

Технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ – Сјеница

Урош Лазић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ – Сјеница | Урош Лазић | | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006323>

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет



-Завршни рад-

Основне академске студије

Технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ – Сјеница

Кандидат:

Урош Лазих Р33/18

Ментор:

Проф. др Раде Токалић

Београд, август, 2022.

Комисија:

1. Др. Раде Токалић, редовни професор, ментор

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. Др. Бранко Глушчевић, редовни професор, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. Др. Милош Глигорић, доцент, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

Датум одбране: _____

Садржај

1. УВОД.....	1
2. МЕТОДЕ ИЗРАДЕ ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА.....	2
2.1. Рударски радови.....	2
2.2. Класификација јамских просторија	3
2.3. Преглед метода израде јамских просторија	6
3. ИЗРАДА ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА БУШАЧКО-МИНЕРСКИМ РАДОВИМА	
7	
4. ИЗРАДА ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА КОМБИНОВАНОМ МАШИНОМ	16
5. ОПШТИ ПОДАЦИ О РУДНИКУ И ЛЕЖИШТУ РМУ „ШТАВАЉ“	23
5.1. Општи подаци о руднику	23
5.2. Општи подаци о лежишту.....	25
5.3. Радна средина јаме.....	29
6. ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА БУШАЧКО-МИНЕРСКИМ РАДОВИМА.....	32
6.1. Методологија и резултати прорачуна бушачко- минерских радова	32
7. ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА КОМБИНОВАНОМ МАШИНОМ.....	46
7.1 Механизована израда просторија.....	49
8. АНАЛИЗА УЧИНАКА.....	52
9. ЗАКЉУЧАК	56
10. ЛИТЕРАТУРА	57

РЕЗИМЕ

Према важећем Закону о рударству и геолошким истраживањима ("Службени гласнику РС", бр. 101/2015 и 95/2018 - други закон. 40/2021) рударским радовима који су обрађени у овом завршном раду сматрају се радови на изради хоризонталних, косих и вертикалних јамских просторија; на припреми, отварању и експлоатацији лежишта и сви радови на експлоатационом пољу који су у функцији експлоатације, одржавања и припреме минералних сировина; као и радови који се изводе на основу рударских пројеката и других пројеката који су саставни део рударских пројеката и рударски радови који се обављају у циљу истраживања минералних сировина.

У раду је извршена упоредна анализа израде јамских просторија бушачко-минерским радовима и комбинованом машином и показане су, уз хуманизацију рада, све предности израде просторија машинским путем.

Кључне речи: *Штавал, јамске просторије, анализа, комбинована машина IGPKS*

ТЕОРИЈСКИ ДЕО

1. УВОД

У овом завршном раду обрађена је технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ код Сјенице. Циљ израде ових просторија су допунска рударско-геолошка истраживања и испитивања која ће рудник „Штаваљ“ реализовати у сопственој режији, а у сврху добијања већег броја података о лежишту и радној средини. Подаци о радној средини су неопходни у циљу оптимизације методе израде јамских просторија у овом руднику .

Рад је структурно подељен у две целине, прву која се састоји од теоријског дела у којој су обрађени подаци доступни у домаћој и иностраној литератури и који се односе на методе израде јамских просторија бушачко-минерским и механизованим начином израде.

Другу целину представља специјални део који се односи на исту проблематику, али са конкретном применом на РМУ „Штаваљ“ код Сјенице.

Извшена је упоредна анализа ефеката израде јамских просторија бушачко-минерским и механизованим начином.

2. МЕТОДЕ ИЗРАДЕ ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА

2.1. Рударски радови

Рударство, као привредна делатност има за циљ експлоатацију и добијање минералних сировина из Земљине коре. За извршење ових задатака потребно је извршити рударске радове који подразумевају истраживање лежишта, изградњу рудника и на крају откопавање руде. Када се ови радови врше испод површине земље они се тада називају подземни рударски радови [1]. Ови подземни рударски радови деле се на следеће групе:

- Радови на добијању,
- Радови на подграђивању,
- Радови на утовару,
- Помоћни радови.

Радови на добијању - поступци којим одвајамо стену из природног окружења и добијамо руду. Сви поступци се међусобно разликују према начину разарања, опреми, средини у којој се користе, начину извођења и сл. У радове на добијању спадају радови без примене експлозива (радови на копању, резању, глодању, стругању, бушењу) и радови са применом експлозива (бушење минских рупа и минирање).

Радови на подграђивању – поступци који пружају сигурност и заштиту људству и опреми тако што спречавају зарушавање просторије и спречавају прилив подземних вода.

Са обзиром да је у РМУ „Штаваљ“ заступљена подграда подупирањем, тај начин подграде ћемо у наставку детаљно разматрати. Код подграђивања подупирањем подградна конструкција која носи стенски масив обезбеђује стабилност подземне просторије.

Радови на утовару подразумевају уклањање добијеног материјала са чела радилишта. У зависности од присутне опреме и механизације ови поступци се могу обављати:

- ручно,
- полумеханизовано и
- механизовано.

Помоћни радови представљају поступке и операције који се врше да би обезбедили нормалне и колико је могуће хуманије услове рада у руднику. То су поступци довођења енергије, локалног одводњавања, проветравања, транспорта, осветљења и др.

2.2. Класификација јамских просторија

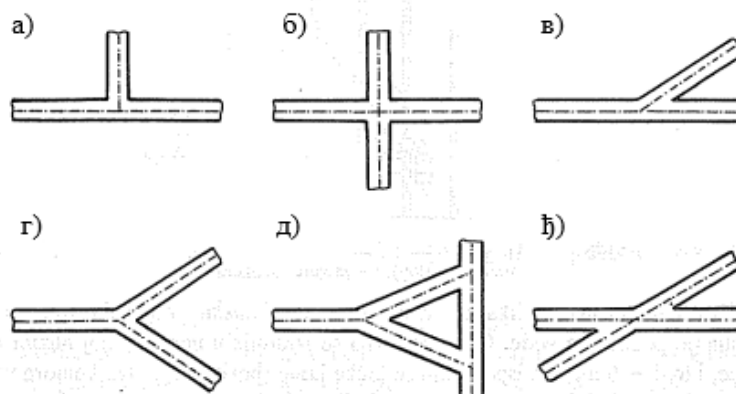
Подземне просторије које настају у процесу истраживања, отварања, припреме и откопавања лежишта називају се јамске просторије. Јамске просторије се деле у три групе:

- просторије са великом дужином или висином у односу на попречни пресек,
- просторије са сличним попречним пресеком и дужином (коморе) и
- просторије различитог облика које настају као последица откопавања.

Према положају у простору, деле се у следеће подгрупе:

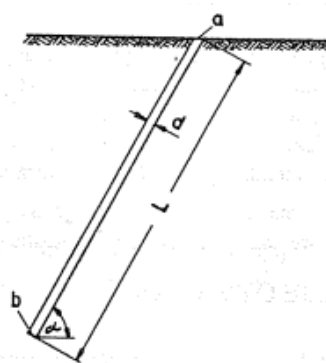
- хоризонталне,
- вертикалне и
- косе јамске просторије.

У посебну групу јамских просторија могу се сврстати раскршћа и бушотине. Раскршћа су како и сама реч каже места где се јамске просторије укрштају или секу при различитим угловима у јами. Од начина пресека ходника зависиће и изглед раскршћа. Приказ облика раскршћа приказан је на слици 2.1



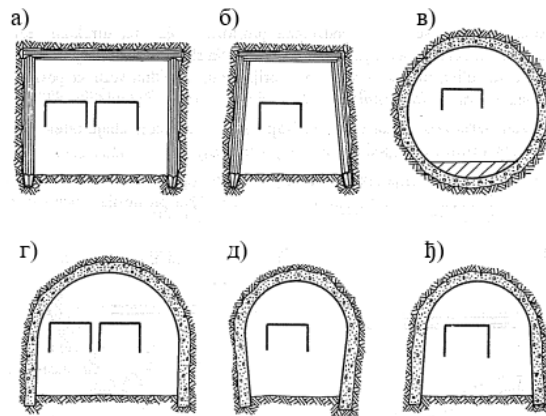
Слика 2.1 – Раскрића [2]

Бушотине су просторије цилиндричног облика, кружног попречног пресека, пречника до 1 m некада и више. Ове просторије служе за потребе: истраживања, минирања, експлоатацију и за разне помоћне операције. Могу бити различитих дужина од неколико метара до преко 10 m (слика 2.2).



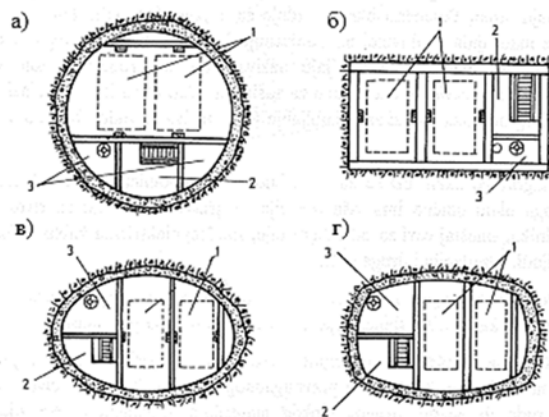
Слика 2.2 – Бушотина. d – пречник бушотине, L – дужина бушотине, a – уста бушотине, b – чело бушотине, α – нагиб бушотине [3]

Хоризонталне јамске преосторије су просторије хоризонталног положаја у земљиној кори које имају извесан пад (3 до 5‰) ради лакшег отицања воде у правцу одводњавања. Према намени хоризонталне просторије могу бити: поткопи, попречни ходници, смерни ходници и пробојни ходници. Најчешћи облици попречног пресека приказани су на слици 2.3.



Слика 2.3 – а) правоугаони, б) трапезни, в) кружни, г) засвођен (лучни),
 д) потковишаст, ж) звонаст. [1]

Вертикалне јамске просторије су просторије велике дужине које су изграђене управно на хоризонталну раван. У ову групу спадају окна и сипке. Окно, може имати директну везу са површином или не, када се назива слепо окно. Окна служе за проветравање јаме, извоз ископине, допрему и сервисирање. Најчешћи облици попречног пресека окна приказани су на слици 2.4.



Слика 2.4 – Облици попречног пресека окна. а) кружни, б) правоугаони, в) елиптични, г) комбиновани; 1 - одељење за пролаз извозних судова, 2 – одељење за пролаз радника, 3 – одељење за смештај каблова, цеви итд. [1]

Косе јамске просторије израђене су под одређеним углом у односу на хоризонталну раван. Угао зависи од намене просторије. Овде разликујемо коса окна,

косе сипке, ускопе и нископе. Према падном углу ове просторије могу бити од 3° па до преко 45°.

2.3. Преглед метода израде јамских просторија

Рудничке јамске просторије могу да се израђују под нормалним и специјалним (отежаним) рударско-геолошким условима [2].

Под нормалним условима није потребно вршити пуно помоћних операција. Радна средина је задовољавајућа са нормалним приливом воде и нормалним напоном у стенском масиву. Под специјалним условима (отежаним условима) мора се урадити пуно помоћних операција да би се обезбедили нормални радни услови. Када се обезбеде нормални услови тек тада се врши израда јамских просторија. Под специјалним условима рада спада израда просторије у меком, сипком и нестабилном материјалу, или у чврстом материјалу са великим приливом подземних вода.

У табели 2.1 је дата подела метода израде подземних рудничких просторија у зависности од физичко-механичких особина и рударско-геолошких услова радне средине.

Табела 2.1 – Основна подела метода израде рудничких просторија [3]

Методе рада под нормалним радним условима		Методе рада под специјалним радним условима	
а) Хомоген материјал: 1) Мек (угаљ) 2) Тврд (стена)	б) Хетероген материјал	а) Невезан, сипак материјал (песак)	б) Чврст. Тврд, јако водоносан материјал (распуцан кречњак)

Методе израде јамских просторија према коришћењу опреме деле се на:

- Израде јамских просторија бушачко-минерским радовима и
- Израде јамских просторија комбинованим машинама.

3. ИЗРАДА ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА БУШАЧКО-МИНЕРСКИМ РАДОВИМА

Откопавање минералних сировина у чврстој стенској маси у нашој земљи се најчешће врши бушачко-минерским радовима. Да би се минирање извршило потребно је изградити специјалне шупљине које се називају минске бушотине, по одређеном и утврђеном распореду и димензијама.

Минске бушотине су вештачки израђене цилиндричне шупљине различитог пречника и дужина, тако да се минске бушотине могу поделити на:

- кратке минске бушотине – када пречник не прелази величину од 75 mm и дужину од 5 m и
- дугачке минске бушотине – уколико је пречник већи од 75 mm и дужина већа од 5 m.

Шемом распореда бушотина одређује се распоред минских бушотина који може бити различит, што зависи од фактора као што су на пример: физичко-механичке особине стенске масе, примењеног начина минирања, врсте заломе. Која ће се шема распореда и конструкција мина користити зависи од техничко-економске анализе. Ове анализе се врше детаљним прорачунима који обухватају: цену коштања бушачко-минерских радова, питање сигурности рада и брзину израде просторије.

