

# Modeliranje istražnih radova i kvarcnih žica na ležištu "Berberuša-Bukva"

---

**Filipović, Ivona**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:227698>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij rudarstva

**MODELIRANJE ISTRAŽNIH RADOVA I KVARCNIH ŽICA NA  
LEŽIŠTU „BERBERUŠA -BUKVA“**

Diplomski rad

Ivona Filipović

R-144

Zagreb, 2017.

MODELIRANJE ISTRAŽNIH RADOVA I KVARCNIH ŽICA NA LEŽIŠTU „BERBERUŠA-BUKVA“

IVONA FILIPOVIĆ

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za rudarstvo i geotehniku  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Rad obrađuje prijedlog istraživanja novog ležišta kvarca koje do sada nije bilo detaljno istraživano. Ležište se nalazi u BiH, točnije općini Kreševo u Županiji Središnja Bosna. Geološkom prospekcijom, pa istražnim radovima-zasjecima definirano je pružanje, debljina i zalijeganje kvarcnih žica na osnovu kojih su dobiveni podaci koji su osnova za izradu ovog rada. U radu je obrađen prijedlog istraživanja ležišta „Berberuša-Bukva“ u cilju proračuna rezervi kvarca. Opisano je šire područje istražnog prostora i geološke značajke užeg dijela istražnog prostora, odnosno prostora na koji je dodijeljena koncesija. Standardne topografske karte, u rasterskom obliku, korištene su kao podloga za izradu situacijske karte ležišta, u vektorskom obliku. Temeljem važeće zakonske regulative i poznatih podataka s terena raspoređeni su istražni radovi te određene granice rezervi po pružanju i zalijeganju ležišta. Izrađeni su 3D modeli terena i granica rezervi, primjenom računalnog programa *Bentley Microstation*. Obrada prostornih veličina, metodom triangulacije, i generiranje podataka izvedeno je u programu *Bentley InRoads*. Proračun rezervi kvarcnih žica obavljen je metodom blokova. Posebna pozornost posvećena je tehničko-ekonomskoj ocjeni ležišta, zbog ocjene isplativosti eksploatacije kvarcnih žica površinskom eksploatacijom obzirom na njihov nagib.

Ključne riječi: istraživanje, ležište „Berberuša-Bukva“, računalno modeliranje, kvarc, proračun rezervi, tehničko-ekonomska ocjena

Završni rad sadrži: 43 stranice, 9 tablica, 23 slika i 2 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNf

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNf  
Dr. sc. Ivan Dragičević, redoviti profesor RGNf  
Dr. sc. Vječislav Bohanek, docent RGNf

Datum obrane: 27.09.2017., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

MODELING OF EXPLORATION WORKS AND QUARTZ WIRE ON THE DEPOSIT "BERBERUŠA-  
BUKVA"

IVONA FILIPOVIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering  
Institute of Mining and Geotechnics,  
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

Publication present suggestion for research new deposit, which didn't been discovery before. The location is on Bosnia and Herzegovina, municipality Kresevo in canton Middle Bosnia. Geological prospection, research cut work was define direction, weight and angle quartz vein, from which is result data which is base to make this publication. In publication was processing idea of research deposit „Berberusa-Bukva“ with aim for calculation quartz reserve. Publication describe characteristic wide research area, geological properties target part research space, limited part where is already concession permit. Standard topographic maps in raster, was used like background for made situation map deposit in digital extension. With a base actual Legislation and known data from field was make research work and made boundary reserve width and height of deposit. Was made 3D models terrain and boundary of reserve with use PC software Bentley Microstation. Post processing space velocity with method triangulation and generate data was made in program Bentley microstation. Reserve calculation quartz was made with Blocks method. Especial attention was made on economical-technical mark deposit, because of mark profitable of exploitation quartz vein with open pit mine related for his angle.

Keywords: exploration, deposit „Berberuša-Bukva“, computer modeling, quartz, calculating reserves, technical-economic assessment

Thesis contains: 43 pages, 9 tables, 23 figures and 2 references.

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisors: PhD Ivo Galić, Associate Professor

Reviewers: PhD Ivo Galić, Associate Professor  
PhD Ivan Dragičević, full Professor  
PhD Vječislav Bohanek, Assistant Professor

Date of defense: September 27<sup>th</sup>, 2017., University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

## SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA.....	V
1. UVOD .....	1
2. ZEMLJOPISNE ZNAČAJKE PODRUČJA .....	2
2.1. Ograničenje istražnog prostora .....	2
2.2. Geomorfološke značajke .....	3
2.3. Klimatske značajke .....	6
2.4. Hidrografske značajke.....	7
3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA.....	8
3.1. Geološka građa šireg područja .....	8
3.2. Opis kartiranih jedinica .....	9
Paleozoik .....	9
Mezozoik.....	11
Kvartar.....	13
3.3. Tektonski sklop .....	13
4. GEOLOŠKE ZNAČAJKE UŽEG DIJELA LEŽIŠTA.....	15
4.1. Geološka građa užeg područja .....	15
<i>Kvarcporfiri (D)</i> .....	15
<i>Kvarcporfirske breče (D)</i> .....	16
<i>Kvarcdioriti</i> .....	17
<i>Donji trijas (T<sub>1</sub>)</i> .....	17
<i>Deluvij</i> .....	18
4.2. Značajke ležišta kvarca .....	18
5.1. Unošenje rasterske karte u Microstation .....	21
5.2. Izrada vektorske karte .....	22
5.3. Pozicioniranje topografskih elemenata u prostoru .....	23
5.4. Triangulacija 3D modela postojećeg stanja terena.....	26
6. PRIKAZ ISTRAŽNIH RADOVA, GRANICA REZERVI I ZAVRŠNE KONTURE POVRŠINSKOG KOPA .....	28
6.1. Kategorizacija rezervi kvarca.....	28
6.2. Raspored istražnih radova .....	30
6.3. Određivanje granica rezervi .....	31
6.4. Izrada granica rezervi .....	32

6.5. Utvrđivanje završnih kontura otkopavanja kvarcnih žica .....	32
6.6. 3D Model žica .....	33
7. PRORAČUN REZERVI I TEHNIČKO-EKONOMSKA OCJENA LEŽIŠTA.....	34
7.1. Klasifikacija i kategorizacija rezervi kvarca .....	34
7.2. Proračun rezervi kvarca.....	34
7.2.1. Proračun obujma metodom računalnog modeliranja (mrm) .....	34
7.2.2. Proračun rezervi metodom blokova (mb) .....	36
7.2.3. Usporedni prikaz rezultata proračuna obujma korištenih metoda.....	40
7.3. Tehničko-ekonomska ocjena vrijednosti ležišta .....	40
7.4. Vrijeme trajanja eksploatacije .....	41
8. ZAKLJUČAK .....	42
9. LITERATURA.....	43

## POPIS SLIKA

Slika 1-1 Satelitski snimak istražno-eksploatacionog prostora.....	1
Slika 2-1 Zemljopisni položaj istražno-eksploatacionog prostora.....	2
Slika 2-2 Istražni prostor „Berberuša-Bukva“ s koordinatama vršnih točaka .....	3
Slika 2-3 Geomorfološka karta Srednobosanskog gorja.....	4
Slika 2-4 Hipsometrijska karta Srednobosanskog gorja sa Berberušom .....	5
Slika 2-5 Klimatska karta.....	6
Slika 3-1 Geološka karta s legendom šireg područja .....	8
Slika 3-2 Kvarcna žica br.3 .....	10
Slika 3-3 Glavne tektonske jedinice Bosne i Hercegovine .....	14
Slika 4-1 Detaljna geološka karta prostora Berberuše s legendom.....	16
Slika 4-2 Kvarcne žice .....	18
Slika 4-3 Kvarcna žica br.4; priprema za tehnološku probu.....	20
Slika 5-1 Unošenje topografske karte u Microstation.....	21
Slika 5-2 Topografska karta s istražnim prostorom „Berberuša-Bukva“ .....	22
Slika 5-3 Vektorizacija topografske karte dobivene u mjerilu.....	23
Slika 5-4 Odabir naredbe „Set Elevation“ .....	24
Slika 5-5 Slojnice istražnog područja „Berberuša-Bukva“ prikazane u 3D modelu iz različitih pogleda.....	25
Slika 5-6 Triangulirani 3D modeli šireg područja istražnog prostora „Berberuša-Bukva“ ..	27
Slika 6-1 Raspored istražnih radova .....	30
Slika 6-2 Prikaz kategorija rezervi za kvarcnu žicu broj 1. ....	32
Slika 6-3 Prikaz 3D modela kvarcnih žica.....	33
Slika 7-1 Rezultat proračuna volumena bilačnih rezervi žica 1 i 3.....	35
Slika 7-2 Rezultat proračuna volumena bilačnih rezervi žica 4 i 5.....	36

## POPIS TABLICA

Tablica 2-1 Hipsometrijske karakteristike Srednjobosanskog škriljavog gorja .....	5
Tablica 4-1 Kemijski sastav kvarcne žice br.6 na lokaciji „Berberuša-Bukva“, .....	19
Tablica 4-2 Kemijski sastav kvarcnih žica broj 3, 4, 5, 6 na lokaciji „Berberuša-Bukva“.	19
Tablica 6-1 Maksimalne udaljenosti istražnih radova .....	29
Tablica 6-2 Koordinate istražnih bušotina .....	31
Tablica 7-1 Prikaz rezultata proračuna rezervi kvarca metodom blokova.....	37
Tablica 7-2 Prikaz ukupnih očekivanih bilančnih rezervi kvarca .....	39
Tablica 7-3 Prikaz ukupnih očekivanih eksploatacijskih rezervi kvarca .....	39
Tablica 7-4 Proračun ekonomske vrijednosti ležišta .....	41



## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

<b>Simbol</b>	<b>Značenje</b>	<b>Jedinica</b>
<i>O</i>	obujam	$m^3$
<i>h</i>	visina žice	m
<i>d<sub>sr</sub></i>	srednja debljina	$m^2$
<i>y</i>	obujamska masa	$t/m^3$
<i>Q</i>	eksploatacijske rezerve	t
<i>l</i>	pružanje žice	m

## 1. UVOD

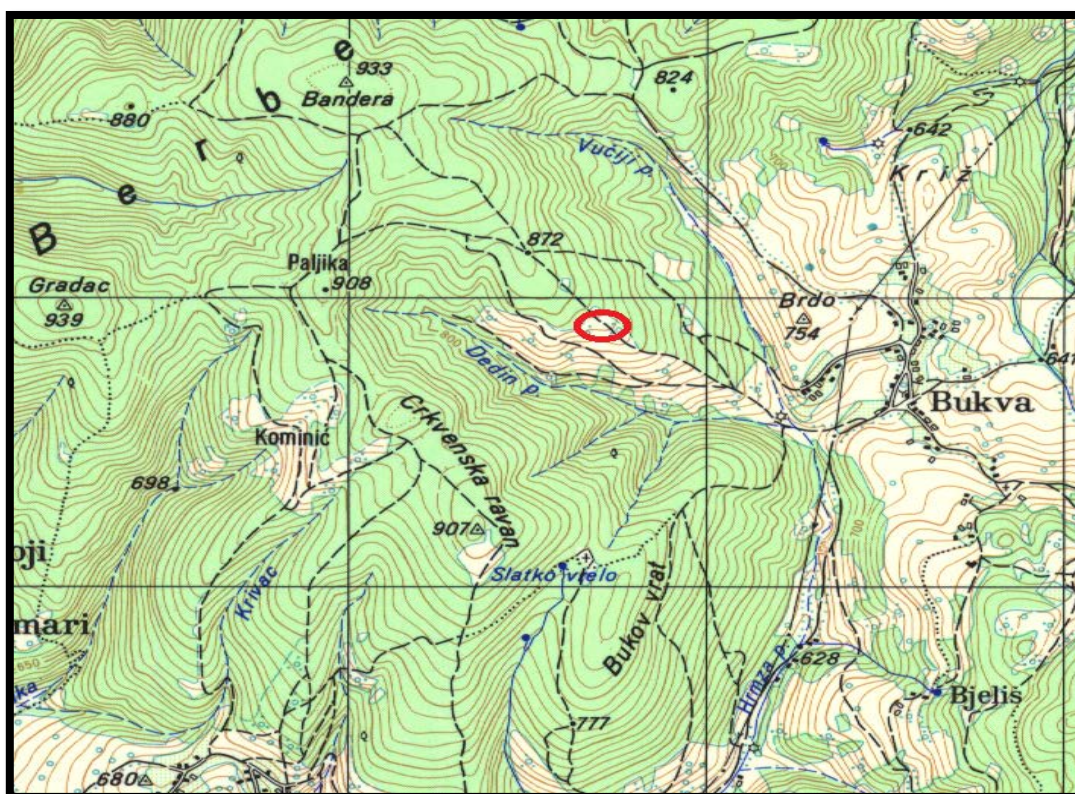
U srednjobosanskom škriljavom rudogorju prisutan je veliki broj pojava hidrotermalnog kvarca i kvarcita, koji je najčešće predstavljen mikrokristalastim varijetetima. U pravilu je kvalitetan, mliječne boje u industriji poznat kao kvarc prve klase iz koje se dobiva silicij metal i ferosilicij. Prospekcijom šireg područja Berberuše (slika 1-1) otkriveno je potencijalno ležište kvarca i kvarcita koje je preliminarnim kemijskim analizama zadovoljilo tvornicu ferosilicija i si-metala u Jajcu i Mrkonjić gradu. Sva dosadašnja istraživanja imala su uglavnom prospekcijski karakter, te osim potencijalnih ocjena i djelimičnog poznavanja kvaliteta, bilansiranje rudnih rezervi nije rađeno. Istraživanje kvarca i kvarcita u općini Kreševo nije novina jer je 60-tih godina prošlog stoljeća eksploatiran kvarc na području Komara, Crkvenjaka, Zelenike, a kvarcita na području Naošiča i Visočice, kada je po dostupnim podacima eksploatirano oko 20 000 tona kvarca. Dobiveni rovni kvarc i kvarcit isporučen je u tvornicu ferosilicija Elektrobosna Jajce.



*Slika 1-1 Satelitski snimak istražno-eksploatacionog prostora*

## 2. ZEMLJOPISNE ZNAČAJKE PODRUČJA

Lokalitet Berberuša nalazi se između rijeka Lepenice i Kreševke. Administrativno pripada Županiji Središnja Bosna, Federaciji BiH, a obuhvaća prostor općina Kiseljak i Kreševo. To je brdsko područje nadmorske visine od 500-900 metara. Veliki broj malih bezimernih potoka drenira područje Berberuše odvođeći vodu u rijeku Kreševčicu i Lepenicu koje pripadaju slijevu rijeke Bosne. U komunikacijskom pogledu ovo područje povezano je brojnim šumskim putovima s asfaltnim putem Kiseljak-Kreševo i Kreševo-Lepenica (slika 2-1).



Slika 2-1 Zemljopisni položaj istražno-eksploatacionog prostora M 1: 25 000 (Radovac, 2015)

### 2.1. Ograničenje istražnog prostora

Istražno područje Berberuša, u općini Kreševo do sada u prošlosti nije bilo predmet detaljnih rudarskih istraživanja na kvarc. Temeljem geoloških karata, geološkom prospekcijom, kemijskim analizama otkrivene su kvarcne žice, izuzetnog kvaliteta koje mogu imati određeni ekonomski značaj. Prema nadležnim zakonskim aktima i prostorno-

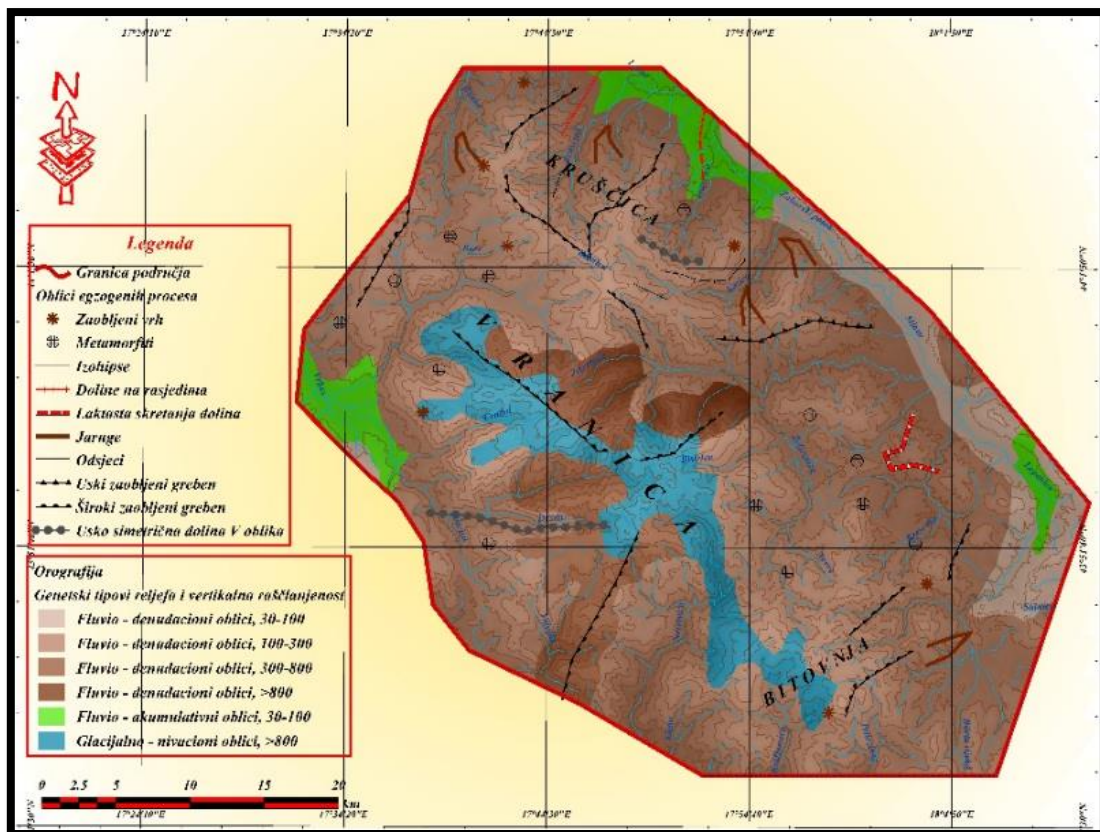
planskoj dokumentaciji, istražni prostor zahvaća dio zemljišnih čestica na koje je lokalna samouprava dala suglasnost za izvođenje istražnih radova. Koncesija za istraživanje i eksploataciju kvarca putem samoinicijativne ponude dodijeljena je na razdoblje od 30 godina. Veličina istražno-eksploatacijskog prostora je 4,96 ha (slika 2-2) pravilnog je oblika i ograničenog vršnim točkama A, B, C, D.



