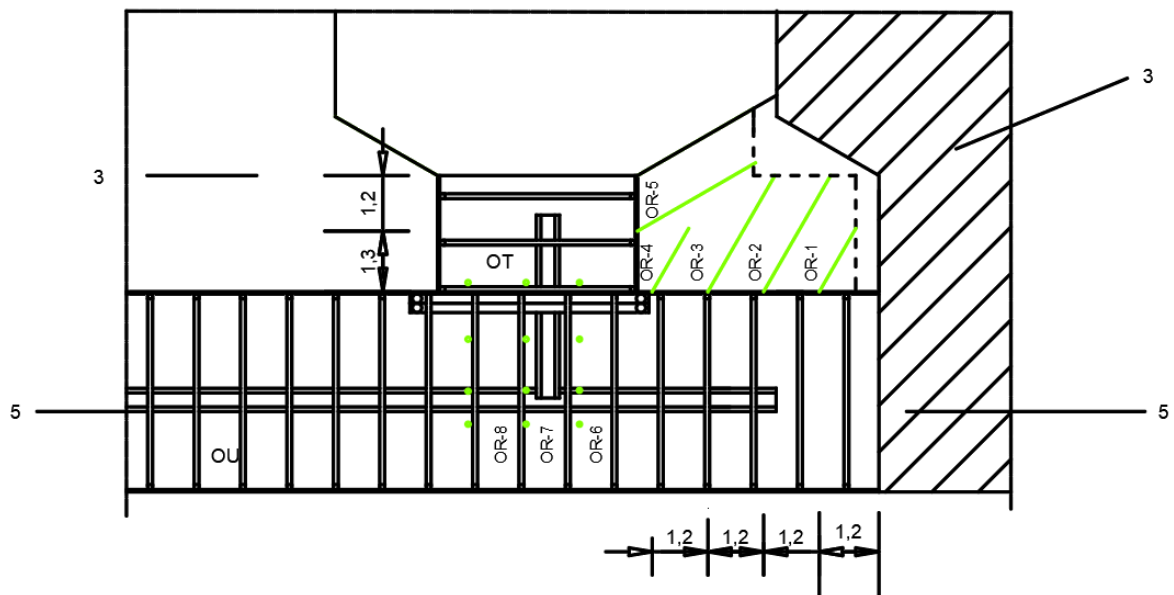
Слика 7 Графички приказ друге фазе откопавања

На исти начин откопавање угља и санација откопа врши се и на осталим откопним просторима (ОР-1, ОР-2, ОР-3, ОР-4, ОР-5 и ОР-6). Потребно је оставити заштитни стуб од 2,5 m до откопног ускопа (OU) или (VV). Тада се завршава друга фаза откопавања и започиње припрема за трећу фазу.

У другој фази откопавања, на одговарајућим местима у откопу, потребно је поставити заштитну брану, пре отпуцавања минских бушотина. Ово се ради да не би дошло до „пресипања” минираног угља и продора старог рада у радни простор откопа.

### 3.6.3 Трећа фаза откопавања

У трећој фази откопавања угаљ се добија изнад раскршћа откопа и изнад откопног или вентилационог ускопа. Врши се у одсечима, израдом минских лепеза OL-1, OL-2, OL-3, OL-4, OL-5, OL-6, OL-7 и OL-8. Након минирања обавља се проветравање, транспорт угља, као и помоћни радови.



Слика 8 Трећа фаза откопавања

Стуб угља око откопног ускопа или раскршћа има сложенију геометрију у односу на стуб угља око откопног ходника, па су због тога пројектоване откопне лепезе за откопавање из ускопа.

Пре обарања кровног угља испред сваког одсека који се минира морају се поставити сигурносна врата која се састоје од унакрсне подвлаке ослоњене на четири маказаста ступца. Како не би дошло до продора угља или старог рада у радни простор откопа, на врата се ставља вертикална брана.

### **3.6.4 Четврта фаза откопавања**

У четвртој фази откопавања долази до зарушавања откопа. Кровина се зарушава после проширења откопа и када се створи довољна ширина и дужина кровина се сама зарушава. Бочни стари рад из претходног откопа, такође долази са кровином у тренутни откопни простор.

Ако не дође до зарушавања кровине после откопаних 4,8 m, потребно је извршити принудно зарушавање дугачким минским бушотинама. Дугачке минске бушотине се буше у кровину откопа из подграђеног дела.

Након успостављања континуитета зарушавања у откопним стубовима, потребно је динамички зарушавати откопе, тако да се не ремети ток рударских радова и не угрожавају животи људи.

## **4. ОСТАЛА ТЕХНИЧКА РЕШЕЊА**

### **4.1 Бушачко минерски радови**

За дезинтеграцију угља модификованом стубно-коморном методом откопавања са обарањем кровног угља дубоко бушотинским минирањем (у лепезама) предвиђена је следећа опрема:

- Ручне ротационе електричне бушилице
- Јамска стубна бушилица
- Бушаћа гарнитура са наствацима дужине 1,0; 1,5 и 2,0 m, пречника пречника 38 mm
- Бушаће круне пречника 42mm
- Минерски штапови са зглобовима
- Полуаутоматска пнеуматска пунилица за експлозив
- Двланчани грабуљасти транспортери (за откопне ускопе и откоп) тип ТС-74
- Ручне дизалице
- Остали инструменти, прибор и алат за обављање радова на откопној јединици

#### **4.1.1 Избор експлозива**

Јама рудника „Штаваљ“ категорисана је као неметанска јама. У руднику „Штаваљ“ се за минирање користити експлозив амонал-обичан, а за иницирање експлозива користе се електрични милисекундни детонатори.