При изради јамских просторија бушачко-минерским радовима израђују се циклограми у којима је могуће установити број радних циклуса и њиховог времена трајања. Један радни циклус садржи следеће радне операције: 1) бушење, 2) минирање са проветравањем радилишта, 3) утовар минираног материјала, 4) подграђивање просторије (уколико је потребно), 5) помоћне операције. [3]

Приказ једног циклуса је дат на дијаграму 3.1.

Ове операције се изводе циклично једна за другом, а помоћне уколико су потребне упоредо са њима. Успех бушачко-минерских радова зависи од прорачуна и

анализа урађених при избору, врсте и количине експлозива, броја, дужине и распореда минских бушотина.



Дијаграм 3.1- Један радни циклус при изради просторије

На слици 3.1 показани су циклограми са једним и са два циклуса у радној смени.



Слика 3.1. – Циклограм израде ходника бушачко-минерским радовима, а) један циклус у смени, б) два циклуса у смени [1]

При бушењу минских бушотина поступци се могу поделити на механичке и на физичко-хемијске. У механичке спадају: ударно заокретно бушење, ротационо бушење,

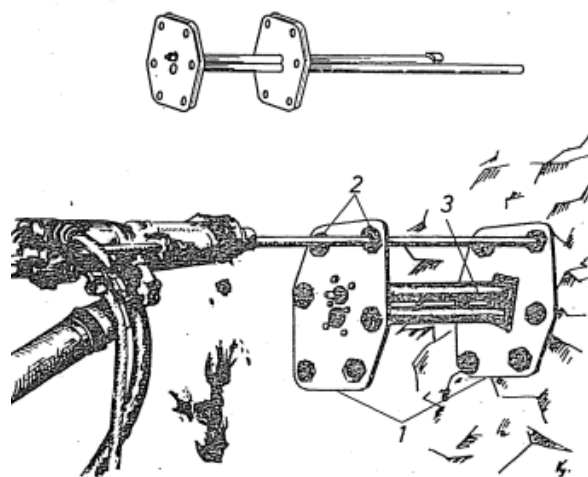
ударно-ротационо и ротационо-ударно бушење. У физичко-хемијске поступке спадају: термичко бушење, бушење експлозивом, бушење плазмом, бушење електричном струјом, ултразвуком и другим поступцима. С обзиром да се у руднику угља „Штавал“ користи ротационо бушење, описаће се тај поступак.

Ротационо бушење примењује се у стенама мале и средње чврстоће, са коеф. чврстоће према Протођаконову (f) од 1 – 10. Код ротационог бушења стена се разара бушаћом круном, којој вртаница преко шипке сврдла предаје ротацију и аксијално потискивање. Под дејством осне силе сечиво бушаће круне се утискује, а под дејством момента круница се обрће и сечивом скида слој стене. У руднику угља због метанског режима рада користе се чекићи на пнеуматски погон. У утицајне чиниоце на ефикасност брзине бушења спадају: пречник и геометријски облик бушаће круне, чврстоћа стенског материјала, број обртаја бушаће круне, сила потискивања и ефикасност уклањања издробљеног стенског материјала. За прорачун потребне снаге ротационе бушилице користе се одређени емпиријски обрасци.

При изради јамске просторије бушачко-минерским радовима решавају се следећи проблеми: 1) избор опреме за бушење и брзина бушења, 2) одређивање броја, дужине и пречника бушотине, 3) утврђивање распореда бушотина на челу просторије. [2]

Избор опреме за бушење своди се на одабир пнеуматског бушаћег чекића у односу на радну средину у којој ради. Применом шаблона за бушење могуће је доста убрзати поступак бушења јер се тачно обележи место за бушење минске бушотине. Шаблони за бушење доста се користе при изради паралелних залова, где је тачан размак и паралелност основни услов за успех бушења.

На слици 3.2 приказан је рад пнеуматског бушаћег чекића и употребом шаблона за бушење.



Слика 3.2. – Бушење паралелних заломних бушотина уз помоћ бушачког шаблона, 1) плоче шаблона, 2) отвори за вођење бушаћих длета, 3) носач шаблона [3]

Број, распоред, пречник и дужина минских бушотина зависи од величине попречног пресека просторије, физичко-механичких особина стене и јачине експлозива, као и поступка минирања.

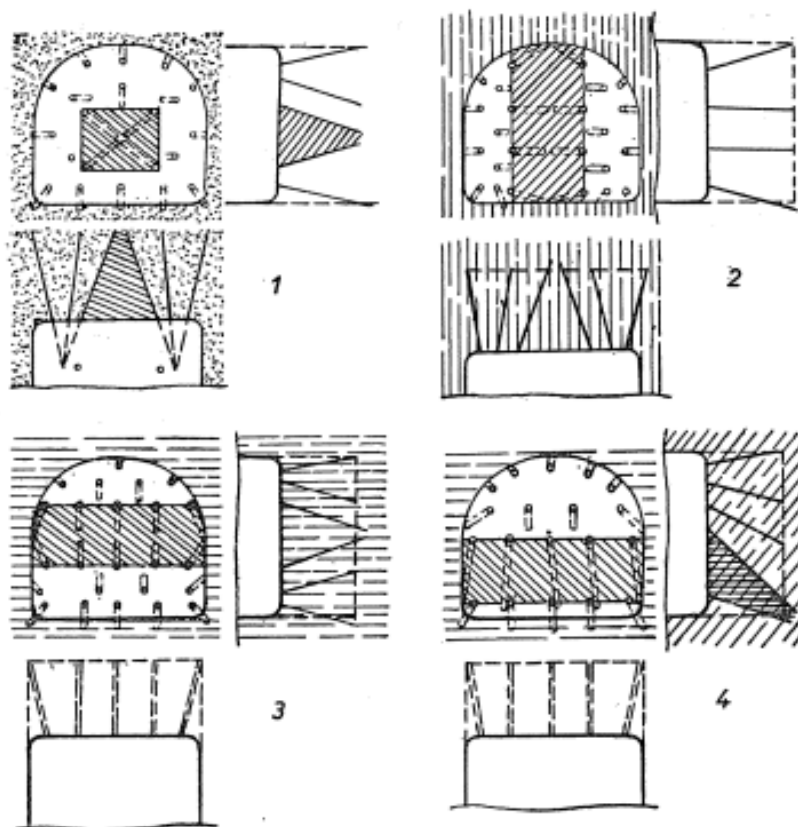
Број минских бушотина се одређује помоћу емпиријских формула или на основу искуства и проверава се огледним минирањем. Битно је да се при минирању избегну превише крупни комади руде који се морају секундарно уситњавати. Пречник минске бушотине се рачуна на основу пречника патроне експлозива, тако што је за 10% вечи од пречника патроне експлозива. Дужина минске бушотине је унапред одређена планом експлоатације и минирања.

Распоред минских бушотина зависи од већег броја фактора: да ли се минирање изводи на површини или под земљом, да ли се минирање изводи у присуству једне или више слободних површина, физичко-механичких карактеристика стене и примењене технологије рада. Код израде просторија са једном слободном површином постоје заломне, периферне и помоћне mine.

Заломне mine служе да направе још једну слободну површину при минирању. Оне се прве активирају. Постоје коси и паралелни заломи. Периферне или контурне mine служе да обезбеде пројектовани пресек просторије, а помоћне се примењују код већих

просторија да разбију стенску масу између заломних које се налазе у средини и контурних које се налазе на контури просторије.

На слици 3.3 су показани неки примери распореда мина при употреби косих заломних.



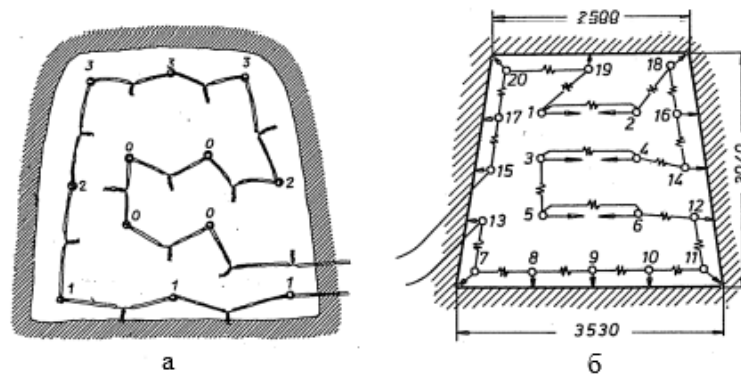
Слика 3.3. - Примери распореда мина при употреби косих заломних бушотина, 1) пирамидски, 2) вертикални клинасти, 3) хоризонтални клинасти, 4) подни [3]

Минерски радови, обухватају све послове везане за израду мина као што су одређивање потребне количине експлозива, распоред и активирање-паљење. Сви минерски радови се прорачунавају на основу задатих емпиријских образаца, карактеристика стене и стеченог искуства у минирању. Увек се прво врше пробна минирања да би се утврдила ефикасност разарања стене.

Пуњење и зачепљење се може вршити ручно, помоћу минерског штапа или механички помоћу пнеуматског уређаја за пуњење минске бушотине. При употреби

пнеуматског уређаја сам процес пуњења и зачепљења је доста бржи и бољи јер је побољшан коефицијент корисног дејства мине потпуним испуњавањем минске буштоине. [3] Да би се добро извели минерски радови треба правилно одабрати начин иницирања и редослед паљења. Постоје три начина иницирања минских бушотина: помоћу пламена, електричне струје и детонирајућег штапина. У подземној експлоатацији угља се најчешће користи електрично паљење и то серијском везом.

На слици 3.4 је приказано серијско везивање мина за паљење.



Слика 3.4. – Серијско повезивање мина у ходнику, а) пирамидски залом, 1) заломне мине, 2-3 редослед паљења осталих мина; б) вертикални клинасти залом, 1-20 комплет мина [3]

По минирању обавезно следи проветравање просторије да би се створили услови за даљи рад. Јако је битно да све минерске радове врши стручно и обучено лице са дугогодишњим искуством.

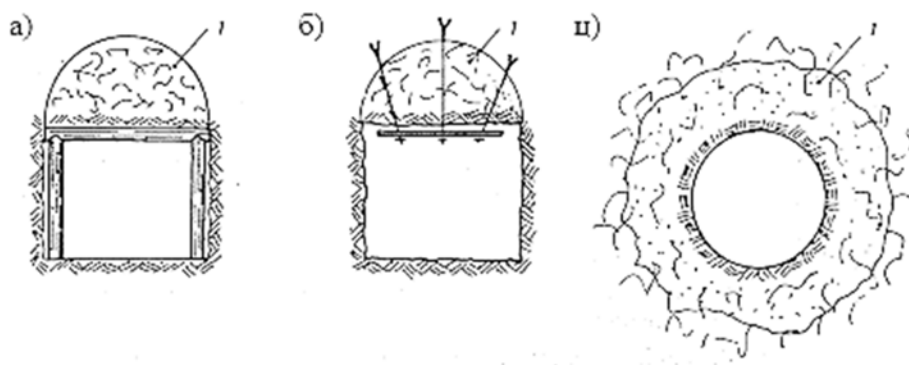
Након проветравања и утовара одминераног материјала следи последња радна операција у изради јамских просторија бушачко-минерским радовима. Последња операција је подграђивање јамске просторије. Подграђивање просторије врши се помоћу елемената који се скупа називају рудничка подграда.

Основна подела подграђивања по принципу обезбеђења просторије је на:

- подграђивање подупирањем,
- подграђивање сидрењем и

- специјални поступци подграђивања.

На слици 3.5 су приказани основни принципи подграђивања.












Слика 3.5 - Принципи пограђивања. а) подупирање; б) сидрење (вешање); ц) специјални поступак (инјектирање). 1- ојачана зона [1]

Рудничка подграда према материјалу може бити: дрвена, бетонска, метална, од опеке или мешовита. У руднику „Штавал“ највише се користи метална подграда, па ће се детаљније обрадити.

Предност металне челичне подграда у односу на дрвену састоји се у томе да може издржати већи подземни притисак, трајнија је и може се више пута употребити. Челична оквирна подграда која се користи за подграђивање према облику може бити трапезна, лучна, кружна или полигонска. [1] По опхођењу према подземном притиску разликује се крута (непопустљива) и попустљива подграда. Може бити разних профила од којих се највише користе I и U профили.