Slika 2-2 Istražni prostor „Berberuša-Bukva“ s koordinatama vršnih točaka M 1: 5 000 (Radovac, 2015)

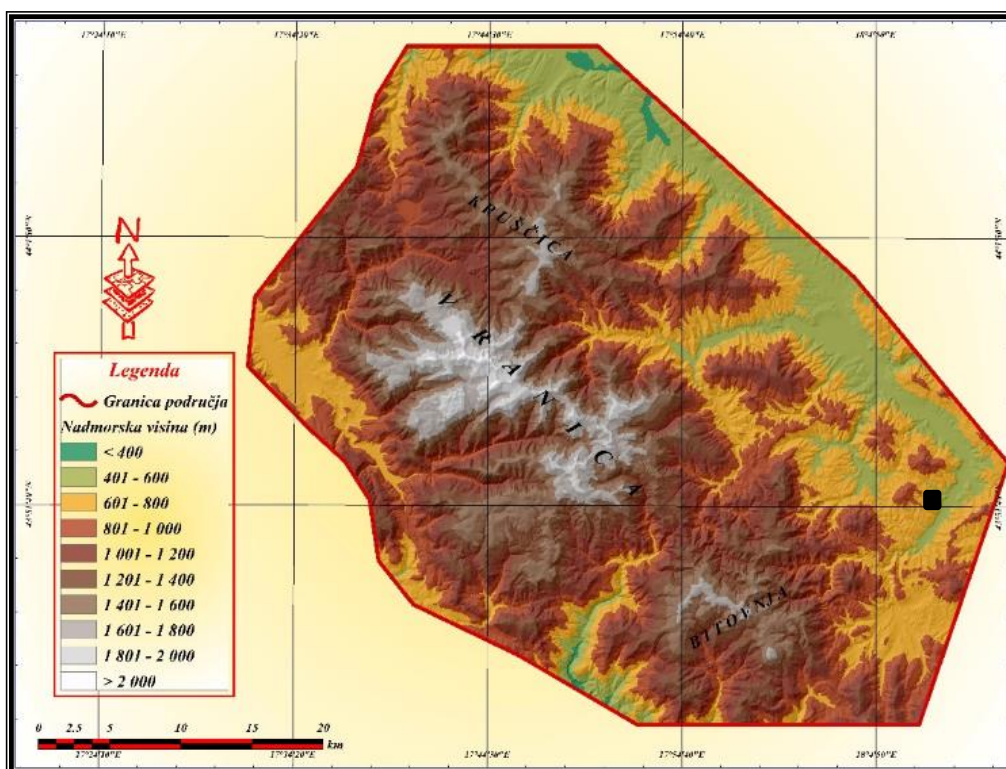
## 2.2. Geomorfološke značajke

Prostor Srednjobosanskog škriljavog gorja kome pripada i Berberuša pripada središnjem dijelu gorskog sustava Dinarida, koji čini dio alpsko-himalajskog orogenog pojasa (slika 2-3). Geološke značajke prostora su glavni faktor oblikovanja reljefa na širem području, kako litološke (prevladavaju magmatske stijene) tako i tektonske (srednjobosansko škriljavo gorje je omeđeno velikim rasjedima, ali i ispresijecano nizom manjih).



Slika 2-3 Geomorfološka karta Srednobosanskog gorja (Prostorni plan FBiH, 1987)

U morfometrijskom pogledu treba naglasiti da je ovo prostor značajne vertikalne raščlanjenosti reljefa te da je prema svojim hipsometrijskim značajkama dominantno brdsko - planinski prostor. Udio površina iznad 1000 m nadmorske visine iznosi više od 48 % (tablica 2-1). Najniže hipsometrijske kategorije (< 400-600 m) zastupljene su u dolinama rijeka i čine oko 11 %, dok površine od 600-1000 m čine 41 % ukupne površine prostora Srednjobosanskog škriljavog gorja. (slika 2-4).



Slika 2-4 Hipsometrijska karta Srednobosanskog gorja sa Berberušom (Prostorni plan FBiH, 1987)

Tablica 2-1 Hipsometrijske karakteristike Srednjobosanskog škriljavog gorja

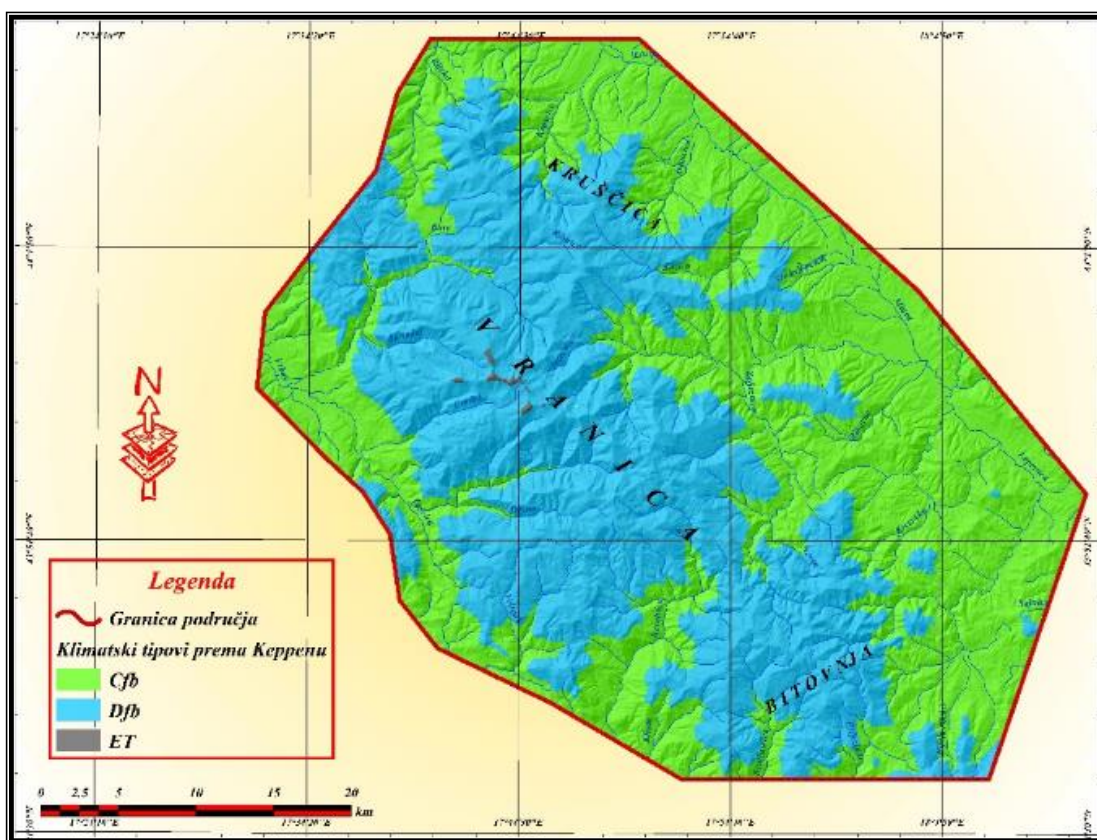
Nadmorska visina (m)	Površina (km <sup>2</sup> )	Površina (%)
<400	7,1	0,43
401-600	185,9	10,95
601-800	341,2	20,09
801-1000	336,3	19,98
1001-1400	570,1	33,57
1401-2000	244,1	14,37
>2000	1,8	0,11
<b>Ukupno</b>	<b>1698,37</b>	<b>100</b>

Izvor: ArcGis; Digital Terrian Model 20 m,

Brojni endogeni i egzogeni faktori (niske temperature, led, snijeg, spiranje, fluvijalna erozija) utjecali su na oblikovanje današnjeg reljefa. Na prostoru Srednjobosanskog škriljavog gorja–Berberuše utvrđeno je postojanje različitih geomorfoloških procesa i odgovarajućih reljefnih oblika od kojih su najznačajniji fluvijalni, padinski, te krški reljefni oblici.

### 2.3. Klimatske značajke

Ovo područje je pod utjecajem predplaninske (u nižim dijelovima), planinske (iznad 1000 m n.v.) i alpske klime (iznad 2000 m n.v). Prema Keppenovoj klasifikaciji klime dolinski dio ovog prostora nosi oznaku klimatskog tipa Cfb (umjereno vlažna i topla klima sa toplim ljetima), a planinski iznad 1000 m Dfb (vlažna borealna klima sa toplim ljetima), dok je od 1500 m nadmorske visine pa do najviših vrhova zastupljen Dfc klimatski podtip ili vlažna borealna klima sa svježim ljetom (slika 2-5).