Експлозив амонал-обичан има следеће минерско техничке карактеристике:



Густина експлозива	1100 kg/m <sup>3</sup>
Брзина детонације	4200 m/s
Радна способност	380 cm <sup>3</sup>
Пречник патроне	32 mm
Дужина патроне	130/250 mm
Маса патроне	100/200 g

**Табела 10 Особине експлозива амонал-обичан**

#### 4.1.2 Прорачун параметара минирања

Одређивање специфичне потрошње експлозива:

$$q = 0,4 \times \left( \sqrt{0,2 \times f} + \frac{1}{\sqrt{S}} \right)^2 \times e \times k \quad (\text{kg/m}^3)$$

Где су:  $f$  - коефицијент чврстоће радне средине

$S$  – ископна површина попречног пресека просторије

$k$  – коефицијент уситњавања минираног материјала

$e$  – коефицијент радне способности експлозива у односу на експлозив радне способности 480 cm<sup>3</sup>

$$e = 480/Ax$$

Број минских бушотина одређује се: 
$$N = \frac{1,27 \times q \times S}{d^2 \times g \times a}$$

Где су:  $q$  – специфична потрошња експлозива

$S$  – површина попречног пресека просторије

$d$  – пречник патроне

$g$  – густина експлозива

$a$  – коефицијент зачепљености мине

Дужина минских бушотина :  $l_b = l_{sm}/\eta$  (m)

Где је:  $l_{sm}$  – предвиђено сменско напредовање

$\eta$  - коефицијент искоришћења минске бушотине

Потребна количина експлозива :  $Q = q \times S \times l_b \times \eta$  (kg)

Количина експлозива за једну минску бушотину:  $Q_1 = Q/N$  (kg)

Количина експлозива у заломним минским бушотинама:  $Q_z = Q_1 \times 1,2$  (kg)

Количина експлозива у помоћним минским бушотинама:  $Q_p = Q_1 \times 1,1$  (kg)

Прорачун отпора електричне мреже:  $R = N \times R_u + \frac{\rho \times L}{S}$  ( $\Omega$ )

Где су:  $N$  – број детонатора

$R_u$  – електрични отпор упаљача

$L$  – дужина главног проводника

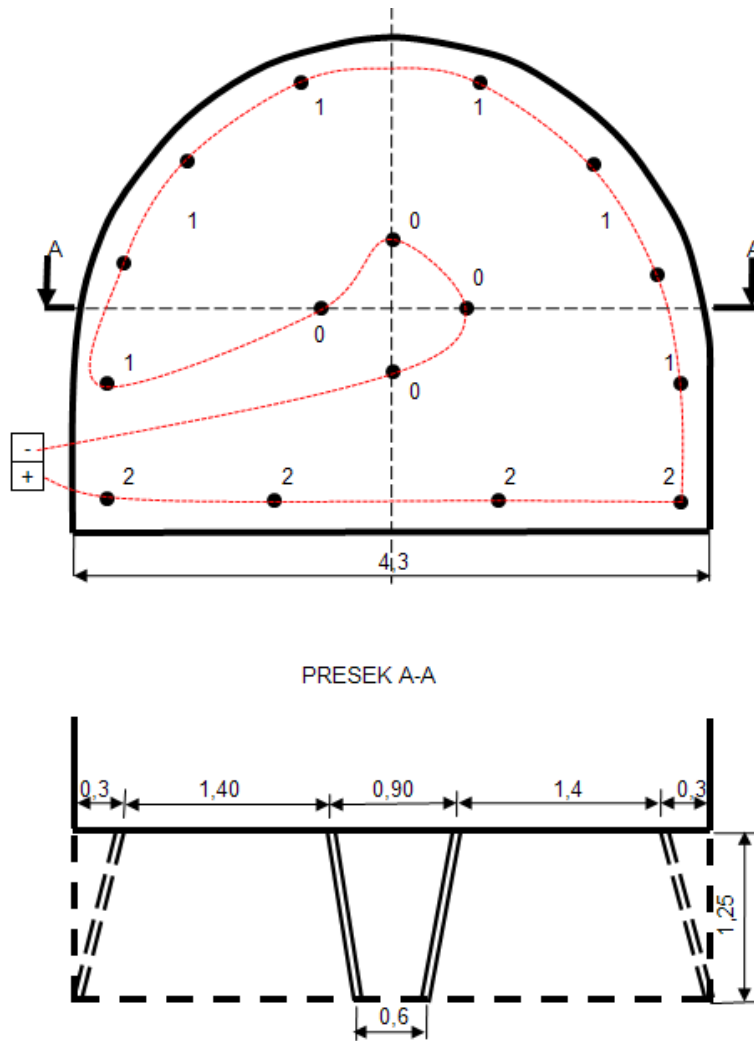
$\rho$  - специфични отпор бакра

$S$  – попречни пресек проводника

Прорачун јачине струје:  $I = U/R$  (A)

Као извор струје за паљење мина користи се машиница за паљење мина типа ЕКА 400М™ следећих карактеристика:

Радни напон	min. 400 V, max. 430 V
Отпор	280 Ω
Јачина струје	1,2 A
Трајање импулса	< 4 ms
Унутрашњи отпор	10 Ω
Извор напајања	6 V (4 алкалне батерије 1,5 V, AA тип)
Механичка заштита ИЕС	IP 54 (EN 60529)
Ех заштита	Exs I



Слика 9 Шема паљења и распоред минских бушотина

## 4.2 Транспорт угља са откопа

Паралелно са израдом откопа, у истом се монтира дволанчани грабуљасти транспортер за транспорт угља, који је типа TS-74, а чије су карактеристике приказане у табели испод.