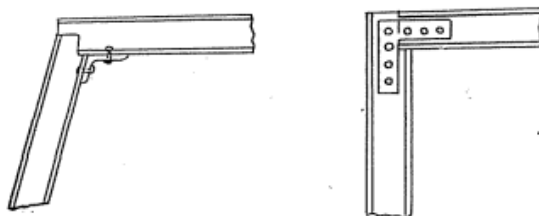
Приказ челичних профила дат је у табели 3.1

Табела 3.1. – Преглед најважнијих челичних ваљаних профила за челичну лучну подграду ходника, W_x , W_y – отпорни моменти, h_x , h_y – висина [3]

Облик профила	Назив профила	Тежина kg/m	W_x	W_y	h_x	h_y
	Р 6 стари шински	31,1	138,0	27,2	4,14	0,87
	Ф ојачани покални	28,3	113,0	33,2	4,00	1,17
	GI 12 руднички	29,5	136,0	32,6	4,61	1,10
	В 12 руднички широки	30,1	149,3	46,6	4,96	1,52
	2 INP 14 сандучасти	30,7	168,2	74,8	5,48	2,43
	TH 29 жлебаста	29,0	99,6	107,0	3,42	3,69
	BS 26 звонаста	26,0	69,0	62,4	2,66	2,40
	Alpine 27 жлебаста	26,5	72,3	75,3	2,72	2,84
	2 NP 10 сандучасти	21,2	76	82	3,98	3,88

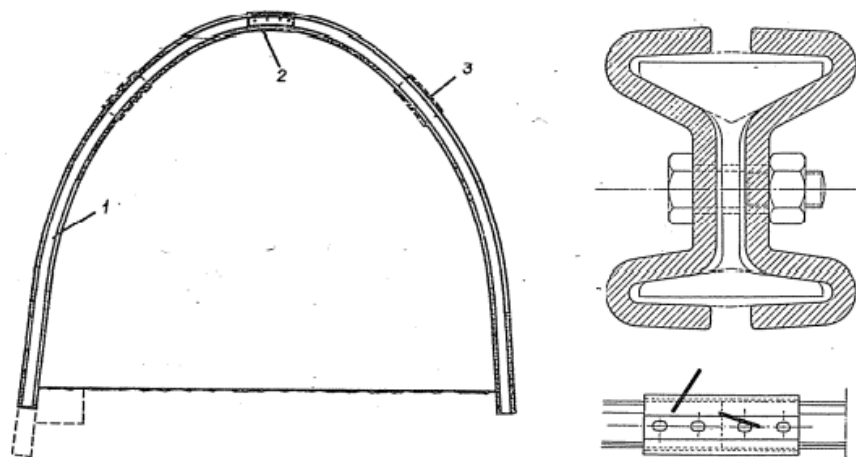
Трапезна челична подграда израђује се од нормалног I-профила који се са другим делом подграде повезује зарезивањем и преко угаоног комада, или помоћу одређеног спојног комада који може бити различите конструкције. Трапезна подграда се употребљава када поред вертикалног постоји и бочни притисак и када је тешко технолошки израдити засвођени део у кровини. За овај облик карактеристично је да је слемењача (кровна греда) постављена хоризонтално), на два ступца (стојке) који су под углом од $80^\circ - 85^\circ$

На слици 3.6 показан је детаљ везе трапезног челичног оквира.



Слика 3.6 – Детаљ везе челичне оквирне подграде [3]

Када се ходници користе дужи временски период, који је од значаја за живот и рад рудника користи се лучна челична подграда која се израђује и од I и од U профила са крутом или са попустљивом везом. Попустљивост се најчешће решава применом клизне везе (слика 3.7). Овакав облик је обавезно израдити уколико је коефицијент чврстоће по Протођаконову већи од 3 ($f > 3$) и када постоји знатан бочни притисак на просторију.



Слика 3.7 – Лучна челична подграда (I профил) 1) сегмент, 2) крута веза, 3) место везе подграде из три дела; десно: детаљ крупне преклопне везе [3]

У случајевима када је подземна просторија свестрано изложена великом и снажном подземном притиску примењује се прстенаста или полигонска челична подграда. Ова подграда са становишта израде је најскупља и треба највише времена да се димензионише и направи, јер се поставља питање на рационалније величине код утврђене диспозиције одељења и инсталација као и испуњења одређених техничко-сигурносних захтева. Као и лучна израђује се од I и U профила.

4. ИЗРАДА ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА КОМБИНОВАНОМ МАШИНОМ

У новије време у рударству, да би се обезбедили хуманији услови рада ради се на томе да се потисне ручни рад, или да се он сведе на минимум. За такве циљеве израђене су подземне машине које истовремено могу обављати више операција: механичко добијање, механички утовар добијеног материјала и његов транспорт. Са обзиром да раде више операција од једном, и због сложености поступка ове машине се називају комбиноване машине. Непрекидно откидање делова стенског материјала ове машине врше глодањем и резањем стенске масе. Примена ових машина омогућава непрекидан рад на изради ходника, без рашчлањавања радова на појединачне радне операције као што је случај код бушачко-минерских радова. Самим тим се повећава брзина израде просторије и повећање радног учинка запосленог особља. Поред економског ефекта примена механизације позитивно утиче и на стабилност саме израђене просторије, јер зона растресања код минирања практично одсуствује. Најширу примену комбиноване машине су нашле код израде ходника у угљу и меким стенама.

Комбиноване машине на основу технолошког процеса коме су намењене, деле се на пробојне и откопне комбиноване машине. [1] Пробојне комбиноване машине користе се за израду подземних јамских просторија, док откопне служе за откопавање руде. Како је предмет овог дипломског рада везан за израду јамских просторија, у оквиру овог излагања биће обрађене само пробојне комбиноване машине и то искључиво за потребе јаме.

У данашње време постоји пуно произвођача комбинованих машина, те је избор ових машина олакшан. Без обзира на различитост све ове машине се могу груписати према: области примене, начину разарања чела радилишта, начину рада радног органа, према врсти просторије која се израђује итд.

Према врсти стенског материјала и радне околине са свим њеним особинама у јами пробојне машине се израђују за рад у:

- слабом стенском материјалу $f < 5$ (угаљ, гипс, со и сл. стене),
- чврстим стенама $f = 6 - 8$ (кречњаци и сл. стене)
- веома чврстим и абразивним стенама $f > 8$ (андезити и сл. стене)

Према начину обраде чела, ове машине могу обрађивати читаву површину чела одједном или селективним откопавањем. Када се обрађује читава површина радни орган комбиноване машине је усклађен са димензијама просторије која се израђује. Радни органи комбинованих машина према конструктивном облику могу бити: са озубљеним ланцима, озубљеним дисковима, озубљеним крунама и озубљеним роторима. Према начину рада и конструкцији постоје: ротационе, ротационо-лучне, бубњасто-лучне и ланчано лучне. Када се стенска маса издвоји из своје природне целине врши се утовар стенске масе паралелно са разарањем. Начин и врста утовара може бити са радним органима различитих конструкција: систем са кофицама, систем са згрталима, систем са грабуљама, коса плоча, ... У јамским условима систем за покретање комбинованих машина најчешће је систем са гусеницама. Након утовара стенског материјала следи подграђивање просторије. При примени механизације и комбинованих машина новијих конструкција подграђивање се врши доста брже, лакше и ефикасније у односу на подграђивање без механизације.

У двадесет и првом веку најпознатије комбиноване машине јесу такозвани (по енглеској литератури) „roadheaders“ , „continuous miners“ , „mobile bolters“ и „bolter miners“.

„Roadheaders“ (слика 4.1) и „continuous miners“ машине (слика 4.2) су опремљене снажним, геометријски оптимизованим главама за сечење, које су дизајниране да континуирано ископавају ходнике, тунеле и друге подземне просторије без употребе експлозива. Ове електро-хидрауличне машине не изазивају штетне вибрације за стенски масив у околини и идеалне су за ископавање угља и других меких стена, као и за израду просторија у рудницима. Тежина и снаге асортимана производа крећу се од 60 тона и 412 киловата до 120 тона и 504 киловата. [4]



Слика 4.1- Комбинована машина „roadheader“ марке Сандвик MR361 [4]

У односу на „Roadheaders“ такозване „continuous miners“ машине се разликују по томе што просторију израђују одједном у континуалном процесу, а не селективним откопавањем.



Слика 4.2 – Комбинована машина „continuous miner“ марке Сандвик MC470 [4]

За подграђивање подземне просторије анкерисањем користе се „mobile bolters“ машине (слика 4.3). Оне комбинују безбедност, стабилност, поузданост и врхунске перформансе са издржљивошћу без премца у глобалним применама. Двострука конструкција ових машина нуди свестраност и савршен је алат за било коју врсту и начина подграђивања кровине. Пружа супериорне перформансе захваљујући могућности уградње целог реда анкера одједном. [4]



Слика 4.3- Машина „mobile bolters“ марке Сандвик DM300 [4]

Најкомплетније комбиноване машине данашњице су хидраулички или електрични погоњене машине великог капацитета, које истовремено врше откопавање, утовар и подграђивање просторије у подземним рудницима угља и меких стена (слика 4.4). Оне се користе за безбедно и ефикасно откопавање минералне сировине са комбинованом уградњом анкера у кровину просторије. Ове машине имају радни орган у облику широке главе са посебним карактеристикама дизајна за сечење, утовар и транспорт. Висина откопавања је до 5,3 m. Ове машине у сигурносној изведби нуде јединствено решење за брзу израду просторија и ефикасну производњу у пуном обиму. [4]



Слика 4.4- Комбинована машина новije конструкције марке „Sandvik MB650“ [4]

У последње време не толико у рударству, односно више у тунелоградњи, заступљене су машине за пробијање тунела са ротационом главом (слика 4.5).



Слика 4.5 – Машина за пробијање тунела

Машине за пробијање тунела (енгл. tunnel boring machine (ТБМ)) или популарног назива „кртице“ су машине за ископавање тунела са кружним пресеком. Могу да буше кроз све врсте материјала, од чврстог камена до песка. Пречник тунела може да варира од једног метра (микромашине за бушење тунела), па до 19,25 метара. Ове машине се користе као алтернатива за бушачко-минерске радове који се изводе за пробијање тунела. Предност ових машина је то што ограничавају поремећај на околну стенску масу и израђују тунеле глатких зидова. Ове машине су скупе за изградњу и тешко се транспортују. Међутим како савремени тунели постају дужи, цена машина за пробијање тунела, у односу на бушење и минирање, је у ствари мања јер је бушење овим машинама много ефикасније и даје боље резултате. Овим машинама се обрађује цело чело. ТБМ ради тако што потискује бушачку главу на чело ископа, а по њој су распоређени одређени алати за резање стенске масе. Углавном су то такозвани диск резачи. Они се крећу по концентричним круговима по челу ископа. При том на њих делује притисак тако да оштрица резача делује попут клина који разара стену у облику плочица. [5]

Делови машине за пробијање тунела:

- Механизам за бушење,
- Механизам за упирање и подупирање,
- Механизам за унутрашњи транспорт ископаног материјала,
- Механизам за отпрашивање,
- Механизам за одвод,
- Механизам за погон,
- Механизам за енергетику,
- Механизам за управљање.

Област примене свих пробојних комбинованих машина зависи од многих чинилаца, а најбитнија је минимална пројектована дужина јамске просторије и економска анализа.

СПЕЦИЈАЛНИ ДЕО

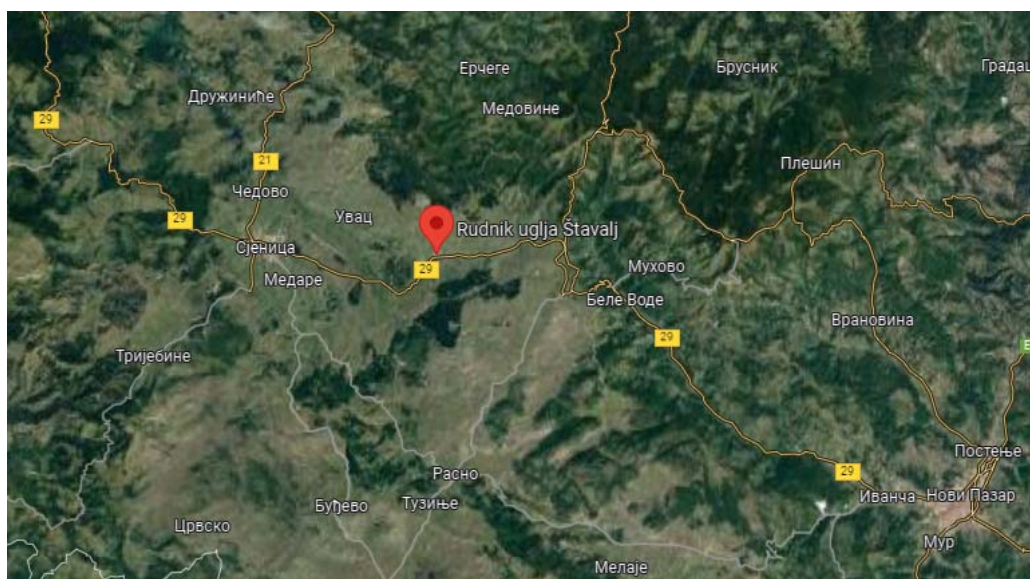
5. ОПШТИ ПОДАЦИ О РУДНИКУ И ЛЕЖИШТУ РМУ „ШТАВАЉ“

5.1. Општи подаци о руднику

Најстарији подаци о експлоатацији угља рудника Штаваљ датирају из 1936. године. Детаљна истраживања су интензивирани после другог светског рата. Ова истраживања омогућила су отварање рудника на локацији Ступско поље у селу Ступ 1955. године. Јама „Ступско поље“ напуштена је 1967. године када је отворена нова јама „Нада“ у селу Штаваљ која је била у функцији све до 1976. године. Јама је принудно затворена због пожара. Исте године отворена је нова јама „Штаваљ“ где се и данас врши експлоатација. Отварањем јаме „Штаваљ“ осигурана је електро-енергетска стабилност у Златиборском округу, због високо квалитетног угља. [6]

Сјеница се налази на западу Рашке области. Штаваљ је насеље у Србији у општини Сјеница које припада Златиборском округу. Налази се на Пештерској висоравни, 12 км од Сјенице на путу Нови Пазар - Сјеница - Нова Варош који спаја Ибарску магистралу са Златиборском магистралом па има добре саобраћајне везе са истоком и западом Санцака. Рудник административно припада општини Сјеница. Као посебне мање природно-географске целине истичу се Пештерска висораван и Сјеничка котлина. Нижи део Пештерске висоравни је Пештерско поље по којем је некада текла понорница Бороштица па је и по томе ово поље слично крашким пољима. Просечна надморска висина Пештерске висоравни је између 1.100 и 1.200 m. Сјеничку котлину чине њен обод и Сјеничко поље које има нижу надморску висину за 100 до 150 m од Пештерске висоравни.