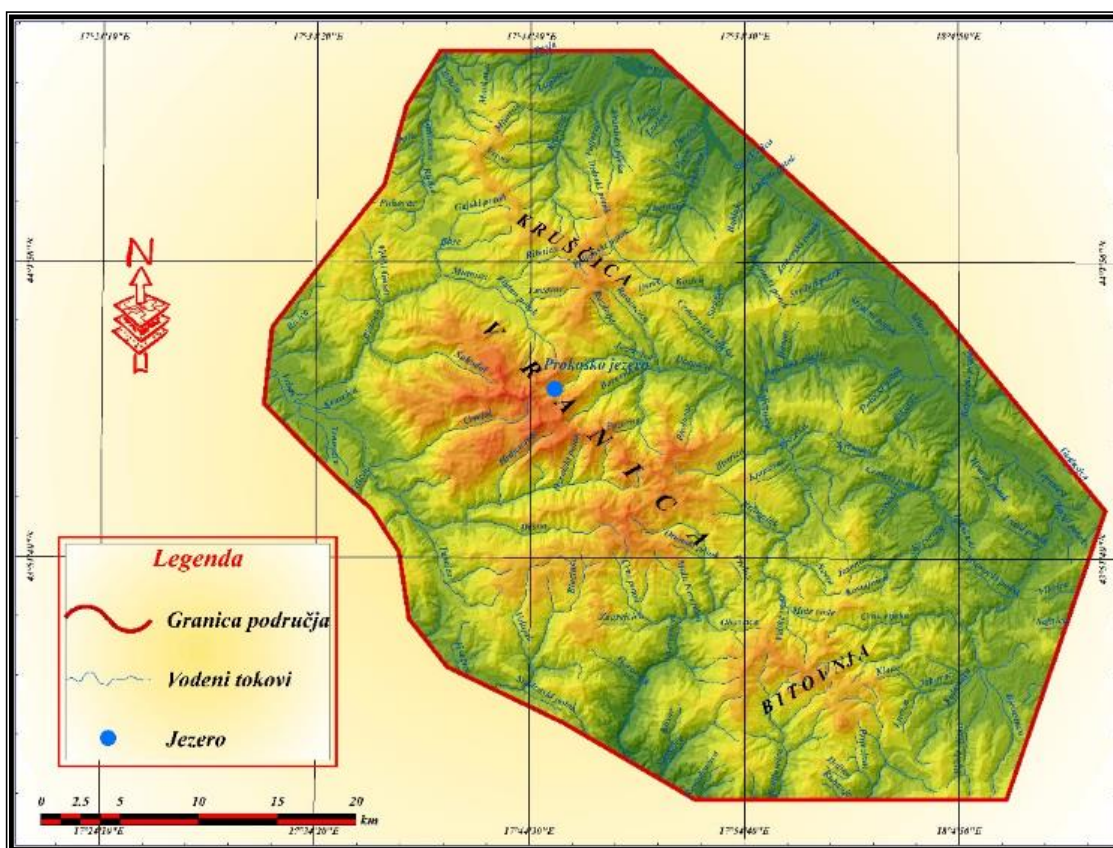
Slika 2-5 Klimatska karta (Prostorni plan FBiH, 1987)

Značajke Cfb klimata ovog prostora se ogledaju u tome da se srednja godišnja temperatura kreće između 9,5 i 10°C. Najtopliji mjesec je kolovoz sa srednjom mjesečnom temperaturom višom od 18°C i najhladniji mjesec siječanj sa temperaturom do -3°C. Godišnja količina padalina se kreće između 800 - 1200 mm i znakovita su dva maksimuma padalina: svibanj ili lipanj i studeni ili prosinac ili obratno. Glavni minimum je u kolovozu, a slabiji u siječnju. Dfb klimu označavaju srednje godišnje temperature zraka niže od 9°C. Najtopliji mjesec ima srednju temperaturu nižu od 18°C, a najhladniji

(siječanj) nižu od  $-3^{\circ}\text{C}$ . Godišnja visina padalina se kreće od 1200 - 1500 mm. Maksimum padalina je u studenom ili prosincu, a minimum u kolovozu.

## 2.4. Hidrografske značajke

Vode s područja Berberuše pripadaju Crnomorskom slivu. Izvorišta vode se uglavnom javljaju u podnožju vapšenačko-dolomitnog masiva, krško-pukotinske poroznosti, na kontaktu sa metamorfita u njihovoj podini.



Slika 2-6 Hidrografska karta Srednjobosanskog gorja, prostor Berberuša  
(Prostorni plan FBiH, 1987)

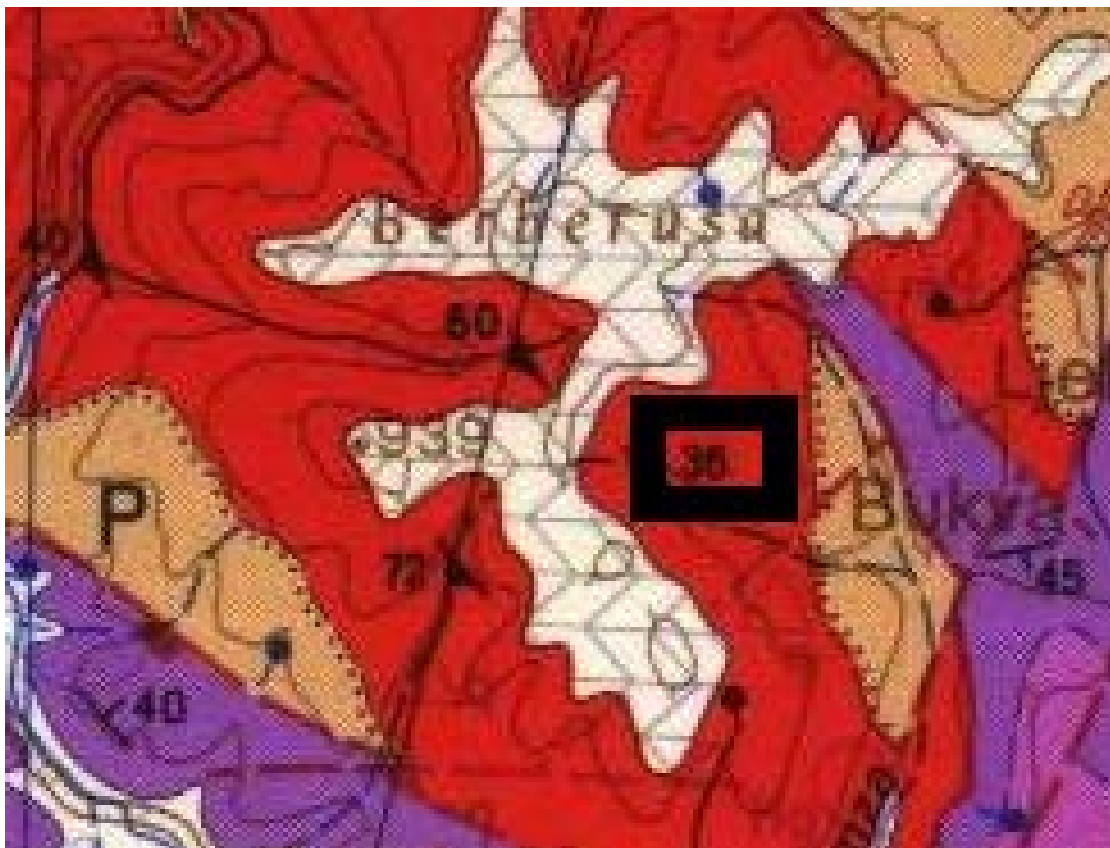
Rijeke Kreševčica i Lepenica, s bezbroj bezimernih potoka dreniraju jugoistočne dijelove Srednjobosanskog škriljavog gorja, odnosno prostor Beberuše i odvodi ih u rijeku Bosnu, zatim u Savu, dalje u Dunav pa u Crno more (slika 2-6).



### 3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA

#### 3.1. Geološka građa šireg područja

U geološkoj građi ovog terena učestvuju paleozojske, mezozojske i kenozojske naslage. (slika 3-1). Pored sedimentnih stijena u građi pojedinih litostratigrafskih jedinica učestvuju magmatske i metamorfne stijene.



Legenda:



Slika 3-1 Geološka karta s legendom šireg područja M 1: 100 000 Osnova geološka karta, list Sarajevo (Živanović i Sofilj, 1971)

### 3.2. Opis kartiranih jedinica

#### Paleozoik

Paleozojske tvorevine zauzimaju najveće prostranstvo na tretiranom terenu. Zastupljeni su sedimenti i metamorfiti paleozoika (silur-perma) i magmatske stijene. (OGK Sarajevo, 1971)

#### *Silur-Devon (S, D)*

Metamorfne stijene pretežno su predstavljene kloritsko-muskovitsko-kvarcnim škriljalcima, kvarcno-sericitskim škriljalcima, grafitično-kvarcnim škriljalcima i limonitizirani alevritični glineni škriljanci. Ovaj klastični facijes je definirana kao silurska, odnosno u višim djelovima kao donje i srednje-devonska. (OGK Sarajevo, 1971)

*Kloritsko-muskovitski škriljanci* su obično tamnosive do zelenkastosive boje. Tekstura stijena je škriljava, a najčešće su borane. Struktura ovih stijena je najčešće lepidoblastična, a zapažaju se i kombinacije granolepidoblastične strukture. Kloritske ljuske su izmješane sa sericitom, a krupnije ljuske su ponekad međusobno grupirane. (OGK Sarajevo, 1971)

*Kvarcno-sericitski škriljanci* su stijene žućkaste boje i škriljave teksture. Struktura im je lepidoplastična, a struktura im je lepidoplastična, a zapažaju se i relikti blastopelitske strukture. Listićavi minerali dolaze u obliku traka duž kojih je deponiran limonit. Kvarc i sericit su najzastupljeniji. Kvarc se javlja kao mikrokristalast i sitnozrnast. Često gradi samostalne trake i leće koje su jasno izdeferencirane od liskunovitih traka. Uz kvarcne leće vezana su krupna zrna neprozirnih minerala i dolomita. (OGK Sarajevo, 1971)

*Kvarcno-grafitični škriljanci* su sivocrne stijene, paralelno trakaste do škriljave teksture. Pod prstima ostavlja crn trag. Stijena je prošarana bijelim do 1,5 cm debelim kvarcnim žicama. Struktura stijene je granolepidoblastična. U sastav stijene ulazi mikrokristalasti i sitnozrnasti kvarc (veličina zrna 0,05 do 0,25 mm) izdužene i u vidu tokova orijentirane ljuspice sericita i crna grafitična supstanca, žiličasta ili u vidu praha, dispergirane po osnovi. U žilicama promjenljive debljine nalazi se sitni i srednjozrnasti kvarc (slika 3-2).



