



PRIVREDNO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU, INŽENJERING, PROJEKTOVANJE I MARKETING
TERRAGOLD&Co doo, Teodora Draljzera 11L, 11000 BEOGRAD

PIB 104808941 ■ Matični broj 20245824 ■ TR 330-4005436-44 ■ WWW.TERRAGOLD.CO.RS

GLAVNI RUDARSKI PROJEKAT EKSPLOATACIJE KREČNJAKA KAO SIROVINE ZA TEHNIČKO GRAĐEVINSKI KAMEN U LEŽIŠTU "CRVENE STENE", SELO BUDIŠIĆ KOD MALOG ZVORNIKA

- I Z V O D -

INVESTITOR
"SIKI EXPORT" DOO MALI ZVORNIK

Beograd, avgust 2021. godine



Tel/fax +381-11-3474-806
office@terrargold.co.rs
www.serbiamining.rs



PRIVREDNO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU, INŽENJERING, PROJEKTOVANJE I MARKETING
TERRAGOLD&Co doo, Teodora Drajzera 11L, 11000 BEOGRAD

PIB 104808941 ■ Matični broj 20245824 ■ TR 330-4005436-44 ■ WWW.TERRAGOLD.CO.RS

GLAVNI RUDARSKI PROJEKAT EKSPLOATACIJE KREČNJAKA KAO SIROVINE ZA TEHNIČKO GRAĐEVINSKI KAMEN U LEŽIŠTU "CRVENE STENE", SELO BUDIŠIĆ KOD MALOG ZVORNIKA

I Z V O D

INVESTITOR

"SIKI EXPORT" DOO MALI ZVORNIK

MB 20316101

PIB 105120646

Svetosavska 37 a MALI ZVORNIK

Glavni projektant

Dragan Milošević, dipl. inž. rudarstva, broj uverenja 4626/R

Odgovorni projektanti

Dragan Pavlović, dipl. inž. rudarstva, broj uverenja 4075/R

Mirjana Milošević, dipl. ecc

Saradnici

Dr Branko Petrović, dipl. inž. rudarstva

Radomir Milićević, dipl. inž. geologije

Ivan Jovanović, mast. inž. rudarstva

Bojana Vasiljević, mast. inž. rudarstva

Milica Radeka, mast. inž. životne sredine

Bojan Đorđević, dipl. inž. građevine

Vladimir Selenić, dipl. inž. šumarstva

Marina Aćimović, dipl. geograf



Tel/fax +381-11-3474-806
office@terrargold.co.rs
www.serbiامينg.rs

SADRŽAJ

1.0. OPŠTI DEO	1
1.1. LOKACIJA LEŽIŠTA I EKSPLOATACIONOG POLJA	1
1.2. MORFOLOŠKO-HIDROLOŠKE I KLIMATSKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA.....	3
1.3. EKOLOŠKI FAKTORI	Error! Bookmark not defined.
2.0. GEOLOŠKI DEO.....	5
2.1. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ŠIREG PODRUČJA	5
2.2. GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA	6
2.3. OPIS LEŽIŠTA.....	8
2.4. GENEZA LEŽIŠTA	9
2.5. TEKTONIKA LEŽIŠTA.....	10
2.5.1. Elementi sklopa	10
2.5.2. Analiza elemenata sklopa	11
2.6. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA.....	13
2.7. INŽENJERSKO-GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA.....	15
2.8. FIZIČKO-MEHANIČKE KARAKTERISTIKE RADNE SREDINE	17
3.0. RUDARSKI DEO	20
3.1. KONCEPCIJA EKSPLOATACIJE I PRIPREME MINERALNIH SIROVINA.....	20
3.2. OBRAČUN I REBALANS MASA U OGRANIČENOM POVRŠINSKOM KOPU I ODLAGALIŠTU SA OTKOPNIM GUBICIMA I OSIROMAŠENJIMA.....	21
3.2.1. Geološke rezerve	21
3.2.2. Bilansne rezerve	22
3.2.3. Eksploatacione rezerve	22
3.2.4. Godišnji kapacitet proizvodnje i vek trajanja eksploatacije	22
3.3. TEHNIČKI OPIS TEHNOLOGIJE OTKOPAVANJA I ODLAGANJA OTKRIVKE	22
3.3.1. Količina otkrivke i zapremina odlagališta	Error! Bookmark not defined.
3.4. TEHNIČKI OPIS TEHNOLOGIJE OTKOPAVANJA KREČNJAKA	23
3.4.1. Bušačko-minerski radovi	23
3.4.1.1. Pregledni spisak parametara bušenja i miniranja	23
3.4.1.2. Usitnjavanje negabarita	24
3.4.1.3. Određivanje sigurnosnih rastojanja pri miniranju	24
3.5. OBARANJE ODMINIRANOG MATERIJALA NA OSNOVNU ETAŽU.....	28
3.6. UTOVAR ODMINIRANOG MATERIJALA	28

3.7.	TRANSPORT ODMINIRANOG MATERIJALA.....	28
3.8.	PRIPREMA MINERALNIH SIROVINA.....	29
3.9.	PRIPREMNI I POMOĆNI RADOVI.....	30
3.10.	TEHNIČKI OPIS ODVODNJAVANJA I ZAŠTITE OD PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA.....	30
3.10.1.	Zaštita površinskog kopa od površinskih i podzemnih voda.....	30
3.10.2.	Radna snaga	31
3.10.3.	Posebne mere zaštite.....	31
4.0.	TEHNIČKI OPIS SNABDEVANJA POGONSKOM ENERGIJOM, INDUSTRIJSKOM I PITKOM VODOM.....	31
4.1.	PODACI O VRSTI USVOJENE ENERGIJE.....	31
4.2.	PODACI O SNABDEVANJU ELEKTRIČNOM ENERGIJOM.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.	PODACI O IZVORIMA SNABDEVANJA I LOKACIJI OBJEKATA ZA SNABDEVANJE VODOM	31
4.4.	PODACI O SNABDEVANJU EKSPLOZIVOM.....	31
4.5.	PODACI O OBJEKTIMA ZA TRETIRANJE OTPADNIH MATERIJALA	31
4.6.	TEHNIČKI OPIS REMONTA I ODRŽAVANJA.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.	TEHNIČKI OPIS SIGNALIZACIJE I AUTOMATIZACIJE I SISTEMU VEZA	32
5.0.	REKULTIVACIJA	32
5.1.	TEHNIČKA REKULTIVACIJA	33
5.2.	BIOLOŠKA REKULTIVACIJA.....	33
5.2.1.	Tehnologija rada	34
5.2.2.	Starost sadnog materijala	36
5.2.3.	Kvalitet sadnog materijala	37
5.2.4.	Dinamika i vreme izvođenja radova	37
5.2.5.	Očekivani rezultati rekultivacionih radova	38

1.0. OPŠTI DEO

Privredno društvo "SIKI EXPORT" DOO iz Malog Zvornika duži niz godina se bavi poslovima u putogradnji od proizvodnje kamenih agregata za putogradnju, izradu kategorisanih i nekategorisanih puteva, koristeći pri tom sirovinu iz nekoliko kamenoloma koji se nalaze u zapadnoj Srbiji i Republici Srpskoj.

Privredno društvo trenutno raspolaže opremom i kvalifikovanim radnom snagom sa kojom može obavljati efikasnu eksploataciju na površinskim kopovima i prerađivati karbonatne stene u odgovarajuće frakcije kamenog agregata za proizvodnju betona, betonskih konstrukcija, putogradnju od tamponskih slojeva do asfaltnih mešavina i za izradu gornjih nosećih slojeva puteva sa malom srednjom i visokom frekvencijom saobraćaja.

U cilju obezbeđenja sirovinske baze za proizvodnju frakcionisane kamene sitneži koja se može koristiti za putogradnju i kao agregat za beton, istraženo je ležište krečnjaka "Crvene stene" u blizini Malog Zvornika u selu Budišić.

Na širem području Malog Zvornika, koje predstavlja jedno od ekonomski najinteresantnijih područja za plasiranje frakcionisane kamene sitneži za potrebe niskogradnje i visokogradnje, nalaze se opštine Zvornik, Bjeljina, Bratunac i Srebrenica u Republici Srpskoj kao i Ljubovija, Loznica, Šabac i Sremska Mitrovica u Srbiji, koje su deficitarne sa kvalitetnom sirovinom za tehničko građevinski kamen od karbonatnih stena.

Na izdvojenom području, na kome su obavljena istraživanja ležišta, je izdvojena jedna serija rekristalisalih krečnjaka, trijasko starosti, čija debljina varira od 80 – 150 metara. Ka severu, istoku i jugu na širem području lokaliteta "Crvene stene", preko trijaskih rekristalisalih krečnjaka navučeni su metamorfiti drinskog paleozoika.

Istraživano ležište na osnovu rasprostranjenja produktivne serije i utvrđenih kontura rezervi, pripada prvoj grupi i prvoj podgrupi ležišta građevinsko tehničkog kamena sa rezervama do 3.000.000 m³, shodno Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (Službeni list br. 53/79, članovi 189 do 191).

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja ležište krečnjaka "Crvene stene" u selu Budišić, profitabilno bi se eksploatisalo površinskim kopom brdskog tipa, gde bi donji eksploatacioni nivo zavisio od završnih kota istražnih radova u produktivnoj seriji rekristalisalih krečnjaka.

Imajući u vidu ekonomske pokazatelje, zatim potrebe građevinarstva i putogradnje, preduzeće "SIKI EXPORT" DOO iz Malog Zvornika odlučilo je da otpočne sa istraživanjem i eksploatacijom kamena kao sirovine za putogradnju i građevinarstvo. U tom cilju, posle izvršenih geoloških istraživanja i urađenog Elaborata o rezervama, pristupilo se izradi "Glavnog rudarskog projekta eksploatacije krečnjaka kao tehničkog građevinskog kamena na površinskom kopu "Crvene stene" selo Budišić, kod Malog Zvornika".

1.1. LOKACIJA LEŽIŠTA I EKSPLOATACIONOG POLJA

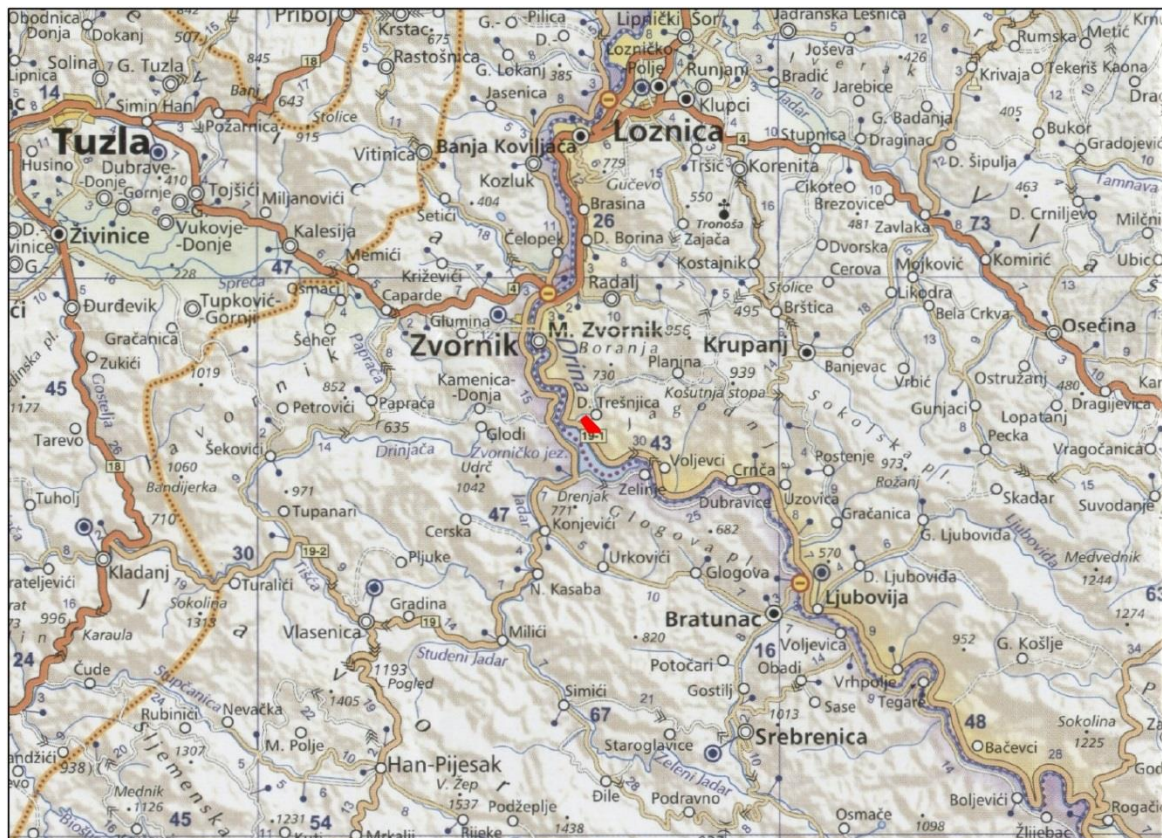
Istraživani deo terena, odnosno istraživano ležište krečnjaka se nalazi na zapadnim padinama planine Bobije, jugoistočno od Malog Zvornika, u selu Budišić na desnoj obali reke Drine, u blizini Zvorničkog jezera. Ležište pripada KO Budišić i opštini Mali Zvornik.

Istražno ležište se nalazi u lokalitetu Crvene stene istočno od drinske magistrale odnosno magistralnog puta Bajina Bašta-Ljubovija-Mali Zvornik-Loznica-Sremska Mitrovica. Ležište je se nalazi južno od Malog Zvornika na udaljenosti od oko 6 km. Ležište je povezano sa drinskom magistralom preko makadamskog puta u selu Budišić, dužine oko 1 km, kojim se izlazi na plato lokaliteta Crvene stene.

Od drinske magistrale na oko 3 km severno od Malog Zvornika nalazi se jedan od frekventnijih graničnih prelaza prema Zvorniku u Republici Srpskoj i Tuzli u Federaciji BiH.

Preko drinske magistrale, odnosno magistralnog Puta Bajina Bašta-Sremska Mitrovica, dužine oko 90km, ležište je povezano sa autoputem Ljubljana-Zagreb-Beograd, koji se dalje vezuje sa autoputem E-75.

Ležište je povezano preko ranžirne stanice u selu Donja Borina na drinskoj magistrali sa železničkom prugom Zvornik (Republika Srpska)-Loznica-Šabac-Ruma, gde postoji ukrštanje sa glavnom železničkom magistralom, Austrijska granica-Ljubljana-Zagreb-Ruma-Beograd-Niš-Sofija-Istanbul, odnosno Niš-Skoplje-Solun. Rastojanje od sela Budišić na drinskoj magistrali do Donje Borine iznosi oko 14 km.



Slika 1.1. Pregledna karta komunikacija sa obeleženim istražnim prostorom (1:600.000)

Naseljenost je na ovim prostorima vrlo neravnomerna, jer se stanovništvo uglavnom koncentriše u većim naseljima kao što su gradovi Zvornik, Mali Zvornik, Loznica i Ljubovija. U blizini istraživanog ležišta se nalazi nekoliko većih seoskih naselja kao što su Budišić (219 stanovnika), Trešnjica (575), Sakar (452) i Amajić (156).

Lokalno stanovništvo se uglavnom bavi poljoprivrednom proizvodnjom. Mali deo radno sposobnog stanovništva je zaposlen u građevinarstvu, prerađivačkoj industriji šumarstvu i trgovini. Zaposleni u prerađivačkoj industriji, građevinarstvu i trgovini uglavnom su vezani za veća naselja i gradove kao što je Mali Zvornik, Zvornik i Loznica.

Istraživano ležište nalazi se u opštini Mali Zvornik a katastarski pripada opštini KO Budišić.

U narednoj tabeli date su koordinate prelomnih tačaka eksploatacionog polja „Crvene stene”.

Tabela 1.1.

Koordinate prelomnih tačaka eksploatacionog polja		
Tačka	X	Y
T ₁	4 912 625	7 352 050
T ₂	4 912 625	7 352 300
T ₃	4 912 555	7 352 350
T ₄	4 912 325	7 352 350
T ₅	4 912 185	7 352 160
T ₆	4 912 185	7 351 980
T ₇	4 912 325	7 351 850
T ₈	4 912 425	7 351 850

1.2. MORFOLOŠKO-HIDROLOŠKE I KLIMATSKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA

Šire područje ležišta u geomorfološkom smislu karakteriše planinski tip reljefa. Teren obuhvata zapadne padine planine Bobije. Relativne visinske razlike variraju od 200 do 570 metra.

U reljefu šireg područja istražnog prostora izdvajaju se planinski vrhovi: Crvene stene (370,47 m), „Lazin šanac“ (529) jugoistočno od ležišta, „Kameni šanac“ (591 m) severno od ležišta, „Kapela“ (598 m) i Lađa (730 m) severoistočno od ležišta.

Najniža kota terena se nalazi u aluvionu reke Drine i iznosi 161 m. Najviša kota terena u okviru istraživanog dela terena i ujedno istraživanog ležišta nalazi se na vrhu brda Crvene stene i iznosi 370,47 m. Relativna visinska razlika u okviru istraživanog dela terena iznosi oko 209 m.

Na širem području ležišta postoji veći broj izvora. Geološka građa i sklop terena uslovi su nastanak uglavnom pukotinskog tipa izdani. Pukotinski tip izdani formira se duž pokotinskih i rasednih zona u krečnjacima.

Najveći broj izvora javlja se na Kontaktu rekristalisalih krečnjaka i serije peščara, glinaca i metapeščara koja pripada donjem delu terigene serije nerasčlanjenog donjeg i srednjeg trijasa. Izdašnost ovih izvora varira tokom godine. Većina od njih ima stalni priliv ali neki i presuše tokom letnjih meseci.

Istraživano ležište se nalazi se istočno od doline i rečnog korita reke Drine, odnosno akumulacionog jezera na reci Drini. Šire područje lokaliteta Crvene stene predstavlja vododelnicu između stalnih vodotokova reke Plještenice i Boranjske reke. Pomenuti stalni vodotokovi koji sa svojim pritokama dreniraju šire područje ležišta formiraju dendritični tip drenažne mreže. Svi pomenuti stalni vodotokovi sa svojim pritokama se ulivaju u reku Drinu, odnosno u akumulaciono jezero na reci Drini. Drina kao desna pritoka reke Save pripada Crnomorskom slivu.

Šira okolina ležišta karakteriše se umereno kontinentalnom klimom sa relativno dosta padavina, toplim letima i relativno hladnim zimama.

Prema desetogodišnjem proseku, koji je kompiliran iz publikacija „Statistički godišnjak Srbije“ od 2010. do 2019. godine, prosečna godišnja količina padavina na meteorološkoj stanici koja se nalazi na Gučevu iznad Loznice, iznosi 935 mm sa dosta neravnomernom raspodelom padavina u toku godine. Ova referentna meteorološka stanica je najbliža istraživanom ležištu.

Maksimum padavina je u maju (129,7 mm), oktobru (112,5 mm) i novembru (110,4 mm). Minimum padavina po mesecima je u avgustu (24,9 mm), i martu (29,2 mm). Broj ukupnih dana sa snežnim padavinama u desetogodišnjem proseku kreće se od 17 dana do 62 dana.

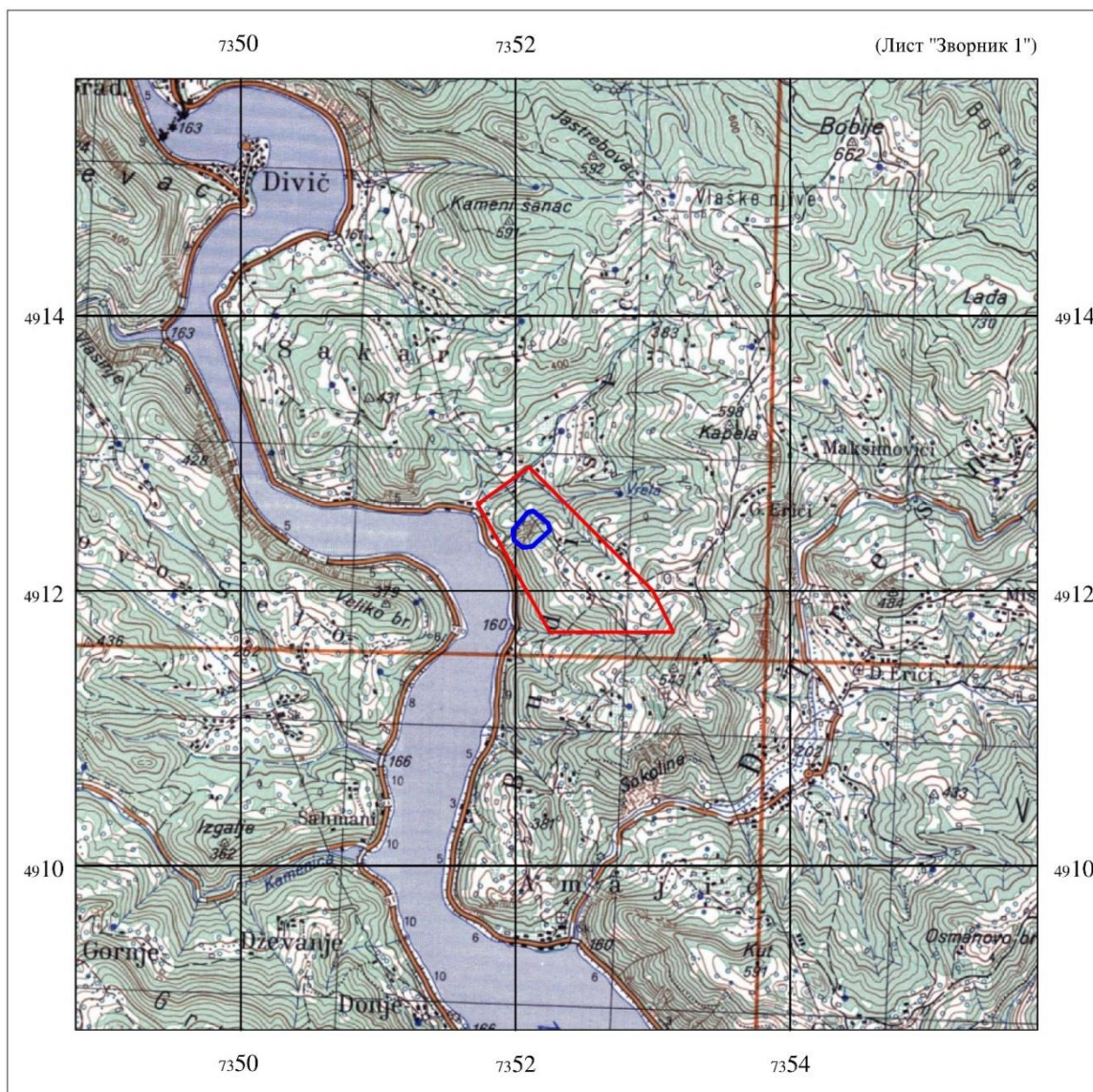
Istraživano područje ima pravilan tok prosečne mesečne temperature sa maksimumom u avgustu (24,8), minimumom u januaru (-2,2°) i februaru (-1,5°). Srednja godišnja temperatura u desetogodišnjem proseku iznosi 11,3°.