Географски положај рудника угља Штаваљ приказан је на слици 5.1.



Слика 5.1 – Географски положај рудника Штаваљ [7]

Сјеница је и у Европи позната као веома хладан крај, па се у зимским данима често убраја у хладнија места Европе. Комплекс Сјеничко-пештерске висоравни је претежно планинског карактера. Године 2005. је измерена најнижа температура од -35°C . У односу на све остале градове у Србији, Сјеница је један најхладнијих градова. Температура се мери на једном узвишењу изнад града (Радишића брдо), с обзиром да је у питању узвишење, многи не узимају у обзир да је у граду неколико степени нижа температура од оне која се мери у метеоролошкој станици. На Сјеничко-пештерској висоравни присутне су специфичне хидрометеоролошке карактеристике па се због тога појављују екстремно ниске температуре и лети и зими.

Сјенички (Сјеничко-штаваљски) басен налази се на крајњем југозападном делу Србије, уз саму Сјеницу, по којој и носи име. За појаву угља у Сјеничком басену знало се и пре Другог светског рата. Међутим, што због крајње неповољног географског положаја, неповољних климатских услова, лоших саобраћајних веза и пласмана угља, угљ у овом басену није био посебно интересантан све до краја Другог светског рата. Тек када су започета истражна бушења (1955-1956.) у атарима села Штаваљ и Ступа када је урађен литостратиграфски стуб неогене серије (слика 5.2) и добијене прве поуздане информације о угљу у овом басену. [8]

СТАРОСТ		РАНИЈА ПОДЕЛА	ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ	САДАШЊЕ ВИЂЕЊЕ	
НЕОГЕН	МИОЦЕН	СРЕДЊИ И ГОРЊИ	ЗАВРШНА КЛАСТИЧНА ПЛИОЦЕНСКА СЕРИЈА: - крупнозрни шљункови и пескови - глиновити, туфозни пешчари са сочивима шљунковитих глина и шљункова		ЈЕЗЕРСКИ ПАКЕТ: до 300 м - крупнозрни шљункови и пескови - глиновити, туфозни пешчари са сочивима шљунковитих глина
			ХОРИЗОНТ КАРБОНАТНО ПЕЛИТСКИХ СЕДИМЕНАТА - банковити сиво-бели кречњаци - сиви и беличасти танкоуслојени лапорци		ЈЕЗЕРСКИ ПАКЕТ: 80-270 м - банковити сиво-бели кречњаци - сиви и беличасти танкоуслојени лапорци
			ТУФОГЕНО-ЛАПОРОВИТИ ХОРИЗОНТ: - повлатни слој угља - сиво-бели лапорци са сочивима туфова - тамно-сиви туфозни лапорци са комадима угља		МОЧВАРНИ ПАКЕТ: до 40 м - повлатни слој угља - сиво-бели лапорци са сочивима туфова - тамно-сиви туфозни лапорци са комадима угља
			УГЉОСНИ ХОРИЗОНТ: - главни слој угља - угљевити лапорац - угљевите глине		ПРОЛУВИЈАЛНО АЛУВИЈАЛНИ ПАКЕТ: 120 м (до 260 м) - главни слој угља - угљевити лапорац - угљевите глине
			ПОДИНСКИ ХОРИЗОНТ: - сиво-бели и жучкасти банковити кречњаци - сиви услојени туфозни лапорци са слојем угља - разнозрни туфови - сиви, разнозрни, трошни пешчари - сиво-зелени конгломерати		ПРОЛУВИЈАЛНО АЛУВИЈАЛНИ ПАКЕТ: 120 м (до 260 м) - сиви, разнозрни, трошни пешчари - сиво-зелени конгломерати

Слика 5.2 – Литостратиграфски стуб Сјеничко-Штаваљског угљоносног басена [9]

Иако се претпоставља да је цео басен угљоносан, мада са различитим степеном угљоносности, за сада се угаљ откопава само у атару села Штавља, који је мањи део Сјеничко-штаваљског басена (0,4%). Према овим подацима степен истражености лежишта целог басена је веома мали. Можда би идеја о изградњи термоелектране решила многе проблеме везане за истраживање и експлоатацију угља у овом басену.

5.2. Општи подаци о лежишту

Највећим бројем до сада изведених истражних бушотина и рударских радова утврђена је продуктивна угљоносна серија где се издвајају четири поља: западно, централно, источно и јужно поље. Најновијим геолошким елаборатима оверене су резерве од 245 милиона тона мрког угља. У централном пољу где се врши експлоатација

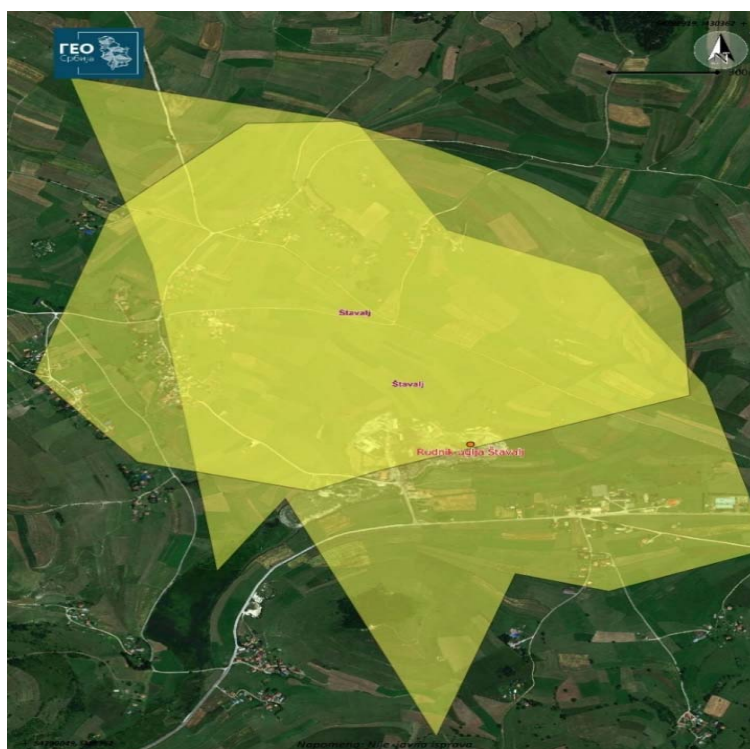
угља по најновијем елаборату срачунате су резерве угља у износу од 16.321.145 тона. Истражене резерве у приказане су табели (табела 5.1). [6]

Табела 5.1 – Истражена поља лежишта са количинама резерви

Поље лежишта	Оверене резерве (у тонама)
Централно	16.321.145
Западно	150.000.000
Источно	18.000.000
Јужно	50.000.000
Укупно	245.000.000

Тренутно, експлоатација угља се врши у Централном пољу. Централно поље се налази у централном делу басена и оконтурено је границама Источног и Западног поља. Након потврђених резерви А, Б, Ц₁ категорије, овај угљени басен може се сврстати у један од најперспективнијих у погледу количина и квалитета у Србији.

Басен рудника захвата терен површине од 30 km². На слици 5.3 дат је приказ граница експлоатационог поља рудника „Штаваљ“.



Слика 5.3 – Граница експлоатационог поља РМУ „Штаваљ“ [10]










Угаљ из лежишта „Централног поље“ је тамно мрке боје. Прелом му је шкољкаст и не размазује се рукама. Макроскопске опсервације и микроскопска испитивања указују на хетерогеност структуре и јасно изражену слојевитост. Структура угља је тракаста, а само делимично зрнаста и сочиваста. Угаљ у лежишту показује особину компактности и жилавости. Под утицајем атмосфере и транспортовања уситњава се, посебно ако је дуже време изложен утицају атмосфере. На ваздуху угаљ брзо губи грубу влагу.

Приказ средњих параметара квалитета дат је у табели 5.2.

Табела 5.2 – Средње вредности параметара квалитета угља

Влага %	Пепео %	S, %			кокс %	C _{-fix} %	Испарљиво %	Сагорљиво %	GTE kJ/kg	DTE kJ/kg
		укупни	пепео	сагор.						
24,51	11,62	0,98	0,72	0,25	42,28	35,21	41,69	72,65	20,866	15,394

У неогеној серији Сјеничког басена развијен је један експлоатабилни угљени слој, сложеног литолошког састава. Угљени слој је ретко хомоген. Као јалови прослојци јављају се углавном угљевити лапорац, ређе глина, угљевита глина и пешчар. Карактеристична су два прослојка јаловине дебљине 0,5-2,5 м којим је угљени слој подељен на подински, средњи и кровински део. Дебљина угљеног слоја са јаловим прослојцима најчешће је 10-16 м. Просечна дебљина угљеног слоја са јаловином износи 11,1 м, без јаловине, чист угаљ 9,1 м. Средњи садржај јаловине у угљеном слоју износи 16,2 %. (Слика 5.4)

	<i>1,50-6,70м</i>	<i>Кровински део слоја</i>
	<i>0,30-3,60м</i>	<i>Угљевити лапорац</i>
	<i>1,4-5,00м</i>	<i>Средњи део слоја</i>
		
		
	<i>0,20-3,00м</i>	<i>Угљевите глине</i>
	<i>1,00-6,7м</i>	<i>Подински део слоја</i>
		
		

Слика 5.4 – Карактеристични профил угљеног слоја [9]

С обзиром на веома мали садржај сумпора и других штетних компоненти угаљ из овог басена сматра се идеалним тврдим горивом са широким могућностима примене, у првом реду за потребе домаћинства и градских топлана, а затим за потребе индустрије и енергетике.

5.3. Радна средина јаме

У току извођења радова у јамским условима рудничке воде представљају један од најважнијих фактора који утичу на продуктивност рада при експлоатацији угља. Продор подземних вода може да доведе до потапања рудника. Јама „Штаваљ“ је више пута била потапана. Вода у јаму долази углавном из северног кречњачког залеђа (огранци планине Голије), преко великог броја раседа и пукотина. Са порастом отворености и дубине, као и са приближавањем кречњачком залеђу, прилив воде се повећава. Порозност стенских маса условила је издвајање следећих типова издани: збијени тип издани, пукотиниски тип издани, карсни тип издани, условно безводни терен.

У циљу нормалног одвијања подземних рударских радова и у циљу избегавања непредвиђених катастрофа, константно се врше хидрогеолошка истраживања и хидрогеолошка картирања јаме. На бази мерења отпадних вода (слика 5.5) у рудничком каналу долази се до информације да је средњи прилив вода у јамске просторије 4-6 m^3/min .



Слика 5.5 – Мерач протока отпадних вода

Одводњавање се врши преко низа стабилних центрифугалних пумпних постројења и мањих потапајућих пумпи са посредним и непосредним испумпавањем на површину.

Код израде просторија водосабирног система усвојен је лучни облик попречног пресека, а подграђивање се врши челичном лучном попустљивом подградом.

Испитивање физичко-механичких својства угља и пратећих стена вршено је на узорцима из истражних бушотина и рударских радова. Из анализа резултата лабораторијских испитивања изведени су следећи закључци:

- Угаљ припада групи тврних мрко-лигнитних угљева са повољним механичким својствима;
- Услојени кровински и подински компактни лапорци имају добре геомеханичке особине;
- Геомеханичка лошија својства имају глиновитије изломљене, растресите партије, подложне квашењу и бубрењу.

На основним узорцима испитане су још и чврстоћа на притисак (σ_p), чврстоћа на истезање (σ_z), чврстоћа на смицање (τ_z), угао унутрашњег трења (φ), модул еластичности тангентни (E_t), модул еластичности секантни (E_s) (табела 5.3).