*Slika 3-2 Kvarcna žica br.3*

### *Kvarcporfiri*

Od svih eruptivnih stijena kvarcporfiri zauzimaju najveće prostranstvo. Izlivi kvarcporfira, iako imaju manje-više dinarski pravac, po načinu pružanja i pojavljivanja su veoma nepravilni. U samim kvarcporfirima javljaju se pored mineraloških i teksturne razlike koje se lako uočavaju. Slojevitost na pojedinim mjestima je jako izražena, tako da su porfiri skoro tanko lističasti i najbolje se zapažaju, odnosno razvijeni su u blizini kontakta sa okolnim stijenama i rezultat su dinamometamorfni promjena. Obično su istog smjera kao i škriljavost, odnosno slojevitost škriljaca. Boje su svjetlo-zelenkaste do svjetlo-sive. Jače dinamometamorfirane partije su tamno-zelene, dok su masivne znatno svjetlije boje. Uočava se porfirska struktura, gdje se kao fenokristali javljaju kvarcna zrna. Makroskopski se zapažaju pored kvarca i zrna feldspata, muskovita a ponekad i biotita i magnetita. Kvarcporfiri probijaju okolne stijene škriljce, dolomite u vidu manjih ili većih izljeva. Najčešće su u kontaktu sa dolomitima, a osobito na južnoj granici dolomitnog masiva. (OGK Sarajevo, 1971)

*Dolomiti* su žučkasto-sive boje, ponekad prljavo-žute do svijetlo-sive boje. Sitnozrni su, dijelom pjeskoviti i homogene teksture. Po površinama se na pojedinim mjestima zapažaju sitne šupljine ispunjene kristalićima kalcita i limonita. Djelovanjem razblažene i hladne solne kiseline ne primjećuje se burno pjenušanje znakovito za vapnence, već veoma slabo, što je odlika dolomitičnih stijena. Na pojedinim mjestima pjenušanje je jače i tu se radi o prelazu ka dolomitičnim vapnencima i vapnenim dolomitima. Masivni su, rjeđe bankoviti, tako da im je slojevitost slabo ili nikako uočena. Veoma su ispucani, izlomljeni i raspadnuti, kao i prožeti kalcitnim žilicama. U ovoj seriji zapaženi su mnogobrojni oblici krške erozije. Mikroskopskim ispitivanjima utvrđeno je da su ove stijene izgrađene uglavnom od guste sitnozrne karbonatne supstance, a ponekad se javljaju i manje nakupine kvarca. Limonit se javlja u žilicama ili u pukotinama u stijeni. Struktura stijene je sitnozrna. (*OGK Sarajevo, 1971*)

Osim pravih dolomita u ovoj seriji se javljaju i dolomitični vapnenci. Njihov međusobni odnos je veoma nejasan, jer se smjenjuju na veoma malim odstojanjima. Dolomitna serija leži preko škriljaca, kvarcita ali najčešće je u kontaktu sa kvarcporfirima. (*OGK Sarajevo, 1971*)

Izljevi kvarcporfira na nekim mjestima prekrivaju dolomite ali najinteresantnije je to što nisu primjećene nikakve kontaktne promjene. Stvaranje dolomita vršilo se najvjerojatnije u jednoj plićoj geosinklinali dinarskog smjera, na što ukazuje i sam položaj dolomitne zone, kao i pjeskovit karakter ovih stijena. Dolomiti su, pored kvarcporfira stijene u kojima se javljaju ležišta barita. (*OGK Sarajevo, 1971*)

## **Mezozoik**

Mezozojske naslage su zastupljene isključivo stijenama trijase starosti.

## *Trijas*

Trijaske naslage su razvijene u klasičnom alpskom razvoju. Zastupljeni su sedimenti donjeg, srednjeg i prelaz srednjeg i gornjeg trijasa.

### *Donji trijas ( $T_1$ )*

Razvijeni su u facije pjeskovitih alevrolita, detritičnih sastojaka, pješčara, laporaca i vapnenaca. Od faune pronađeni su: *Naticella costata*, *Turbo rectecostatut* i *Myophorie laevigata*. Detritični sastojci koji izgrađuju klastične sedimente predstavljene su kvarcom, feldspatom, liskunom i teškim mineralima (limonit, hematit, turmalin, cirkon, epidot, rutil, sfen i klorit). Pješčari i pjeskoviti alevroliti su neznatno uškrljeni, ali je ipak slojevitost vidljiva. Pored toga i ove naslage su sitno borane. Pješčari su obično smeđe do sivosmeđe boje, a sastoje se uglavnom od kvarca i muskovita. Vapnenci su žućkastosive boje. U njima se nalazi bezbroj pukotina koje su ispunjene kalcitom. Glavni mineral je kalcit, te su često laporoviti. (OGK Sarajevo, 1971)

### *Srednji trijas ( $T_2$ )*

To su pretežito istaknuti vrhovi u reljefu. Debljina ovih sedimenata kreće se na tretiranom području oko 100 m. Anizijsku starost označavaju djelimične tvorevine vulkanogeno-sedimentne formacije. U litološkom pogledu javljaju se sivozelenkasti laporci, glinci i raznobojni rožnaci. Leže u normalnom odnosu sa donjim trijasom. (OGK Sarajevo, 1971)

### *Srednji i gornji trijas ( $T_2+T_3$ )*

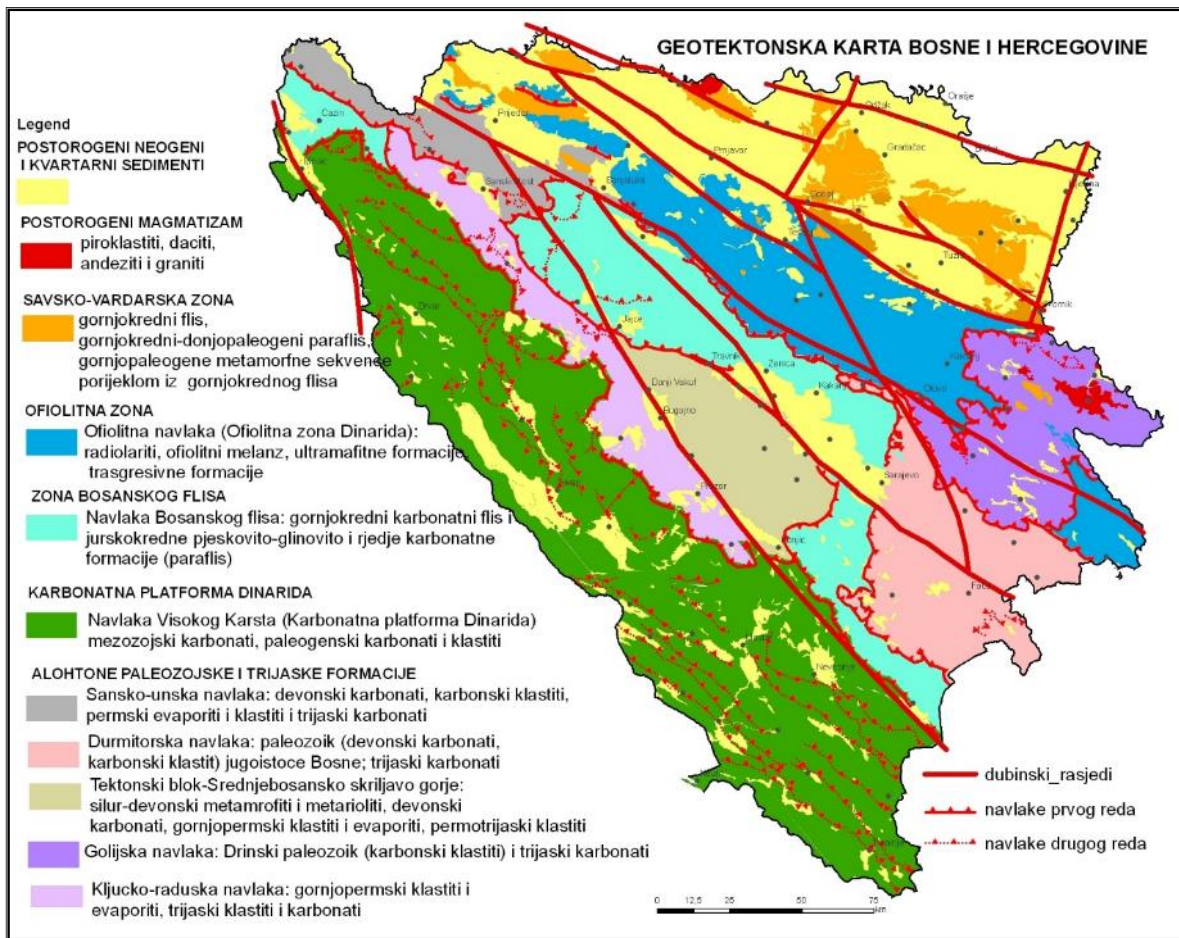
To su karbonatne naslage koje na osnovu superpozicijskih odnosa odgovaraju dijelovima srednjeg i gornjeg trijasa. Javljaju se kao bankoviti, a rjeđe masivni vapnenci sa proslojcima dolomitičnih vapnenaca i dolomita. Debljina ovih sedimenata kreće se od 200 do 600 metara i leže obično normalno preko sedimenata srednjeg trijasa. (OGK Sarajevo, 1971)

## **Kvartar**

Kvartarne naslage predstavljene su tvorevinama starijeg i mlađeg kvartara. Tvorevine starijeg kvartara predstavljene su fluvioglacialnim sedimentima. Kvartarne naslage razvijene su duž vodotoka, šljunkovito–konglomeratičnim terasama, aluvijalnim nanosom i materijalom koji odgovara poljoprivrednom zemljištu. (*OGK Sarajevo, 1971*)

### **3.3. Tektonski sklop**

Područje Berberuše pripada, prema OGK lista Sarajevo, strukturno-facijalnoj jedinici Bosanske škriljave planine (slika 3-3). Prije svega značajno je napomenuti da se ovaj prostor nalazi u neposrednoj blizini regionalne razlomne strukture (Busovačka rasjeda zona čija je aktivnost, tijekom geološke evolucije, utjecala na tektoniku istražno-eksploatacijskog prostora). Paralelno ovoj rasjednoj zoni registriran je rasjed duž Dedinog i Vučjeg potoka, zatim veći broj rasjeda pružanja sjeveroistok-jugozapad i sustavi pukotina jačeg i slabijeg inteziteta. Duž ovih rasjeda, na području Berberuše, utvrđene su mineralizacije i orudnjenja arsena, barita, kvarca. Stijene donjeg trijasa navučene su preko paleozoika, što je utvrđeno na terenu na nekoliko mjesta. Kontaktna zona trijasa i vulkanita paleozoika je tektonski polomljena, tako da stijene imaju izgled breča, zapažaju se glinovite zone i zone limonitizacije sa metaličnim mineralima, pirit, kloropirit. (Hrvatović, 2006).