Дужина транспортера	35-60 m
Снага мотора	22 kW
Дужина корита	1,5 m
Ширина корита	0,43 m
Висина корита	0,22 m
Брзина ланца	0,66 m/sec

**Табела 11** Димензије грабуљастог транспортера

Утовар угља врши се ручно у грабуљастом транспортеру. Транспортер се поставља у близини чела радилишта, како би што већа количина одминираниог угља пала на транспортер. Остатак угља се утовара ручно мотикама или лопатама. Мора се водити рачуна о заштити транспортера од затрпавања.

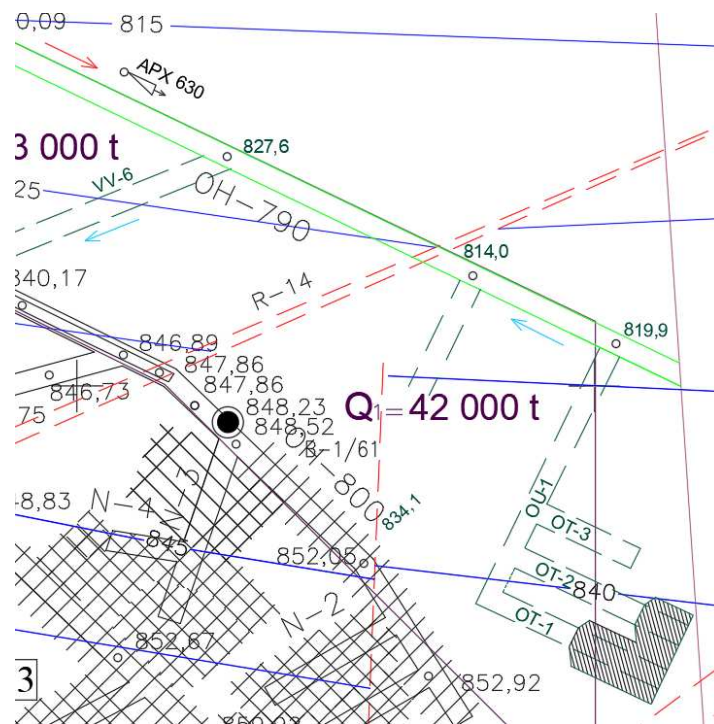
При обарању кровног угља утовар се врши из подграђеног дела „нагртањем“ на транспортер мотикама и другим ручним алатима.

Грабуљастим транспортером из откопа угаљ се даље транспортује транспортером који је постављен у откопном ускопу. Њиме се даље угаљ транспортује до транспортног средства у основном ходнику, а затим се системом транспортних трака извози на површину.

### 4.3 Вентилација рудника

Јама "Штавал" проветрава се депресионо аксијалним вентилатором типа АВЈ 1500 произвођача DELTA AIR ENGINEERING d.o.o. N.Beograd. То је главни вентилатор, а његов капацитет се креће у опсегу од 15-44 m<sup>3</sup>/s, а снага мотора износи 75 kW. Функцију помоћног вентилатора обавља стари вентилатор типа N-AVV-D-140/56-8, производње „Клима“ Цеље.

Свежа ваздушна струја улази у јаму главним извозним нископом GIN-1, затим пролази кроз главни извозни нископ GIN-4, TN-4, VP-1, TN-6, TN-7, VV-3 и делом ОН-790. Одатле се уз помоћ аксијалног вентилатора смештеног испред ОН-790/VV-6 проветравају откопна радилишта изнад основице откопавања. Истрошена ветрена струја излази из јаме под дејством главног вентилатора, смештеног на вентилационом каналу.



Слика 10 Локација цевног вентилатора и откопа

#### 4.4 Одводњавање рудника

У току израде и рада на откопима и откопним просторијама, јама се одводњава гравитационо. Вода са откопа отиче до транспортног односно вентилационог ходника и даље одлази према пумпној станици гравитационо или се врши препумпавање из водосабирника помоћу потапајућих пумпи. Пумпна станица испумпава воду на површину одржавајући потребан ниво воде у главном водосабирнику.

#### 4.5 Радна снага, репроматеријал и опрема за откопавање

На откопавању у једном откопном стубу је предвиђено да постоје три откопне просторије (два откопа и једна откопна припрема).

За нормалан и продуктиван рад на изради откопа потребну радну групу чине:

КВ копач, ПК копач и НК радник.

За продуктиван рад код откопавања угља у другој и трећој фази потребну радну групу чине: први копач у комори (ВК копач или КВ копач), помоћни копачи ПК и НК радник.

Један палиоц мина истовремено опслужује израду једног откопа. Контролу исправности транспортних и других уређаја врши дежурни бравар и дежурни електричар за свако откопно поље. Стручни надзор у смени врши надзорник откопа који је одговоран пословођи јаме за сигурност људства и опреме у току рада, као и за квалитет обављених послова.