Apsolutna maksimalna temperatura iznosila je za posmatrani period 34,4° a apsolutna minimalna zabeležena temperatura iznosila je -16,2°. Amplituda je 50,6°.

Vlažnost vazduha je maksimalna u novembru i maju (80%-90%) a minimalna u julu i avgustu (55-65%), zbog male količine padavina i osetnog porasta temperature vazduha. Prosečan broj dana sa padavinama iznosi 172. Od toga je 125 kišnih dana. Prosečan broj dana u godini kada se formira snežni pokrivač iznosi 38 dana. Srednja vrednost vodenog taloga na godišnjem nivou iznosi 794,5 mm. Prosečan vazdušni pritisak ima vrednost od 991,7 hPa , dok je prosečna vlažnost vazduha tokom godine 72 %.

Od vetrova najveću učestalost ima vetar jugozapadnog pravca. Jačina vetra jugozapadnog pravca najčešće se nalazi u intervalu od 5 m/sec do 10 m/sec. Vetrovi koji duvaju sa severa su karakteristični za zimske mesece, posebno januar i februar.

Ovakvi klimatski uslovi ne utiče bitno na izvođenje rudarskih eksploatacionih radova tokom godine imajući u vidu da se ležište nalazi na znatnoj nižoj koti od merne satnice na Gučevu. Vremenski period kada se može očekivati da dođe do obustavljanja eksploatacije na površinskom kopu, moguć je tokom decembra, januara i februara meseca. Procenjuje se da se za izvođenje radova na eksploataciji i proizvodnji agregata krečnjaka može iskoristiti devet do deset meseci tokom godine.



Slika 1.2. Pregledna geografska karta šireg područja istražnog prostora (1:50.000)

2.0. GEOLOŠKI DEO

2.1. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ŠIREG PODRUČJA

Istraživano ležište, šire posmatrano, nalazi se u rekristalisanim krečnjacima nerasčlanjena terigene serije donjeg i srednjeg trijasa, koja je izdvojena u tumaču OGC, list Zvornik 1:100 000 kao „Zvornička serija“ (slika 2.1).

Najstarije tvorevine na širem području ležišta su predstavljene su metamorfitima paleozojske starosti, koji su izdvojene kao drinski paleozoik (Pz). Prema superpozicionim odnosima sa krečnjacima gornjeg karbona u zapadnoj Srbiji, metamorfiti bi mogli pripadati donjem i delom srednjem karbonu. Na širem području ležišta paleozojski metamorfiti su pretežno navučeni preko trijaskih sedimenata. Metamorfna serija drinskog paleozoika izgrađena je pretežno od filita, koji se smenjuju sa alevrolitskim škriljcima i metapeščarima.

U mineralnom sastavu filita dominira kvarc, muskovit i hlorit. Struktura filita je homeoblastična sa prelazima u heteroblastičnu. Tekstura je škriljava. Alevrolitski škriljci po mineralnom sastavu su slični filitima. Kvarc je znatno više zastupljen kod alevrolitskih škriljaca u odnosu na filite. U alevrolitskim matriksu prisutna je ugljevitografitična materija. Struktura i tekstura im je gotovo ista kao i kod filita. Metapeščari u odnosu na alevrolitske škriljce su znatno manje zastupljeni. Metapeščari su izgrađeni od kvarca, muskovita, sericita, feldspata, hlorita i podređeno karbonata. Feldspati su često potpuno transformisani u sericit i kvarc. Kao akcesorni sastojci konstatovani su epidot, turmalin, titanomagnetit i leukoksen. Znatno ređi su rutil i cirkon. Struktura je blastosamitska, a tekstura masivna do trakasta.

Diskordantno preko paleozojskih metamorfita leže terigeni sedimenti donjeg trijasa (T_1^1). Terigena serija donjeg trijasa izgrađena je od peščara sa kojima se smenjuju alevroliti karakteristične crvene boje i podređeno kvarcni konglomerati. Peščari odgovaraju subgrauvakama, delom prelaze i u kvarcne peščare. Peščari su mahom sitnozrni. Izgrađeni su od minerala kvarca, muskovita i podređeno feldspata. Vezivo je karbonatno. Od akcesornih minerala konstatovani su turmalin, cirkon, epidot i metalni minerali. Alevroliti su izgrađeni od kvarca, podređeno muskovita i feldspata. Matriks je glinovito-silicijski sa malo karbonata. Glinovita materija je rekristalaisala i većim delom pretvorena u kvarcno-sericitsku masu. Kvarcni konglomerati su po mineralnom sastavu slični peščarima. Konkordantno preko donjetrijaske serije leži sedimentna serija nerasčlanjenog donjeg i srednjeg trijasa ($T_{1,2}$). Počinje sa glinovitim škriljcima koji sigurno pripadaju donjem trijasu pa se preko kvarcita, metapeščara i peščara završava rekristalisanim krečnjacima, koji najverovatnije po starosti pripadaju srednjem trijasu. Ova serija nerasčlanjenog donjeg i srednjeg trijasa je izdvojena kao "Zvornička serija". Serija počinje sa kvarcitima, preko kojih konkordantno leže glinci ljubičaste i zelene boje, peščari i metapeščari smeđe do tamnosmeđe boje. u kojima se sreću proslojci slojevitih, kristalastih krečnjaka. Preko ovog dela serije leže pločasti krečnjaci koji prelaze u masivne rekristalisale krečnjake čija debljina varira od 150-200 metara. U ovim rekristalisanim krečnjacima nalazi se istraživano ležište.

Diskordantno preko rekristalisanih i bankovitih krečnjaka "Zvorničke serije" leže tvorevine jurske dijabaz-rožnačke formacije ($J_{2,3}$). U okviru dijabaz-rožnačke formacije najveće rasprostranjenje imaju sedimentni članovi. Sedimentni deo dijabaz-rožnačke formacije izgrađen je od peščara, rožnaca, glinca, podređeno krečnjaka i kvarcita. Od magmatskih članova dijabaz-rožnačke formacije izdvojeni su serpentiniti, odnosno serpentinisani peridotiti, gabrovi dijabazi i rodingiti. Uz kontakt sa granitima konstatovani su amfibolski škriljci.

Najveći serpentinitiski masiv izdvojen je severoistočno od istraživanog ležišta.

Serpentini su najčešće škriljavi i brečasti, ređe masivni. Pretežno su intezivno alterisani, gde su procesi karbonatizacije i silifikacije najčešći. Česti su i ostaci kore raspadanja u serpentinitima koji su predstavljeni sekundarnim karbonatima, silifikovanim serpentinitima, kalcedonom i opalom. Prisustvo bastita u serpentinitima ukazuje na serpentinizaciju harcburgitskih varijeteta peridotita.

Dijabazi ($\beta\beta$) su znatno manje zastupljeni u dijabaz-rožnačkoj formaciji u odnosu na serpentinisane peridotite, odnosno serpentinite. Izgrađeni su od plagioklasa i sekundarnog amfibola, monokliničnih piroksena, i ponegde olivina, zatim hlorita i akcesornog leukoksena.

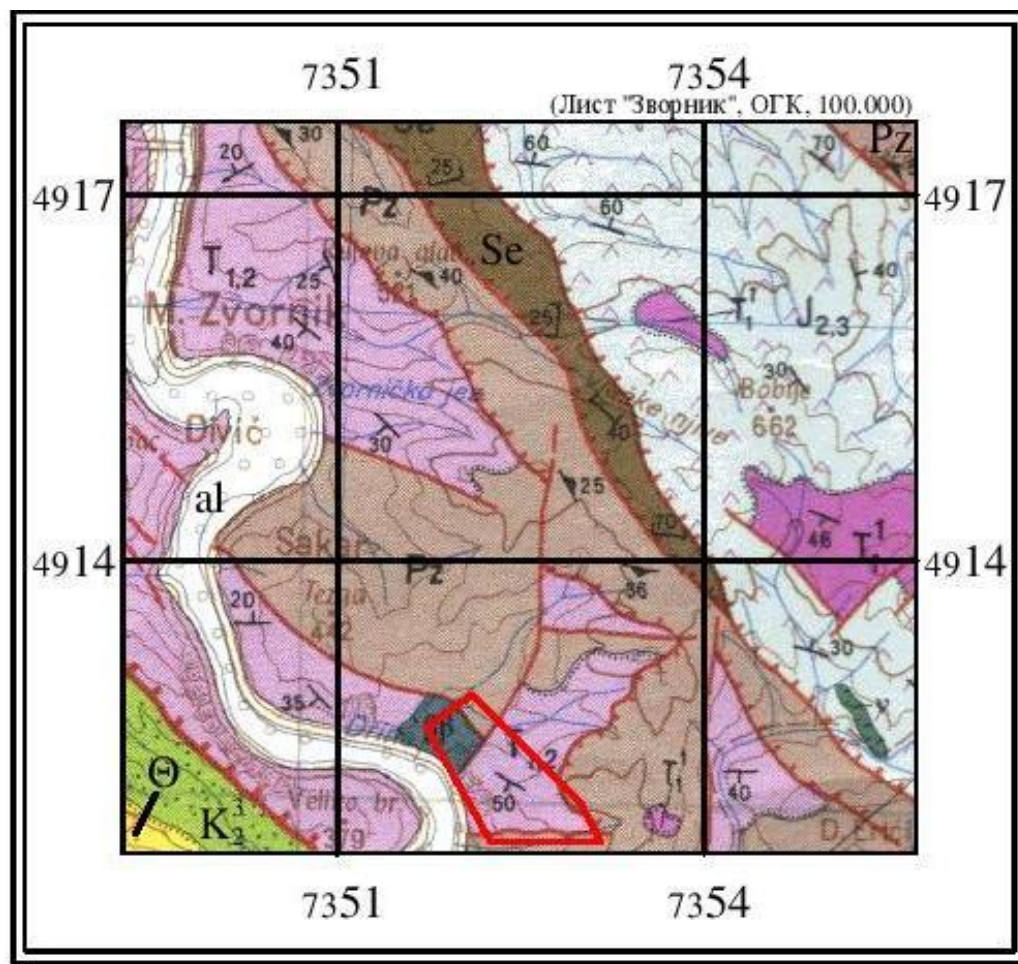
Šire područje istraživanog ležišta se nalazi u okviru geotektonske jedinice drinskog antklinarijuma u čijem se jezgru nalaze metamorfiti drinskog paleozoika. Šire područje istraživanog ležišta nalazi se određenom delu drinskog antiklinarijuma, koji pripada nižoj geotektonskoj jedinici, izdvojenoj kao "zvornička zona raspadanja i kraljuštanja". U okviru ove geotektonske jedinice paleozojske tvorevine su navučene preko

trijaskih u smeru jugozapada. Kontakt sa dijabaz-rožnačkom formacije sa "zvorničkom serijom" severno i severoistočno od ležišta je tektonskog karaktera.

Ova "Zvornička zona rasedanja i kraljuštanja" se na istoku naslanja na geotektonsku jedinicu izdvojenu kao "Zona Boranje". Severozapadna granica prema neogenu Hoče je tektonskog karaktera. Odnosno predstavlja sistem razlomnih struktura pružanja SZ-JI sa izraženim gravitacionim kretanjima.

Osnovno obeležje „Zvorničke zone rasedanja i kraljuštanja“ je znatno veći kristalinitet svih trijaskih sedimenata koji izgrađuju „zvorničku seriju“. Relativno povećan kristalinitet je posledica intenzivnih tektonskih pokreta. Dislokacijama pravca pružanja ZSZ -IJI, koje imaju regionalni karakter, izdvojeno je nekoliko tektonskih blokova u okviru „Zvorničke serije“. Ove dislokacije imaju reversan karakter. Duž njih je cela „Zvornička serija“ navučena preko jurskih serpentinita i gornjokrednih, klastičnih stena u smeru jugozapada.

Sa mineragenetskog aspekta od građevinskih materijala najpotencijalnija mineralna sirovina su krečnjaci i rekristalisali krečnjaci gornjeg dela „Zvorničke serije“, kao i krečnjaci ladinskog kata koji se nalaze u području donje Borine, severno od istraživanog ležišta.



Slika 2.1. Pregledna geološka karta šireg područja istražnog prostora (1:100.000)

2.2. GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA

Detaljnim istraživanjima ležišta krečnjaka kao sirovine za TGK na lokalitetu „Crvene stene“ u selu Budišić utvrđena je geološka građa ležišta, odnosno građa produktivne serije ležišta kao i neposredna podina, odnosno povlata ležišta. Kao što je pomenuto, geološka građa ležišta, odnosno geološka građa produktivne serije ležišta, istraživana je tokom izrade detaljnog plana ležišta, istražnog bušenja i istražnog raskopavanja sa pratećim laboratorijskim ispitivanjima.

Istraživani deo produktivne serije ležišta, odnosno deo terena, obuhvaćen geološkim planom ležišta 1:1.000, izgrađen je najvećim delom od banaka i bankovitih slojeva rekristalisanih krečnjaka i podređeno krečnjačkih breča. U podini produktivne serije ležišta se nalazi terigena serija peščara i metapeščara koja je u konkordantnim odnosima sa produktivnom serijom ležišta. Produktivna serija ležišta i terigena serija peščara i metapeščara, trijasko starosti leži diskordantno preko metamorfita drinskog paleozoika. Povlatu produktivne serije predstavljaju alterisani dijabazi iz dijabaz-rožnačke formacije, jurske starosti. Na severnim delovima istraživanog terena metamorfiti paleozoika su navučeni preko rekristalisanih krečnjaka produktivne serije i dijabaza iz dijabaz-rožnačke formacije.

Istraživana produktivna serija ležišta krečnjaka pripada karbonatnom kompleksu „Zvorničke serije“, odnosno gornjem delu serije čija je starost određena kao nerasčlanjeni donji i srednji trijas.

Rezultati dobijeni tokom izrade geološkog plana ležišta i tokom realizacije istražnih radova, uz prateća laboratorijska ispitivanja, omogućili su izdvajanje različitih litostatigrafskih jedinica, gde produktivna serija ležišta predstavlja jedinstvenu litostatigrafsku jedinicu. Izdvojene litostatigrafske jedinice predstavljale su kartirane jedinice, koje su korišćene prilikom izrade i interpretacije geološkog plana ležišta, geoloških profila, planova raskopa, kartiranja i oprobavanja istražnih bušotina, kao i definisanja litoloških i minerogenetskih karakteristika istraživane produktivne serije ležišta.

Kriterijum za izdvajanje litostratigrafskih jedinica u okviru dela terena na kome je urađen geološki plan ležišta na površini terena većoj od kontura ležišta, prilagođen je mineralnoj sirovini koja je istraživana, odnosno prostornom položaju produktivne serije krečnjaka, podini i povlati produktivne serije i morfogenetskim karakteristikama ležišta. Litostratigrafska jedinica kojom je obuhvaćena produktivna serija ležišta izdvojena je prema litološkom sastavu produktivne serije ležišta i osnovnim minerogenetskim kriterijumima za sedimentna ležišta tehničko građevinskog kamena. Od minerogenetskih karakteristika najznačajniji su bili način pojavljivanja krečnjaka u produktivnoj seriji, što se pre svega odnosi na debljinu slojeva u produktivnoj seriji (slojevi, bankoviti slojevi, banci), teksture krečnjačkih sedimenata, stepena rekristalizacije, strukturnog sklopa, stepena tektonske oštećenosti krečnjačkih sedimenata i inteziteta podzemne i površinske karstifikacije varijeteta krečnjaka u okviru istraživanog ležišta.

Prema generalnom položaju koji zauzimaju u litostratigrafskom stubu istraživanog dela terena, najstarija litostratigrafska jedinica predstavljena je metamorfitema drinskog paleozoika, čija bi starost po pojedinim autorima odgovarala nerasčlanjenom vizeskom i namirskom katu donjeg i srednjeg karbona. Diskordantno preko metamorfita nalaze se sedimenti „Zvorničke serije“, koji počinju terigenom serijom peščara i metapeščara a završavaju se krečnjačkim brečama i rekristalisanim bankovitim krečnjacima u kojima je izdvojeno ležište u lokalitetu Crvene stene. Starost „Zvorničke serije“ određena je kao nerasčlanjeni donji i srednji trijas. Diskordantno preko sedimenata „Zvorničke serije“ leže dijabazi iz dijabaz-rožnačke formacije, jurske starosti.

Izdvojene litostatigrafske jedinice predstavljale su kartirane jedinice, koje su korišćene prilikom izrade i interpretacije geološkog plana ležišta, geoloških profila, kartiranja i oprobavanja istražnih bušotina, kao i definisanja produktivne serije ležišta, njegove podine i povlate.

Deluvijalne tvorevine nisu izdvajane tokom izrade geološkog plana ležišta 1:1000 i nisu interpretirane na geološkom planu ležišta kao posebna kartirana jedinica. Deluvijalni sedimenti predstavljeni su zaglinjenom, pretežno krečnjačkom drobinom koja predstavlja definitivnu jalovinu ležišta. Deluvijalne tvorevine nisu izdvajane na geološkom planu zbog relativno male debljine i prikaza rasprostranjenja, karaktera granica, minerogenetskih i strukturnih elemenata produktivne serije ležišta.

Rasprostranjenje deluvijalnih tvorevina na površini terena u području istraživanog ležišta, nije kontinuirano. Deluvijalni sedimenti na osnovu rezultata istražnog bušenja i raskopavanja, interpretirani su na geološkim profilima ležišta, radi sagledavanja debljine površinske jalovine. Debljina zaglinjene krečnjačke drobine varira od 0,6m u raskopima do 3,8 m u bušotini V-2. Prosečna debljina površinske jalovine, dobijena na osnovu istražnih radova iznosi oko 1,5 metar.

Najstarija litostratigrafska jedinica na istraživanom delu terena, gde je okontureno ležište krečnjaka, nalazi se u podini produktivne serije. Izgrađena je od metamorfita drinskog paleozoika.

Metamorfna serija u području ležišta je izgrađena je dominantno od filita i malim delom od argilofilita. Izdvojena litostratigrafska jedinica, izgrađena od metamorfita, predstavlja posebnu kartiranu jedinicu (Pz).

Filiti imaju najveće rasprostranjenje u metamorfoj seriji. Filiti su pretežno svetlosmeđe boje sa prelazima u svetlosivu. Tekstura filita je izrazito škrljjava. Filiti su izgrađeni od sericita, kvarca, hlorita, podređeno albita i sagenita. Od akcesornih minerala konstatovani su turmalin, cirkon i rutil. Struktura filita je lepidoblastična sa prelazom u granoblastičnu.

Prema dostupnim rezultatima petroloških ispitivanja filiti su nastali metamorfozom glinovito alevrolitskih sedimenata. Filiti bi po stepeno metamorfizma pripadali faciji zelenih škrljajaca.

U metamorfitima istraživanog dela terena filiti se smenjuju sa tamnosivim argilofilitima, koji su znatno manje zastupljeni u metamorfitima istraživanog terena. Argilofiliti su sive do tamnosive boje, što najvećim delo zavisi od sadržaja grafične materije u argilofilitima. Tekstura je izrazito škrljjava.

Po mineralnom sastavu i strukturi filiti i argilofiliti su vrlo slični. Argilofiliti su izgrađeni od sericita, hlorita i kvarca, koji su izmešani, ređe sitnih zrna klastičnog kvarca, iskrzanih liski obezbojenog biotita i akcesornog cirkona, apatita, sagenita, rutila i neprovidnih metalčnih minerala. Količina grafične materije, koja je uvek prisutna, varira od akcesornog sastojka do osnovnog minerala. Strukture su lepidoblastične, uglavnom planparalelne, retko mikro plisirane.

Atgilofiliti su nastali verovatno metamorfozom pelitskih i alevrolitskih sedimenata. Filiti bi postepeno metamorfizma pripadali faciji zelenih škrljajaca.

Diskordantno preko metamorfita leže sedimenti „Zvorničke serije“. Na istraživanom delu terena u donjem delu „Zvorničke serije“ izdvojeni su terigeni sedimenti, gde se smenjuju peščari i metapeščari. Terigena serija peščara i podređeno metapeščara izdvojena je kao posebna litostratigrafska jedinica (¹T_{1,2}).