Особине јамског ваздуха утврђене су досадашњим истраживањима дубинским бушењем и при јамској експлоатацији и нису запажене нити регистроване појаве штетних гасова (CH_4 , CO_2 и др.). На основу искуства и експлоатационих услова не треба очекивати појаву штетних гасова, изузев оних који настају услед оксидационих процеса и минирања. Лежиште „Централно поље“ - јама „Штавал“ је због тога увршћено у неметанско. На већим дубинама ипак треба редовно контролисати састав ваздуха [11].

На основу утврђеног природног индекса самозапаљивости и испитивање узорака наталожене угљене прашине у јами, може се закључити да угаљ показује велику склоност ка самозапаљивости, а угљена прашина при загревању представља извор опасности. Самозапаљивост у угљеном слоју је раније доводила до јамских пожара у деловима лежишта у близини старих радова.

Табела 5.3 – Резултати испитивања физишко-механичких особина

Испитна локација	Опис материјала	σ_p [МПа]	σ_z [МПа]	τ_z [МПа]	Φ [°]	E_t [МПа]	E_s [МПа]
Vp-2 узорак-1	Подински део слоја	19,68	1,33	2,7	60	1812,50	1590,90
Раск. VP- 2/1 TN-2 узорак 2	Средишњи део слоја	17,27	1,73	2,7	55	1666,66	827,31
TN-2 узорак 3	Подински део слоја	20,60	1,87	3,0	57	1016,95	965,71
TN-2 узорак 4	Лапорац контактни део	14,83	1,28	2,2	58	1800,00	1607,84
TN-2 узорак 5	Подински део слоја	9,73	1,15	1,7	51	1710,52	1476,19
TN-2 узорак 6	Подински део слоја	11,68	1,11	1,8	55	1935,48	1409,10
TN-2 узорак 7	Подински део слоја	13,40	0,79	1,7	61	967,74	933,33

6. ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА БУШАЧКО-МИНЕРСКИМ РАДОВИМА

6.1. Методологија и резултати прорачуна бушачко- минерских радова ИЗБОР ОБЛИКА И ДИМЕНЗИЈА ПОПРЕЧНОГ ПРЕСЕКА ПРОСТОРИЈЕ

Облик попречног пресека просторије у зависности је од више фактора, а то су: физичко-механичке особине стенског материјала, величина попречног пресека која је условљена њеном наменом и техничко сигурносним прописима, значаја и век трајања просторије. Приликом избора облика попречног пресека и димензионисања подграде узети су у обзир већ наведени фактори као и будућа намена просторија.

Уважавајући све наведене захтеве пројектоване јамске просторије TVH-1, TVH-2, TVH-3, TVH-4, TVH-5, TVH-6, TVH-7, TVH-8, TVH-9, TVH-10, TVH-11 и TVH-12 израђиваће се у засвођеном и правоугаоном облику висине 4 m, и ширине 3,02 m, светлог попречног пресека 9.16 m². Пројектоване вентилационе везе VV израђиваће се у засвођеном облику попречног пресека.

Изабрани облик попречног пресека просторија обезбеђује најбоље искоришћење профила са аспекта пројектоване намене и сигурности.

ИЗБОР ОПРЕМЕ ЗА БУШЕЊЕ И ПРОРАЧУН РАДОВА НА БУШЕЊУ

С` обзиром на физичко-механичке карактеристике радне средине (табела 6.1) израда ходника вршиће се методом бушачко-минерског рада, а за бушење ће се користити ручни бушаћи чекић VK-30 карактеристика датих у табели 2.2.

За придржавање чекића у раду и задавање потребне силе притиска на чело бушотине, користиће се пнеуматски ослонац типа RVN 53-100 техничких карактеристика датих у табели 6.2.

Табела 6.1 – Физичко механичке карактеристике радне средине

Улазни подаци за радну средину и просторију	Ознака	Вредност	Јединица
Светла ширина оквира	Bs	4	m
Светла висина оквира	Hs	3,02	m
Светла површина оквира	Ss	9,16	m ²
Радна средина	Угаљ		
Запреминска маса материјала радне средине	γ	12,93	kN/m ³
Угао унутрашњег трења материјала радне средине	ϕ	33,93	°
Коефицијент чврстоће радне средине	f	2,6	
Угао пада просторије	α	0	°

Табела 6.2 – Техничке карактеристике бушаћег чекића и пнеуматског ослонаца

БУШАЋИ ЊЕКИЋ		Вредност
Врста чекића	VK-30	
Маса чекића	m_c	30
Број удара у минути	n	3000
Број обртаја у минути	N	320
Потрошња комп. ваздуха	V	4.5
ПНЕУМАТСКИ ОСЛОНАЦ		
Маса ослонаца	m_o	9
Минимална висина ослонаца	h_{min}	1036
Максимална висина ослонаца	h_{max}	1840

ИЗБОР ДУЖИНЕ БУШОТИНЕ

Дужина минске бушотине одређује се као функција ширине просторије и износи:

$$l_b = k \cdot B [m] = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ m}$$

k – коефицијент који зависи од врсте залоба (централно пирамидални) и износи 0,5 m

ПРОРАЧУН БРОЈА МИНСКИХ БУШОТИНА

Прорачун броја минских бушотина врши се по предлогу Протођаконова:

$$N = 2.7 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \sqrt{f \cdot S_{ISK}}$$

Где је:

k_1 – корекциони коефицијент који зависи од пречника патроне (d),

d – пречник патроне, (32 mm),

k_2 – коефицијент који зависи од врсте експлозива,

A_x – радна способност претпостављеног експлозива, амонал обични (365 cm^3)

$$k_1 = \frac{1000}{d^2} = \frac{1000}{32^2} = 0.976 \approx 1.0$$

$$k_2 = \frac{480}{A_x} = \frac{480}{365} = 1.32$$

$$N = 2.7 \cdot 1 \cdot 1.32 \cdot \sqrt{2.6 \cdot 9.16} = 17.39 \text{ Усвајамо } N = 18 \text{ бушотина}$$

ИЗБОР ВРСТЕ ЗАЛОМА

С обзиром на карактер радне средине и величину профила примениће се централно пирамидални залом код којег је однос између заломних (а), помоћних (b), и периферних (c) бушотина једнак:

$$a : b : c = 1 : 1 : 3$$

- број заломних мина:

$$n_{zal} = \frac{a \cdot N}{a + b + c} = \frac{1 \cdot 18}{1 + 1 + 3} = 3.6$$

- број помоћних бушотина:

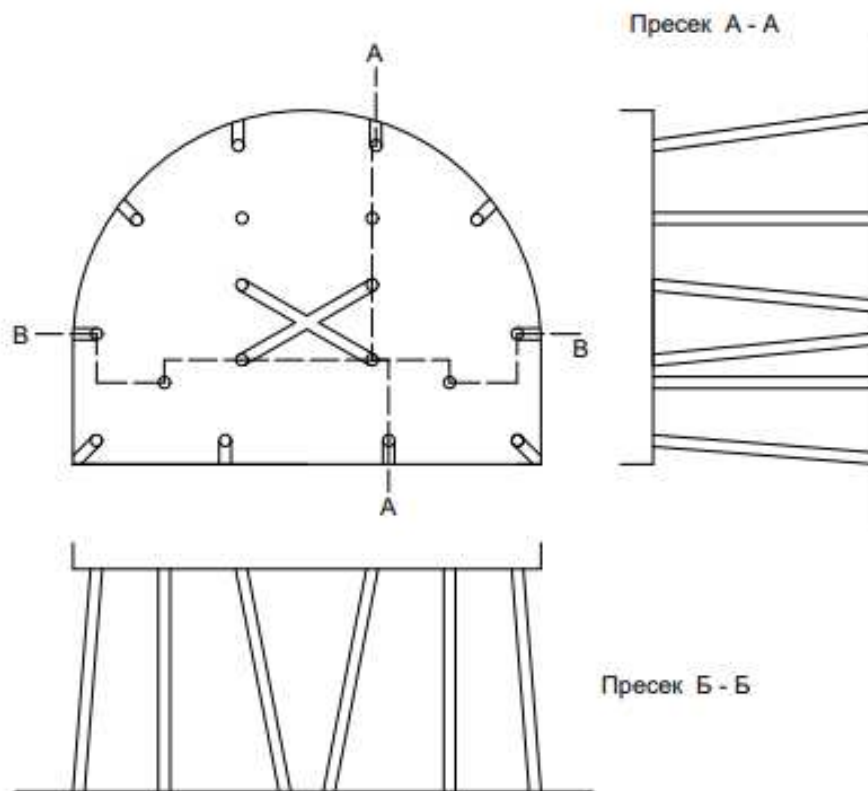
$$n_{pom} = \frac{b \cdot N}{a + b + c} = \frac{1 \cdot 18}{1 + 1 + 3} = 3.6$$

- број периферних бушотина:

$$n_{preif} = \frac{c \cdot N}{a + b + c} = \frac{3 \cdot 18}{1 + 1 + 3} = 10.8$$

Са обзиром на избор залама усваја се следећи број минских бушотина:

- Број заломних бушотина $n_z = 4$
- Број помоћних бушотина $n_{pom} = 4$
- Број периферних бушотина $n_{per} = 10$



Слика 6.1 - Распоред минских бушотина

ПРОРАЧУН ВРЕМЕНА БУШЕЊА

Прорачун времена бушења врши се по обрасцу:

$$L = \sum_{i=1}^N l_i [m] = 18 \cdot 2 = 36 \text{ m}$$

$$T_b = \frac{L}{V} \cdot k [min] = \frac{36 \cdot 1.5}{0.35} = 154.28 \text{ min}$$

- l_i – дужина једне бушотине,
- L – укупна дужина бушотина,
- V – брзина бушења (усваја се $V = 0.35 \text{ m/min}$)
- k – коефицијент који се односи на губитак времена при бушењу (усваја се $k = 1.5$)

ИЗБОР ЕКСПЛОЗИВА

Оптимална врста експлозива бира се на основу акустичке импедансе (D).
Полазни подаци дати су у табели 6.3

$$D = \frac{\gamma_s \cdot C_{ps} \cdot k}{\gamma_e}$$

Табела 6.3 – Карактеристике експлозива

Параметар		Пример	
Врста експлозива		Амонал обични	
Густина експлозива	γ_e	1	kg/dm ³
Брзина подужних еластичних таласа кроз стену	C_{ps}	1500 ÷ 3200	m/sec
Густина стене	γ_s	1.80	t/m ³
Корекциони фактор	k	0.65 ÷ 0.80	

На основу прорачунате вредности брзине детонације усваја се експлозив следећих техничких карактеристика:

Табела 6.4 – Техничке карактеристике експлозива

Параметар	Пример	
Врста експлозива	Амонал обични	
Густина експлозива	1.0 ÷ 1.05	kg/dm ³
Брзина детонације	4200 ÷ 4300	m/sec
Пренос детонације	4 ÷ 8	cm
Трауцлова проба	360 ÷ 370	cm ³
Осетљивост на удар	4	kgm
Биланс кисеоника	0.59	%
Гасна запремина	978	lit/kg
Топлота експлозије	4122	kJ/kg
Температура експлозије	2483	⁰ C
Гасни фактор x 10 ³	420	kgm/kg
Специфични притисак	20.327	Pa/m ²

ПРОРАЧУН СПЕЦИФИЧНЕ ПОТРОШЊЕ ЕКСПЛОЗИВА

$$q = 0.4 \cdot \left(\sqrt{0.2 \cdot f} + \frac{1}{\sqrt{S_{ISK}}} \right)^2 \cdot k \cdot e \quad [kg/m^3]$$

- e – коефицијент који зависи од радне способности експлозива
- k – коефицијент који зависи од начина утовара одминираниог материјала (k = 1 за ручни утовар; k = 1.3 за рад са утоварним лопатама)

$$e = \frac{525}{A_x} = \frac{525}{365} = 1.44$$

Утовар одминираниог материјала обављаће се утоварним лопатама.

$$q = 0.4 \cdot \left(\sqrt{0.2 \cdot 2.6} + \frac{1}{\sqrt{9.16}} \right) \cdot 1.3 \cdot 1.44 = 0.79 \text{ kg/m}^3$$

ПОТРЕБНА КОЛИЧИНА ЕКСПЛОЗИВА ЗА ЈЕДНО МИНИРАЊЕ

$$Q = q \cdot V = q \cdot S_{ISK} \cdot l_b = 0.79 \cdot 9.16 \cdot 2 = 14.5 \text{ kg}$$

Где су:

- V – запремина стенског блока који разарамо
- S_{ISK} – ископна површина попречног пресека
- l_b – дужина бушотине
- q – специфична потрошња експлозива

Потребна количина експлозива за једну бушотину рачуна се по обрасцу:

$$Q_1 = \frac{Q}{N} [kg] = \frac{14.5}{18} = 0.80 \text{ kg}$$

Количина експлозива у заломним бушотинама повећава се за 10 % због стешњености и износи:

$$Q_2 = 1.1 \cdot Q_1 = 1.1 \cdot 0.80 = 0.89 \text{ kg усваја се } 0.90 \text{ kg}$$

Потребна количина за једно минирање износи:

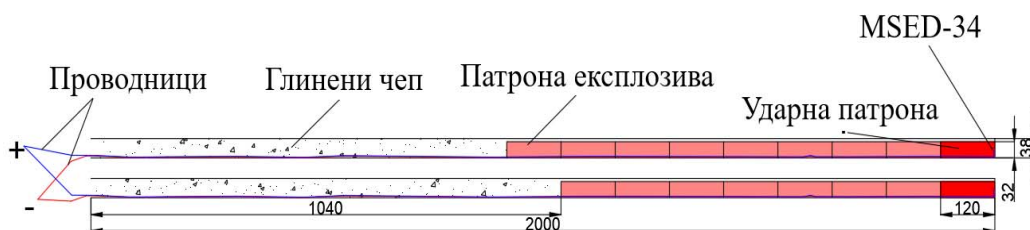
$$Q_p = n_2 \cdot Q_2 + (n_{pom} + n_{per}) \cdot Q_1 = 4 \cdot 0.90 + (4 + 10) \cdot 0.80 = 14.8 \text{ kg}$$

усваја се 14.8 kg

Количина експлозива по минским бушотинама:

- у заломним бушотинама $Q_z = 4 \cdot 0.90 \text{ kg}$
- у помоћним бушотинама $Q_{pom} = 4 \cdot 0.80 \text{ kg}$
- у периферним бушотинама $Q_{per} = 10 \cdot 0.80 \text{ kg}$
- УКУПНО $Q_p = 14.8 \text{ kg}$

За минирање ће се користити патроне експлозива од по 100 грама пречника $\phi=32$ mm и дужине патроне 120 mm. Остатак минске бушотине зачепиће се глиненим чепом. Ударна патрона опремиће се милисекундним електричним детонаторима MSED – 34, који ће се стављати на чело бушотине. Приказ минске бушотине може се видети на слици 6.2.