Редни број	Назив радног места	Број извршиоца	
		смена	дан
1.	Припрема	3	9
2.	Откопавање	8	24
3.	Палиоц мина	2	6
4.	Транспорт угља и допрема репроматеријала	7	21
5.	Проветравање	1	3
6.	Одржавање (рударско)	2	6
7.	Електро-машинско одржавање	2	6
8.	Одводњавање	1	3
9.	Надзорно техничко особље	5	9
	СВЕ УКУПНО (1-9):	31	87

**Табела 12 Потребна радна снага за један откопни стуб (два откопа и једна припрема)**

Редни број	Назив опреме	Јединица мере	Укупно
1.	Откопавање		
	а) Стуна електрична или пнеуматска бушилица	ком.	3
		ком.	3
	б) ручна електрична бушилица	ком.	3
2.	Машиница за паљење мина	ком.	2
3.	Вентилација		
	- цевни аксијални вентилатор АРХЕ-630	ком.	1
	- пластичне цеви $\varnothing$ 600 mm	m	150
	- пластичне цеви $\varnothing$ 400 mm	m	100
4.	Транспорт		
	- дволанчани грабуљасте транспортер L=35 m	ком.	3
	- дволанчани грабуљасте транспортер L=55 m	ком.	1
	- транспортна трака ТТ-800	ком.	1

**Табела 13** Списак опреме за откопавање

Репроматеријал (дрвена подграда, корита, ланци, погонске и повратне станице, каблови и др.), допрема се са површине транспортним системом за ову намену до основног ходника, а затим ручно се преноси до самих откопа.



Јамска грађа	0,006 m <sup>3</sup> /t
Челични оквири	2,445 kg/t
Челични распони	0,104 kg/t
Експлозив	0,247 kg/t
Електрични детонатори	0,381 ком/t
Електрична енергија	2,494 kWh/t

**Табела 14 Потрошња репроматеријала по тони угља**

## **5. ВРЕМЕ ТРАЈАЊА, КАПАЦИТЕТ И ПРОДУКТИВНОСТ ОТКОПАВАЊА**

### **5.1 Време трајања откопног циклуса**

Време трајања циклуса откопавања се дели по фазама. Постоје четири фазе откопавања. У првој фази се израђује откоп, у другој се откопава угаљ из бочних крила у поткопном и наткопном делу, као и изнад откопа у наткопном делу. У трећој фази се откопава угаљ изнад раскршћа откопа или ускопа, а у четвртој се откоп зарушава.

Постоји неколико етапа рада у току сваке фазе и то су:

- А) израда миснких бушотина
- Б) утовар одминираниог материјала
- В) проветравање откопа
- Г) подграђивање откопа
- Д) помоћни радови

#### **5.1.1 Време трајања циклуса у првој фази**

А) Време потребно за израду минских бушотина

Време израде минских бушотина одређено је по следећем емпиријском обрасцу:

$$V_b = ( 22,34 - 2,8 \times D ) - e - 0,7 \times a_1$$

$$V_b = ( 22,34 - 2,8 \times 4,2 ) - 1,25 - 0,7 \times 0,8 = 8,77 \text{ mm/s } 0,50 \text{ m/min.}$$

Укупно време за израду предвиђеног броја бушотина износи:

$$t_b = (N \times e) / V_b = (16 \times 1,25) / 0,50 = 40 \text{ min.}$$

Укупно време за припрему експлозива и пуњење бушотина истим износи:

$$t_m = (N \times t \times a) / n = (16 \times 3 \times 1,25) / 2 = 30 \text{ min.}$$

Б) Утовар одминираниог материјала

Утовар минираниог материјала се врши ручно на грабуљасти транспортер. За усвојено време напредовања чела радилишта у току једног минирања добија се ископна маса од:

$$Q = S_i \cdot l_n \cdot k_r = 11,7 \times 1,0 \times 1,3 = 15,21 \text{ m}^3$$

Време потребно за одстрањивање материјала:

$$t_u = ((8 \times Q) / (m \times A)) \times k = ((8 \times 15,21) / (3 \times 18,5)) \times 1,0 = 2,19 \text{ sati} = 131,4 \text{ min.}$$

Где је:

Q-запремина одминираниог материјала

m-број радника који истовремено раде на утовару

m=V/b=4,1/1,2=3,4 радника, усваја се 3 радника

b-минимално потребна ширина за пролаз радника која се креће од 0,8-1,2 m

A-учинак ручног утовара (18,5 m<sup>3</sup>/smeni)

k-коэффициент који зависи од организације транспорта и креће се у границама од 1,0-1,5

В) Проветравање откопа

За проветравање откопа усвојено је време проветравања у трајању  $t_v = 30 \text{ min}$

Г) Подграђивање откопа-усваја се:  $t_p = 80 \text{ min}$ .

Д) Помоћни радови-усваја се:  $t_{pr} = 60 \text{ min}$ .

Укупно време трајања једног циклуса прве фазе износи:

$$T_{uc} = t_b + t_m + t_u + t_v + t_p + t_{pr} = 40 + 30 + 132 + 30 + 80 + 60 = 372 \text{ min.}$$

Ефективно радно време у смени се креће око 6 сати, што значи да се у току једне смене може обавити један циклус радова у првој фази откопавања.

Укупно време откопавања у првој фази износи:  $T_u \text{ (I фаза)} = 13020 \text{ min.} = 35$   
смена

### **5.1.2 Време трајања циклуса у другој и трећој фази**

На сличан начин као код прве фазе, израчунато је време трајања циклуса.

Рачунато је за сваку минску лезу откопног простора ОР-0. Израчунато време приказано је у табелама испод.

	OL-01	OL-02	OL-03	OL-04	Јединица
Дужина бушотине	8,2	39,0	46,4	56,9	m
Израда бушотина	90	245	286	350	min.
Утовар	20	40	60	90	min.
Проветравање	30	30	30	30	min.
Подграђивање	25	25	25	25	min.
Помоћни радови	50			95	
Укупно време по лепезама	215	340	401	590	min.
Укупно време откопавања у овој фази	1546				min.