U okviru terigene serije dominantni su peščari. Peščari su pretežno krupnozrni i svetlo smeđe su boje. Jedri su i kompaktni. Obično se javljaju u bankovitim slojevima. Izgrađeni su od valutaka kvarca, kvarcita, niskokristalastih škrljajaca i retko rožnaca, feldspata i liskuna. Matriks peščara je izgrađen od nepromenjene ilitske materije, kvarca, sericita i hlorita. Struktura je psamitska a tekstura masivna.

Metapeščari se javljaju kao slojevite stene. Boje su pretežno sive. Jedri su i kompaktni. Slabo reaguje sa hladnom 10% HCl.

Izgrađeni su od kvarca muskovita, sericita, feldspata, hlorita. Feldspati su često transformisani u sericit i kvarc. Veličina zrna u proseku iznosi se oko 0,1 mm. U matriksu stene prisutan je limonitisani karbonat. Akcesorni sastojci su epidot, turmalin, titanomagnetit, leukoksen, rutil i cirkon. Struktura metapeščara je blastopsamitska. Tekstura je masivna sa prelazima u okcastu.

Debljina ove terigene serije peščara i podređeno metapeščara u području ležišta varira od 40-60 metara.

Konkordantno preko terigene serije peščara i metapeščara leže rekristalisali krečnjaci produktivne serije (²T_{1,2}). Najčešće se javljaju kao banci i bankoviti slojevi. Debljina banaka varira od 2-7 metara a bankovitih slojeva od 1-2 metra. Boja rekristalisalih krečnjaka varira od svetlosive, svetlo smeđe do sive (Sl.5). Krečnjaci su sitno kristalasti. Burno reaguju sa hladnom 10% HCl. Prsline i pukotine u rekristalisalim krečnjacima zapunjene su sekundarnim kalcitom, koji je delom limonitisan.

2.3. OPIS LEŽIŠTA

Istraživano ležište se nalazi u jednoj kompleksnoj plikativnoj sinformnoj strukturi, koja je naknadno tektonski izmenjena i prostorno redukovana rasedima, kraljuštima i navlakama što je uticalo na izdvajanje tektonske jedinice označene kao „zvornička zona rasedanja i kraljuštanja“ na širem području ležišta. Ležište je izdvojeno u gornjem paketu "Zvorničke serije", koja je u celosti izgrađena od karbonatnih sedimentnih stena.

Produktivna serija ležišta je izgrađena od bankovitih slojeva, banaka i retko slojeva rekristalisalih krečnjaka i krečnjačkih breča. Produktivna serija ležišta predstavlja gornji deo karbonatne serije koja po starosti pripada nerascčlanjenom donjem i srednjem trijasu. Podinu krečnjačke serije u kojoj je okontureno ležište predstavlja konkordantna serija peščara i metapeščara, koja leži diskordantno preko metamorfita drinskog paleozoika i po starosti pripada nerascčlanjenom donjem i srednjem trijasu kao i produktivna serija ležišta. Istraživano ležište se nalazi u severnom delu krečnjačke serije u području lokaliteta Crvene stene na zapadnim padinama Bobije.

Rasprostranjene u kontinuitetu potencijalne krečnjačke serije na širem prostoru ležišta, između reke Drine i metamorfita paleozoika iznosi oko 1,1 km², što znatno prevazilazi konture istraživanog ležišta. Prosečna debljina krečnjačke serije u gornjem delu „Zvorničke serije“ gde je izdvojeno ležište, prema literaturnim podacima varira od 150 m do 200 m.

Procenjene potencijalne rezerve krečnjaka kao kvalitetne sirovine za TGK, dobijene geološkim metodama, koje se nalaze ispod okonturenih bilansnih rezervi i na širem području ležišta sa rasprostranjenjem na procenjenoj površini od 1,1 km² sa prosečnom debljinom krečnjačke serije od oko 25 m, iznosile bi ukupno oko 30.000.000 m³ potencijalnih rezervi (C₂ i D₁ potencijalna kategorija rezervi).

Konture ležišta po pravcu SZ-JI iznose približno 190 m a po pravcu JZ-SI iznose približno 250 m. Severozapadna i jugoistočna granica ležišta bazirana je na urađenim istražnim radovima. Konture ležišta ka severoistoku i jugozapadu definisane su granicom ekstrapolovanih rezervi. Okontureno ležište zahvata površinu od oko 4,6 hektara sa srednjom debljinom korisne supstance od oko 35 metara.

Imajući u vidu morfologiju terena, naseljenost šire okoline ležišta, vrste i prirast šumske vegetacije, planirani najniži nivo eksploatacije, karakteristike stenske mase i njen mineralni sastav, eksploatacija ležišta treba da bude vrlo profitabilna i sa ekološkog aspekta bezbedna po životnu sredinu.

Treba imati u vidu i vrlo značajni ekonomski aspekt lokacije ležišta, koji omogućava vrlo povoljan i jeftin transport kamenih agregata budući da je ležište udaljeno od Malog Zvornika na oko 6 km i da je povezano sa drinskom magistralom preko makadamskog puta u selu Budišić, dužine oko 1 km, kojim se izlazi na plato lokaliteta „Crvene stene“.

2.4. GENEZA LEŽIŠTA

Geneza ležišta koje je najvećim delom izgrađeno od rekristalisalih krečnjačkih sedimenata, definisana je u najvećoj meri postdijagenetskim promenama nastalim najverovatnije u tektomagmatskom ciklusu mladokimrijske ili austrijske faze alpske orogeneze.

Prema rezultatima petroloških ispitivanja i rezultatima kompleksometrijskih analiza, konstatovano je da su krečnjaci pre rekristalizacije pripadali najverovatnije biomikritskim krečnjacima i krečnjačkim brečama u čijem matriksu je konstatovan povećan sadržaj dolomita.

Na bazi iznetih konstatacija biomikritski krečnjaci su najverovatnije formirani na šelfu karbonatne platforme, kao i najveći deo donjetrijaskih i sve srednetrijaske karbonatne formacije u ovom delu Srbije.

Deo karbonatne platforme na kome je formirana mikrofacija sa biomikritskim krečnjacima, verovatno je imao širok i relativno ravan šelf. Depozicioni uslovi bazirani na biomikritskim krečnjacima ukazuju na relativno veliko rasprostranjenje i dugačak period ekzistencije plitkovodne lagune na ovom delu šelfa karbonatne platforme.

Taloženje karbonatnog mulja se obavljalo u plitkom subtajdalu zaštićene lagune sa generalno niskom energijom. Moguća kolebanja energije u okviru depozicione sredine, nisu bila vezana za batimetrijsku diferencijaciju. Biomikritski bankoviti krečnjaci nastali su najverovatnije u početnim fazama dijageneze nelitifikovanog ili semilitifikovanog karbonatnog mulja u subtajdalnim prostorima, tokom faza mirne sedimentacije, koji u ovakvim tipovima depozicione sredine najduže traju.

Za kasno dijagenetski stadijum je vezano formiranje krečnjačkih breča sa kalcitsko dolomitiskim vezivom. Najverovatnije proces nastanka je vezan za kontrakcije litifikovanih karbonatnih sedimenata u periodima izranjanja, koje su uslovile fragmentisanje stena i stvaranja krečnjačkih breča (insitu) u dolomitiziranom mikritskom mulju.

Tokom kasnijih geodinamičkih procesa veći deo produktivne krečnjačke serije ležišta bio je izložen kasnodijagenetskim promenama visokog inteziteta. Kasnodijagenetske promene su uglavnom bile vezane za procese rekristalizacije krečnjaka. Intenzitet rekristalizacije bio je generalno izuzetno visok. U procesu intenzivne rekristalizacije formirani su rekristalisali krečnjaci i rekristalisale krečnjačke breče, koje sada predstavljaju produktivnu seriju ležišta.

2.5. TEKTONIKA LEŽIŠTA

Podaci o tektonici ležišta prikupljeni su tokom terenskih i kabinetskih istraživanja. Terenska istraživanja obavljena su tokom izrade detaljnog geološkog plana 1:1000 i kartiranja otvorenih profila i istražnih raskopa u razmeri 1:100.

Šire područje istraživanog ležišta krečnjaka pripada strukturnoj jedinici „zvornička zona rasedanja i kraljuštanja“, koja je deo geotektonske jedinice drinskog antklinorijuma (Tumač O.G.K., list „Zvornik“ 1:100.000).

Tokom terenskih istraživanja prikupljeni su podaci o planarnim i linearnim elementima sklopa, koji su omogućili sagledavanje morfologije, rasprostranjenja, geneze, kao i prostornih i vremenskih odnosa klasifikovanih elemenata sklopa u istraživanom ležištu.

2.5.1. Elementi sklopa

Tokom primenjenih geoloških istraživanja ležišta opažani su pretežno planarni i podređeno linerani elementi sklopa. Planarni elementi sklopa klasifikovani prema genezi, načinu pojavljivanja, vremenu nastanka i veličini. Planarni elementi sklopa vezani su za primarne planare i sekundarne planare.

Od primarnih planarnih elemenata sklopa opažana je slojevitost u krečnjacima produktivne serije ležišta i podinskoj seriji peščara donjeg trijasa. Folijacija kao primarni elemenat sklopa vezana je za metamorfite koji čine podinu „zvorničke serije“ u okviru koje je izdvojeno i istraženo predmetno ležište krečnjaka.

Sekundarni planarni elementi sklopa uglavnom su vezani za rupturu (h0l) područja, koji se nalaze u različitim veličinskim područjima od metarskog (pukotine) do kilometarskog (rasedi). Pored ruptura (h0l) područja, od sekundarnih planara sklopa, retko su opažane i genetski determinisane tenziona pukotine, pretežno u krečnjacima produktivne serije ležišta.

Linearni elementi sklopa vezani su za genetski određene sisteme ruptura i relativno su retko opažani. Predstavljani su isključivo kliznim lineacijama na rupturama (h0l) područja.

Folijacija kao najstariji primarni planarni elemenat sklopa konstatovana je u metamorfitima drinskog paleozoika, koji je na istraživanom delu terena navučen preko produktivne serije ležišta i dijabaza jurske starosti. Folijacija je posebno dobro izražena u filitima, koji su dominantan litološki član paleozojske metamorfne serije na istraživanom terenu.

Folijacija predstavlja penetrativni sklop u metarskom području, odnosno u području izdanka. U metamorfitima istraživanog terena najčešće se manifestuje kao planparalelni raspored sericita, koji markira ravni folijacije. Po ravnima folijacije u pretežno milimetarskom do decimetarskom području posmatranja, formiraju se mehanički diskontinuiteti, uglavnom bez zapune. Folijacija je najverovatnije formirana po slojevitosti protolita tokom metamorfnog procesa kojim su bili zahvaćeni sedimenti protolita. Folijacija predstavljala aktivne planare sklopa po kojima se obavljao tektonski transport tokom kasnijeg, višefaznog tektonskog oblikovanja terena.

Slojevitost je najdominantniji primarni planarni sklop na istraživanom terenu. Najzastupljeniji je u krečnjacima produktivne serije ležišta. Slojevitost, predstavlja penetrativan sistem planara u dekametarskom području. Penetrativni sklop planara u okviru dekametarskog područja, uglavnom je uslovljen preovlađujućim načinom pojavljivanja primarnih planara vezanih za bankovite slojeve i banke u krečnjacima produktivne serije ležišta.

Slojevitost kao primarni planarni sklop u krečnjacima bio je aktivan u tektonskom transportu, obavljanom tokom višefaznog tektonskog oblikovanja istraživanog terena od kraja hercinske do najmlađih faza alpske orogeneze. Tokom tektonskog transporta krečnjaci su se ponašali kao relativno krute i kompaktne stenske mase, niske duktilnosti u odnosu na podinske metamorfite. Tektonski transport u krečnjacima obavljan je pretežno po postojećim primarnim planarama sklopa, odnosno po slojevitosti.

Po ravnima slojevitosti u krečnjacima, formiraju se po pravilu mehanički diskontinuiteti. Mehanički diskontinuiteti formirani po slojevitosti imaju relativno neravne, blago zatalasane površine. Uglavnom su nezapunjeni.

Međusobna rastojanja mehaničkih diskontinuiteta, formiranih po površima slojevitosti su slična za određeni tip pojavljivanja krečnjaka u produktivnoj seriji ležišta. Na istraživanom terenu to su dominantno bankoviti slojevi i banci.

Krečnjaci, koji se javljaju pretežno kao bankoviti slojevi imaju mehaničke diskontinuitete po slojevitosti, na međusobnim rastojanjima od 1 m do 2,0 m. Banci imaju mehaničke diskontinuitete po slojevitosti, na rastojanjima od 2 m do oko 7 m (konstatovano prilikom istražnog bušenja i na krečnjačkim ostenjacima u severozapadnom delu ležišta).

Sekundarni, planarni elementi sklopa konstatovani su u svim izdvojenim litostatigrafskim jedinicama na istraživanom delu terena. Od sekundarnih, planarnih elementa sklopa tokom istraživanja ležišta, izdvajani su rasedi, pukotine smicanja i retko tenzione pukotine. Prema genetskoj klasifikaciji pukotina, rasedi i pukotine smicanja pripadaju istom sistemu pukotina, definisanih elipsoidom deformacija kao deformacije (h0l) područje. Razlike između raseda i pukotina smicanja su samo u veličinskom području posmatranja. Pukotine smicanja se najčešće javljaju u dekametarskom veličinskom području i to pretežno kao sistemi pukotina smicanja. Najveći broj izdvojenih pukotina smicanja vezan je za krečnjake produktivne serije ležišta.

Po pukotinama smicanja se formiraju mehanički diskontinuiteti. Njihove površi formiranih mehaničkih diskontinuiteta su ravne i glatke sa čestim pojavama kliznih lineacija. Kod sistema pukotina smicanja mehanički diskontinuiteti se najčešće formiraju na međusobnim rastojanjima od 0,3 m do 2 m. U pojedinim delovima ležišta sistemi pukotina smicanja mogu predstavljati penetrativni planarni sklop u dekametarskom području posmatranja, kao i slojevitost. Širina pukotinskih zona varira od nekoliko santimetara do nekoliko decimetara.

Pukotinske zone su najčešće zapunjene slabo vezanim krečnjačkim detritusom. Po pukotinama smicanja se često formiraju podzemni kraški oblici najčešće decimetarskih do metarskih veličina.

Rasedi se javljaju kao pojedinačne planare sklopa. Rasedi se pretežno javljaju u hektometrskom i kilometarskom području posmatranja. Rasedne zone su uglavnom predstavljene uskriljenim rekristalisanim krečnjacima ili slabo vezanim krečnjačkim brečama. Vezivo je obično zaglinjeni krečnjački detritus. Kod pojedinih rasednih zona javlja se limonitisani sparikalcit kao vezivo. Širina rasednih zona varira od 1m do maksimalno 5 m. Najveća širina rasedne zone zapažena je na rasedu pružanja ZJZ-IJI sa padom ka SSZ, u centralnom delu istraživanog terena. Ovaj rased predstavlja i granicu produktivne serije krečnjaka sa podinskim dijabazima. Rased ima izraženo reversno kretanje sa relativno spuštenim južnim blokom.

Uz pojedine rasedne zone na severozapadnom delu ležišta formiraju se karstni kanli sa lokalnim proširenjima, metarskih dimenzija. Mehanički diskontinuiteti se formiraju najčešće po povlati i podini rasedne zone.

Tokom geološkog kartiranja terena u razmeri 1:1000 i 1:100 retko su opažane i genetski determinisane tenzione pukotine. Tenzione pukotine se javljaju mahom u krečnjacima kao pojedinačne planare karakteristične morfologije, koje prate krupnije dislokacije, posebno dislokacije pružanja SSI-JJZ. Tenzione pukotine nastale su mahom usled dejstva lokalnih sila naprezanja aktiviranih prilikom kretanja blokova duž razlomnih zona i predstavljaju „peraste“ pukotine, koje se javljaju duž trase raseda. Veći deo tenzionih pukotina u krečnjacima zapunjen je sekundarnim kalcitom, često limonitaisanim sparikalcitom. Obično se po tenzionim pukotinama ne formiraju mehanički diskontinuiteti zbog litoloških karakteristika zapune.

2.5.2. Analiza elemenata sklopa

Analiza elemenata sklopa imala je za cilj sagledavanje prostornih i vremenskih odnosa elemenata sklopa i sagledavanja uticaja opažanih planarnih elemenata sklopa na uređene sklopa u okviru produktivne serije istraživanog ležišta krečnjaka. Takođe i u konkordantnoj seriji peščara donjeg trijasa kao i diskordantnoj podini trijaskih tvorevina „zvorničke serije“, izgređene od metamorfiuta drinskog paleozoika. Analizom elemenata sklopa statistički su ispitivane i generalno sagledane prostorne orijentacije onih elemenata sklopa za koji je prikupljen dovoljan broj podataka za statističku obradu. Za statistički homogen skup, prema prostornim orijentacijama pojedinih elemenata sklopa, bilo je dovoljno i desetak podataka, imajući u vidu površinu istraživanog terena na kome je okontureno ležište, karakteristike opažanih elemenata sklopa i način pojavljivanja. Statistički nehomogen skup pojedinih elemenata sklopa, zahtevao bi znatno veći broj podataka za statističku analizu od homogenog sklopa po analiziranim elementima.

Statistička analiza, prema pomenutim kriterijumima, rađena je samo za slojevitost, kao primarne elemente sklopa u krečnjacima produktivne serije ležišta. Broj merenih elemenata pada folijacije u metamorfitima je bio relativno mali za statističku analizu. Statistička analiza planarnih elemenata sklopa rađena je za sekundarne planare (h0l) područja, kojima su obuhvatačene pukotine smicanja i rasedi. Tenzione pukotine,

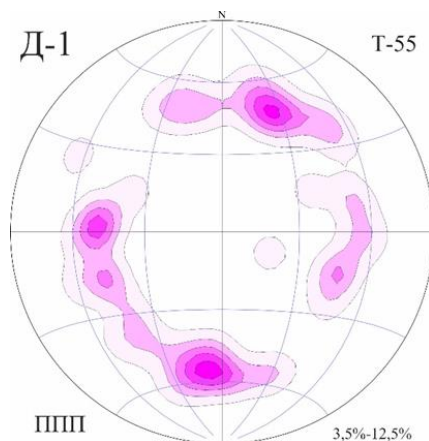
koje takođe pripadaju sekundarnom planarnom sklopu, nisu statistički obrađivani zbog relativno malog broja podataka. Statistička analiza pomenutih elemenata sekundarnog sklopa obavljena je za celokupni istraživani deo terena u kome je okontureno ležište.

Rezultati statističke analize slojevitosti u krečnjacima, omogućili su sagledavanje uređenja primarnog sklopa na užem području ležišta, odnosno u okviru produktivne serije ležišta.

Analizom sekundarnog sklopa utvrđeni su prostorni i vremenski odnosi rupturnog sklopa u okviru ležišta i šire za sve analizirane ruptura hOI područja.

Statistička ispitivanja primarnih planara slojevitosti obavljena su za celokupno istraživano područje, koje je bilo obuhvaćeno geološkim planom 1:1.000, uključujući nekarbonatni deo trijasko serije i krečnjake produktivne serije ležišta.

Mereni elementi pada planara slojevitosti interpretirani su na konturni dijagram D-1. Podaci su naneti polom padne prave. Na konturnom dijagramu D-1 izdvojena su dva izrazita maksimuma sa elementima pada 185/35 i 23/38, kao i jedan submaksimum sa elementima pada 273/40, koji se nalazi u istom polju koncentracije podataka kao i maksimum u jugozapadnom kvadrantu konturnih dijagrama.



Konturni dijagram D – 1

Statistički posmatrano na konturnom dijagramu se izdvajaju dve prostorno različite koncentracije podataka koje verovatno predstavljaju krila statistički dobijenih plikativnih struktura. Odnosno koncentracije podataka sa izdvojenim maksimumima ukazuju na dva krila statistički dobijene plikativne strukture. Na osnovu statistički dobijenih maksimuma utvrđeni su statistički elementi pada plikativnih struktura koju mahom formiraju krečnjaci produktivne serije ležišta. Prema terenskim opažanjima plikativne strukture u krečnjacima su dekameterskih do hektometerskih dimenzija sa planarno cilindričnom formom nabora (Turner, Weiss) i relativno niskim indeksom nabiranja.

Rekonstruisana statistička osa nabora plikativnih struktura ima elemente pada 118/6. Odnosno statistički dobijena osa nabora tone ka istok-jugoistoku pod srednjim statističkim uglom od 6 stepeni.

Statističko ispitivanje elemenata pada folijacije u podinskoj metamorfoj seriji drinskog paleozoika, preko koje diskordantno leže tevorevine donjeg i srednjeg trijasa u kojima je okontureno ležište, nije rađeno zbog relativno malog broja podataka. Mereni pojedinačni elementi pada folijacije generalno padaju ka severoistoku pod uglovima od oko 35-40 stepeni i jug-jugoistoku pod uglovima od 50-60 stepeni, formirajući planarno cilindrične nabore sa relativno visokim indeksom nabiranja. Merene ose malih nabora na terenu tonu ka istok-jugoistoku pod uglovima od oko 20 stepeni.

Upoređujući statistički dobijene orijentacije tonjenja osa plikativnih struktura u trijaskim tvorevinama, gde su izdvojeni i krečnjaci produktivne serije ležišta sa osama malih nabora merenih u podinskim metamorfima istraživanog terena, može se konstatovati da su orijentacije tonjenja osa plikativnih struktura slične a uglovi različiti. Izneti rezultati uporedne analize ukazuju na slične orijentacije lokalnih sila naprezanja koje su delovale sa različitim intenzitetom u više faza tektonskog oblikovanja terena.