Slika 3-3 Glavne tektonske jedinice Bosne i Hercegovine (Hrvatović, 2006)

## 4. GEOLOŠKE ZNAČAJKE UŽEG DIJELA LEŽIŠTA

### 4.1. Geološka građa užeg područja

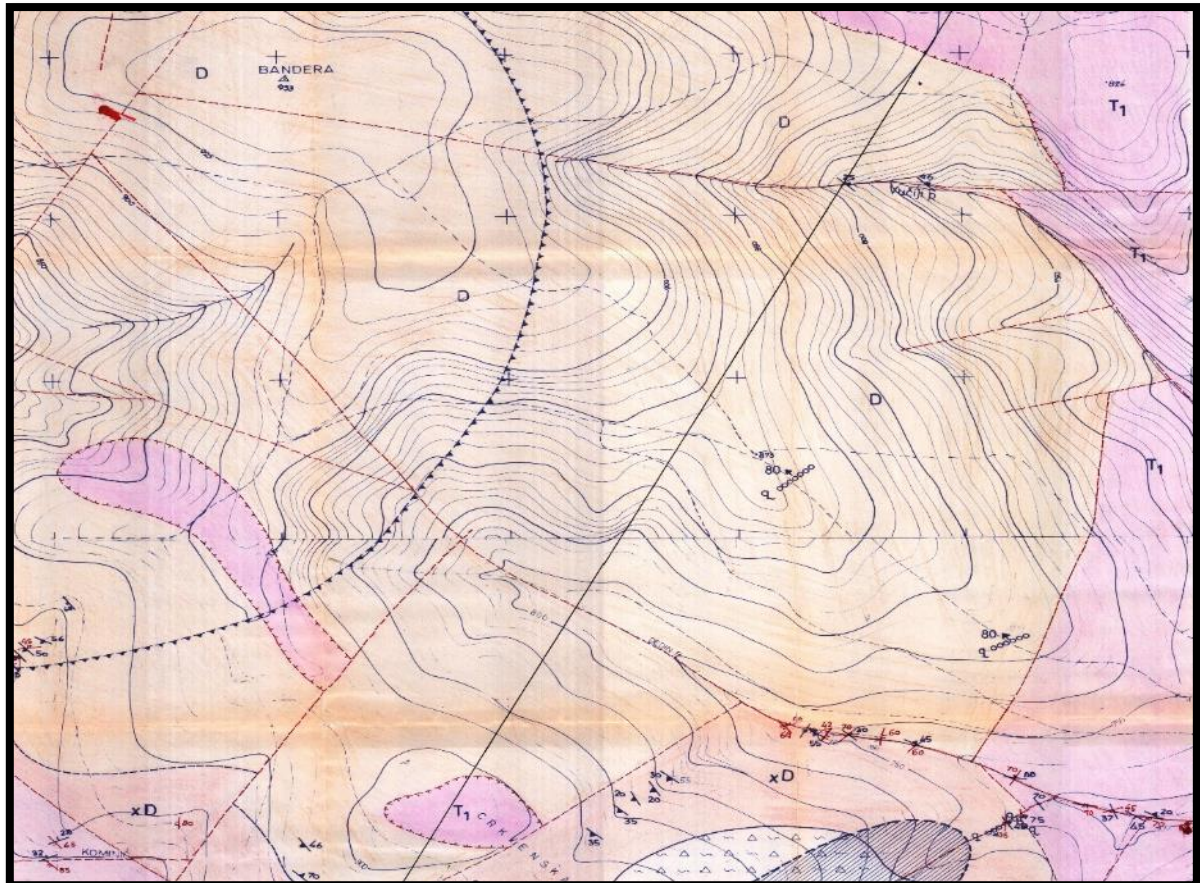
Geološka građa terena područja Berberuše prikazana je na geološkoj karti mjerila 1:2 500 (slika 4-1). Teren je izgrađen od paleozojskih, mezozojskih i kenozojskih tvorevina.

Od paleozojskih naslaga zastupljeni su vulkaniti, od mezozojskih sedimenata donjeg trijasa, a od kenozojskih aluvijalne tvorevine.

#### *Kvarcporfiri (D)*

Na kartiranom terenu kvarcporfiri zauzimaju veliki prostor. Rasprostranjeni su jugozapadno od Dedinog potoka i sjeverno od vrha Bandera (935). Na izdanku su obično zelenkasto sive boje, ali ima i crvenkastih (od limonitizacije). Tekstura im je masivna i škriljava. U njima se vide fenokristali kvarca i feldspata. Struktura im je holokristalasto porfirski i blastopfirski. Bitni sastojci su kvarc, feldspat i rijetko biotit. Akcesorni i sekundarni sastojci predstavljeni su neprozirnim mineralima, cirkonom, apatitom, turmalinom i rjeđe granatom. Feldspati su najčešće alterirani i resorbirani od osnovne mase. Prisutna su zrna plagioklasa i ortoklasa. Kvarcporfiri izdvojeni na jugozapadnom dijelu terena su intenzivno alterirani, tako da su na mjestima izbjeljeni i jako trošni.





Slika 4-1 Detaljna geološka karta prostora Berberuše s legendom M 1: 2500  
(Radovac, 2015)

#### Kvarcporfirske breče (D)

Kvarcporfirske breče zauzimaju najveći dio kartiranog prostora. Prostiru se od vrha Bandera na sjeveru do Crkvenske ravni na jugu. Po svom sastavu to su polimiktne breče zelenkaste i sive boje, psefitske strukture i masivne teksture. Izgrađene su od stijenskog detritusa koga predstavljaju kvarcporfiri (najviše), kvarcsericitski škriljci,

kvarc, metapješčenjaci, kvarciti. Fragmenti imaju veličinu od 0,8-14 cm ( najčešće 2,5 cm).

Mineralni detritus čine zrna kvarca, rijetko biotita, zrna granata, klorita, pirita, sfena, cirkona, turmalina, granata, apatita, rutila, limonita, getita. Sadržaj mineralnih sastojaka variraju, tako da kvarca ima od 28-63%, feldspata 0-4,7%, feldspata, sericita od 16-56%, glinovitih minerala od 0-4,3% i pirita od 0-1,5%. Vezivo je najčešće kvarcno-sericitsko i kvarcno-sericitsko-kloritsko. Genezu ovih breča dosta je teško objasniti. Ranijim istraživanjima nisu nikada izdvojeni na kartama niti su spominjane. Najvjerojatnije je da je kvarcporfirska masa, probijajući se duž izljevnih kanala koji probijaju kvarc-sericitske škriljavce i ostale stijene, lomila i nosila fragmente okolnih stijena pri čemu su na površinama deponirane navedene breče. (*Radovac, 2015*)

#### *Kvarcdioriti*

Stijene sive, zelenkaste do svijetlo-sive boje. Zauzimaju dosta malu površinu i prvi puta registrirane na ovom prostoru što predstavlja veoma značajan podatak u pogledu saznanja o magmatskoj aktivnosti koja se odvijala na prostoru srednjobosanskog škriljavog gorja.

Stijena ima masivnu teksturu. Struktura je porfiroidno zrnasta. Veličina zrna u osnovi varira od 0,28-1,5 mm, veličina porfiroidno izlučenih kristala varira od 2-4,5 mm. U sastav stijene ulaze kvarc, djelimično ili potpuno alterirani feldspati, muskovit, sericit, glinoviti minerali, dosta pirita, cirkon, limonit.

Kvarcdiorit je dosta metamorfiran, mjestimično jako trošan, tako da se u petrografskim odredbama često definira kao metakvarcdiorit. Ova pojava kao i arsenska mineralizacija (realgar, auripigment) utvrđena je u ovim stijenama, koju je ispitivao I. Jurković (1959. godine) i pretpostavio da pripada hercinskoj metalogenetskoj epohi (karbon, perm) dovodi do zaključka da su kvarcdioriti paleozojske starosti.

#### *Donji trijas (T<sub>1</sub>)*

Predstavljeni su kvarcnim škriljalcima, pješčenjacima, alevrolitima, glincima i vapnencima.

Kvarcno-sericitski škriljavci su zelenkastosive boje, škriljave teksture i lepidoblastične strukture. Bitni sastojci su kvarc i sericit, međusobno izmješani.