**Табела 15** Време трајања циклуса у другој фази

	OL-01 и OL-04	OL-02 и OL-03	OL-5	OL-6, OL-7 и OL-8	Јединица
Дужина бушотине	32,6	39,7	51,3	39,7	m
Израда бушотина	199	242	313	197	min.
Утовар	55	92	120	85	min.
Проветравање	30	30	30	30	min.
Подграђивање	25	25	25	25	min.
Помоћни радови		35	35	35	
Укупно време по лепезама	309	424	488	372	min.
Укупно време откопавања у овој фази	3105				min.

**Табела 16** Време трајања циклуса у трећој фази

Укупно време откопавања једног откопа износи:

$T_o = T_u \text{ (I faza)} + T_u \text{ (II faza)} + T_u \text{ (III faza)} = 35 + 49,63 + 8,625 = 93,255$  смена, усваја се 94 смене.

## 5.2 Производни капацитет откопа

Производни капацитет приказан је по фазама рада на откопавању, циклусима откопавања, сменама, данима и откопима.

### 5.2.1 Капацитети откопа у фазама по сменама и данима

1) Прва фаза откопавања

Угаљ који се произведе једним минирањем (производња) износи:

$$P_1 = S_i \times I_n \times \gamma = 11,7 \times 1,0 \times 1,293 = 15,128 \text{ t}$$

Ово значи да имамо производњу по смени/дану од:

$$P_1 = 15,128 \text{ t/smeni, odnosno } 45,384 \text{ t/dan.}$$

Откоп (ускоп) дужине 35 m израдиће се за 35 смена (напредовање од 3,0 m/дан)

2) Друга фаза откопавања

Производња из откопног простора (ОП-0) износи укупно 172,32 тона.

Ова производња се добија са четири циклуса минирања у времену трајања од 4,294 смена.

Производња по циклусу и смени из откопног простора износи:

$$172,32 / 4 = 43,08 \text{ t/циклусу}$$

$$172,32 / 4,294 = 40,13 \text{ t/смени}$$

Производња из следећег откопног простора (ОР-1) износи укупно 481,8 тона.

Ова производња се добија са 4 циклуса минирања у времену трајања од 7,555 смена.

Производња по циклусу и смени из откопног простора износи:

$$481,8/4 = 120,45 \text{ t/циклусу}$$

$$481,8/7,555 = 63,77 \text{ t/смени}$$

3) Трећа фаза откопавања

Производња угља добијеног изнад раскршћа откопа и изнад откопног или вентилационог ускопа износи 545,43 тона.

Ова производња се добија са 8 циклуса минирања у времену трајања од 8,625 смена.

Производња по циклусу и смени из откопног простора износи:

$$545,43/8 = 68,18 \text{ t/циклусу}$$

$$545,43/8,625 = 63,24 \text{ t/смени}$$

### **5.2.2 Укупна производња са једног откопа**

Укупна производња угља са једног откопа износи:

1) Прва фаза откопавања

$$35 \text{ смена} \times 15,128 \text{ t / смени} = 529,48 \text{ тона}$$

2) Друга фаза откопавања

$$4,294 \text{ смена} \times 40,13 \text{ t/смени} = 172,32 \text{ тона}$$

$$6 \times 7,555 \text{ смена} \times 63,77 \text{ t/смени} = 2890,69 \text{ тона}$$

3) Трећа фаза откопавања

$$8,625 \text{ смена} \times 63,24 \text{ t/смени} = 545,43 \text{ тона}$$

Укупно: 94 смене

Просечна производња износи:

$$4137,92 / 94 = 44,02 \text{ t/смени}$$

$$44,02 \times 3 = 132,06 \text{ t/дан}$$

Геометријом самог откопа ограничене су билансне резерве угља од 5976,54 тоне. Експлоатацијом једног откопа могуће је произвести 4281,64 тоне угља, рачунајући угаљ из основне припреме, односно 71,6 % расположивих билансних резерви.

### **5.3 Производни капацитет откопних поља**

У једном откопном пољу могуће је да једновремено раде три стубна откопа, па ће дневни производни капацитет целог откопног поља бити:

$$3 \text{ откопа} \times 132,06 \text{ t/откопу на дан} = 396,18 \text{ t/дан}$$

Годишњи производни капацитет једног откопног стуба ће бити:

$$28 \text{ дана/мес.} \times 12 \text{ месеци} \times 396,18 \text{ t/дан} = 133116,48 \text{ t/години}$$

### **5.4 Продуктивност рада**

Продуктивност рада представља учинке на откопима и откопним пољима и износи:

$$\text{Учинак на откопу: } U_1 = \frac{44,02}{3,63} = 12,12 \text{ t/над.}$$

$$\text{Учинак на откопном пољу: } U_2 = \frac{396,18}{87} = 4,554 \text{ t/над.}$$



## 5.5 Производно технички параметри методе откопавања

Производно-технички параметри откопавања дати су у табели испод.

1.	Дужина откопа	40 m
2.	Откопна висина	11,0 m
3.	Ширина откопа	9,5 m
4.	Брзина напредовања откопа	
	I фаза откопавања	3,0 m/дан
	II фаза откопавања	2,11 m/дан
	III фаза откопавања	3,637 m/дан
5.	Капацитет откопа	132,06 t/дан
6.	Искоришћење угљене супстанце	71,6 %
7.	Капацитет откопног стуба	396,18 t/дан
8.	Број радника на откопу	12 над./дан
9.	Број радника на откопном пољу	87 рад./дан
10.	Учинак на откопу	12,12 t/над.
11.	Учинак откопног поља	4,554 t/над.