Primarni planarni sklop u području ležišta sagledan preko statistički rekonstruisanih plikativnih struktura u tvorevinama donjeg i srednjeg trijasa sa krečnjacima produktivne serije ležišta i orijentacionog sagledavanja plikativnog sklopa u podinskim metamorfima je relativno homogen. Homogenost primarnog sklopa posebno je uverljiva imajući u vidu dužinu vremenskog perioda intenzivne tektonske aktivnosti i faze

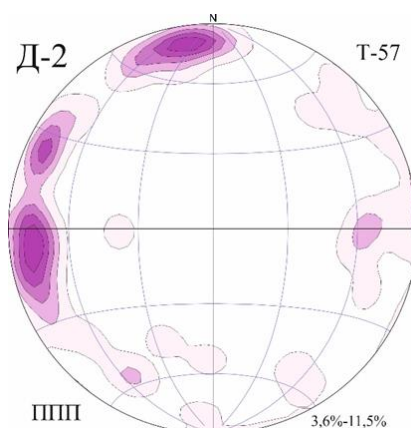
tektonskog oblikovanja terena u dve bitno različite litostatigrafske celine. Ovu homogenost primarnog sklopa nisu mogli da bitnije naruše svi kasniji geodinamički procesi koji su se dešavali na širem području ležišta.

Statističkom analizom planara sekundarnog sklopa statistički su analizirane planare (h0l) područja, koje obuhvataju pukotine smicanja i rasede. Pukotine smicanja i rasedi pripadaju genetski istom tipu ruptura, različitih po veličini, morfologiji i načinu pojavljivanja. Pukotine smicanja, i rasedi klasifikovani su i statistički ispitivani kao posebna grupa sekundarnih planarnih elemenata sklopa za celokupno područje koje je obuhvaćeno geološkim planom ležišta. Pukotine smicanja se najčešće javljaju u metarskom i dekametarskom području. Rasedi se nalaze uglavnom u hektometarskom i kilometarskom veličinskom području.

Pukotine smicanja i rasedi su statistički obrađeni na konturnom dijagramu (D-2). Podaci su naneti polom normale na ravan.

Na konturnom dijagramu D-2 se izdvajaju dva izrazita maksimuma i jedan submaksimum. Jedan maksimum ima elemente pada 171/81 a drugi ima elemente pada 86/78. Elementi pada submaksimuma su 115/81. Submaksimum leži u istom polju koncentracije podataka kao i submaksimum.

Prostorna orijentacija statistički izdvojenih koncentracija podataka sa dva prostorno različita maksimuma, i jednim submaksimumom, ukazuju da je formiranje ruptura (h0l) područja vezano za najmanje dve kinematske faze u kojima su orijentacije lokalnih sila naprezanja bile različite.



Konturni dijagram D-2

Nakon obavljene strukturološke analize može se konstatovati da je primarni sklop u produktivnoj seriji ležišta izrazito homogen. Ovu homogenost primarnog sklopa nisu mogli da bitnije naruše svi kasniji geodinamički procesi koji su se dešavali na širem području ležišta.

Strukturološkom analizom sekundarnog sklopa koji se pre svega odnosi na ruptore (h0l) područja utvrđena su najmanje dva prostorno i vremenski različita kinematska akta u kojima su formirane ruptura (h0l) područja. Relativna nehomogenost sekundarnog sklopa je poledica nastanka ovih ruptura u više kinematskoj faza tektonskog oblikovanja u kojima su orijentacije lokalnih sila naprezanja bile bitno različite.

2.6. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

Hidrogeološka istraživanja ležišta i bliže okoline ležišta obavljena su tokom izrade geološkog plana ležišta i istražnog bušenja. Takođe su kompilirani svi dostupni hidrogeološki podaci koji su evidentirani tokom ranijih geoloških istraživanja sa šireg područja ležišta.

Ležište se nalazi u seriji rekristalisalih krečnjaka srednjeg trijasa koji konkordantno leže preko terigene serije peščara i metapeščara najverovatnije donjeg trijasa. Hidrogeološke karakteristike krečnjaka i podinskih peščara su dosta slične. Obe ove hidrogeološke sredine imaju visoku vodopropusnost. Bitna razlika u hidrogeološkim karakteristikama sredine postoji između metamorfita drinskog paleozoika preko kojih diskordantno leži serija nekarbonatnih i karbonatnih sedimenata donjeg i srednjeg trijasa u kojima je izdvojeno i istraživano ležište. Naime, metamorfiti drinskog paleozoika u kojima dominiraju filiti predstavljaju praktično vodonepropusnu sredinu.

Primarni planarni i sekundarni sklop u rekristalisalim krečnjacima produktivne serije ležišta, kao i primarni planarni sklop u podinskim metamorfitima, bitno je uticao na karakteristike hidrogeoloških svojstava terena.

Većina primarnih i sekundarnih, planarnih elemenata sklopa javlja se u stenskoj masi rekristalisalih krečnjaka u vidu mehaničkih diskontinuiteta, koji definišu stepen poroznosti stenskog masiva u produktivnoj seriji ležišta. Poroznost stena određena je empirijskim metodama u korelaciji sa rezultatima ispitivanja pukotinske poroznosti i koeficijenta filtracije na područjima gde su obavljena hidrogeološka ispitivanja u sličnim stenama, koje izgrađuju produktivnu seriju ležišta krečnjaka. Takođe je empirijskim metodama u korelaciji sa rezultatima ispitivanja poroznosti i koeficijenta filtracije u škriljcima nižeg stepena metamorfizma, utvrđena poroznost i koeficijent filtracije u podinskim metamorfitima drinskog paleozoika.

Rekristalisali krečnjaci produktivne serije predstavljaju izrazito vodopropusnu sredinu sa pukotinskom poroznošću od $n = 5\%$ do $n = 6\%$. Metamorfiti predstavljaju sa hidrogeološkog aspekta nepropusnu sredinu, gde pukotinska poroznost varira od $n = 1\%$ do $n = 2\%$.

Takođe su bitne razlike u vrednosti koeficijenta filtracije za ove, hidrogeološki bitno različite sredine. Koeficijent filtracije za rekristalisale krečnjake kao izrazito vodopropusnu sredinu varira od $K_f = 5 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ do $K_f = 5 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$. Koeficijent filtracije za metamorfite kao vodonepropusnu sredinu varira od $K_f = 5 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ do $K_f = 5 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$.

Rekristalisali krečnjaci produktivne serije ležišta u kojoj se smenjuju, bankoviti slojevi i banci rekristalisalih krečnjaka i krečnjačkih breča, predstavljaju vodopropusnu sredinu sa gravitacionim kretanjem podzemnih voda (suva zona). Relativno ujednačena ispugalost stenske mase po pomenutim mehaničkim diskontinuitetima, koji su pretežno formirani po pukotinskim zonama a ređe po brečiziranim rasednim zonama i slojevitosti, predstavljaju relativno homogenu sredinu sa aspekta vodonosnih svojstava. Gravitaciono dreniranje površinskih voda kroz produktivnu seriju ležišta i neposrednu podinu izgrađenu pretežno od krupnozrnih peščara, obavlja se kontinuirano i u istom hidrogeološkom režimu do lokalnog erozionog bazisa.

Lokalni erozioni bazis za istraživano ležište je vezan za granicu podinskih metamorfita sa nekarbonatnim i karbonatnim sedimentima donjeg i srednjeg trijasa u čijem je gornjem karbonatnom delu izdvojeno istraživano ležište. Lokalni erozioni bazis se nalazi od 50-60 metara ispod krečnjačkih sedimenata produktivne serije. Od završnih kota istražnih bušotina i istražnih raskopa erozioni bazis se nalazi kotama koje su proseku manje za oko 100 metara.

Erozioni bazis na ovom delu terena prostire se ispod korita reke Drine, odnosno dna Zvorničkog jezera, koje se nalazi oko 300 metara zapadno od istraživanog ležišta. Najviše kote vodostaja u jezeru su niže od završnih kota istražnih radova u ležištu za oko 150-170 metara.

Rečni tok Drine nema bitnijeg uticaja na hidrogeološke karakteristike ležišta. Na istraživanom delu terena gde je okontureno ležište ne postoje stalni vodotokovi ni izvori. Najbliži izvor se nalazi istočno od ležišta na udaljenosti od oko 1,2km u lokalitetu Vrela. U lokalitetu Vrela nalazi se jedan kaptirani izvor u krečnjačkim brečama. Ovaj izvor predstavlja tipičnu pukotinsku izdan sa verovatno promenljivom izdašnošću u zavisnosti od godišnjeg doba. Izdašnost je u trenutku merenja u maju mesecu 2020. godine iznosila 0,74 l/sec.

Nivo podzemne vode na području ležišta u direktnoj je zavisnosti od režima atmosferskih voda. Atmosferske vode se dreniraju gravitaciono kroz krečnjake produktivne serije i podinsku seriju peščara do granice sa lokalnim erozionim bazisom, odnosno do granice serije peščara i metapeščara sa metamorfitima drinskog paleozoika.

U režimu i bilansu podzemnih voda dominira infiltracija od padavina. U bilansu podzemnih voda infiltracija od padavina učestvuje sa preko 75%. Preostale količine u bilansu podzemnih voda odlaze na evalorciju i evalotranspiraciju.

Kod definisanja lokalnih hidrogeoloških svojstava produktivne serije ležišta sa rekristalisalim krečnjacima i krečnjačkim brečama, izdvojena je samo jedna hidrogeološka sredina sa već pomenutim karakteristikama. Varijeteti krečnjaka produktivne serije ležišta, koji će biti eksploatisani površinskim kopom do granice definisane završnim kotama istražnih radova, predstavljaju sa hidrogeološkog aspekta izrazitu vodopropusnu sredinu sa gravitacionim kretanjem podzemnih voda. Površinske vode, nastale od atmosferskih padavina, koje se mahom infiltriraju u krečnjake produktivne serije ležišta, gravitaciono se dreniraju do lokalnog erozionog bazisa, koji se nalazi nekoliko desetina metara u podini produktivne serije

ležišta, odnosno od 80-120 metara od završnih kota istražnih radova. U krečnjacima produktivne serije ležišta atmosferske vode se ne zadržavaju.

Periodi hidrološkog maksimuma koji podižu nivo izdani podzemnih voda ne mogu imati bitnog uticaja na budući površinski kop. *Gravitaciono dreniranje površinskih voda iznad lokalnog erozionog bazisa, definiše hidrogeološke prilike u istraživanom ležištu „Crvene stene” u selu Budišić kod Malog Zvornika, kao izuzetno povoljne za nesmetanu površinsku eksploataciju u površinskom kopu brdskog tipa sve do završnih kota istražnih radova.*

2.7. INŽENJERSKO-GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

Inženjersko-geološke karakteristike ležišta utvrđene su tokom ispitivanja geološke građe ležišta i strukturoloških ispitivanja obavljenih tokom izrade geološkog plana. Takođe su urađena i kompletna laboratorijska geomehanička ispitivanja na uzorku uzetom iz istražnog raskopa.

Stabilnost stenskih masa koji predstavljaju produktivnu seriju u ležištu, najvećim delom zavisi od mehaničkih diskontinuiteta, njihovog broja i prostorne orijentacije, kao i načina eksploatacije. Mehanički diskontinuiteti su detaljnije opisani u poglavlju o tektonici ležišta.

Najveći broj mehaničkih diskontinuiteta u produktivnoj stenskoj masi ležišta formiran je duž slojevitosti u karbonatima i duž ruptura (h0I) područja. Međusobna rastojanja mehaničkih diskontinuiteta formiranih po slojevitosti variraju u zavisnosti od načina pojavljivanja karbonata u seriji. Najzastupljeniji su bankoviti slojevi karbonata u produktivnoj seriji ležišta, zatim banci i znatno manje slojevi. Mehanički diskontinuiteti formirani po slojevitosti, prate generalno plikativne strukture u produktivnoj seriji ležišta. Statistički dobijeni elementi pada za slojevitost u okviru produktivne serije ležišta u potpunosti odgovaraju generalnoj prostornoj orijentaciji mehaničkih diskontinuiteta koji su formirani po slojevitosti. Generalno, mehanički diskontinuiteti koji su formirani po slojevitosti padaju ka jugu pod srednjim satatišćki dobijenim uglom od 31° i manjim delom ka istoku pod uglom 32°i ka zapadu pod srednjim satatišćkim uglom od 28°.

U izdvojenim paketima pretežno slojevitih karbonata, mehanički diskontinuiteti se javljaju na međusobnim rastojanjima od 10 cm do 50 cm. U serijama pretežno bankovitih slojeva formirani su mehanički diskontinuiteti na međusobnim rastojanjima, najčešće od 0,5 m do 2 m. Banci imaju mehaničke diskontinuitete po slojevitosti na rastojanjima od 2 m do maksimalnih 4 m. Širina mehaničkih diskontinuiteta formiranih po slojevitosti varira od nekoliko milimetara do prvih santimetara. Površni diskontinuiteti su glatke i blago zatalasane. Diskontinuiteti su najčešće nezapunjeni ili su zapunjeni zaglinjenim karbonatnim detritusom.

Mehanički diskontinuiteti formirani po pojedinačnim pukotinama smicanja, dekametarskih dimenzija i po rasedima utiču lokalno na stabilnost stenskih masa u pojedinim delovima ležišta. Diskontinuiteti koji se formiraju po rasednim zonama mogu lokalno predstavljati ozbiljan problem za stabilnost stenskih masa u uskom području rasedne zone, zavisno od prostorne orijentacije raseda u odnosu na pružanje eksploatacione etaže, širine rasedne zone, zapune rasedne zone i padnog ugla. Rasedne zone su uglavnom zapunjene slabo vezanim rasednim brečama gde je matriks glina a uklopci karbonatne stene. Uklopci mogu imati različite veličine od nekoliko santimetara do nekoliko desimetara zavisno od veličine i širine rasedne zone. Širina pukotinske zone kod pojedinačnih pukotina smicanja varira od 0,1 m do 0,3 m. Širina rasednih zona varira od 1 m do 3 m. Zapaženo je da se po pomenutim pukotinskim i rasednim zonama formiraju podzemni kraški oblici, pretežno metarskih veličina. Karstifikacija uz rasede utiče na smanjenu stabilnost stenskih masa u okviru rasedne zone. Međutim ona može imati i nešto veći uticaj na bližu okolinu rasedne zone zbog kinetičke agresivnosti toka podzemnih voda na okolne stene. Abrazivni uticaj podzemnog toka na slabo vezane krečnjačke breče i druge prateće litološke članove koji se formiraju u rasednim zonama, može uticati na smanjenu stabilnost krečnjačkih masa u relativno širem području rasednih zona, koje varira od 5-10 metara, izvan rasedne zone i to obično po podini rasednih zona.

Rasedne zone ako imaju upravno pružanje u odnosu na eksploatacionu etažu, bez obzira na veličinu, odnosno širinu zone ne predstavljaju veliku opasnost po stabilnost stenskih masa prilikom eksploatacije. Sasvim je druga situacija ako je trasa rasedne zone subparalelna pružanju etaže ili pod blagim uglom preseca etažu, tada je neophodno ublažiti završne kosine etaže, otkopati na tom nivou rastresiti sadržaj rasedne zone i otkopani materijal plasirati van otkopnog polja. Površni rasednih zona su neravne, delom hrapave sa ostrim zasjecima (strije).

Kod penetrativnih sistema (h0l) područja koje predstavljaju pukotine smicanja (u m-dm području), mehanički diskontinuiteti se javljaju pretežno na razdaljini od 1 m do 5 m. Statistički je utvrđeno da najveći broj mehaničkih diskontinuiteta koji su formirani po pukotinama smicanja pada ka jug-jugoistoku pod srednjim statističkim uglom od 80° i manjim delom ka severoistoku pod srednjim statističkim uglom od 74°.

Širina diskontinuiteta varira od nekoliko santimetara do nekoliko desimetara. Diskontinuiteti su najčešće zapunjeni mehanički zdrobljenim karbonatom, koji je slabo vezan pelitskom komponentom ili glinom. Površni diskontinuiteti su neravne i delom hrapave sa oštrim zsecima. Često se uz ove mehaničke diskontinuitete po padu i pružanju formiraju podzemni kraški oblici desimetarskih do metarskih dimenzija.

Ostale planare, konstatovane i genetski razvrstane tokom istraživanja ležišta, duž kojih se mogu javiti mehanički diskontinuiteti, relativno su retko opažane, pripadaju uglavnom metarskom veličinskom području i delom su zapunjene sekundarnim kalcitom tako da predstavljaju kompaktnu stensku masu. Ovo se posebno odnosi na tenziona pukotine koje isklinjavaju po padu i pružanju posle nekoliko metara, retko nekoliko desetina metara, čije su zone najčešće zapunjene sparikalcitom. Duž ovih pukotina uglavnom nije obavljano kretanje.

Kao bitan parametar stabilnosti stenskih masa, koji se može utvrditi na osnovu, prostornog položaja, širine i mogućeg prostiranja po padu i pružanju mehaničkih diskontinuiteta, predstavlja geološki indeks čvrstoće (GSI). Prema rezultatima predhodno obavljene strukturološke analize konstatovano je da mehanički diskontinuiteti koji su formirani po slojevitosti i sistemima pukotina smicanja imaju izrazito homogen sklop u okviru ležišta. U relativno litološki homogenoj produktivnoj seriji ležišta, gde se pored dominantnih mehaničkih diskontinuiteta po slojevitosti javljaju i sistemi mehaničkih diskontinuiteta po pukotinama smicanja, utvrđen je geološki indeks čvrstoće (GSI). Geološki indeks čvrstoće utvrđivan je tokom terenskih inženjersko geoloških ispitivanja na nekoliko desetina lokaliteta u različitim delovima ležišta. Dobijeni rezultati (GSI) tokom terenskih ispitivanja variraju u intervalu od 45-50. Prema utvrđivanju geološkog indeksa čvrstoće na bazi statističkih rezultata planarnog sklopa po kome je došlo do formiranja mehaničkih diskontinuiteta, utvrđen je prosečni indeks (GSI) od 45 za celo ležište. Prema rezultatima laboratorijskih geomehaničkih ispitivanja na jednom uzorku dobijen je geološki indeks čvrstoće (GSI) u intervalu od 35 do 45.

Mikritski krečnjaci, mermerisani krečnjaci i kalcijski dolomiti, koji uglavnom izgrađuju produktivnu seriju, prema GN-200 klasifikaciji pripadaju V i VI kategoriji stena.

Imajući u vidu inženjersko-geološke karakteristike produktivne serije, prosečnu vrednost geološkog indeksa čvrstoća (GSI) za celokupnu produktivnu seriju ležišta, morfologiju terena, prostorni položaj, mesto i način formiranja najzastupljenijih mehaničkih diskontinuiteta u ležištu, dobijen je najoptimalniji pravac eksploatacije i pravac izrade eksploatacionih etaža, koji će omogućiti najveću stabilnost stenskih masa prilikom eksploatacije u budućem površinskom kopu. Prema iznetim kriterijumima najoptimalniji pravac eksploatacije treba da bude od jug-jugozapada ka sever-severozapadu. Ovakav pravac eksploatacije omogućava formiranje eksploatacionih etaža pružanja približno ZSZ-IJI. Eksploatacione etaže sa pomenutim pružanjem i napredovanjem eksploatacije ka SSZ, omogućavaju prema rezultatima inženjersko-geoloških ispitivanja ležišta, relativno najveću stabilnost stenskih masa prilikom eksploatacije.

Generalna procena stabilnosti za celokupno ležište determiniše celokupnu stensku masu ovog ležišta kao relativno postojanu pri egzogenim procesima.

Laboratorijska geomehanička ispitivanja rađena su na jednom uzorku, koji je uzet iz istražnog raskopa. Uzorak je biran tako da ima veći broj makroskopski vidljivih mehaničkih diskontinuiteta. Laboratorijska geomehanička ispitivanja definišu statčni model stabilnosti stenskih masa u istraživanom ležištu. Vredonosni pokazatelji laboratorijskih geomehaničkih ispitivanja krečnjaka u istraživanom ležištu prikazani su tabelarno.

Tabela 2.1. Geomehaničke karakteristike mikritskog krečnjaka

Uzorak	U-1
Zapreminska težina γ (kN/m ³)	26,58
Jednoosna čvrstoća na pritisak σ_c (MN/m ²)	42,28
Čvrstoća na istezanje σ_t (MN/m ²)	6,59
Kohezija c (MN/m ²)	9,31
Ugao unutrašnjeg trenja φ (°)	45° 7'
Sadržaj vode W	3,68
Dinamički modul elastičnosti E_{dyn} (MN/m ²)	72898,4
Dinamički Poissonovkoeficijent μ_{dyn}	0,303
Određivanje Geološkog indeksa čvrstoće (GSI) na uzorku	35-45

Geomehanički parametri, dobijeni nakon laboratorijskih ispitivanja, ukazuju na relativno dobru stabilnost stenske mase u smislu mogućnosti projektovanja eksploatacionih etaža i površinskog kopa u celosti.

Za visine etaža od 10 metara sa nagibom od 75°, utvrđen je faktor sigurnosti (F_s) od tolerantnih 1,289. Za etaže visine 20 metara za ugao nagiba od 70° utvrđen je faktor sigurnosti (F_s) od tolerantnih 1,304 što je prihvatljivo sa aspekta stabilnosti stenskih masa u karbonatnim stenama.

Analize stabilnosti završnih kosina rađene su za 50, 75, 100, 125 i 150 metara. Imajući u vidu najvišu kotu ležišta i najnižu kotu istražnih radova, opredeljujuća završna kosina iznosila bi oko 80 metara. Za visinu završne kosine od 70 metara dobija se ugao završne kosine od 52° sa minimalni faktor sigurnosti od $F_{min} = 1,30$. Ako je visina završne kosine 100 metara dobija se ugao završne kosine od 44° pri minimalnom faktoru sigurnosti od $F_{min} = 1,30$. Iz dobijenih vrednosti se vidi da je variranje ugla završnih kosina za visinu od 75 metara i od 100 metara relativno malo (40).