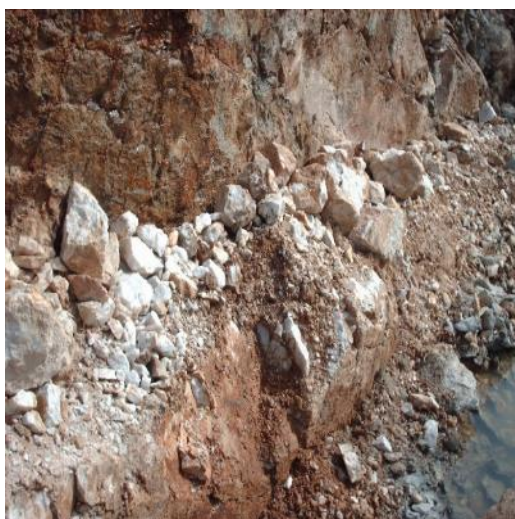
Mjestimično su intezivno limonitizirani. Pješčenjaci su žučkastozelene boje i škriljave teksture. Najčešće imaju brečast izgled. Glinci su tanko uslojeni, često listasti i najčešće crvenkaste boje. U njihov sastav ulaze glinoviti minerali, sericit, kvarc, klorit i limonit. Vapnenci su sive i žučkaste boje, a javljaju se u vidu leće.

### *Deluvij*

Deluvijalne naslage predstavljene su komadima i blokovima sivog alteriranog kvarcporfira, komadima kvarca i rijetko komadima kvarcsericitskog škriljca.

## **4.2. Značajke ležišta kvarca**

U užem području Berberuše otkriveno je više pojava kvarca od kojih su najznačajnija na lokalitetu Bandera. Sam lokalitet nalazi se na grebenu između Dedinog i Vučjeg potoka. Ove pojave su registrirane kao 6 subparalelnih žica na međusobnoj udaljenosti od 20 do 50 metara (slika 4-2). Pružanja su pravca istok-zapad s vidljivom dužinom po pružanju od 30 do 60 metara i debljinom od 0,60 do 1,5 metara, s mjestimičnim zadebljanjima od 2,5 metra, s padom prema jugu pod kutom od oko 80 stupnjeva. Ispitivanjem kemijskog sastava uzoraka stijena utvrđeno je da je sadržaj kvarca uvijek oko 99,0% (tablice 4-1 i 4-2).



a) Žica broj 6



b) Žica broj 5

Slika 4-2 Kvarcne žice

Tablica 4-1 Kemijski sastav kvarcne žice br.6 na lokaciji „Berberuša-Bukva“,

<b>Datum: 08.04.2016</b>	
<b>SiO<sub>2</sub></b>	99,943
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,010
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,011
<b>CaO</b>	0,000
<b>P<sub>4</sub>O<sub>10</sub></b>	0,001
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,004
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,005
<b>MgO<sub>2</sub></b>	0,030
<b>MnO<sub>2</sub></b>	0,000
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,003
<b>Cr</b>	0,000
<b>Cu</b>	0,0008
<b>Ni</b>	0,0007
<b>Pb</b>	0,0000
<b>V</b>	0,0011
<b>Zn</b>	0,0002

Tablica 4-2 Kemijski sastav kvarcnih žica broj 3, 4, 5, 6 na lokaciji „Berberuša-Bukva“

<b>Datum: 28.09.2016.</b>									
<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>P<sub>4</sub>O<sub>10</sub></b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO<sub>2</sub></b>	<b>MnO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>
<b>98,735</b>	0,406	0,554	0	0,002	0,015	0,183	0,086	0,004	0,023
<b>98,578</b>	0,46	0,629	0	0,002	0,015	0,203	0,09	0,005	0,024
<b>96,190</b>	0,797	1,893	0	0,008	0,221	0,571	0,244	0,021	0,057
<b>99,865</b>	0,027	0,040	0,015	0,00	0,012	0,012	0,026	0,001	0,000

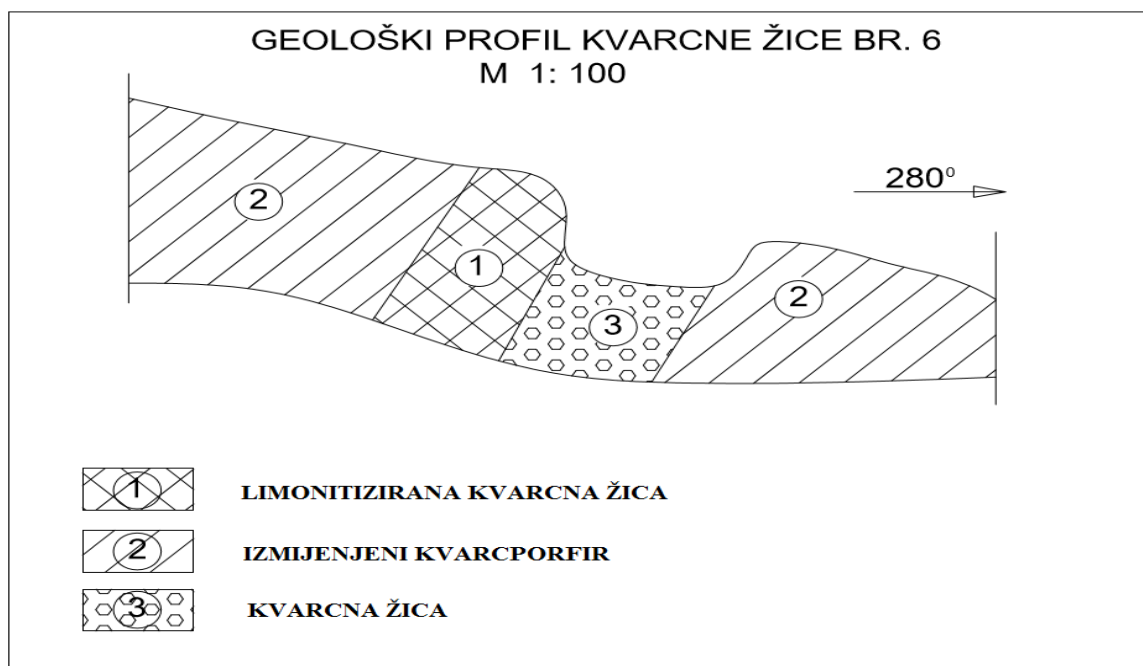
Uglavnom, to su hidrotermalna žična tijela, mada mogu biti i štokverskog tipa. Kvarcna masa u njihovoj građi većinom je mliječno-bijele boje sa pojavama kristalastog kvarca, samca ili u družama (slika 4-3).



Slika 4-3 Kvarcna žica br.4; priprema za tehnološku probu

Kvarc je vezan za kvarcporfire, kvarcporfirske breče i škriljavce različitog sastava (slika 4-4)

Ova sirovina ima širok raspon primjene u metalurgiji (silicij-metal, fero-silicij, kemijskoj i keramičko industriji, industriji boja, kvarcnih ploča i graditeljstvu.



Slika 4-4 Geološki profil kvarcne žice br. 6, M 1:100 (Radovac, 2015)

## 5. IZRADA 3D MODELA ŠIREG PODRUČJA “BUKVA-BERBERUŠA ”

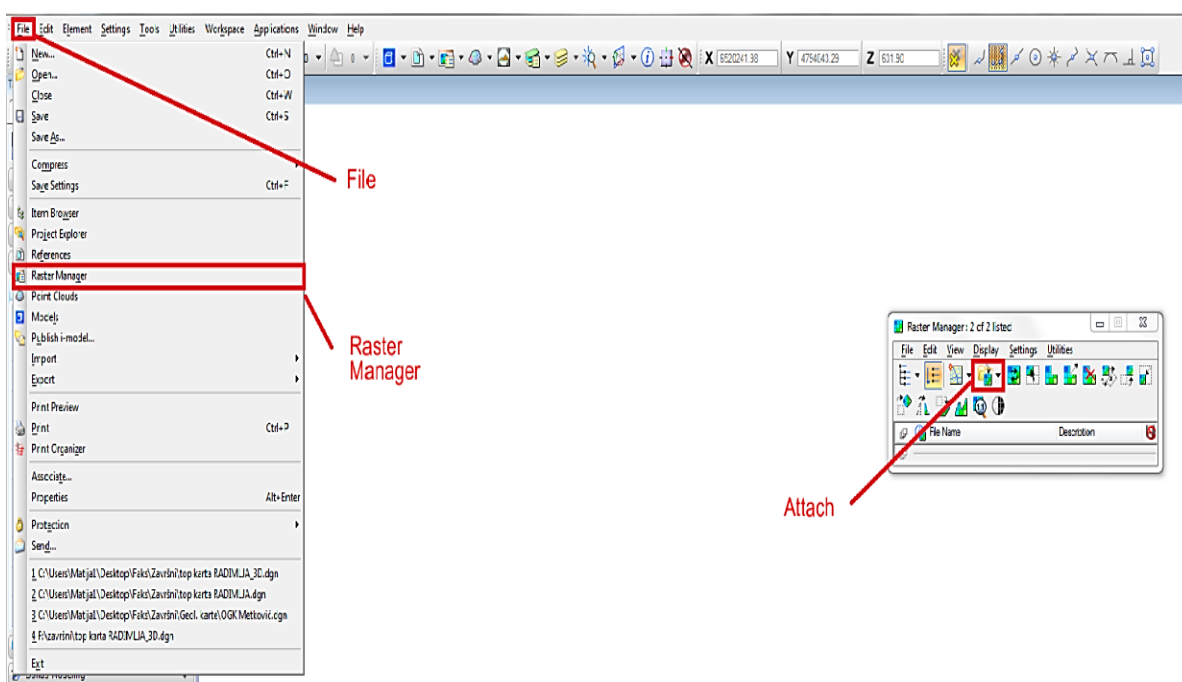
Topografske karte u izvornim oblicima su u rasterskom obliku i to su najčešće skenirane već postojeće karte. Za potrebe računalne obrade podataka rasterski oblik nije odgovarajući te se zbog toga obavlja postupak vektorizacije. Vektorizacija se obavlja prenošenjem detalja sa rasterskih slika na vektorske slike uz pomoć geometrijskih elemenata: točaka, crta ili poligona.