Табела 17 Производно технички параметри модификоване стубно-коморне методе откопавања рудника „Штаваљ“

## **6. ПОСЕБНЕ МЕРЕ БЗНР ПРИ ИЗРАДИ ПРОСТОРИЈА**

Извођење рударских радова се мора вршити уз примену мера заштите ради сигурности запослених, објеката, машина и уређаја.

### **6.1 Посебне мере заштите код израде просторија**

Подземне просторије се израђују кроз непознату радну средину, па је неопходно вршити предвртавање (бушење превентивних бушотина) како би се отклонила опасност од могућих продора воде или гасова у радни простор. Такође неопходно је редовно вршити контролу гасног и вентилационог стања у јами.

Информативно бушење у оваквим просторијама састоји се у изради једне бушотине која омогућава довољно тачно предвиђање терена испред чела радилишта. Бушотина се израђује по оси рударске просторије, на подједнакој удаљености од бокова крова и пода просторије. Испитани део испред чела не сме никада бити краћи од 6 метара.

У случају да услед информативног бушења дође до појаве воде или гаса у неподвиженим количинама, бушење се обуставља како би се боље идентификовала радна средина испред.

У случају да дође до појаве већег дотока воде, потребно је организовати одводњавање чела радилишта, а све остале радове обуставити док се прилив воде не смањи. Ако би дошло до појаве штетних гасова, на радилишту је потребно обуставити радове док се концентрација штетног гаса не смањи у MDK.

Сви запослени радници који раде на изради рударских просторија, морају током рада користити лична заштитна средства у циљу заштите здравља и живота запослених.

## **6.2 Посебне мере заштите код бушачко минерских радова**

Пре пуњења минских бушотина, одговорно лице мора извршити преглед радилишта и евентуалне недостатке отклонити. Пре минирања, потребно је са чела радилишта уклонити сву опрему и алат, а запослени се морају повући на безбедна места. Непосредно пре пуњења минских бушотина, а и пре самог минирања, палиоц мина или лице задужено за контролу гасног стања, мора на челу радилишта и на растојању 10 метара од чела радилишта извршити контролу гасног стања. Контролу гасног стања треба извршити и на месту на којем се покреће машиница за паљење мина.

Код израда предвиђених лепеза минских бушотина, мора се водити рачуна о могућем стварању контра нагиба кровине изнад улаза у откопни простор.

## **6.3 Посебне мере заштите код вентилације рудника**

Вентилатори за сепаратно проветравање морају се поставити на местима где неће сметати пролазу запослених и где ће постојати најмања могућност за њихово оштећење.

Рад вентилатора за сепаратно проветравање мора бити непрекидан.

Вентилатори за сепаратно проветравање морају бити увек исправни, а вентилационе цеви у вентилационој колони неоштећене, како не би дошло до губитка у количини ваздуха. Неисправне и оштећене вентилационе цеви морају се заменити.

Контрола вентилационог стања мора се вршити свакодневно од стране одговорног лица. Поред контроле количине ваздуха, морају се вршити и мерења температуре, влажности као и контрола гасног стања.

Ветрена врата морају бити стално у затвореном положају како би се избегле могућности настајања кратких спојева (отворена врата). У случају да нису

може доћи до поремећаја у вентилационој систему јаме, чиме се ремети систем вентилације. Потребно је уградити најмање двоја врата како не би (услед отварања и затварања) долазило до кратких спојева.

У току извођења радова у јами, јамски ваздух може бити загађен опасним и штетним јамским гасовима као што су метан ( $\text{CH}_4$ ), угљенмоноксид ( $\text{CO}$ ), угљендиоксид ( $\text{CO}_2$ ), сумпор водоник ( $\text{H}_2\text{S}$ ), азотмоноксид ( $\text{NO}$ ) и ( $\text{NO}_2$ ), сумпордиоксид ( $\text{SO}_2$ ) и други.

Сходно наведеном, потребно је вршити контролу садржаја опасних и штетних гасова у свим просторијама. Поред тога треба вршити и контролу садржаја кисеоника. Свакодневно треба вршити и контролу ваздушне струје (брзина и количина ваздуха).

#### **6.4 Посебне мере заштите код подграђивања**

Надзорно особље приликом обиласка радилишта дужно је да контроле да ли се подграђивање врши према датим упутствима. На почетку сваке смене, после сваког минирања и застоја у раду, копач радилишта мора прегледати радилиште, оборити нестабилне комаде, а по потреби и привремено га осигурати и подградити. Подграђивање се мора вршити непосредно са напредовањем радова на ископу. Просторије отварања смеју бити само краће време без подграде.

У близини радилишта мора се налазити довољна количина јамске грађе за подграђивање. Рад на радилишту је забрањен ако радници немају материјал потребан за осигурање радилишта.

Уколико током израде просторија изнад подграде (привремене или сталне) дође до зарушавања материјала из кровине, тај део просторије треба додатно подградити. У раседним зонама, подграда мора бити гушћа, односно размак између оквира треба бити мањи.

Подграђивање се мора изводити тако да се подградни оквири постављају управно на под и подужну осу просторије.

## **6.5 Посебне мере заштите код транспорта и допреме репроматеријала**

За време рада грабуљастог транспортера све заштите обртних делова морају бити постављене и причвршћене. Подмазивање свих делова транспортера се вршити само док транспортер стоји.

Забрањено је ходање, стајање и вожња грабуљастим транспортерима.