Слика 6.2 – Приказ минских бушотина: заломна (горе); помоћна и периферна (доле)

ПУЊЕЊЕ МИНСКИХ БУШОТИНА

Према нормативу за пуњење једне минске бушотине потребно је око 2.5 min. Код ручног пуњења што је случај код нашег прорачуна за пуњење једног комплекта минских бушотина потребно време износи:

$$t_p = N \cdot t_t [\text{min}] = 18 \cdot 2.5 = 45 \text{ min усваја се } 50 \text{ min}$$

ИЗБОР ОПРЕМЕ ЗА ПАЉЕЊЕ И ПРОРАЧУН МРЕЖЕ ЗА ПАЉЕЊЕ

За паљење мина предвиђени су милисекундни електрични упаљачи са интервалом успорења од 34 ms и ознаком MSЕD – 34. Електрични отпор ових упаљача је $r_u=1.8 \Omega$, а гарантована струја паљења је $I_g=1.2 \text{ A}$. Упаљачи ће бити повезани серијски (редно), а иницирање ће се вршити кондензаторском машином за паљење типа ТКУ – 750. Према врсти заломе, распореду минских бушотина за једно минирање биће потребна следећа количина електричних детонатора:

Табела 6.5 – Количина електричних детонатора

Серија	Количина упаљача
Упаљач са бројем 0	4
Упаљач са бројем 1	2
Упаљач са бројем 2	2
Упаљач са бројем 3	6
Упаљач са бројем 4	4
УКУПНО:	18

ПРОРАЧУН ЕЛЕКТРИЧНЕ МРЕЖЕ

Прорачун електричне мреже врши се за безотказно паљење на основу гарантоване струје паљења I_g . Максимална дужина проводника за паљење износи $l = 400$ m, попречног пресека $S = 0.75$ mm². Обзиром да ће мрежа бити серијска отпор мреже износи:

$$R = N \cdot r_u + \frac{\rho \cdot 2 \cdot l}{S} [\Omega] = 18 \cdot 1.8 + \frac{0.0175 \cdot 2 \cdot 400}{0.75} = 51.06 \Omega$$

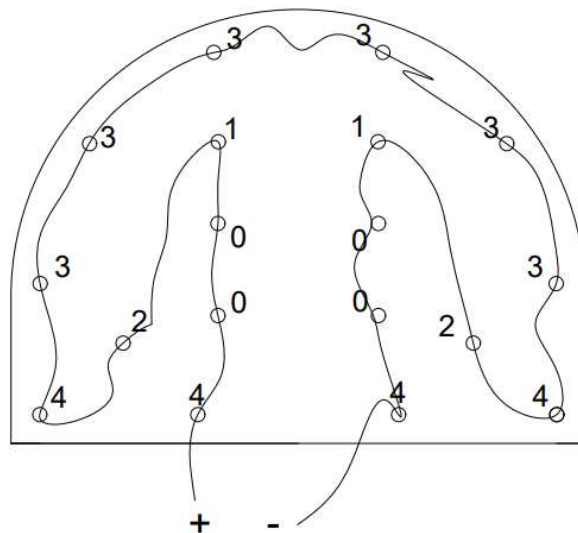
Где су:

- l – дужина проводника главног вода за паљење
- ρ – специфични отпор проводника $\rho = 0.0175$ $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$,
- U – Напон на машини за паљење $U = 750$ V .

Струја која протиче кроз коло рачуна се по обрасцу:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{750}{49.27} = 15.22 > 2 \cdot 1.2 \text{ A}$$

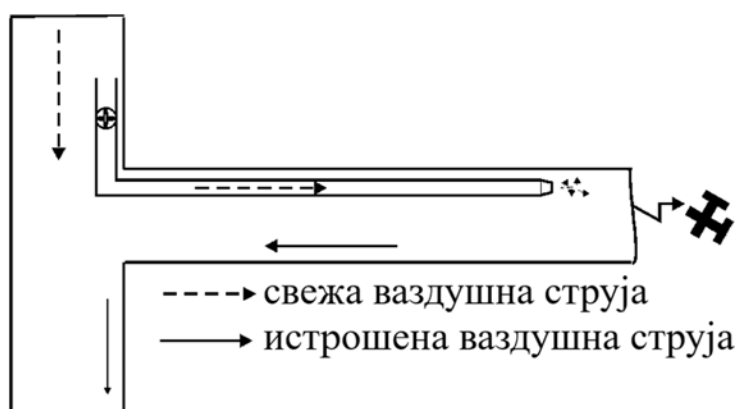
Коначно, шема везивања ће изгледати овако:



Слика 6.3 – Шема везивања електричних упалача са ознакама серија

ПРОВЕТРАВАЊЕ ХОДНИКА

Након прорачуна бушачко-минерских радова и извршења минирања долази до појаве великих количина штетних и загушљивих гасова који се морају проветрити да би се створили нормални услови за рад. Проветравање ходника у току израде вршиће се сепаратно и компресионим начином помоћу цевних вентилатора и флексибилних цеви. Цеви ће се помоћу металних кука качити о бок ходника. Шема проветравања дата је на слици 6.4.



Слика 6.4 – Шема проветравања за време израде

Потребна количина ваздуха коју треба довести на чело радилишта износи:

$$Q = \frac{13.5}{t} \sqrt{Q_p \cdot S_{sl} \cdot \left(15 + \frac{Q_p}{5}\right)} \quad [m^3/min]$$

Где су:

- t - време потребно за проветравање, усваја се $t = 30 \text{ min}$,
- Q_p – количина једновремене потрошње експлозива,
- S_{sl} – површина попречног пресека просторије.

$$Q = \frac{13.5}{t} \sqrt{Q_p \cdot S_{sl} \cdot \left(15 + \frac{Q_p}{5}\right)} \quad [m^3/min] = \frac{13.5}{30} \cdot \sqrt{15 \cdot 9.16} \cdot \left(15 + \frac{15}{5}\right) = 94.94 \text{ m}^3/\text{min}$$

УТОВАР

Утовар одминираниог материјала обављаће се помоћу утоварне лопате. Карактеристике утоварне лопате дате су у табели 6.6

Табела 6.6 – карактеристике утоварне лопате

Параметар		Пример	
Тип утоварне лопате		РМ-2	
Запремина кашике	V_k	0.14	m^3
Дужина	l	2675	mm
Ширина	b	1425	mm
Висина	h	1600	mm

Време потребно за утовар:

$$T = T_1 + T_2 \quad [h]$$

$$T_1 = \frac{Q}{A} \quad [h]$$

$$Q = S_{ISK} \cdot l_b \cdot \eta \cdot r \quad [m^3]$$

$$\eta = \frac{l_b - 1}{l_b}$$

$$A = \frac{3600 \cdot V_v \cdot k}{\frac{V_v \cdot k}{k_p \cdot V_n} \cdot t_c + \frac{2 \cdot L}{V_a} + t'} \quad [m^3/min]$$

Где су:

- T_1 – време чистог утовара,
- T_2 – губици око припремања и уклањања машине, (30 min)
- A – капацитет утоварне машине,
- Q – количина одминираниог материјала,
- η - коеф. искоришћења минских бушотина, усвајамо $\eta = 0.9$,
- l_b – дужина бушотине,

- l – дужина неискоришћеног дела бушотине,
- r – коеф. растреситости
- V_v – запремина вагонета,
- V_n – запремина утоварне лопате,
- k_p – коеф. попуњености кашике, ($k_p = 0.8$),
- k – коеф. попуњености вагона ($k = 0.9$),
- t_c – трајање утоварног циклуса, ($t_c = 20$ s),
- t' – време манервисања вагонета ($t' = 30$ s),
- V_a – брзина отпреме вагонета (ручно од 0.8-1 m/s, локомотивски од 1.5-2 m/s)
- L – растојање између утоварног и истоварног места, $L = 50$ m

$$A = \frac{3600 \cdot V_v \cdot k}{\frac{V_v \cdot k}{k_p \cdot V_n} \cdot t_c + \frac{2 \cdot L}{V_a} + t'} = \frac{3600 \cdot 1.1 \cdot 0.9}{\frac{1.1 \cdot 0.9}{0.8 \cdot 0.14} \cdot 20 + \frac{2 \cdot 50}{0.9} + 30} = 11.21 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$Q = S_{ISK} \cdot l_b \cdot \eta \cdot r = 9.16 \cdot 2 \cdot 0.9 \cdot 1.4 = 23.1 \text{ m}$$

$$Q = \frac{Q}{A} = \frac{23.1}{11.21} = 2.06 \text{ h}$$

$$T = T_1 + T_2 = 2.06 + 0.5 = 2.56 \text{ [h]}$$

ПОДГРАЂИВАЊЕ

За подграђивање јамских просторија, односно транспортно-вентилационих ходника TVH-1, TVH-2, TVH-3, TVH-4, TVH-5, TVH-6, TVH-7, TVH-8, TVH-9, TVH-10, TVH-11 и TVH-12, које се израђују у засвођеном и правоугаоном облику попречног пресека, усваја се челична лучна попустљива подграда, светле површине попречног пресека $S_s = 9,16 \text{ m}^2$ и подграда са фрикционим (хидрауличним) ступцима и универзалним чланкастим челичним гредама или класичним носачима од профила K24, светлих димензија попречног пресека $4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ (слика 6.5).

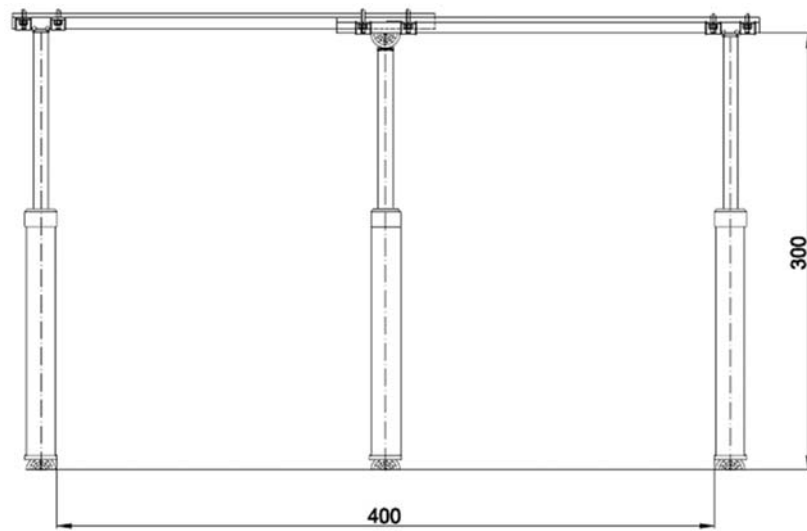
Последњих 50 m просторије подграђиваће се хидрауличним (фрикционим) ступцима и универзалним чланкастим челичним гредама или класичним носачима од профила K24.