Ispitani geomehanički parametri u laboratorijskim uslovima i posebno karakteristike produktivne karbonatne serije, utvrđene prilikom inženjersko-geoloških ispitivanja ležišta, ukazuju na relativnu stabilnost stenske mase u smislu mogućnosti projektovanja završnih kosina kopa i do visine od 70 metara sa uglom nagiba završne kosine od 52° sa najoptimalnijom visinom etaže od 10 metara, koje bi imale ugao nagiba od 75° uz relativno tolerantan faktor sigurnosti od 1,289, približno 1,3.

2.8. FIZIČKO-MEHANIČKE KARAKTERISTIKE RADNE SREDINE

Inženjersko-geološke karakteristike ležišta utvrđene su tokom ispitivanja geološke građe ležišta i strukturoloških ispitivanja obavljenih tokom izrade geološkog plana. Takođe su urađena i kompletna laboratorijska geomehanička ispitivanja na uzorku uzetom iz istražnog raskopa.

Stabilnost stenskih masa koji predstavljaju produktivnu seriju u ležištu, najvećim delom zavisi od mehaničkih diskontinuiteta, njihovog broja i prostorne orijentacije, kao i načina eksploatacije. Mehanički diskontinuiteti su detaljnije opisani u poglavlju o tektonici ležišta.

U izdvojenim paketima pretežno slojevitih krečnjaka, mehanički diskontinuiteti se javljaju na međusobnim rastojanjima od 20 cm do 1 m. U serijama pretežno bankovitih slojeva formirani su mehanički diskontinuiteti na međusobnim rastojanjima od 1 m do 2 m. Banci imaju mehaničke diskontinuitete po slojevitosti na rastojanjima od 2 m do maksimalnih 7 m. Širina mehaničkih diskontinuiteta formiranih po slojevitosti varira od nekoliko milimetara do prvih santimetara. Površni diskontinuiteta su glatke i blago zatalasane. Diskontinuiteti su najčešće nezapunjeni ili su zapunjeni zaglinjenim karbonatnim detritusom.

Kao bitan parametar stabilnosti stenskih masa, koji se može utvrditi na osnovu, prostornog položaja, širine i mogućeg prostiranja po padu i pružanju mehaničkih diskontinuiteta, predstavlja geološki indeks čvrstoće (GSI). Prema rezultatima prethodno obavljene strukturološke analize konstatovano je da mehanički diskontinuiteti koji su formirani po slojevitosti imaju izrazito homogen sklop u okviru ležišta sa tri bitno različite prostorne orijentacije mehaničkih diskontinuiteta. Geološki indeks čvrstoće (GSI) varira u intervalu

od 45 do 50. Tokom terenskih inženjersko geoloških ispitivanja na nekoliko desetina otvorenih profila u različitim delovima ležišta dobijene su vrednosti (GSI) od 35 do 55. Generalno one se uklapaju statistički u prosečni prezentiran interval geološkog indeksa čvrstoće za celo ležište (GSI 45-50).

Dobijeni rezultati tokom terenskih ispitivanja variraju u intervalu od 45-50. Prema rezultatima laboratorijskih geomehaničkih ispitivanja na jednom uzorku dobijen je geološki indeks čvrstoće (GSI) u intervalu od 35 do 45.

Rekristalisali krečnjaci i krečnjačke breče, koji uglavnom izgrađuju produktivnu seriju ležišta, prema GN-200 klasifikaciji pripadaju V i VI kategoriji stena.

Imajući u vidu inženjersko-geološke karakteristike produktivne serije, prosečnu vrednost geološkog indeksa čvrstoća (GSI) za celokupnu produktivnu seriju ležišta, morfologiju terena, prostorni položaj, mesto i način formiranja najzastupljenijih mehaničkih diskontinuiteta u ležištu, dobijen je najoptimalniji pravac eksploatacije i pravac izrade eksploatacionih etaža, koji će omogućiti najveću stabilnost stenskih masa prilikom eksploatacije u budućem površinskom kopu.

Ispitivanja tehničkih svojstava krečnjaka, odnosno krečnjaka iz produktivne serije ležišta kao sirovine za tehničko građevinski kamen, obavljena su najvećim delom tokom kompletnih i delimičnih Fizičko-mehaničkih ispitivanja krečnjaka.

Delimičnim fizičko-mehaničkim, laboratorijskim analizama kao krečnjaka kao sirovine za tehničko-građevinski kamen, određivani su parametri:

- čvrstoća na pritisak u suvom i vodozasićenom stanju (MPa)
- otpornost prema habanju struganjem Bhme ($\text{cm}^3/50\text{cm}^2$)
- poroznost (%)
- upijanje vode (%)
- postojanost na dejstvo mraza
- zapreminska masa sa i bez pora i šupljina (kg/m^3)
- zapreminska masa sa porama i šupljinama (kg/m^3)
- koeficijent zapreminske mase

Delimične fizičko-mehaničke analize rađene su na uzorcima iz jezgra bušotina i formatiranim tobolonima iz raskopa R-2. Ukupno je urađeno 5 (pet) delimične analize, što je optimalno prema količini utvrđenih bilansnih rezervi, grupi i podgrupi istraživanog ležišta TGK a u skladu sa Pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima, za prvu grupu, odnosno prvu podgrupu ležišta tehničko građevinskog kamena (Sl. list SFRJ br. 53/79; članovi 188-191).

Kompletna fizičko-mehanička ispitivanja tehničkih svojstava krečnjaka rađena su na jednom uzorku. Uzorak za kompletnu fizičko mehaničku analizu formiran je iz raskopa R-3. Kompletna fizičko-mehanička analiza obuhvatala je sledeća ispitivanja:

- Mineraloško-petrografska odredba stene
- Zapreminska masa sa porama i šupljinama (kg/m^3)
- Zapreminska masa bez pora i šupljina (kg/m^3)
- Koeficijent zapreminske mase
- Poroznost (%)
- Upijanje vode (%)
- Postojanost na povišenim temperaturama
- Postojanost na dejstvo mraza
- Čvrstoća na pritisak u suvom i vodozasićenom stanju (MPa)
- Čvrstoća na pritisak posle smrzavanja (MPa)
- Otpornost agregata na habanje struganjem Böhme ($\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$)
- Otpornost na dinamičke udare i habanje trenjem („Los angeles“ B i C gradacija)
- Sadržaj hlorida (%)
- Sadržaj sulfida (%)
- Sadržaj sulfata (%)

Prilikom formiranja uzorka formatirano je za kompletnu fizičko-mehaničku analizu četiri tobolona približnih dimenzija 20cm X 20cm X 20cm i 30cm X 30cm X 30cm i uzeto je za uzorak oko 40 kg lomljenog kamena u frakciji 100 mm - 200 mm. Na ovako pripremljenom uzorku urađena je jedna kompletna fizičko-mehanička analize, za istraživano ležište krečnjaka kao sirovine za tehničko građevinski kamen, što je optimalno za

prvu grupu, prvu podgrupu ležišta krečnjaka sa bilansnim rezervama do 3.000.000 m³, shodno propisima Pravilnika o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (Sl. Gl. SFRJ br. 53/79, članovi 188 do 191).

Tabela 2.2. Rezultati fizičko-mehaničkih ispitivanja kamena – srednje vrednosti

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE KAMENA		
№	Vrsta analize	Srednja vrednost
		Delimične i kompletne FM analize
1.	ČVRSTOĆA NA PRITISAK (MPa) SRPS B.B 8.012 - u suvom stanju - u vodozasićenom stanju - posle mraza	121 106 97
2.	UPIJANJE VODE (%) SRPS B.B 8.010	0,26
3.	POSTOJANOST NA DEJSTVO MRAZA SRPS B.B 8.002	postojan
4.	ZAPREMINSKA MASA (g/cm ³) SRPS B.B 8.032 - bez pora i šupljina - sa porama i šupljinama - apsolutna poroznost (%) - koeficijent zapreminske mase	2,69 2,72 0,9 0,991
5.	OTPORNOST NA HABANJE STRUGANJEM PO BEMEU (cm ³ /50 cm ²) SRPS B.B 8.015	25,1
6.	SADRŽAJ (%) SRPS B.B 8.042 - hlorida, Cl- - sulfida, S ²⁻ - sulfata, obračunato kao SO ₃	0,009 - 0,01
7.	OTPORNOST NA DROBLJENJE I HABANJE; LOS ANGELES (%) SRPS B.B 8.045 - gradacija „B“ - gradacija „C“	24,1 22,3

Pored ispitivanja krečnjaka kao čvrste stenske mase urađeno je i ispitivanje kamene sitneži, odnosno agregata krečnjaka iz ležišta Crvene stene. Ispitivanja agregata su obavljena tokom tehnološke analize dva uzorka u poluindustrijskom obimu. Uzorci za tehnološku analizu je formirani su iz istražnih raskopa nakon njihove izrade.

Izbor parametara zasnovan je na uobičajenim pokazateljima koji se dobijaju u okviru izrade redovnih atesta kamena koji se eksploatišu u redovnoj proizvodnji. Na osnovu tehnoloških ispitivanja drobljenog agregata zaključeno je da se agregat sastoji od odlomaka krečnjaka. Agregat ne sadrži slaba zrna i potencijalno štetne sastojke, tako da je mineraloško-petrološki sastav agregata povoljan za izradu cement betonskih i asfaltnih mešavina.

Svi rezultati ispitivanja agregata, koji su bitni za definisanje kvaliteta prikazani su u tabelarno u narednoj tabeli broj 2.3.

Tabela 2.3. Rezultati fizičko-mehaničkih ispitivanja agregata

Red. br.	TEHNIČKE KARAKTERISTIKE AGREGATA	KAN. 2012-707
1.	NASUTA ZAPREMINSKA MASA (kg/m ³) SRPS ISO 6782 - u rastresitom stanju - u zbijenom stanju	1750 1940
2.	UPIJANJE VODE (%) SRPS ISO 6783 - agregata (4/8 mm) - agregata (> 4 mm)	0,30 0,27
3.	OTPORNOST NA DINAMIČKE UDARE I HABANJE TRENJEM Los Angeles test (%) SRPS B.B 8.045 - gradacija „B“ - gradacija „C“	26,1 23,3
4.	OTPORNOST NA DROBLJENJE (40 t) (%) SRPS B.B 8.033 frakcija 4/8 frakcija 8/16 frakcija 16/31,5	18,8 24,2 29,9
5.	OBLIK ZRNA VEĆIH OD 3:1 (%) SRPS B.B 8.048 - drobljeni agregat - tucanik	6,2
6.	OBLIK ZRNA – zapreminski koeficijent SRPS B.B 8.049	0,289
7.	SADRŽAJ SLABIH ZRNA (%) SRPS B.B 8.037	0,0
8.	GRANULOMETRIJSKI SASTAV (%) SRPS B.B 8.029 i SRPS B.B 8.036 - sadržaj čestica manjih od 0,09 mm - sadržaj čestica manjih od 0,063 mm	5,6 5,0
9.	OTPORNOST NA MRAZ (u Na ₂ SO ₄) kod zrna većih od 2 mm – na celu masu (%); SRPS B.B 8.044 - agregat	0,67
10.	SADRŽAJ LAKIH ČESTICA (%) SRPS B.B 8.037	0,0
11.	SADRŽAJ GRUDVI GLINE (%) SRPS B.B 8.038	0,0
12.	SADRŽAJ ORGANSKE MATERIJE SRPS U.B 1.024	0,07
13.	EKVIVALENT PESKA (%) SRPS U.B 1.040	66
14.	PRIONLJIVOST SA BITUMENOM (%/%) SRPS U.M 8.096	100/90

3.0. RUDARSKI DEO

3.1. KONCEPCIJA EKSPLOATACIJE I PRIPREME MINERALNIH SIROVINA

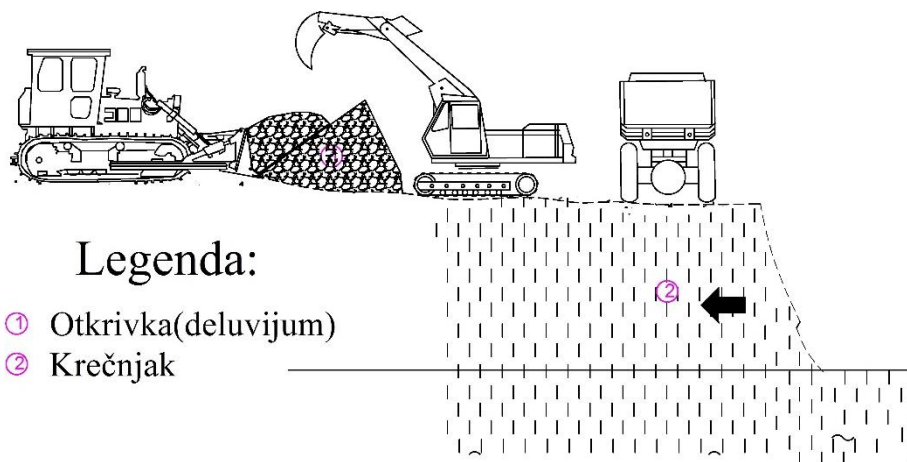
Površinski kop krečnjaka „Crvene stene“ je visinskog tipa sa najnižom etažom E-235.

Rudarski radovi na površinskom kopu „Crvene stene“ imaće za cilj realizaciju kapaciteta u iznosu od oko 129.000 m³ godišnje, odnosno oko 350.000 t godišnje.

Eksplotacija mineralne sirovine (krečnjaka) obuhvatiće sledeće faze rada:

- izrada prilaznog puta,
- bušenje i miniranje,
- utovar u mobilno drobilično postrojenje,
- drobljenje i separisanje.

Tehnologija diskontinualnog otkopavanja dela otkrivke (površinske jalovine) podrazumeva otkopavanje otkrivke buldozerskim radom, utovarom utovarivačem ili bagerom u kamione, odlaganjem na odlagalište i formiranje odlagališta buldozerom. Onaj deo jalovine koji nije moguće eksploatisati na pomenuti način zbog njenih fizičko-mehaničkih karakteristika, će se otkopavati miniranjem zajedno sa krečnjakom, a zatim odvajati u procesu pripreme mineralne sirovine.



Slika 3.1 Direktno otkopavanje otkrivke

Ovim projektom se obrađuje period eksploatacije od 13 godina rada budući da su konstruisanim površinskim kopom obuhvaćene mineralne sirovine u količini od 1.623.475 m³.

Tehničko-ekonomske analize u pogledu opravdanosti izbora niže visine etaža (od 10 m) pokazuju da je to opravdana visina gledano sa rudarsko-tehnološkog aspekta. Posebno je takva visina etaže ukomponovana sa utovarnom opremom i kamionima koji po zahtevu investitora treba da imaju univerzalnu primenu.

Otkopavanje mineralne sirovine vršiće se etažama visine 10 m.

Na osnovu poznatih fizičko-mehaničkih svojstava krečnjaka i oslanjajući se na praktična iskustva u radu na površinskim kopovima krečnjaka usvojeni su sledeći konstruktivni parametri:

❖ visina etaže:	$h = 10 \text{ m}$
❖ nagib radne etaže u sirovini:	$\alpha_r = 65^\circ$
❖ nagib završne kosine PK:	$\alpha_z = 36^\circ$
❖ broj etaža u završnoj kosini:	$n = 13$
❖ širina projekcije kosine etaže:	4,66
❖ širina završne berme:	$B = 10 \text{ m}$

Od najniže etaže, odnosno dna površinskog kopa, vertikalna podela izvršena je na etaže visine 10 m do izlaska na teren, tako da su formirane etaže E-235, E-245, E-255, E-265, E-275, E-285, E-295 i E-305, E-315, E-325, E-335, E-345, E-355 i E-365. Sve etaže su visinskog tipa.

Na osnovu raspoloživih hidrogeoloških informacija ne očekuju se pojave podzemnih voda, tako da se voda na površinskom kopu može očekivati samo nakon atmosferskih padavina. Zbog toga će se ravni platoi na radnim etažama izrađivati sa nagibom od oko 1% prema severozapadi kako bi se omogućilo gravitaciono oticanje površinskih voda koje direktno padnu na površinski kop, a iznad najviše etaže kopa biće urađen obodni kanal.

3.2. OBRAČUN I REBALANS MASA U OGRANIČENOM POVRŠINSKOM KOPU I ODLAGALIŠTU SA OTKOPNIM GUBICIMA I OSIROMAŠENJIMA

3.2.1. Geološke rezerve

Izbor metoda proračuna rezervi u ležištu krečnjaka "Crvene stene" se zasniva na osnovu veličine i oblika rudnog tela i prostiranju krečnjaka, odnosno na osnovu količine i rasporeda realizovanih istražnih radova. Metode proračuna rezervi su izabrane i na osnovu litološke homogenosti i strukturne nehomogenosti istraživane stenske mase izazvane tektonskim poremećajima i karstifikacijom.

Za ovakav oblik i veličinu ležišta TG kamena, najpogodnija je metoda paralelnih vertikalnih geoloških profila. U Glavnom rudarskom projektu usvajaju se rezerve određene metodom paralelnih vertikalnih geoloških profila.

3.2.2. Bilansne rezerve

Proračun rezervi je izvršen metodom geoloških blokova - osnovna metoda proračuna i dobijene vrednosti su prikazane u narednoj tabeli. Kao kontrolna metoda odabrana je metoda poligona, a u tabeli 3.1 je dat uporedni prikaz sa razlikom u proračunu.

Tabela 3.1.

GEOLOŠKE REZERVE					
Kategorija rezervi	Metoda poligona		Metoda geoloških blokova		Razlika
	m ³	t	m ³	t	
B	1.011.576	2.721.139	1.021.129	2.746.837	-0,94
C ₁	611.899	1.646.009	531.538	1.429.837	15,12
Ukupno	1.623.475	4.367.148	1.552.667	4.176.674	4,56

Konturom površinskog kopa su obuhvaćene bilansne rezerve u celosti, samim tim su ukupne količine krečnjaka koje će biti zahvaćene tokom eksploatacije jednake proračunatim geološkim rezervama (umanjenim za gubitke).

3.2.3. Eksploatacione rezerve

Eksploatacione rezerve dobijene su kada su od bilansnih rezervi obuhvaćenih površinskim kopom oduzeti eksploatacioni gubici koji kod površinske eksploatacije iznose od 3 – 5%, a u konkretnom slučaju usvojeni su gubici od 5%. U narednoj tabeli prikazane su eksploatacione rezerve.

Tabela 3.2. Eksploatacione rezerve

Kategorija	Bilansne rezerve		Gubici (5%)		Eksploatacione rezerve	
	m ³	t	m ³	t	m ³	t
B+C ₁	1.623.475	4.367.148	81.174	219.357	1.542.301	4.147.791

3.2.4. Godišnji kapacitet proizvodnje i vek trajanja eksploatacije

Planom investitora predviđena je proizvodnja krečnjaka na površinskom kopu „Crvene stene“ u količini od 129.151 čm³ godišnje.

Prema tome, vek površinskog kopa će biti:

$$T_q = \frac{Q_{br}}{Q_{god}} = \frac{1.623.475}{129.151} = 12,6 \text{ godina}$$

gde je:

- Q_{br} – bilansne rezerve obuhvaćene konturom površinskog kopa (Q_{br} = 1.542.301 m³);
- Q_{god} – planirani godišnji kapacitet na dobijanju krečnjaka (Q_{god} = 129.151 m³ tj. 350.000 t)

3.3. TEHNIČKI OPIS TEHNOLOGIJE OTKOPAVANJA I ODLAGANJA OTKRIVKE

Otkrivku ležišta „Crvene stene“ predstavljaju deluvijalni nanosi izgrađeni uglavnom od zaglinjene krečnjačke drobine, pokriva u kontinuitetu oko 2/3 ukupne površine ležišta, odnosno kontura bilansnih rezervi. Prosečna debljina deluvijalne jalovine iznosi oko 1,5 m. Uklanjanje površinskog sloja otkrivke sa humusom vrši se buldozerom, guranjem na privremene deponije. Otkrivka koju je deponovao buldozer na privremenu

deponiju, utovaruje se utovarivačem u kamione i vozi se na odlagalište, koje će se formirati tako da u slučaju potrebe može da se iskoristi kao deponija gotovog materijala.

Postupak otkopavanja jalovine buldozerom izvodi se tako što se spušta plug u trasi kretanja, pri čemu se plug zariva u tlo i odvaja rez debljine oko 0,2 – 0,4 m u prvom stepenu prenosa. Odvojeni materijal se skuplja ispred pluga obrazujući vučnu prizmu do njegove visine, kada se podizanjem pluga prekida dalje otkopavanje i mašina vrši samo transport, tj. premeštanje materijala. Kako dužina radne trase mašine ne prelazi 40 – 50 m, to će se po završetku guranja materijala prvog sloja, mašina vratiti unazad u početni položaj za otkopavanje novog reza.

Sa privremenih deponija materijal će se kamionima transporovati do odlagališta, gde će se istovarivati. Nakon istovara, materijal se buldozerom gura niz kosinu ili planira po etažnom platou.

Fizičko-mehaničke karakteristike većeg dela otkrivke su takve da nije moguće otkopavanje otkrivke bez miniranja. Ovaj deo otkrivke će se minirati zajedno sa krečnjakom i odvajati u procesu pripreme mineralne sirovine, a zatim transportovati na odlagalište.

3.4. TEHNIČKI OPIS TEHNOLOGIJE OTKOPAVANJA KREČNJAKA

3.4.1. Bušačko-minerski radovi

Bušenje minskih bušotina na površinskom kopu „Crvene stene“ i miniranje krečnjaka predstavlja prvu fazu u eksploataciji.