Забрањено је ходати по тракама и прелазити преко њих. Погонски, затезни и повратни бубњеви транспортера са траком морају бити обезбеђени заштитним уређајима ради спречавања додира са бубњем у покрету. Забрањено је чишћење погонске, повратне и затезне станице за време рада транспортера.

На местима предвиђеним за прелаз људи преко транспортера морају бити постављени мостови или степенице. Прелази преко транспортера морају бити осветљени.

Транспортерима смеју руковати само лица која су за то стручно оспособљена. То се односи и на лица која врше одржавање или поправку транспортера.

Материјал се на транспортну траку сме утоварити само када је трака у покрету сем у изузетним случајевима када се набацује материјал који је скинут при чишћењу.

На поду испод повратне траке не сме се допустити нагомилавање материјала, он се мора редовно уклањати.

Радна места код погонских станица у транспортним просторијама морају бити осветљена сталном расветом.

На свим командним полугама, тастерима и другим командним уређајима мора бити јасно и читко написано чему служе.

## **7. УТИЦАЈ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ**

Подземна експлоатација угља може својом активношћу произвести извесне последице које утичу на квалитет животне средине у смислу њене деградације. Одређеним превентивним, заштитним и санационим мерама могу отклонити ове последице и регенерисати нарушена природна околина.

Последице подземне експлоатације угља јављају се у виду:

- Оштећења површине терена испод кога се врши откопавање;
- Загађење токова површинских вода;
- Загађење атмосферског ваздуха од јамских гасова

Могући узрочници загађења животне средине обухватају буку, прашину, штетне гасове, отпадне воде, јаловину из технолошког процеса прераде и деградацију земљишта.

### **7.1 Оштећење површине терена**

Како се откопавање врши без вештачког одржавања кровине, долази до обрушавања материјала (јаловине) изнад угљеног слоја, а који се услед тога манифестује на површини терена. Што је угљени слој плићи и моћнији то су деформације на површини израженије и обрнуто.

Заштита површине терена постиже се на два начина и то:

1) Ако се на површини терена изнад угљеног слоја који се откопава налазе насеља, индустријски и друштвени објекти од посебног значаја, као и површински токови вода, путеви и слично, онда се као мере заштите примењују заштитни стубови те се на том делу не смеју се изводити захвати откопавања. Те резерве се блокирају за откопавање и преводе у ванбилансне.

Ако вредност минералне супстанце (у овом случају угља) умањене за трошкове експлоатације, прелази вредност објекта, насеља и слично, онда се исти откупљују и преносе или уништавају ради откопавања, јер је економичније и рентабилније откопати него штитити мање вредну имовину.

2) У случај када су површине терена изнад угљеног слоја који се откопава ливаде, пашњаци и слично тада се угљени слој може откопавати. Након завршетка откопавања приступа се санацији терена путем рекултивације, с тим што се класа земљишта која се рекултивише побољшава најмање за једну категорију. Овом поступку претходи надокнада штете за период који ће терен бити неупотребљив у дотадашње намене.

## **7.2 Загађивање токова површинских вода**

Откопавање угља подземном експлоатацијом изазива поремећаје у масиву лежишта на ком се врши откопавање. Овим поремећајима стварају се прелине, пукотине, па и зарушне зоне, које допуштају међусобно спајање водених токова (подземних и површинских). Сви токови у нарушеним зонама лежишта гравитирају ка рударским радилиштима и објектима. Ова вода из рударских просторија се мора одстранити и избацити на површину. Таква вода запрљана је честицама угља и јаловине, па самим тим није употребљива у било које сврхе. Приликом избацавања овакве воде на површину терена јамска вода може да загади површинске токове.

Како би се могућности загађења површинских и/или подземних вода избегле, свака јама мора имати систем одводњавања. Систем одводњавања чине канали усмеривачи токова у јами, локални и главни водосабирници и пумпна постројења. Водосабирници имају улогу акумулације воде, а поред тога у њима се таложи муљ и честице угља и јаловине, док се чиста вода испумпава на површину терена, где се као таква може спровести у површинске токове.

## 7.2 Загађивање атмосферског ваздуха

Штетни јамски гасови доспевају у спољну атмосферу посредством система вентилације јаме.

Прва мера заштите од штетних јамских гасова како у јами тако и на површини терена јесте вентилациони систем јаме. Он мора бити константан и флексибилан. Константан значи да се вентилација обавља у континуитету, односно без прекида чак и у условима нестанка примарне погонске енергије. То значи да се мора имати резервни извор енергије који треба да се аутоматски укључи када примарни систем из било ког разлога престане са радом.

Флексибилан, значи оптималан за нормалне услове у јами, али да се његов капацитет може повећати или смањити у зависности од потреба. Повећање капацитета система проветравања јаме неопходно је због потребе да смање концентрације гасова у јамском ваздуху до дозвољених граница.

Рудници са подземном експлоатацијом у свом саставу имају активна јаловишта и депоније који су подложни оксидационим процесима. Понекад се изнад рудничких јаловишта и депонија издижу мање количине дима. То су продукти сагоревања, најчешће оксиди угљеника и супора који су отровни и загушљиви. Иако се ради о јаловини из јаме, у њој се ипак може налазити угаљ те може доћи до оксидационих процеса.

Рудничке депоније такође могу захватити оксидациони процеси, поготово ако угаљ садржи већи проценат сумпора у себи. Депоније равног и комерцијалног угља строго су и свакодневно контролисане и то је прва мера спречавања оксидационих процеса.