Табела 6.7 – Резултати прорачуна челичне лучне подграде светле површине попречног пресека 9.16 m^2 у радној средини угаљ

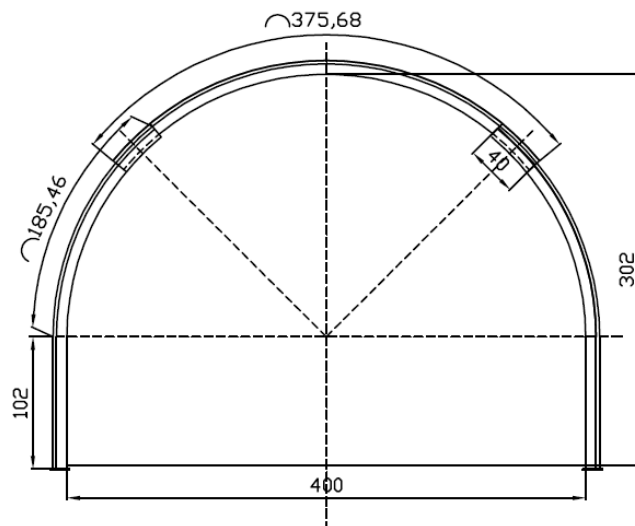
Улазни подаци за одабрани челични профил	Ознака	Вредност	Јединица
Тип профила	K24		
Дозвољено напрезање на савијање	σ_{doz}	60	kN/cm ²
Отпорни момент челичног профила	W	77	cm ³
Површина попречног пресека челичног профила	Fp	30,14	cm ²
Висина челичног профила	Hp	107	mm
Коефицијент услова рада подграде (0,7-0,9)	k	0,8	
Маса једног метра профила	Gp	23,65	kg
Прорачун оптерећења на подграду			
Половина ширине просторије у ископу	a	2,157	m
Висина просторије у ископу	h	3,18	m
Половина ширине свода зарушавања	a1	3,85	m
Висина свода зарушавања	h1	1,48	m
Притисак из крова просторије	Pv	98,22	kN/m
Притисак из бока просторије	Pb	35,74	kN/m
Статички прорачун подграде			
Прорачун за пресек	β	90	°
Максимални момент савијања	Mmax	13,40	kNm
Нормална сила у пресеку за Mmax	Nm	49,11	kN
Аксијална сила у пресеку за Mmax	Qm	0,00	kN
Растојање подградних оквира			
Напрезање у подгради износи	σ_i	23,78	kN/cm ²
Растојање оквира по прорачуну	l	2,52	m
Усвојено растојање оквира	l	1,0	m

Усвојено растојање подградних оквира $l = 1,0 \text{ m}$. У случају промене рударско-геолошких услова током израде просторије ово растојање треба прилагодити стварним потребама.

Челична лучна подграда са потребним димензијама приказана је на слици 6.6.



Слика 6.5 – Челична подграда од фриксионих ступаца и челичних носача К-24



Слободна површина	В	Н	Преклоп
m ²	cm	cm	cm
9,16	400	302	40

Слика 6.6 – Челична лучна подграда са потребним димензијама

7. ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ ЈАМСКИХ ПРОСТОРИЈА КОМБИНОВАНОМ МАШИНОМ

Механизована израда рударских просторија заснована је на примени комбинованих машина за израду рударских јамских просторија, односно машина које врше ископ, утовар и транспорт ископине до инсталираног система транспорта јаме којим се ископина даље транспортује ван јаме.

При изради јамских просторија применом комбиноване машине у односу на бушачко-минерске радове имају следеће предности:

- машинском израдом јамских просторија постиже се већи учинак и боља поузданост,
- једноставно је руковање и одржавање машине,
- израда профила може се остварити прецизно у траженој величини и облику, чиме се избегава повећано залагање или остављање празних простора,
- сигурност рада на припремању се у целости побољшава, а сам рад се у значајној мери хуманизује, нарочито у фазама рада који данас представљају категорију најтежих физичких послова у рудницима,
- осим просторија отварања и разраде могуће је и оправдано вршити израду просторија уже припреме, чиме се постиже потпуније кориштење машина за израду просторија у току читавог века њихове експлоатације,
- напоран физички рад на бушењу, минирању и утовару је избегнут, а рад на подграђивању је олакшан,
- повећава се динамика израде просторија што директно утиче на повећање производње и продуктивности,
- смањује се производна цена просторије по јединици дужине,
- смањује се број активних радилишта, а самим тим и број потребних радника за послове отварања и припремања,

- елиминише се рад са опасним експлозивним средствима као и манипулација са истим, што у условима метанских јама представља елиминацију једне од потенцијалних опасности и,
- машинском израдом јамских просторија елиминишу се негативни ефекти минирања који утичу на стабилност зоне извођења радова.

Механизовање фаза рада на изради просторија не представља посебан проблем, јер у свету постоје задовољавајућа решења која обезбеђују економичан рад и при нашим условима.

Има различитих типова машина више светских произвођача али све оне имају неке заједничке карактеристике које ће бити наведене.

Учинак резања и добијања зависи од услова у којима машина ради тако да може износити 20 до 80 m³ материјала стенске масе на радни сат. Са једног места могу се резати различити профили (кружни, трапезни или лучни). Употребом додатних уређаја може се повећати висина резања, док израда просторија по ширини није ограничена јер се машина лако може премештати по ширини.

Чврста и компактна изведба машине одговара техничким захтевима рада у рудницима. Конструкција машине изведена је тако да се машина може брзо раставити у саставне делове који се могу лако транспортовати. Машине за израду подземних просторија, претежно раде на принципу резања у појасевима, чиме је омогућена израда попречних профила различитог облика и величине, могу да раде различите профиле подземних просторија: кружни и лучни; трапезни и правоугаони. Величина профила резања зависе од карактеристика машине, односно димензија радног уређаја, дужине стреле, максималне висине резања, и максималног угла закретања стреле. Захваљујући веома мирном раду при резању, као и могућност контроле рада, са овим машинама се постиже веома висока тачност израде жељеног профила, тако да одступања од пројектованог ископног профила и нема, што има утицаја на рационалнији и економичнији рад.

Машина се састоји од једног радног органа на чијем крају се налази глава за резање која се помоћу хидрауличног система може померати у свим правцима. Орган за резање састоји се од мотора са директно спојеним редуктором који служи за покретање резне главе. Резна глава је снабдевена са 31 комадом тангенцијалних или радијалних ножева, која се помоћу хидрауличног уређаја помера у различите положаје. Ножеви су округлог пресека са уметнутим врховима од тврдог метала. Помоћу уређаја за окретање врши се вођење органа за вертикално кретање са два хидраулична цилиндра, која су постављена симетрично према средини. Хоризонтално кретање врши се помоћу доњег цилиндра смештеног на куполи. На овом делу налазе се рефлектори који прате све покрете главе за резање, тако да се на тај начин постиже осветљење радног простора.

Уређај за утовар састоји се из плуга који се може хидраулично подизати, односно подешавати по висини, а на којем се налазе грабуље за утовар. Погон се врши одговарајућом осовином ланчаног транспортера. Ланчани транспортер састоји се од оквира који се може одвојити од уређаја за покретање, од ланаца са грабуљицама и од осовине за враћање ланца. Капацитет транспортера износи 150 m³/h с тим да се мора обезбедити посебан одвоз (међутранспортер). Погонске гусенице су причвршћене на обе стране оквира машине. Свака гусеница се може засебно кретати уз помоћ ручних команди. Погонски зупчаници гусеница се могу искључити тако да је могућа вуча („шлеповање“) машине. Затезање ланца гусенице врши се лако и са приступачног места.

Оквир машине је двоструки и служи за ношење свих саставних делова, робустан је и израђен је тако да машина има потребну стабилност. Спојеви између две половине оквира врло се лако демонтирају. У циљу лакшег утовара помоћу дизалица, делови су снабдевени одговарајућим карикама за причвршћење ужета дизалице.

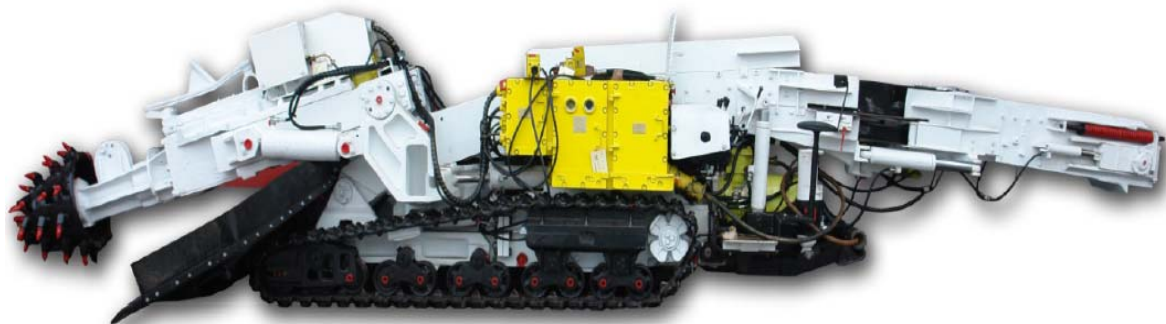
Електрични уређаји машине обухватају: све моторе, уклопне уређаје, рефлекторе и све каблове. Напајање се врши преко јамске електро мреже помоћу кабла за повлачење који се налази под сталним надзором.

Хидраулични уређаји састоје се од резервоара за уље са уграђеном клипном аксијалном пумпом, са уређајима за стављање у погон и са водовима који служе као веза са уређајима за померање, за дизање и спуштање радног органа са резном главом.

Повећање стабилности машине приликом фазе резања врши се упињањем помоћне хидрауличне стопе која се налази на задњем делу машине. Тиме се додатно учвршћује позиција ослонца међутранспортера.

7.1 Механизована израда просторија

Јамске просторије предвиђене за израду овим пројектом израђиваће се комбинованом машином 1GPKS (слика 7.1) са техничким карактеристикама (табела 7.1)



Слика 7.1 – машина 1GPKS

Табела 7.1 – Техничке карактеристике машине 1GPKS

Маса (t)	Дужина (mm)	Ширина (mm)	Висина (mm)	Ширина утовар. уређаја (mm)	Притисак на тло (N/cm ²)	Укупна снага (kW)	Снага мотора за резање (kW)	Напон електричног система
18	10.000	1.600	1.500	3.100	7,0	99	55	500 V/50 Hz

Основни параметри израде јамске просторије комбинованом машином 1GPKS су дати у табели 7.2.

Табела 7.2 – Основни параметри израде јамске просторије

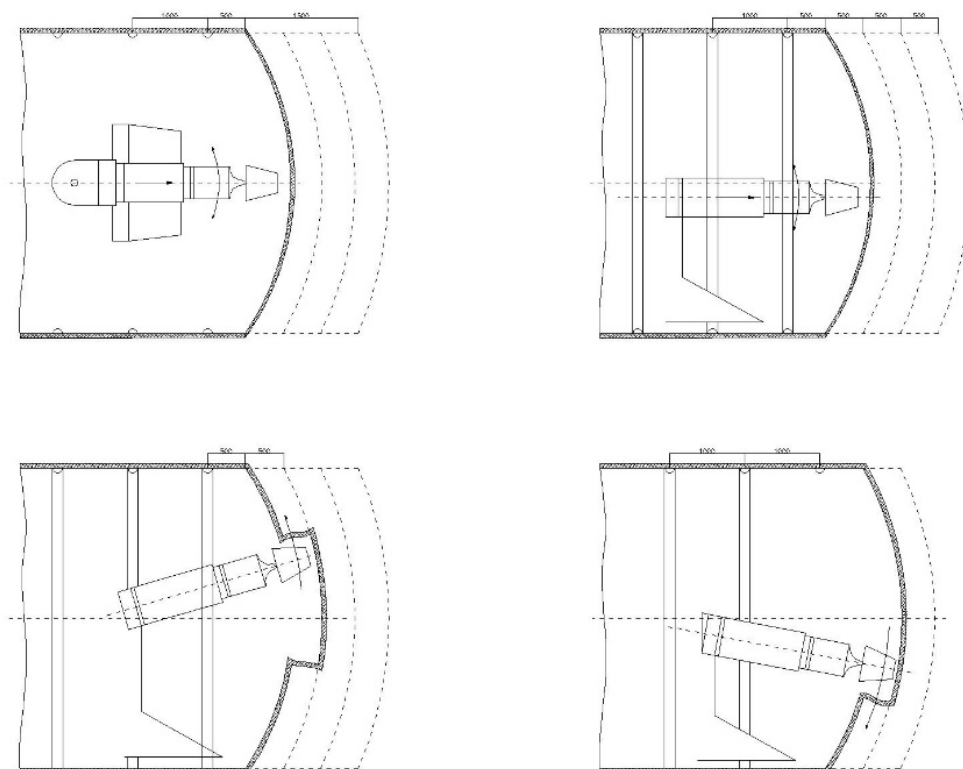
Димензије резања	
Висина (mm)	1.800÷3.600
Ширина (mm)	2.600÷4.700
Резање испод планума (mm)	120
Површина попречног пресека просторије (m ²)	4,7÷15
Резна глава	Aksijalna
Рад под нагибом (без ослањања машине)	± 10°, max. 25°
Горња гранична чврстоћа стене (МПа)	70

Технологија радова на изради јамских просторија комбинованом машином, одвија се циклично, понављањем три основне радне операције а те операције су:

- Радови на резању
- Радови на подграђивању
- Радови на продужењу транспортера

Основне фазе израде истовремено прате све остале операције, као утовар и одвоз ископине, допрема материјала, контрола израде просторија по правцу и висини и други могући радови. Паралелно са активностима на изради подземних просторија машином (у свим фазама), неопходно је омогућити правовремену допрему опреме и репроматеријала неопходних за рад на радилишту.