Za bušenje minskih bušotina na površinskom kopu „Crvene stene“ s' obzirom na fizičko-mehaničke i tehničke karakteristike krečnjaka i predviđenu tehnologiju rada, najpovoljniji način bušenja je udarno-rotaciono bušenje. Ono se može izvoditi sa pneumatskim i hidrauličnim udarno-rotacionim bušilicama.

Bušenje minskih bušotina na površinskom kopu „Crvene stene“ će se obavljati bušilicom ATLAS COPCO ROC F6.

Fizičko-mehaničke i tehničke karakteristike radne sredine od značaja za bušenje i miniranje:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Pritisna čvrstoća | $\sigma_p = 18,17 \text{ MN/m}^2$ |
| 2. Zapreminska masa krečnjaka | $\gamma_z = 2,67 \text{ t/m}^3$ |
| 3. Koeficijent rastresitosti | $k_r = 1,35$ |
| 4. Step en raspucalosti | II i III kategorija (srednje i krupno blokovite stene) |
| 5. Kohezija | $c = 4,11 \text{ MN/m}^2$ |
| 6. Ugao unutrašnjeg trenja | $\varphi = 40^\circ 47'$ |

3.4.1.1. Pregledni spisak parametara bušenja i miniranja

Spisak svih parametara bušenja i miniranja, kao i njihove proračunate vrednosti, prikazani su u tabeli 3.3. dok će kompletan proračun ovih parametara biti dat u glavnom rudarskom projektu.

Tabela 3.3. Pregledni spisak parametara bušenja i miniranja

R. br.	Parametri	Vrednost parametara
1.	Prečnik bušotine $\varnothing$ (mm)	86
2.	Nagib bušotine α (°)	65
3.	Broj bušotina u minskoj seriji	20
4.	Vrsta eksploziva	ANFEX-PP
5.	Inicijalni eksploziv	AMONEX
6.	Specifična potrošnja q (kg/m ³)	0,35
7.	Količina eksploziva u bušotini po metru (kg/m')	3,8
8.	Dužina bušotine sa probušenjem l_b (m)	12,03
9.	Dužina probušenja l_{pr} (m)	1
10.	Linija najmanjeg otpora W (m)	3,2
11.	Rastojanje između bušotina u redu a (m)	3,2
12.	Rastojanje između redova bušotina b (m)	2,8
13.	Dužina minskog čepa l_c (m)	3,2
14.	Količina eksploziva u bušotini $Q_{buš}$ (kg)	34,72

R. br.	Parametri	Vrednost parametara
15.	Ukupna dužina punjenja l_{pu} (m)	8,61
16.	Količina miniranog materijala po bušotini Q (m ³ /buš)	99,2
17.	Maksimalna količina eksploziva u minskoj seriji (kg)	694
18.	Milisekundni interval usporenja (ms)	42

3.4.1.2. Usitnjavanje negabarita

Usitnjavanje negabaritnih komada se izvodi mehaničkim usitnjavanjem pomoću hidrauličnog razbijača, koji se montira na bager. Ovaj način razbijanja negabarita je daleko bezbedniji od sekundarnog miniranja, kako sa aspekta tehničke zaštite, tako i sa aspekta zaštite okoline, a, takođe, pokazuje i ekonomske prednosti u pogledu troškova.

U slučaju nedostatka mehaničkog čekića, usitnjavanje se može vršiti primenom eksploziva i to tako što se u negabaritni komad zabuši jedna ili više minskih rupe u zavisnosti od veličine komada, a čija dužina iznosi:

$$l = \sqrt[3]{\frac{V}{2}}$$

gde je:

l – dužina minske rupe, m;

V – zapremina negabaritnog komada, m³.

Eksplozivno punjenje treba da zauzima 1/4÷1/5 dužine minske rupe, a ostali deo se začepi do vrha. Iniciranje treba vršiti elektrodetonatorima ili detonirajućim štapinom. Potrošnja eksploziva se kreće oko 150÷200 g/m³, što predstavlja veoma neracionalan normativ. Inače usitnjavanje negabarita miniranjem treba izbegavati i primenjivati samo kao krajnje moguće rešenje zbog serije nedostataka koji se ogledaju u neekonomičnosti

3.4.1.3. Određivanje sigurnosnih rastojanja pri miniranju

Određivanje sigurnosnih rastojanja pri izvođenju minerskih radova odnosi se na:

- određivanje sigurnosnih rastojanja usled seizmičkih potresa;
- određivanje sigurnosnih rastojanja usled dejstva vazdušnih udarnih talasa;
- određivanje sigurnosnih rastojanja od razletanja komada pri miniranju.

Određivanje sigurnosnih rastojanja usled dejstva seizmičkih potresa

Pod seizmičkim dejstvom miniranja podrazumevamo oscilovanje tla pobuđenog onim delom oslobođene energije eksplozije koji se ne utroši na drobljenje radne sredine, već izaziva elastične deformacije u bližoj ili daljoj okolini mesta eksplozije. Ovako nastale elastične deformacije prostiru se u vidu elastičnih seizmičkih talasa radijalno od mesta eksplozije. Intenzitet elastičnih seizmičkih talasa zavisi u prvom redu od količine eksploziva (Q), rastojanja od mesta miniranja (r), karakteristika radne sredine, vrste eksploziva, načina miniranja i dr.

Određivanje sigurnosnih rastojanja usled dejstva seizmičkih potresa može se obaviti:

- ❖ instrumentalnim merenjem in situ;
- ❖ empirijskim formulama.

Instrumentalna merenja in situ daju bolje i tačnije rezultate. Seizmičko bezopasno rastojanje pomoću formula može se odrediti iz sledećeg odnosa:

$$r_s = K_s \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad m$$

gde je:

r – radijus seizmički opasne zone, m;

K_s – koeficijent koji zavisi od fizičko-mehaničkih karakteristika radne sredine gde se objekat nalazi;

α – koeficijent koji zavisi od pokazatelja dejstva eksplozije;

Q – količina eksplozivnog punjenja, kg.

Tabela 3.4. Vrednosti koeficijenta K_s

Vrsta stene	K_s	
Čvrste kompaktne stene	3	Pri postavljanju minskog punjenja u zemljište zasićeno vodom ili u vodu koeficijent K_s mora se povećati za (1.5÷2) puta.
Čvrste raspucale stene	5	
Šljunčano zemljište	7	
Peščane naslage	8	
Glina i glinovite naslage	9	
Nasuto rastresito zemljište zasićeno vodom	15	
Zemljište zasićeno vodom (živi pesak, treset)	20	

Tabela 3.5. Vrednosti koeficijenta α

Pokazatelj dejstva eksplozije (n)	α	Pokazatelj dejstva eksplozije (n)	α	Pokazatelj dejstva eksplozije (n)	α
0,5	1,20	1,7	0,86	2,4	0,76
1,0	1,00	1,8	0,84	2,5	0,75
1,1	0,98	1,9	0,82	2,6	0,74
1,2	0,96	2,0	0,80	2,7	0,73
1,3	0,94	2,1	0,79	2,8	0,72
1,4	0,92	2,2	0,78	2,9	0,71
1,5	0,88	2,3	0,77	3,0	0,70

Iz tabele za čvrste raspucale stene vidi se da je $K_s = 5$, a koeficijent α , koji zavisi od pokazatelja dejstva eksplozije (n), uzet je za miniranje na odbacivanje ($n = 1$) iznosi $\alpha = 1$.

Maksimalna količina eksploziva koja će se koristiti pri jednoj minskoj seriji (miniranju) je $Q = 694$ kg, dakle, neće se minirati više od 20 bušotina u seriji na etažama visine 10 m.

$$r_s = K_s \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q} = 5 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{936} = 44,3 \text{ m}$$

Isto tako, ako je zadato rastojanje od mesta miniranja do sigurnosnog objekta, dozvoljena količina eksploziva za jedno miniranje može se odrediti iz formule i tabele kao što je prikazano:

$$Q = \frac{r_s^3}{\alpha^3 \cdot K_s^3}$$

Tabela 3.6. Vrednosti koeficijenta K_s

Vrsta stene na kojoj se nalazi objekat	K_s	Granica seizmički opasnih zona		
		1000 kg	2000 kg	3000 kg
Čvrste kompaktne stene	3	30 (m)	40 (m)	50 (m)
Čvrste raspucale stene	5	50	60	85
Šljunčano zemljište	7	70	90	120
Peščane naslage	8	80	100	140
Glina i glinovite naslage	9	90	115	155
Nasuto rastresito zemljište zasićeno vodom	15	150	190	260
Zemljište zasićeno vodom (živi pesak, treset)	20	200	250	340

Za ocenu seizmičkog dejstva danas se najčešće koristi Mercalli-Cancani-Seiberg (MSC) skala, koja sadrži 12 seizmičkih stepeni, a koristi se za ocenu potresa usled zemljotresa. Kao što se vidi iz tabele, oštećenja na zgradama se ne očekuju za potrese čiji je intenzitet manji od V stepena seizmičke skale.

Tabela 3.7. Mercalli-Cancani-Seiberg (MSC) skala

Brzina oscilovanja (cm/s)	Stepen seizmičkog intenziteta (IFZ)	Opis dejstva
do 0,2	I	Potres osećaju samo instrumenti
0,2 – 0,4	II	Potres se samo u nekim slučajevima oseća u potpunoj tišini
0,4 – 0,8	III	Potres oseća vrlo mali broj ljudi ili samo oni koji ga očekuju
0,8 – 1,5	IV	Potres osećaju mnogi ljudi, čuje se zveket prozorskog stakla
1,5 – 3	V	Osipanje kreča, oštećenja na zgradama u slabom stanju
3 – 6	VI	Javljaju se fine prsline na malteru, oštećenja na zgradama koje već imaju razvijene trajne deformacije
6 – 12	VII	Oštećenja na zgradama u dobrom stanju, pukotine na malteru, delovi maltera opadaju, pukotine u zidanim pećima, rušenje dimnjaka
12 – 24	VIII	Znatne povrede građevina, veće pukotine u nosećoj konstrukciji i zidovima, padaju fabrički dimnjaci, padaju plafoni
24 – 48	IX	Rušenje građevina, veće pukotine u zidovima, rastavljanje zidova
> 48	X – XII	Veća razaranja, stropoštavanje čitavih građevina

U pogledu otpornosti na potrese usled miniranja, zgrade možemo podeliti u tri osnovne kategorije:

- zgrade od neobrađenog kamena, seoske zgrade, zgrade od nepečenih cigala i kuće od gline,
- obične zgrade od opeke, zgrade od velikih blokova i zgrade od prefabrikovanog materijala, zgrade sa delimično drvenom konstrukcijom, kao i zgrade od prirodnog tesanog kamena,
- armirano-betonske građevine i obične drvene građevine.

Najotpornije na potrese usled miniranja su zgrade „c” kategorije, dok su najmanje otporne zgrade iz „a” kategorije. Dok se za zgrade „a” kategorije oštećenja mogu očekivati u domenu IV seizmičkog stepena, dotle se za zgrade „c” kategorije početna oštećenja mogu očekivati tek u domenu VII seizmičkog stepena.

Za objekte koji se mogu svrstati u zgrade „b” i „c” kategorije („b” – zgrade od opeke, velikih blokova prefabrikovanih materijala, od delimično drvene konstrukcije i tesanog kamena; „c” – armirano-betonske građevine i obične drvene zgrade) oštećenja se mogu očekivati u domenu III (IV) seizmičkog stepena.

Kritično redukovano rastojanje, odnosno poluprečnik sigurnosne zone od velikih potresa, prema Medvedevu sračunava se na sledeći način:

$$r_s = K_b \cdot K_p \cdot K_z \cdot 30 \cdot \sqrt[3]{Q_{buš}} = 1,3 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 30 \cdot \sqrt[3]{34,72} = 50,89 \text{ m}$$

gde je:

K_b – koeficijent koji uzima u obzir stanje zgrade i za objekte B i C kategorije prosečna vrednost iznosi $K_b = 1,3$;

K_p – koeficijent koji zavisi od načina aktiviranja minskog polja i za milisekundni način aktiviranja iznosi $K_p = 0,80$;

K_z – koeficijent koji zavisi od geološkog sastava terena i za čvrste stene iznosi $K_z = 0,50$;

R_{red} – redukovano rastojanje za razne stepene potresa pri trenutnom i milisekundnom miniranju; $R_{red} = 30$;

$Q_{buš}$ – količina eksploziva po jednom intervalu usporenja pri milisekundnom miniranju i ona iznosi $Q = 34,72$ kg.

Tabela 3.8. Sigurnosno rastojanje u funkciji stepena seizmičkog dejstva

Stepen seizmičkog dejstva (cm/s)	Redukovano rastojanje R_{red} (m)	Sigurnosno rastojanje R (m)
1	56	129,36
2	36,4	84,1
3	23,8	54,98
4	9,1	21,02
5	9,1	21,02
6	5,8	13,4
7	3,6	8,32
8	2,4	5,54
9	1,5	3,47
10	1,5	3,47

Dejstvo seizmičkih potresa, a pre svega njihove stvarne vrednosti, treba pouzdano utvrditi konkretnim merenjima na terenu prilikom izvođenja miniranja. Na taj način treba proveriti i verifikovati projektovanu geometriju, količinu eksploziva, intervale milisekundnog usporenja i ostale potrebne parametre koji su dati u Projektu.

U blizini površinskog kopa ne postoje objekti koji bi mogli biti ugroženi od dejstva seizmičkih potresa, osim jednog objekta koji se nalazi na dvadesetak metara od ivice kopa, ali koji je predviđen za rušenje, o čemu postoji dogovor između vlasnika objekta i investitora.

Sigurnosna rastojanja usled razletanja komada pri miniranju

Daljina razbacivanja komada stena posle miniranja zavisi od niza uticajnih parametara kao što su:

- količina upotrebljenog eksploziva;
- geometrija rasporeda eksplozivnog punjenja;
- veličina linije najmanjeg otpora;
- ugao odbacivanja;
- reljef zemljišta i dr.

Određivanje daljine razbacivanja komada minirane mase može da se vrši na više načina. Ako se uzme u obzir energija eksplozije i energija odbačenih komada, onda se za određivanje mogu koristiti balistički proračuni brzine leta komada i njihov domet.

Brzina komada stene u trenutku napuštanja masiva može se izračunati iz odnosa:

$$V_o = \frac{7.200 \cdot Q_b}{\gamma_s \cdot W^3} = \frac{7.200 \cdot 34,72}{269 \cdot 3,2^3} = 28,36 \text{ m / s}$$

gde je:

Q_b – maksimalna količina eksploziva po bušotini 34,72 kg;

γ_s – zapreminska masa stene, $\gamma_s = 2,69 \text{ g/cm}^3$;

W – (prosečna) linija najmanjeg otpora, $W = 3,2 \text{ m}$.

Kritični položaj komada stene u trenutku napuštanja masiva iznosi:

$$Y = 0,5 \cdot l_{pu} - l_{pr} \cdot \sin \alpha + W \cdot \cos \alpha = 0,5 \cdot 8,61 - 1 \cdot \sin 65^\circ + 3,2 \cdot \cos 65^\circ = 4,75 \text{ m}$$

gde je:

l_{pu} – dužina punjenja (najnepovoljniji slučaj), $l_{pu} = 8,61 \text{ m}$;

l_{pr} – dužina probušnja, $l_{pr} = 1 \text{ m}$;

α – ugao nagiba bušotina, $\alpha = 65^\circ$;

W – (prosečna) linija najmanjeg otpora, $W = 3,2 \text{ m}$.

Maksimalni domet odbacivanja komada je:

$$D_{max} = \frac{V_o^2}{g} \sin 2\beta + \frac{\sqrt{3}}{W} Y = \frac{28,36^2}{9,81} \cdot \sin 90^\circ + \frac{\sqrt{3}}{3,2} \cdot 4,75 = 84,32 \approx 85 \text{ m}$$

gde je:

β – ugao vektora brzine prema horizontu, $\beta = 45^\circ$ (najnepovoljniji slučaj).

Prilikom izvođenja miniranja zona u radijusu od 85 m mora biti u potpunosti obezbeđena tako da apsolutno nije dozvoljeno nikakvo prisustvo ljudi, osim stručnih lica sa površinskog kopa koji izvode miniranje. Svi radnici moraju biti u skloništima, a ostali moraju biti udaljeni iz zone razletanja komada. Izuzetno od ovog, u ugroženoj zoni, u zidanim objektima, mogu se skloniti lica koja se tu zateknu, ali isključivo ispod armirano-betonskih nadvratnika pregradnih zidova sa armirano-betonskom pločom, uz prethodno propisana upozorenja o vremenu miniranja.

Sigurnosna zona od vazdušnih udarnih talasa

Poluprečnik sigurnosne zone od dejstva vazdušnih udarnih talasa na površini, u odnosu na ljude, određuje se na osnovu formule:

$$r = K_v \cdot \sqrt[3]{Q} = 15 \cdot \sqrt[3]{694} = 133 \text{ m}$$

Određivanje gasoopasne zone

Radijus gasoopasne zone usled eksplozije sračunava se na osnovu dopuštene koncentracije štetnih gasova na granici gasoopasne zone i može se dobiti iz odnosa:

$$r_g = K_g \cdot \sqrt{C \cdot Q} = 1,2 \cdot \sqrt{10 \cdot 694} = 100 \text{ m}$$

gde je:

r_g – radijus gasoopasne zone, m;

Q – količina upotrebljenog eksploziva, $Q = 694 \text{ kg}$;

C – količina štetnih gasova (preračunatih na CO), $C = 10 \text{ l/kg}$ (najnepovoljniji slučaj);

K_g – eksperimentalni koeficijent, $K_g = 1,0 \div 1,5$. Usvojeno $K_g = 1,2$.

Za određivanje radijusa gasoopasne zone treba poznavati klimatske prilike na mestu eksplozije (pravac i brzinu vetra). Pri promeni pravca vetra za vreme miniranja r_g u pravcu vetra treba povećati 2 puta.

3.5. OBARANJE ODMINIRANOG MATERIJALA NA OSNOVNU ETAŽU

Nakon procesa bušenja i miniranja, izminirani materijal će se gravitacijski oboriti na osnovnu utovarnu etažu. Zaostali materijal na etaži na kojoj je obavljeno miniranje oboriće se buldozerom na osnovnu utovarnu etažu.

Nakon miniranja buldozer ili utovarivač će prikupiti (pregurati) rasuti materijal do glavne gomile. Mobilna drobilica i sito će se locirati pokraj odminiranog materijala. Bager će na gomili materijala sebi napraviti plato gde se može popeti i odatle vršiti utovar odminiranog materijala sa izminirane gomile materijala.

Mobilno postrojenje će se pomerati kako se bude pomerao front radova ali uvek da bude u radijusu dohvata bagera.

Kada se silazi sa eksploatacijom na nižu etažu mobilno postrojenje takođe ide na donju etažu ali tek kad se napravi dovoljna širina radne etaže da se nesmetano mogu obavljati radovi.

Izminirani materijal će u celosti pasti na osnovnu (radnu) etažu, a zatim će se utovarivati hidrauličnim bagerom u mobilnu drobilicu.

3.6. UTOVAR ODMINIRANOG MATERIJALA

Na osnovu parametara bušačko-minerskih radova i usvojenog načina miniranja sa dva reda minskih bušotina, širina bloka koji se minira iznosi 5,6 m. Širina bloka odminiranog materijala uvećava se za projekciju obrušenog materijala izvan bloka. Jedan deo odminiranog materijal pada na osnovnu utovarnu etažu, dok će se ostatak materijala zadržati na bermama viših etaža i zatim obarati buldozerom na pomenutu osnovnu etažu. Oboreni odminirani materijal utovarivaće se bagerom direktno u mobilnu drobilicu. Posle procesa drobljenja vrši se odlaganje sirovine utovarivačem na privremene deponije, odakle se vrši utovar u kamione kupaca.

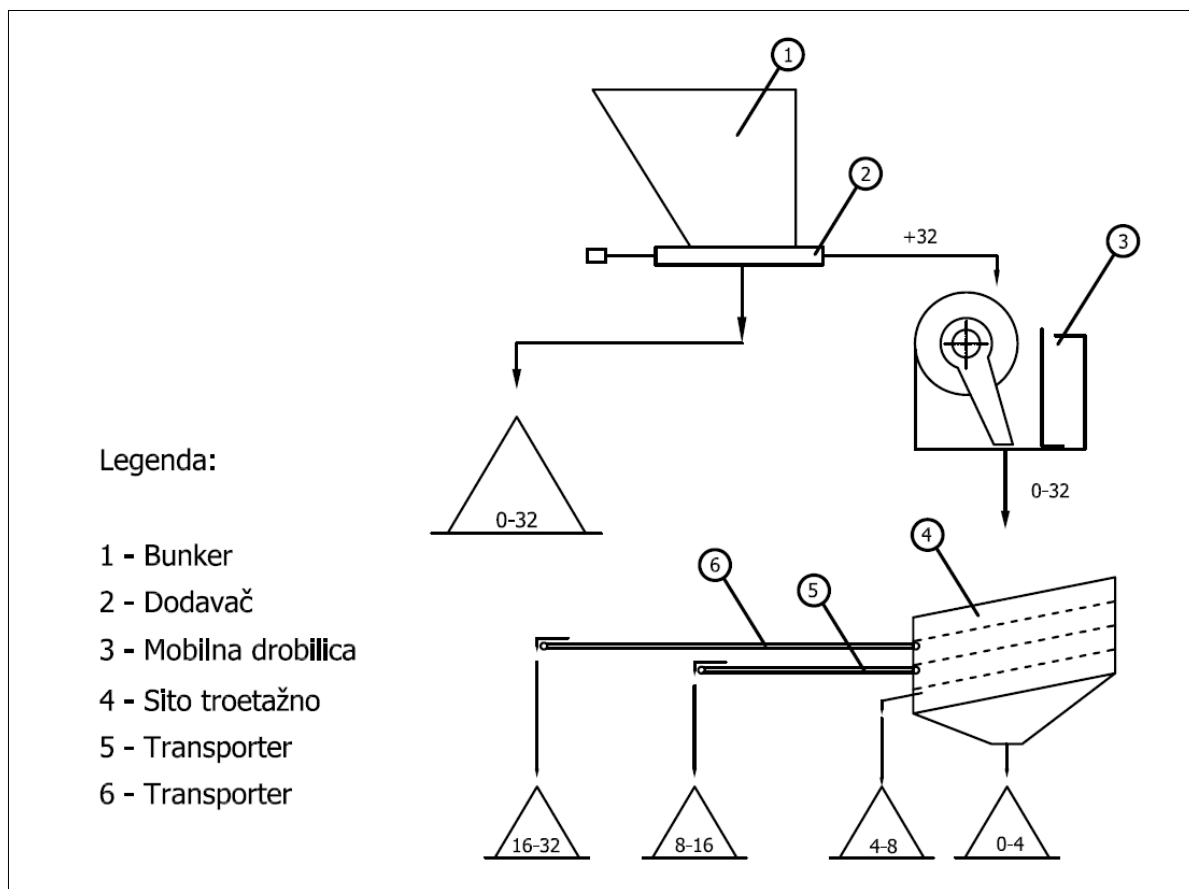
3.7. TRANSPORT ODMINIRANOG MATERIJALA

Transport materijala na površinskom kopu "Crvene stene" obuhvata gravitacijski transport odminiranog materijala obaranjem sa viših etaža na osnovni utovarni plato. Nakon obavljenog miniranja na višim etažama oko 75% materijala odbacivanjem direktno padne na osnovni utovarni plato, dok se preostalih 25% zadrži na višim etažama i naknadno gura buldozerima i gravitacijski obara.