## 8. ЗАКЉУЧАК

Основни задатаk овог завршног рада је био да се обради модификована стубно-коморна метода откопавања на примеру рудника „Штавал“ Сјеница.

Због малог искоришћења руде било је потребно модификовати методу откопавања. Раније коришћена стубна метода је пројектована за слојеве моћности до 6 m, те на појединим деловима лежишта није било могуће обрушити сав угаљ из откопа само једним минирањем. Због тога су радници морали улазити у неподграђени део откопа и минирати преостали део угља у наткопу. Овим је процес откопавања додатно усложен, искоришћење руде је мање, а ризик од повреде или несреће на откопу је повећан.

Искоришћење руде код раније коришћене методе откопавања било је свега 40%, што само показује колико је ова метода била неефикасна и неекономична.

Увођењем нове методе откопавања са дубоко-бушотинским минирањем у лепезама, са зарушавањем кровине у повлачењу, искоришћење рудне супстанце се попело на „чак“ 71,6%.

Нажалост, због извесне тектонске активности у прошлости и стварања јалових раседних зона, није могуће користити широкочелне методе откопавања, које би повећале продуктивност рада, капацитете и искоришћење рудне супстанце.

Главни проблеми постојећег стања рудника су: ниска производња (око 70.000 t. годишње), високи производни трошкови и нерентабилан рад, неповољни климатски услови, велика удаљеност од потрошача и друго.

Предлози за даљи развој и напредак рудника:

1) Повећање капацитета откопавања-Резерве угља у Централном експлоатационом пољу су огромне и износе 9.519.554. тона (билансне резерве), те омогућују производни капацитет од минимум 130.000 тона

годишње и то у наредних 30 година експлоатације. На тај начин би се повећала продуктивност откопавања.

Међутим због мале разуђености јаме и мале пропусне моћи, није могуће повећати капацитете годишње производње без већих трошкова.

2) Требало би истражне и припремне радове изводити са приоритетом и континуитетом како би се обезбедила боља динамика откопавања.

3) Механизована израда просторија основне припреме, као и механизовано откопавање.

4) Треба размишљати о потенцијалној изградњи термоелектране

На основу изложеног, долазимо до закључка да се овом методом обезбеђује највеће искоришћење угља, виши ниво механизованости, уз смањене ризике од јамских пожара и оксидационих процеса, затим повећава се продуктивност и што је најважније смањује се ризик од повреда на раду или несрећа.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

1. ГЕНЧИЋ, Б., 1984. *Технолошки процеси подземне експлоатације слојевитих лежишта „Радна средина, подземни притисак, подграђивање и осигурање откопа“*, Рударско-геолошки факултет, Београд
2. ГЕНЧИЋ, Б., 1972. *Технолошки процеси подземне експлоатације слојевитих лежишта „Отварање, припрема и методе откопавања“*, Рударско-геолошки факултет, Београд
3. ЈОВАНОВИЋ, П., 1989. *Израда јамских просторија*, Рударско-геолошки факултет, Београд
4. Коблишка, М. А., 1973. *Општи рударски радови*, Грађевинска књига, Београд
5. Допунски рударски пројекат експлоатације резерви угља између просторија ОН-800, ТН-1 и раседа R-8 у делу лежишта блокова број 8а, 9а и 10 број 8 централног поља у јами рудника „Штавал“ -Сјеница
6. Правилник о техничким нормативима за подземну експлоатацију металичних и неметаличних минералних сировина.  
  
URL:  
  
[https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik\\_o\\_tehnickim\\_normativima\\_za\\_podzemnu\\_eksploataciju\\_metalicnih\\_i\\_nemetalicnih\\_mineralnih\\_sirovina.html](https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik_o_tehnickim_normativima_za_podzemnu_eksploataciju_metalicnih_i_nemetalicnih_mineralnih_sirovina.html)
7. Остала рудничка техничка документација

## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Иван Вукашиновић

Број индекса 140/18

### Изјављујем

да је завршни рад под насловом

Избор технологије откопавања из примеру рудника „Штаваљ“

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 22.10.2022.г.

Потпис студента

\_\_\_\_\_

**ИЗЈАВА**  
**О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ**  
**ЗАВРШНОГ РАДА**

Име (име родитеља) и презиме студента ИВАН (МАРКО) ВУКАШЧОВИЋ  
Број индекса Р40/18  
Студијски програм Рударско инжењерство  
Наслов рада Избор технологије откопавања на примеру руднице "Штеваљ"  
  
Ментор ПРОФ. ДР. БРАЖКО ГЛУШЧЕВИЋ

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 22.10.2022.г.

**Потпис студента**

---

## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Избор технологије откопавања из примеру рудника „Штеваљ“

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 22.10.2022. г.

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
  2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
  3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
  4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
  5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
  6. **Ауторство -- делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-

Библиотека Рударско-геолошког факултета

---

**ПОТВРДА**

**О ПРЕДАЈИ ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ЗАВРШНОГ РАДА**

Потврђује се да је студент Иван (Марко) Вукотиновић,  
(име (име родитеља) презиме)

бр. индекса Р40 / 18 предао/ла електронску верзију завршног рада на  
основним/мастер академским студијама под насловом:

Избор технологије откопавања на примеру рудника „Штавалб“

---

који је урађен под менторством Бранко Глишчевић проф. др.  
(име, презиме и звање)

за Дигитални репозиторијум завршних радова РФФ-а.

Потврда се издаје за потребе Одељења за студентска и наставна питања и не може се користити у друге сврхе.

У Београду, 22. 10. 2022. г.

**Библиотекар**

---