Машином се на челу радилишта, прво изврши хоризонтално засецање од око 500 мм дубине по целој ширини поречног пресека. После тога се радни орган вертикално помера дуж бочне границе профила за висину засека и изради се хоризонтални засек до друге бочне ивице. Овај поступак се понавља све док се не постигне жељена висина профила. На овај начин се изврши резање целог профила просторије за дубину засека од 0,5 m те се потом понови још један цео циклус резања – изради се још један засек од 0,5 m чиме је остварено резање, односно напредовање просторије од 1,0 m. Технолошки процес рада комбиноване машине у горе описаним фазама је приказан на слици 7.2.



Слика 7.2 – Израда профила подземне просторије машином по фазама

Када се изради један засек радни орган се диже навише дуж једног бока за ширину засека, после чега се помера хоризонтално до другог бока. Ова радња се понавља све док се не изради читаво чело радилишта. На овај начин обрађен је део чела радилишта изнад нивоа гусеница. После завршеног рада у горњем делу прелази се на рад у доњем делу (испод доње ивице засека и нивоа гусеница) на начин идентичан описаном. Паралелно са резањем врши се и одвоз ископине. Оборена ископина се захвата помоћу утоварног уређаја и пребацује на ланчани транспортер у машини, а са њиме даље до покретне траке или грабуљастог транспортера. Након ископа приступа се подграђивању јамске просторије.

Ово је први тип овакве механизоване опреме који је пуштен у рад у јами „Штаваљ“ и примена оваквог типа опреме се показала као добар избор јер се користи у комбинованом раду, тј. користи се и за израду просторије и за откопавање корисне минералне сировине. Спуштање саме машине извршено је из делова са viseћом једношинском жичаром.

8. АНАЛИЗА УЧИНАКА

Да би се задовољио ефекат израде просторија бушачко-минерским радовима потребно је приликом израде пројектованих просторија да ради радна група чија је квалификациона структура дата у табели 8.1.

Табела 8.1 - Приказ потребне радне снаге на немеханизованој изради просторија

Квалификација	У смени	На дан
Копач (КВ)	1	3
Помоћни копач (ПК)	1	3
Помоћни радник (НК)	2	6
Укупан број радника	4	12

Приликом израде просторија у лучном и кружном попречном пресеку методом бушачко-минерских радова, организација рада састојаће се из следећих радних операција:

- Долазак на радилиште,
- Преглед радилишта,
- Израда минских бушотина,
- Пуњење и паљење мина,
- Одмор и проветравање радилишта,
- Утовар,
- Осигуравање радилишта – подграђивање,
- Помоћне радне операције
- Одлазак са радилишта

Редослед извођења радних операција је устаљен, док је врста и време трајања различито за сваки конкретан случај. Наведена организација рада омогућава месечно напредовање од:

$$lmes = lsm \cdot Nsm \cdot Nrd \left(\frac{m}{mes} \right)$$

Где је:

- l_{sm} - сменско напредовање $l_{sm} = 1,0 \text{ m/sm.}$
- N_{sm} - број смена на дан $N_{sm} = 3 \text{ sm./dan}$
- N_{rd} - број радних дана у месецу $N_{rd} = 28 \text{ dan/mes.}$
- $l_{mes} = 1,0 \text{ m/sm.} \times 3 \text{ sm./dan} \times 28 \text{ dan/mes.} \cong 84,0 \text{ m/mes.}$

Према досадашњим искуствима рудника уз овакву организацију рада реално је могуће остварити месечно напредовање од 50 m, код израде нископно-ускопних просторија у радној средини угаљ.

На основу досадашњих искустава код нас и у свету, усвојено је да ће радну групу код израде просторија механизованим начином, применом комбиноване машине, сачињавати:

Табела 8.1 – Потребан број радника који чине радну групу при механизованој изради просторија

Квалификација	У смени	На дан
ВКВ радник – копач- руковаоц машине	1	3
КВ радник - копач	1	3
ПК радник – помоћник копача	1	3
НК радник – јамски возач	1	3
Укупно:	4	12

Овако састављена радна група има задатак да обавља све послове који су везани за израду просторија машином: резање, подграђивање, продужавање транспортера, допрему подграде и др.

Руковаоц машине је одговорно лице радилишта радне групе. Прима радилиште и машину од предходне смене и рукује машином. Са занатлијама врши преглед машине и евентуално мање оправке. За избијање профила машином на радилишту ради само руковаоц, док су сви остали радници запослени на допреми и примпреми подграде. По престанку рада машине, односно по избијеном профилу дужине од 1 м врши се подграђивање.

Организација рада на радилишту састојаће се из следећих радних операција:

Циклограм радних операција	Време (min)	1	2	3	4	5	6	7	8
Долазак на радилиште	45	■							
Преглед радилишта и машине	30		■						
Рад машине	70		■	■					
Одмор	30			■					
Рад машине на чишћењу радилишта	20			■					
Допрема репроматеријала	60				■	■			
Подграђивање	135					■	■	■	
Непредвиђени застоји	45							■	
Одлазак са радилишта	45								■

Слика 8.1 – Циклограм организације рада са радним операцијама

Упоредо са основним операцијама радна група која ради врши и одржавање машине у току смене, продужење транспортера, постављање вентилатора и продужење вентилационих цеви, цеви за воду и др.

Наведена организација рада омогућава месечно напредовање од:

$$l_{mes.} = l_{sm} \cdot N_{sm} \cdot N_{rd} \left(\frac{m}{mes} \right)$$

Где је:

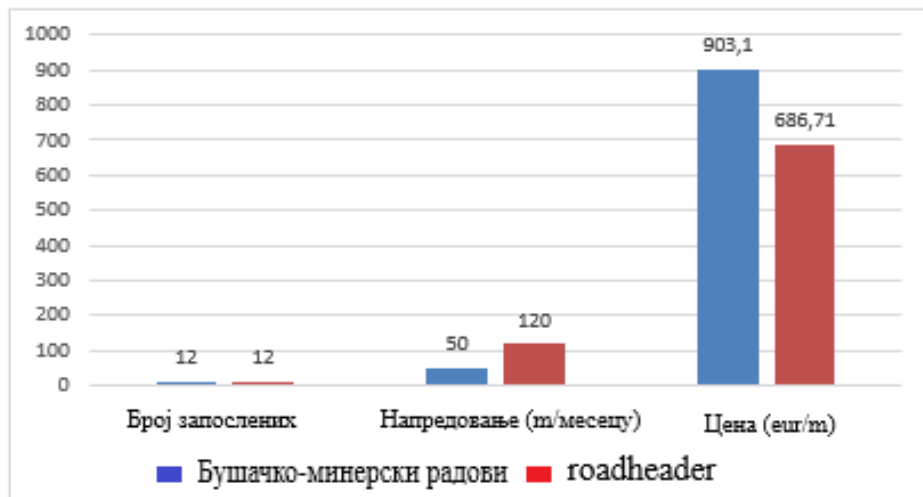
- l_{sm} - сменско напредовање $l_{sm} = 2,0 \text{ m/sm.}$
- N_{sm} - број смена на дан $N_{sm} = 3 \text{ sm./dan}$
- N_{rd} - број радних дана у месецу $N_{rd} = 28 \text{ dan/mes.}$
- $l_{mes.} = 2,0 \text{ m/sm.} \times 3 \text{ sm./dan} \times 28 \text{ dan/mes.} \cong 168 \text{ m/mes.}$ Усваја се 120 m/mes

На основу досадашњег искуства са радом комбинованих машина, под условом добре организованости и допреме репроматеријала, може се остварити предвиђено месечно напредовање.

Трошкови израде просторија бушачко-минерским радовима износе $903,1 \text{ €/m}$ док су трошкови механизованим начином израде $686,71 \text{ €/m}$. [6]

На основу овога можемо закључити да је потребан број радника који чине радну групу исти и при мехенаизованој и при немеханизованој изради просторија. Израда

механизованим начином је знатно ефикаснија у смислу напредовања радова. Цена метра просторије применом машинског начина израде је 24% нижа у односу на цену израде бушачко-минерским радовима. На слици 8.2 дат је приказ наведених параметара за обе две методе.



Слика 8.2. – Упоредна анализа метода израде подземних просторија

9. ЗАКЉУЧАК

Теоријски и практично, у овом дипломском раду обрађена је технологија израде јамских просторија. Провера теоријских поставки извршена је на примеру израде просторија слободне површине попречног пресека 9.16 m^2 у радној средини уагљ, у руднику мрког угља „Штаваљ“ код Сјенице.

На овом примеру применом потребних прорачуна радних операција при изради бушачко-минерским радовима и механизованим начином израде, а на основу података добијених лабораторијским истраживањима и подацима са терена, добијени су параметри и цена израде просторија.

Посебна пажња је посвећена упоредној анализи ефеката израде подземних просторија на примеру јаме „Штаваљ“, примењеним методама израде.

Упоредном анализом ефеката израде подземних просторија закључено је да је метода израде јамских просторија механизованим начином апсолутно оправдана у односу на методу израде бушачко-минерским радовима. Поред повећане сигурности и хуманизације рада и квалитативни и квантитативни показатељи то потврђују.

У оба случаја број ангажованих радника је исти, односно износи 12 радника по смени. Просечно месечно напредовање на изради просторија машинским путем је 120 метара. За исти период просечно напредовање на изради бушачко-минерским радовима износи 50 метара. Цена израде једног метра просторије, узимајући у обзир све трошкове, машинском израдом износи 686,71 €, у односу на цену израде немеханизованим поступком од 903,1 € по метру.

На основу свега наведеног предлаже се да се изврши анализа сличних лежишта у Србији и провери могућност примене механизованог начина израде просторија и процеса откопавања.

10. ЛИТЕРАТУРА

1. П. Јовановић., Израда јамских просторија, Београд: Рударско-геолошки факултет Београд, Ђушина 7, 1989.
2. Н. Видановић, Р. Токалић, Практикум из израде јамских просторија, Београд: Рударско-геолошки факултет Београд, Ђушина 7, 2011.
3. М. А. Коблишка, Општи рударски радови, Београд: Грађевинска књига, 1973.
4. „Minig and Rock Excavation products and mining equipment,“ Sandvik, 2022. [Na mreži]. Available: <https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/mechanical-cutting-equipment>. [Poslednji pristup June 2022].
5. „Википедија,“ [Na mreži]. Available: https://sr.wikipedia.org/wiki/Машина_за_пробијање_тунела [Poslednji pristup 2022].
6. „ЈП ПЕУ Ресавица: Штаваљ,“ 2022. [Na mreži]. Available: <https://www.jppeu.rs/stavalj.html>. [Poslednji pristup Јун 2022].
7. „Google maps,“ Google, June 2022. [Na mreži]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Rudnik+uglja+%C5%A0tavalj/@43.2595655,19.9705161,11z/data=!3m1!4b1> [Poslednji pristup June 2022].
8. П. Јовановић, Рударство на тлу Србије, Београд: Југословенска инжењерска академија, 2008.
9. М. Турковић, Д. Букумировић, Г. Радека, С. Мушовић: Потенцијалност и перспективност подземне експлоатације угља у Сјеничком угљеном басену, Бор: Институт за рударство и металургију Бор, 2012.
10. „ГеоСрбија,“ Јун 2022. [Na mreži]. Available: <https://geosrbija.rs/>. [Poslednji pristup Јун 2022].
11. М. Ивковић, Систематизација природно-геолошких услова експлоатације угља у подземним рудницама у Србији, Ресавица: Комитет за подземну експлоатацију минералних сировина-Ресавица, 2012.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Урош Лазић

Број индекса Р33-18

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

Технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ – Сјеница

- 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, 06.09. 2022. год.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента _____ Урош (Срђан) Лазић _____

Број индекса _____ Р33-18 _____

Студијски програм _____ Рударско инжењерство _____

Наслов рада _____ Технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ – Сјеница _____

Ментор _____ проф. др. Раде Токалић _____

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, _____ 06.09. 2022. год. _____

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

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

Технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ – Сјеница

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, 06.09. 2022. год.

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 _____ Урош (Срђан) Лазић _____,
(*име (име родитеља) презиме*)

бр. индекса Р33 / 18 предао/ла електронску верзију завршног рада на
основним/мастер академским студијама под насловом:

Технологија израде јамских просторија у РМУ „Штаваљ“ – Сјеница

који је урађен под менторством Др. Раде Токалић, редовни
професор _____

(*име, презиме и звање*)

за Дигитални репозиторијум завршних радова РГФ-а.

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

У Београду, 06.09.2022. год

Библиотекар