Odminirani materijala će se direktno bagerom utovarivati u mobilnu drobilicu, tako da neće biti kamionskog transporta.

3.8. PRIPREMA MINERALNIH SIROVINA

Na osnovnoj etaži će biti postavljeno mobilno drobično postrojenje NORDBERG LT1213S koje će se sastojati od prijemnog bunkera, vibro dodavača, čeljusne drobilice i troetažnog sita.



Slika 3.2. Tehnološka šema mobilnog drobičnog postrojenja

Posle miniranja i obaranja na osnovni plato, materijal se kamionima transportuje do prihvatnog bunkera. Iz prijemnog bunkera materijal pada na vibracioni dodavač i vibro-rešetku, koja se nalazi ispred primarne drobilice, gde se odstranjuje jalovina i ona se transportuje na deponiju jalovine.

Materijal koji je prošao kroz vibracionu rešetku, odlazi u čeljusnu drobilicu gde se usitnjava na izlaznu granulaciju veličine 0 – 63 mm. Nakon drobljenja materijal se šalje na sito otvora 32, na kome se odvaja prljava frakcija -32+0 mm, dok se čista frakcija -63+32 mm, šalje u konusnu drobilicu na dalje usitnjavanje. Posle usitnjavanja materijal ide na dvoetažno sito otvora 32 mm i 22 mm, gde se separiše na tri frakcije:

- +32 mm, koja se vraća na domeljavanje,
- 32+22 mm, koja se izdvaja kao finalni proizvod za tržište,
- 16+0 mm, koja se šalje na sekundarno četvoroetažno sito.

Na sekundarnom četvoroetažnom situ otvora 11 mm, 8 mm, 4 mm i 2 mm se materijal krupnoće -16+0 mm dalje separiše na sledeće frakcije:

- 16+11 mm,

- 11+8 mm,
- 8+4 mm,
- 4+2 mm,
- 2+0 mm.

Materijal -2+0 mm prolazi kroz dehidrator.

Sve pomenute frakcije se skladište na privremene deponije na etaži kao finalni proizvod za tržište.

Tehnološka šema mobilnog drobiličnog postrojenja prikazana je na slici 3.2.

3.9. PRIPREMNI I POMOĆNI RADOVI

Pripremni radovi na površinskom kopu "Crvene stene" podrazumevaju:

- izradu pristupnih puteva,
- pripremu platoa za postavljanje bušilice za bušenje minskih bušotina.

Pomoćni radovi na površinskom kopu obuhvataju:

- odražavanje postojećih puteva,
- čišćenje i planiranje radnog platoa,
- uklanjanje i usitnjavanje negabarita.

Za izradu i održavanje puteva i radnih platoa angažuje se buldozer. Održavanje puteva pre svega podrazumeva njihovo čišćenje od materijala koji ispadne u toku transporta i planiranje površine puteva oštećenih tokom eksploatacije. U redovno održavanje puteva ubraja se i njihovo polivanje cisternom u cilju smanjenja emisije prašine koja se javlja u toku miniranja, i utovara izminiranog materijala i transporta. Investitor ne raspolaže cisternom, već će angažovati podizvođača za ovu vrstu poslova.

Radni plato (etaža) predstavlja prostor koji obuhvata radilište bagera, mobilnog postrojenja i utovarivača, kao i prostor za manevar kamiona kod postavljanja za utovar. Pošto se radi na utovaru i transportu odminiranog materijala potrebno je izvršiti radove na pripremi i planiranju radnog platoa. Priprema obuhvata prikupljanje i transport fragmentisane sirovine rasute posle miniranja i pripremu sirovine u toku rada bagera. Priprema u toku rada bagera odnosi se na transport materijala u zonu radijusa kopanja bagera, jer materijal može biti izvan ove zone zato što je pomešten dejstvom bagera na stranu ka otkopanom prostoru ili je posredstvom miniranja došlo do stvaranja veće širine osnove miniranog materijala.

3.10. TEHNIČKI OPIS ODVOĐNJAVANJA I ZAŠTITE OD PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA

Uspešna površinska eksploatacija podrazumeva i kvalitetno odvođnjavanje. U tom smislu sistem odvođnjavanja jednog površinskog kopa treba da bude dobro odabran, da je sastavljen od objekata odvođnjavanja koji svojim kapacitetima mogu da obezbede efikasnu zaštitu rudarskih radova od površinskih i podzemnih voda.

Uz odgovarajuću ekonomičnost treba dati rešenje sistema zaštite površinskog kopa od površinskih i podzemnih voda, koji će obezbediti optimalne uslove za rad mehanizacije na eksploataciji.

3.10.1. Zaštita površinskog kopa od površinskih i podzemnih voda

Pravilan izbor rešenja zaštite kopa od površinskih voda zavisi od pravilne interpretacije i analize svih potrebnih parametara. Pored analize ovih parametara potrebno je prilagoditi konceptijsko rešenje postojećoj koncepciji u funkciji razvoja radova do kraja eksploatacije.

Podzemnih voda i nema, tako da se ne predviđa nikakva zaštita od podzemnih voda, voda na površinskom kopu može se očekivati samo nakon atmosferskih padavina.

Kao objekat koji će prikupljati i odvoditi površinsku vodu koja gravitira ka površinskom kopu primenjivaće se obodni kanal izgrađen iznad površinskog kopa na jugoistočnom, istočnom i severoistočnom delu. Zaštita od atmosferskih voda koje padnu u prostor površinskog kopa podrazumeva izradu etaža u nagibu od oko 1% u smeru istoka, kako bi se voda koja padne direktno u površinski kop gravitacijski odvodila van konture kopa.

3.10.2. Radna snaga

Služba odvodnjavanja mora biti organizovana na nivou operative površinskog kopa i podređena upravniku. Za obavljanje poslova odvodnjavanja dovoljno je osposobiti dva zaposlena radnika koji su već u radnom odnosu na površinskom kopu "Crvene stene".

3.10.3. Posebne mere zaštite

Izrada objekata odvodnjavanja je deo tehnologije rada na površinskom kopu. Mehanizacija koja se primenjuje pri izradi objekata odvodnjavanja primenjuje se u tehnologiji eksploatacije bilo za osnovne rudarske aktivnosti, bilo za pomoćne operacije, te rad ovom mehanizacijom podleže zakonskim propisima i pravilnicima za ovu oblast tehnologije rada.

Pravilnikom o higijenskim i tehničkim zaštitnim merama pri radu u kamenolomima, date su mere zaštite, kojih se treba pridržavati. Pored ovih, treba se pridržavati svih mera Službe zaštite na površinskim kopovima.

4.0. TEHNIČKI OPIS SNABDEVANJA POGONSKOM ENERGIJOM, INDUSTRIJSKOM I PITKOM VODOM

4.1. PODACI O VRSTI USVOJENE ENERGIJE

Na površinskom kopu "Crvene stene" kao osnovni energent koristiće se dizel gorivo. Dizel gorivo će se koristiti za pokretanje buldozera, bagera, utovarivača, bušaće garniture, mobilne drobilice i mobilnog sita na površinskom kopu. Snabdevanje dizel gorivom će se vršiti pomoću odgovarajućih cisterni. Za pretakanje goriva biće formiran plato od nepropusne podloge sa padom ka najnižoj tački, na kome će se nalaziti taložnik za mehaničke nečistoće i separator masti i ulja. Za snabdevanje površinskog kopa električnom energijom predviđena je izgradnja neophodne infrastrukture (trafostanica TS 10/0,4kV, snage 630 kVA, priključni vodovi i dr) uz poštovanje odgovarajuće zakonske regulative (izrada projektne dokumentacije, prikupljanje potrebnih dozvola itd).

4.2. PODACI O IZVORIMA SNABDEVANJA I LOKACIJI OBJEKATA ZA SNABDEVANJE VODOM

Na prostoru eksploatacionog polja "Crvene stene" ne postoje kaptirani izvori koje lokalno stanovništvo koristi za svoje potrebe. Tehnička voda se neće koristiti u procesu eksploatacije, već samo povremeno za obaranje prašine na transportnim putevima i za te potrebe će se dopremati autocisternama.

Snabdevanje pitkom vodom na površinskom kopu "Crvene stene" vršiće se nabavkom flaširane vode u dovoljnim količinama, dok su za potrebe snabdevanja sanitarnom vodom predviđene autocisterne.

4.3. PODACI O SNABDEVANJU EKSPLOZIVOM

Na površinskom kopu "Crvene stene" eksploziv i inicijalna sredstva donosiće se direktno na kop i upotrebljavati istog dana. Ukoliko ostane izvesna količina eksploziva i inicijalnih sredstava, ista će se vraćati istog dana. Prema tome, na površinskom kopu neće biti izgrađeno skladište eksploziva i inicijalnih sredstava.

4.4. PODACI O OBJEKTIMA ZA TRETIRANJE OTPADNIH MATERIJA

S obzirom na to da se u procesu eksploatacije i prerade krečnjaka ne koristi voda, a održavanje opreme će se obavljati u servisnim radionicama van površinskog kopa, to se na samom površinskom kopu neće pojavljivati otpadne vode.

Za sanitarne potrebe će se iznajmiti potreban broj mobilnih toaleta. Firma koja iznajmljuje ove toalete će se obavezati da vrši njihovo pražnjenje, pošto se oni ne priključuju na kanalizacionu i vodovodnu mrežu.

4.5. TEHNIČKI OPIS SIGNALIZACIJE I AUTOMATIZACIJE I SISTEMU VEZA

Na površinskom kopu "Crvene stene" ne postoji posebna oprema ili instalacije koje bi omogućile uspostavljanje komunikacionih veza sa sedištem preduzeća.

Sva komunikacija u okviru površinskog kopa i uprave ostvarivaće se putem mobilne telefonije za šta postoje odgovarajući uslovi, jer je investitor sklopio ugovor sa mobilnim operaterom o korišćenju usluga mobilne telefonije za sve svoje zaposlene.

Poseban sistem veza u okviru eksploatacionog polja nije potrebno projektovati i realizovati s obzirom na njegovu veličinu, angažovanu opremu i primenjeni sistem eksploatacije.

5.0. REKULTIVACIJA

Rekultivacija degradiranih prostora usled površinske eksploatacije krečnjaka na lokalitetu "Crvene stene" predviđa niz aktivnosti kojima ove prostore treba privesti nameni. Da bi se ovo ostvarilo potrebno je obaviti:

- tehničku rekultivaciju i
- biološku rekultivaciju

Tehnička rekultivacija obuhvata tehničko-tehnološke aktivnosti u smislu oblikovanja prostora, uspostavljanja potrebnih komunikacija i zaštitu (trajnu) prostora od površinskih (atmosferskih) voda. Dakle tehničkom rekultivacijom treba izvršiti pripremu prostora pre pristupanja biološkoj rekultivaciji.

Biološka rekultivacija podrazumeva kratkoročne i dugoročne mere biološke pripreme degradiranih – sterilnih površina i konačne aktivnosti na uspostavljanju bioloških funkcija tretiranih površina.

Sve navedene aktivnosti, od tehničke do biološke rekultivacije, međusobno su uslovljene i u realizaciji postoji logičnost redosleda njihovog sprovođenja. To iziskuje ne samo disciplinu u sprovođenju mera već i poštovanje dinamike realizacije aktivnosti, u kojoj je faktor vremena veoma izražen.

Na osnovu prirodnih karakteristika samog lokaliteta površinskog kopa i šireg prostora u kome će se kop nalaziti, uz poštovanje prethodno iznetih stavova, kao i stručnih znanja i dosadašnjih iskustava u ovoj oblasti, projektanti su postavili sledeću koncepciju projektnog rešenja:

- prostor površinskog kopa krečnjaka "Crvene stene" rekultivisaće se kombinovanim postupkom eurekultivacije i autorekultivacije;
- prostor spoljašnjeg odlagališta rekultivisaće se postupkom eurekultivacije;
- tehnička faza rekultivacionih radova sprovede se u potpunosti prema projektovanim rešenjima završnog izgleda površinskog kopa koja je priložena u ovom glavnom rudarskom projektu;
- biološka faza rekultivacionih radova obuhvata setvu mešavine više vrsta trava uz prioritarno korišćenje autohtonih biljnih vrsta.

Može se zaključiti da je ovako postavljeni model rekultivacije prostora površinskog kopa krečnjaka "Crvene stene" po završetku radova na eksploataciji usmeren u pravcu pripreme degradiranog terena za obnavljanje vegetacije, regulacije degradiranog zemljišta sa aspekta privođenja određenoj nameni i korišćenju prostora. Jasno je da je cilj realizacije izabranog projektnog rešenja uspostavljanje ekološki prihvatljivih i, sa stanovišta zaštite životne sredine, odgovarajućih karakteristika samog lokaliteta i šire posmatranog područja u kome se nalazi.

U suštini tehnička rekultivacija podrazumeva skup određenih sinhronizovanih radnji koje obuhvataju:

- parcelisanje prostora,
- grubo ravnanje platoa sa nivelacijom,
- fino ravnanje platoa,
- izradu jama za sadnice i
- nanošenje materijala – podloge za biološku rekultivaciju i sl.

Cilj ovih tehničkih radova je obezbeđenje i priprema površine za sprovođenje biološke rekultivacije. Aktivnosti u okviru tehničke i biološke rekultivacije, međusobno su uslovljene i njihovoj realizaciji postoji logičnost redosleda izvođenja. Ovo iziskuje ne samo disciplinu u sprovođenju mera već i poštovanje dinamike realizacije aktivnosti, u kojoj je faktor vremena veoma izražen.

Biološka rekultivacija ima za cilj da u relativno kratkom roku ostvari osnovne uslove za život biljaka na prostoru površinskog kopa nakon završetka eksploatacionih radova i obavljene tehničke rekultivacije. Biološka rekultivacija može da obuhvata sadnju i podizanje drvenastih i žbunastih kultura, zatravljivanje, itd.

U analizi izbora vrsta kojima će se izvršiti biološka rekultivacija površinskog kopa krečnjaka "Crvene stene" preovladalo je mišljenje da se u maksimalno mogućoj meri odaberu vrste koje pripadaju grupi autohtonih vrsta ovog područja. Takođe su uzeti u obzir i ekološka valenca vrste, prirodni uslovi postojećeg lokaliteta, sposobnost stvaranja stabilnih fitocenoza kako bi se sprečila mogućnost dolaska do erozije, produktivnost vrsta u pogledu količine obrazovane zelene mase, dugotrajnost i dekorativnost vrsta i dr.

Poseban problem da se obezbede odgovarajući vizuelni efekti predstavljaće 10 m visoke etaže, gole kosine koje usled njihovog nagiba od 65° nije moguće pošumljavati, pa će se, zbog toga, na njima obaviti samozatravljivanje. Na spoljašnjem odlagalištu će se izvršiti sadnja crnog bora na ravnim platoima etaža.

5.1. TEHNIČKA REKULTIVACIJA

Tehnička rekultivacija, kao završna faza eksploatacije ležišta, ima za cilj da obezbedi takvu konfiguraciju, odnosno oblik terena, da se najefikasnije koristi rekultivisana površina. Svi tehnološki procesi tehničke rekultivacije vezani su uglavnom za zemljane radove na koje otpada 95% ukupnih troškova rekultivacije. Zbog toga, pri izboru načina rekultivacije, treba dati prednost onoj kulturi koja zahteva najmanji obim zemljanih radova.

Na spoljašnjem odlagalištu biće zasađene sadnice crnog bora, čija će funkcija, osim ozelenjavanja, biti da svojim korenovim sistemom poveže odložen materijal i time onemogući površinsku eroziju i, ujedno, poveća stabilnost odlagališta.

U postupku tehničke rekultivacije potrebno je obaviti nasipanje ravnih delova etaža E-245 i E-255 humusom u sloju od 10 cm kako bi se mogla obaviti setva trave. Nakon nasipanja potrebno je rasplanirati buldozerom nasuti materijal.

Povoljni uslovi za izvođenje pomenutih operacija, koji su vezani za upotrebu mehanizacije, mogu se ostvariti u delovima godine sa višom temperaturom i manjim padavinama čime se obezbeđuje i kvalitetnije obavljanje radova. S obzirom na klimatske prilike ovog područja, to je period od maja do kraja septembra sa prekidima u slučaju obilnih padavina.

5.2. BIOLOŠKA REKULTIVACIJA

Biološka rekultivacija ima za cilj da u relativno kratkom roku ostvari osnovne uslove za život biljaka na prostoru površinskog kopa nakon završetka eksploatacionih radova i obavljene tehničke rekultivacije. Biološka rekultivacija može da obuhvata sadnju i podizanje drvenastih i žbunastih kultura, zatravljivanje, itd.

Za potrebe rekultivacije, prostor površinskog kopa krečnjaka "Crvene stene" podeljen je na tri celine u okviru rekultivacionog polja površinskog kopa sa bliskom ekološkom strukturom i jedinstvenim ekološkim sistemom uticaja kao i sličnim funkcijama prema sledećem:

I celina:

Ravni platoi etaža E-245 i E-255 površinskog kopa. U okviru I zone predviđena je setva određene mešavine više vrsta trave.

II celina:

Ostale etaže površinskog kopa iznad kote 255, kosine površinskog kopa i kosine odlagališta. U okviru II zone predviđeno samozatravljivanje usled nepristupačnosti terena za setvu i sadnju.

III celina:

Treću celinu čine ravni platoi spoljašnjeg odlagališta. U okviru III zone predviđena je sadnja drvenastih zasada (crni bor).

5.2.1. Tehnologija rada

Posle formiranja završnih površina i nanošenja materijala sa odlagališta u postupku tehničke faze rekultivacionih radova, pristupiće se realizaciji biološke faze rekultivacionih radova.

Biološka rekultivacija podrazumeva sledeće radnje:

- popravku zemljišta;
- setvu travne mešavine,
- sadnju drvenastih sadnica;
- negu.

Popravka zemljišta

Nakon izvršenog odabira drvenastih vrsta za sadnju i trava za setvu pristupa se pripremi zemljišta za sadnju i setvu.

Da bi zemljište imalo dovoljne količine vazduha, vode i toplote potrebne za normalan uzgoj, neophodno je izvesti određene melioracione radove. Ovi radovi sastoje se iz prethodne obrade i đubrenja veštačkim đubrivom.

Prethodnom obradom neophodno je postići strukturnost odnosno plodnost zemljišta, radi podizanja šumskih sastojna i travnog pokrivača, a daljom negom treba tu strukturnost sačuvati dok se sastojna ne sklopi.

Pored postizanja strukturnosti, prethodna obrada ima za cilj da oranjem zemljišta stvori uslove za brže prodiranje u dubinu i jače razgranavanje korena, za veće skupljanje vlage, za jaču aeraciju, a time i za brže razviće mikroorganizama.

Oranje koje će se izvoditi u prethodnoj obradi zemljišta biće plitko (do 20 cm). Đubrenje veštačkim đubrivom izvršiće se u proleće rasturanjem kombinovanog mineralnog đubriva NPK (15:15:15) i to po 300 kg/ha. Nakon rasturanja đubriva izvršilo bi se drljanje, pa setva semena ručno u dva pravca i valjanje kako bi seme uspostavilo kontakt sa zemljištem, što bi omogućilo bolje nicanje.

Sadnja drvenastog rastinja

Sadnju sadnica crnog bora izvršiti ručno na rastojanju od 5 m. Dubina jame iznosi oko 30 cm. Iskop jama za sadnju vršiće se u vreme same sadnje, kako bi se izbegao diskontinuitet u radovima. Jame se zapunjavaju sa zemljom pomešanom sa nekom organskom materijom (treset ili zgoreli stajnjak) u količini od oko 1/3 zapremine jame.

Sadnice će biti starosti 2+0, kontejnerskog tipa, ili 2+1 golog korena. Pri ovoj vrsti rekultivacije bolja je sadnja kontejnerskog tipa, jer se radi o matičnom supstratu bez formiranog A horizonta, a i kontejnerske sadnice imaju veću sposobnost prijema i opstanka u manje povoljnim uslovima sadnje.

Optimalni broj sadnica crnog bora koje će se saditi na odlagalištu iznosi oko 800 komada na površini od oko 1 ha. Sadržaj će se obaviti višeredno, u trougaonom rasporedu, sa rastojanjem između sadnica u istom redu od 5 m i rastojanjem između redova od 2,5 m.

Sadnice moraju biti dobrog kvaliteta, zdrave u fitopatološkom i entomološkom smislu. Svaki rasadnik mora imati podatke o provenijenciji semena sadnice, tj. sadnog materijala, kao i potvrdu, karton, uverenje o zdravstvenom stanju sadnog materijala. To je potvrda ili garant za početak uspešnog pošumljavanja.

Vrlo bitno je da su sadnice po poreklu sa nekog semenskog objekta koji se nalazi u blizini, a ako to nije moguće onda bi bilo poželjno da su po poreklu sa nekih staništa koja su cenološki bliska uslovima na kojima će se izvršiti pošumljavanje.

Kod same sadnje, radnik uzima sadnicu za korenov vrat i spušta je u jamu i ustanovljava da li dimenzije iskopane rupe odgovaraju korenovom sistemu sadnice. Potom se pristupa sadnji sadnica. U jame gde se vrši sadnja, prvo se stavi malo zemlje pa se postavi sadnica, tako da se korenov vrat sadnice nalazi 1-2 cm ispod nivoa terena, potom se vrši zasipanje žila zemljom odnosno tresetom, sabijajući treset ovlaš, oko

korena sadnice. Kada se jama potpuno popuni zemljom, onda se nogama taba da se biljka ne može iščupati. Za sve to vreme sadnica se drži prstima i sasvim lagano povlači naviše. Na taj način radnik proverava da li je sadnica čvrsto posađena, a ako nije ona će prilikom laganog povlačenja biti iščupana. Bitno je napomenuti, ukoliko je zemlja kojom se zasipa koren sipkija i ukoliko se ostvari čvršći kontakt između korena sadnice, korenovih kapilara i sitnih čestica zemlje kojom se ispunjava jama, to će sadnja biti uspešnija. Takođe, treba istaći da se sadnice postavljaju u sredinu jame.

Kada se završi sadnja treba proveriti prijem sadnica, nakon završetka vegetacione sezone i ako je potrebno izvršiti proces popunjavanja u narednom periodu na mestima gde pošumljavanje nije uspeo.

Mere nege rekultivisanih površina

Sprovođenje mera nege i zaštite rekultivisanih površina predstavlja neodvojivi deo uspešnosti biomeliorativnih radova. Uspešno nicanje mladih biljaka posle setve ili preživljavanje sadnica posle izvršene sadnje još uvek nije dokaz da su rekultivisane površine definitivno i revitalizovane. Ovi pokazatelji predstavljaju samo dobar početak koji u narednih nekoliko godina mora ne samo da se potvrdi, već i da se stalno poboljšava.

Biomeliorativni radovi se planiraju i izvode na lokalitetima sa manje ili više nepogodnim nekim od stanišnih uslova koji otežavaju uspešan razvoj mladih biljaka. Osim toga mlade biljke su u prvim godinama života veoma osetljive na oštre klimatske promene, gljivična oboljenja, najezdu štetnih insekata i druge nepovoljne faktore spoljne sredine. Ukoliko se protiv ovih potencijalnih opasnosti ne preduzimaju adekvatne i blagovremene mere ili se ne poboljšavaju uslovi sredine u kojoj se razvijaju, zasejane ili zasađene mlade biljke mogu oslabiti i postepeno izumreti.

Pod pojmom mera nege i zaštite rekultivisanih površina (osnovanih kultura) biomeliorativnim radovima podrazumeva se zapravo sprovođenje određenih postupaka koji treba da rezultiraju željenim, odnosno planiranim razvojem i uspostavljanjem predviđene funkcije.

Generalno posmatrano nega rekultivisanih površina obuhvata dve vrste radova:

- negu osnovanih kultura do postizanja sklopa i
- negu posle ostvarenja sklopa.

U oba slučaja cilj sprovođenja mera nege je isti, da se stvaraju što bolji uslovi za rast i razvoj zasejanih ili zasađenih biljaka.

Opšte mere nege podignutih kultura podrazumevaju:

- poboljšanje stanišnih uslova za rast i razvoj mladih biljaka,
- popunjavanje osnovanih kultura, radi nadoknađivanja gubitaka izazvanih nepovoljnim stanišnim uslovima, entomološkim i fitopatološkim agensima i drugim štetnim uticajima,
- zaštitu osnovanih kultura od negativnih spoljašnjih uticaja i
- čišćenje i prorede osnovanih kultura.

Uslovi spoljašnje sredine na staništima na kojima se izvode biomeliorativni radovi su veoma različiti. Nekada su u celini dobri i povoljni za rast i razvoj mladih biljaka. Međutim, mnogo češći je slučaj da se biomeliorativni radovi izvode na terenima gde vladaju nepovoljni klimatski i edafski uslovi, na zbijenim, zakorovljenim, plitkim, siromašnim, suvim, degradiranim ili erodiranim zemljištima. U oba slučaja nega osnovanih kultura je neophodna da bi se njihovim rastom i razvojem dirigovalo u pravcu postavljenog, odnosno željenog cilja.

Na primer, poboljšanje uslova staništa moguće je ostvariti kultivacijom zemljišta, fertilizacijom organskim i mineralnim đubrivima, zalivanjem, konzervacijom vlage u zemljištu (prašenje), uništavanjem korova (košenjem, plevljenjem, tretman herbicidima), melioracijama zemljišta (acidifikacija, kalcifikacija, drenaža), malčiranje, zasenjivanje i sl.

Sve radove na osnivanju zelenih površina i zasada bilo setvom, bilo sadnjom potrebno je izvesti veoma pažljivo i precizno, u optimalnim vremenskim rokovima, kako bi se osiguralo što veće preživljavanje sadnica ili nicanje semena, a u cilju ostvarenja planirane gustine podignutih zelenih površina. Međutim, čak i pri najbrižljivijem radu i najpovoljnijim stanišnim uslovima dešava se da se izvestan broj sadnica posle sadnje ili nešto kasnije ne primi, odnosno osuši.

Slična je situacija i sa zasejanim površinama, odnosno njihovim delovima. Procenat gubitaka se ne može unapred potpuno tačno predvideti. Popunjavanju osnovanih kultura mora se posvetiti velika pažnja, doba sadnje i način sadnje, odnosno setve, podešavaju se tako da se postigne što sigurniji i što potpuniji uspeh.

Sadni materijal kojim se vrši popunjavanje po pravilu treba da je iste starosti i uzrasta kao i biljke u osnovanoj kulturi, odnosno stariji od onog kojim je osnivanje kulture izvršeno. Za popunjavanje se upotrebljavaju one vrste koje se nisu primile. Kada se razmatra popravka travnih površina princip je isti, samo se u ovom slučaju radi o ponovnoj setvi na pojedinim delovima zatravljenih površina.

Zaštita osnovanih kultura od negativnih spoljašnjih uticaja podrazumeva prvenstveno sprečavanje tih uticaja određenim merama. Kao negativni spoljašnji uticaji koji mogu ugroziti novoosnovane kulture identifikovani su: upad stoke, oštećenja od divljači, pojava glodara, opasnosti od šumskih požara, pojava gljivičnih oboljenja, najezda štetnih insekata, seča i uništavanje od strane čoveka i dr.

Koje će mere nege i zaštite, iz ove grupe mera, biti potrebno sprovoditi u konkretnom slučaju nemoguće je u ovom momentu precizno predvideti, jer to zavisi od konkretnog razvoja situacije posle osnivanja kultura kao i u toku njihovog daljeg rasta i razvoja.

Čišćenje i proreda osnovanih kultura predstavljaju vrlo važne zahvate koji imaju za cilj »školoavanje« podignutih kultura na datom stepenu razvoja u cilju ostvarivanja njihove namene. Način sprovođenja ovih mera u prostoru, njihov intenzitet u vremenu i učestalost sprovođenja utiču na promenu stanišnih uslova, što sa svoje strane ima i povratno dejstvo na uslove razvoja i razvije podignute kulture, kao i na međusobne odnose i uticaje između vrsta i jedinki u kulturi.

Da bi se ostvario cilj zbog koga je podignuta kultura, odnosno izvršena rekultivacija na nekom lokalitetu, tehnike i tehnologije čišćenja i proređivanja moraju biti pravilno uklopljene u celokupni sistem podizanja, odnosno osnivanja rekultivisanih površina i usklađene sa svim prethodnim i kasnijim operacijama.

Na osnovu svega iznetog u ovom delu projekta, jasno je da planiranje i sprovođenje mera nege i zaštite rekultivisanih površina predstavlja vrlo složen i osetljiv deo uspešnosti sprovođenja biomeliorativnih radova. Greške u ovom delu rekultivacionih radova mogu izazvati propadanje pojedinih delova, a u ekstremnim slučajevima i celokupnih radova. Izlišno je govoriti o veličini šteta koje bi u takvom slučaju nastale.

Očigledno je da radi ostvarenja cilja rekultivacionih radova na površinskom kopu krečnjaka "Crvene stene", radove na biološkoj rekultivaciji, podizanju zasada, osnivanju travnih površina, kao i kasnije sprovođenje mera nege i zaštite rekultivisanih površina potrebno je poveriti specijalizovanoj organizaciji za ovu vrstu delatnosti, npr. lokalna šumska uprava i sl. Osnovni motiv ovakvog stava je da će se radovi pri zasnivanju rekultivisanih površina kvalitetno i blagovremeno izvesti, da će se upotrebiti kvalitetan sadni i setveni materijal, zatim stručnim praćenjem porasta i razvoja podignutih kultura biće pravovremeno primenjene adekvatne mere nege i zaštite, kao i eventualni eksploatacioni zahvati na podignutim kulturama.

5.2.2. Starost sadnog materijala

Pri odlučivanju koji će se sadni materijal upotrebiti (mlađi ili stariji) pri realizaciji radova mora se voditi računa ne samo o ekonomskim momentima već i o uslovima staništa.

Za podizanje šumskih zasada upotrebljava se sadni materijal generativnog i vegetativnog porekla različite starosti. Grupi sadnica vegetativnog porekla pripadaju sadnice proizvedene iz semena šumskih vrsta, sadnicama generativnog porekla pripadaju sadnice proizvedene od delova matičnih biljaka određenim tehnikama. Obe vrste sadnica se proizvode i školuju u šumskim rasadnicima. Ovako proizvedeni sadni materijal ima i svoju određenu starost kada se može iskoristiti za podizanje zasada. Uspeh, kao i cena koštanja biomeliorativnih, odnosno rekultivacionih radova, u velikoj meri zavise i od starosti sadnog materijala koji se koristi prilikom izvođenja istih.

Prednosti korišćenja mlađeg sadnog materijala pri izvođenju radova sastojale bi se u sledećem:

- manji žilni sistem, što znači da je manje izložen ozleđivanju prilikom manipulacije sa sadnicama (vađenje iz rasadnika, pakovanje, transport, sadnja),
- lakše privikavanje posadenih biljaka na nove uslove staništa, odnosno lakše se preboleva „šok“ presađivanja i zato je uspeh prijema veći i brži kasniji razvoj (prirast),
- rad sa mladim biljkama je jeftiniji, jer je samo njihovo gajenje jeftinije, manji izdaci oko vađenja i pripreme za transport, niža nabavna cena, efikasniji rad na samom radilištu i dr.

Nedostatak sadnje sasvim mladih biljka (npr. jednogodišnjih), osobito onih koje u prvim godinama života sporije rastu, jeste u tome što one često ne stignu da u toku jedne vegetacione sezone dovoljno odrvene niti da se razviju, usled čega lako mogu stradati od raznih štetočina (insekata i gljiva), ili korova, suše, mraza i sl. Kada se ima u vidu sa kakvim je teškoćama suočen rad sa suviše mladim sadnim materijalom, da se zasadi podignuti od vrlo mladih biljaka redovno moraju više puta popunjavati, postaje jasno da rad sa jednogodišnjim sadnicama, u krajnjoj liniji, nije uvek jeftiniji od korišćenja nešto starijeg sadnog materijala, npr. dvo i trogodišnjih sadnica.

Danas se u praksi sve više teži da se rad na podizanju zasada sadnicama sa golim korenovim sistemom vrši školovanim sadnicama, gde god za to postoje objektivni uslovi. U svakom slučaju pri odlučivanju koji će se sadni materijal upotrebiti (mlađi ili stariji) pri realizaciji radova mora se voditi računa ne samo o ekonomskim momentima već i o uslovima staništa.

U praksi je potvrđeno da za podizanje zasada na staništima na kojima vladaju povoljniji uslovi treba upotrebiti nešto stariji sadni materijal odnosno jače sadnice i obrnuto. Na izrazito dobrim, dubokim, humoznim i zakorovljenim staništima koriste se razvijenije sadnice, sa razvijenim korenovim sistemom. U ovakvim uslovima minimalna visina četinara je 40 cm, dok za lišćare to iznosi 70 i više centimetara. Na nepovoljnim terenima, suvim, kamenitim, sa plitkim zemljištem, koristi se mlađi sadni materijal, ali sa dobro razvijenim korenovim sistemom. U ovom slučaju najbolje je koristiti jedno do dvogodišnje sadnice ili pak sadnice odgojene u sudovima odnosno kontejnerski sadni materijal.

5.2.3. Kvalitet sadnog materijala

Kriterijumi kvaliteta sadnog materijala još uvek nisu determinisani u potpunosti, mada se kao osnovna merila mogu navesti: visina sadnica, morfologija (izgled) nadzemnog dela, prečnik korenovog vrata, masa sadnice, odnos između visine i debljine sadnice, masa žilnog sistema i dr. U oceni kvaliteta sadnog materijala osnovni uslov je uvek zdravstveno stanje sadnica, odnosno upotrebljavaju se samo potpuno zdrave sadnice.

Na osnovu napred iznetog i u ovom konkretnom slučaju, projektanti su se opredelili da sadnice kojima će se izvršiti biomeliorativni radovi na površinskom kopu "Crvene stene" moraju zadovoljiti kriterijume kvalitetnog razreda sadnica po SRPS-u.

Ovde takođe treba istaći da je za zatravljivanje potrebno upotrebiti kvalitetno seme trava od koga će se napraviti travna smeša i kojim će se izvršiti setva. Osnovni pokazatelji kvaliteta semena su: čistoća semena i klijavost. I u ovom slučaju kao i u slučaju kvaliteta sadnog materijala, zdravstveno stanje semena je obavezna pretpostavka, odnosno može se upotrebiti samo zdravo seme. Seme treba nabaviti od registrovanih proizvođača i distributera semena uz obaveznu deklaraciju o kvalitetu semenskog materijala.

5.2.4. Dinamika i vreme izvođenja radova

Dinamika radova na biološkoj rekultivaciji je direktno povezana sa završetkom radova na tehničkoj rekultivaciji. Tek posle konačnog izvođenja planiranih formi, može se pristupiti rekultivaciji. U suprotnom može lako doći do odstupanja od projektovane dinamike kod izvođenja pojedinih faza po godinama.

Dinamiku izvođenja radova moguće je razmatrati kao početak izvođenja radova na rekultivaciji i samo vreme izvođenja radova na biološkoj rekultivaciji, odnosno vreme sadnje i setve.

Za sadnju drvenastih i žbunastih vrsta je pogodno ono vreme u kome se korenov sistem biljaka snažno razvija, jer je tada i njegova regenerativna sposobnost najveća. Ispitivanjima je utvrđeno da to vreme počinje u proleće nešto pre razvijanja pupoljaka i da se produžuje u toku proleća i početkom leta. U avgustu i septembru rast korena naglo slabi, a ponekad i prestaje. Tek u jesen se porast korenovog sistema nastavlja, ali ipak slabije nego u proleće.

Temperatura zemljišta od 5 – 6°C je za većinu drvenastih i žbunastih vrsta granica kod koje počinje, odnosno prestaje jača cirkulacija sokova i porast korena. Prema ovome, sa biološkog gledišta je prolećna sadnja pogodnija, jer posle nje počinje period najsnažnijeg razvika korenovog sistema i postepeno povišenje temperature zemljišta. Osim toga, u proleće je zemljište obično vlažnije, a temperatura i vlažnost su osnovni uslovi za razvoj biljaka. Najzad, sadnice su u proleće zrelije nego u jesen te su i otpornije.

Prolećna sadnja treba da bude što ranije, odmah posle otapanja snega i prosušivanja zemljišta. Pogodno vreme za prolećnu sadnju je često sasvim kratko (5 – 6 dana) i dolazi u doba najintenzivnijih poljoprivrednih

radova. Stoga prolećna sadnja često zakasni, jer dođe posle svih prolećnih radova, kada je zemljište već prosušeno a sadnice prolitale. U ovakvim slučajevima bolje je sadnju odložiti nego rizikovati neuspeh radova.

Kada se razmatra mogućnost jesenje sadnje treba istaći da je nju potrebno obaviti u ranu jesen, u vreme najvećeg opadanja lišća, što u našim uslovima redovno nastaje sredinom oktobra i to ako je zemljište dovoljno vlažno. Sušna jesen nije pogodna za sadnju.

Jesenja sezona sadnje traje obično 15 – 20 dana i, mada je lakše organizovati radove u jesen nego u proleće, ipak je jesenja sadnja manje preporučljiva. Razlog za ovu preporuku leži u činjenici da se ona najčešće ne može izvršiti na početku jesenjeg perioda jačeg porasta korenovog sistema, usled čega ozlede na korenu ne zarastu te su preko zime izložene truljenju. Osim toga, kada je jesen topla i vlažna dešava se da je vegetacioni period nešto produžen (nije došlo do opadanja listova), tako da bi sadnice trebalo saditi pod listom. Ovakav vid sadnje nije preporučljiv, jer usled transpiracije dolazi do velikog gubitka vlage iz biljaka, što direktno utiče na uspešnost sadnje odnosno prijema biljaka. Najzad, u jesen posađene sadnice nekad bivaju izdignute iznad zemlje usled smrzavanja i odmrzavanja zemljišta, što ima za posledicu da delovi korenovog sistema ostaju u vazduhu, što može izazvati sušenje posađenih biljaka. Pored svega toga, jesenja sadnja može biti uspešna ako se izvrši dovoljno rano, bar 25 – 30 dana pre pojave ranih jesenjih mrazeva, u dovoljno vlažnu zemlju i posle opadanja lista, ili pak obrazovanja sloja koji odvaja lisnu peteljku od grančice. U krajevima koji se karakterišu surovom klimom preporučljiva je samo rana prolećna sadnja.

Za naše područje u zavisnosti od srednje dnevne temperature vazduha usvojene su sledeće preporuke:

- po pravilu prolećna sadnja ne bi trebala da traje duže od mesec dana,
- za terene sa nadmorskom visinom do 800 m sezona sadnje treba da se kreće u granicama od 15. marta do 15. aprila,
- jesenja sadnja maksimalno treba da traje mesec i po dana.

Uslovi vlažnosti zemljišta i raspoloživa radna snaga često su limitirajući faktori vremena sadnje. U konkretnom slučaju za pojedine vrste biomeliorativnih radova ograničavajući faktor može biti i potreba usklađivanja ovih radova sa proizvodno-eksploatacionim radovima na kopu.

Specifičnost poslova vezanih za ovakvu vrstu radova zahteva posebno razrađen postupak za sprovođenje predviđenih radova na rekultivaciji. Dinamika radova na kopu (eksploatacioni radovi) prethodi stvaranju slobodnih površina za biološku rekultivaciju. U nekim slučajevima mora se čekati godišnji tempo realizacije radova.

5.2.5. Očekivani rezultati rekultivacionih radova

U prethodnim delovima ovoga projekta već je istaknuto kakve degradirajuće promene izaziva ljudska delatnost, posebno eksploatacija mineralnih sirovina na površinskim kopovima, u svom okruženju, odnosno životnoj sredini.

Drastično izmenjena konfiguracija terena, koja se javlja po završetku proizvodno-eksploatacionih radova, na završetku eksploatacionog veka rudnika, kao posledica iskopavanja mineralnih sirovina, konkretno mermera, teško se može tako rekultivisati da se potpuno "utopi" u okolni pejzaž.

Sprovođenjem rekultivacionih radova (tehničkih i bioloških), pored svođenja degradirajućih promena eksploataciono-proizvodnih radova u prihvatljive okvire, takođe se mogu očekivati i značajna poboljšanja sa aspekta očuvanja i zaštite životne sredine i ponovnog uključivanja i revitalizacije ljudskom delatnošću degradiranog prostora koji je zauzimao površinski kop.

Depresija koja ostaje nakon završetka eksploatacije krečnjaka i radova na tehničkoj rekultivaciji, radovima na biološkoj rekultivaciji ponovo će se privesti kulturi, odnosno uvesti u biološki ciklus kruženja.

Sa aspekta zaštite životne sredine, degradirane površine na prostoru nekadašnjeg površinskog kopa krečnjaka „Crvene stene“ će relativno brzo biti pokrivene vegetacijom, uz uslov da se ispoštuju svi standardi i norme pri izvođenju radova. Izabrane vrste obezbeđuju trajnost, dugovečnost i stabilnost biljne zajednice.

Kompatibilnost zasađenih vrsta, njihove osobine i sprovođenje mera nege i zaštite podignutih kultura omogućiće brži porast sadnica, a samim tim i postizanje željenih efekata. Relativno brzo pojaviće se i

samonikla vegetacija nastala iz semena donetog vetrom, pticama, gravitacijom, što će opet doprineti uspostavljanju svojevrsnih fitocenusa.

Novi predeoni elementi u homogenom kultivisanom prostoru, slobodne forme formirane sadnjom žbunastih sadnica i setvom smeše višegodišnjih trava mogu predstavljati vredne biotope za povratak ili naseljavanje određenih vrsta i predstavnika faune.