### 5.1. Unošenje rasterske karte u Microstation

Topografska karta korištena u ovom radu također je primjer rasterske slike koju je bilo potrebno vektorizirati. Sam postupak imao je za cilj što točnije glavne i pomoćne slojnice vidljive na rasterskoj slici pretvoriti u vektore. Vektorizacijom se stvara situacijska karta u vektorskom obliku koja je osnova svih daljnjih radnji u programu Microstation te nastavak projektiranja ležišta „Berberuša-Bukva“.

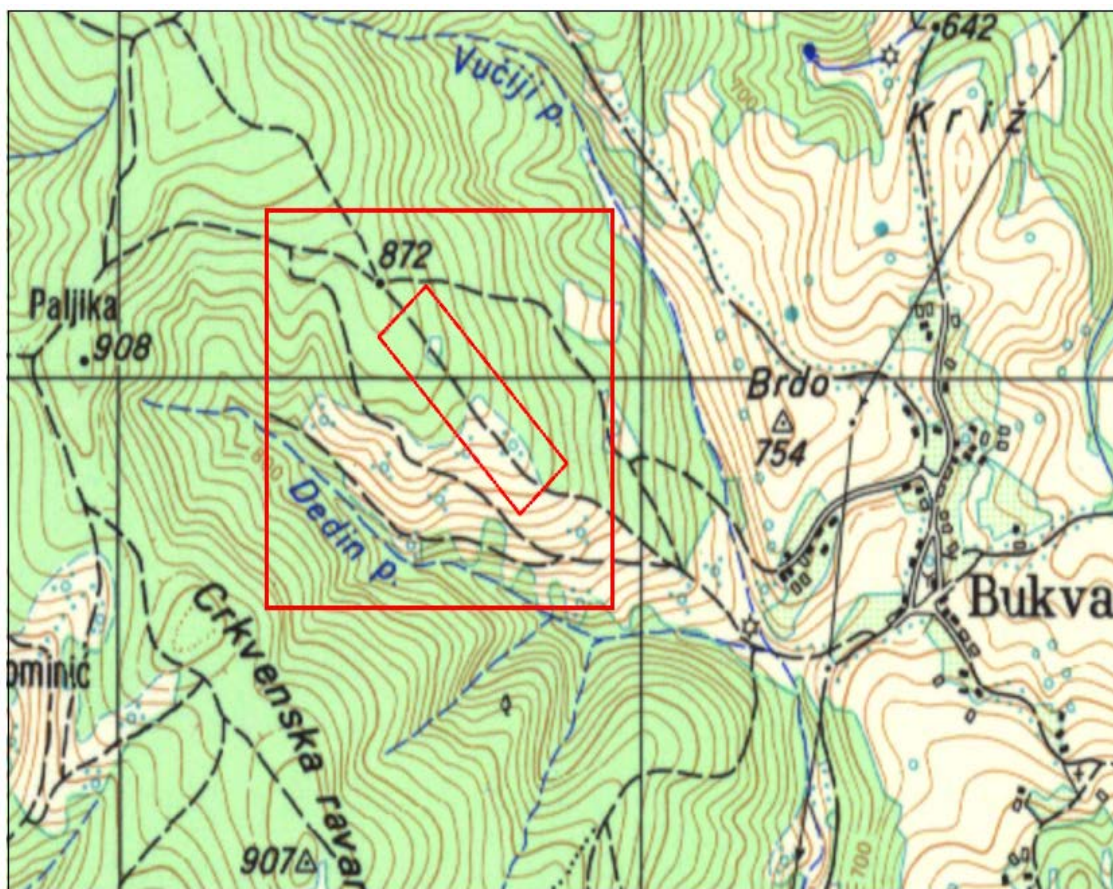
Unošenje rasterskih karti kao što vidimo na slici 5-1 u Microstation, je vrlo jednostavan korak koji se obavlja otvaranjem novoga dokumenta te odabirom opcija

File → Raster Manager → Attach



Slika 5-1 Unošenje topografske karte u Microstation

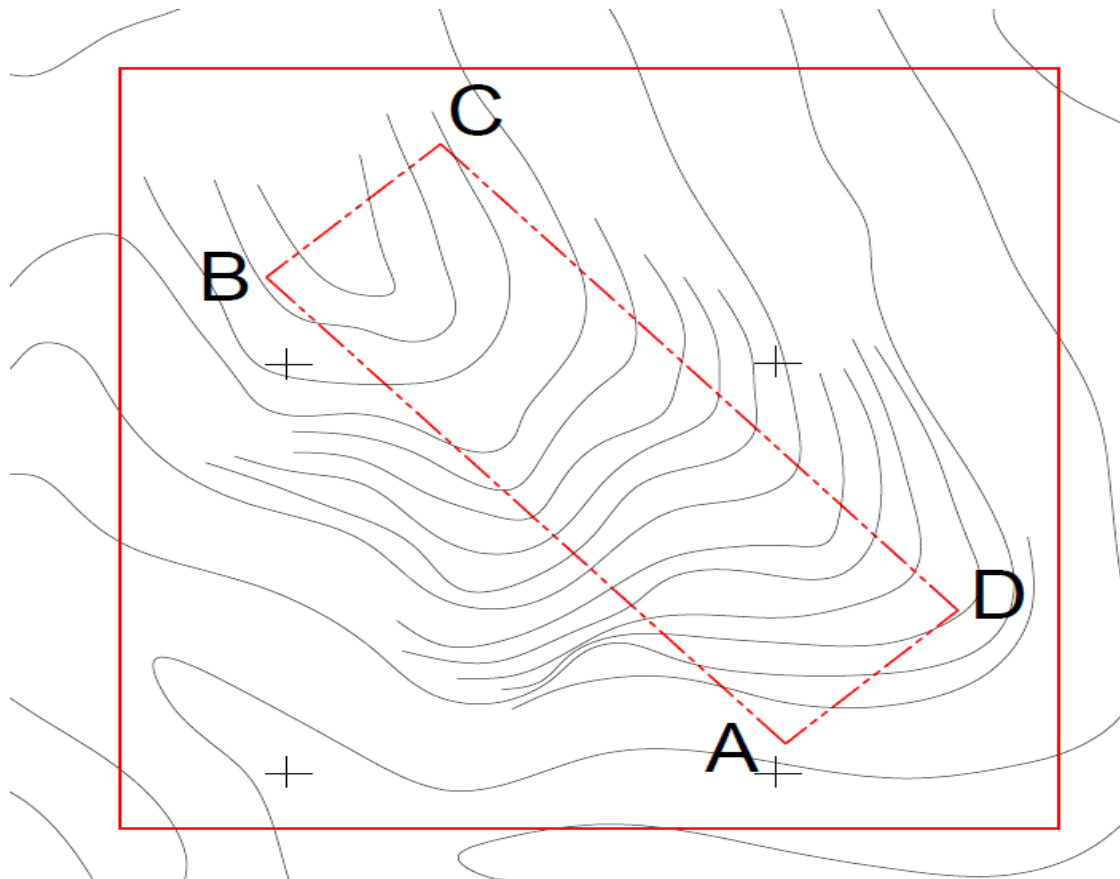
Nakon što je učitana topografska karta, pronađen je prostor na kojem se nalazi istražni prostor, te je on prikazan na slici 5-2.



Slika 5-2 Topografska karta s istražnim prostorom „Berberuša-Bukva“

## 5.2. Izrada vektorske karte

Izrada vektorske karte radi se za uže ali i šire područje oko samog ležišta, te prikaz našeg ležišta prikazan je na slici 5-3. Postupak vektorizacije se radi jednostavnim povlačenjem crta preko slojnica situacijske karte. Za izvlačenje slojnica terena potrebno je iskoristiti naredbu „Place point or Stream Curve“ (Postaviti točku ili Strujnu krivulju). Sam postupak povlačenja crta je vrlo jednostavan. Naredbom „Place point or Stream Curve“ lijevim klikom miša odredimo početak slojnice te svakim idućim klikom prilagođavamo crtu samim slojnicama.



*Slika 5-3 Vektorizacija topografske karte dobivene u mjerilu*

### **5.3. Pozicioniranje topografskih elemenata u prostoru**

Sama izrada 3D modela ležišta zasniva se na dodavanju treće dimenzije slojnicama terena odnosno podizanjem slojnica na njihovu visinu u prostoru. Sam postupak je moguće napraviti nizom naredbi, te nakon toga površinu koju dobijemo provesti kroz postupak triangulacije. Triangulacija nakon toga omogućava primjenu različitih prikaza ležišta ovisno o tome na koji način ih se želi prikazati.

Kako bi se započeo ovaj postupak potrebno je prvo datoteku koja je u 2D obliku pretvoriti u 3D oblik. To se radi odabirom opcije:

File → export → 3D

Nakon toga u tu situaciju 3D potrebno je zalijepiti projektno stanje na sljedeći način:

References → Tools → Attach

Elemente situacijske karte (glavne i pomoćne slojnice, cesta) u trodimenzionalni prikaz moguće je podići na dva načina. Prva opcija se izvodi pomoću Microstation-ove

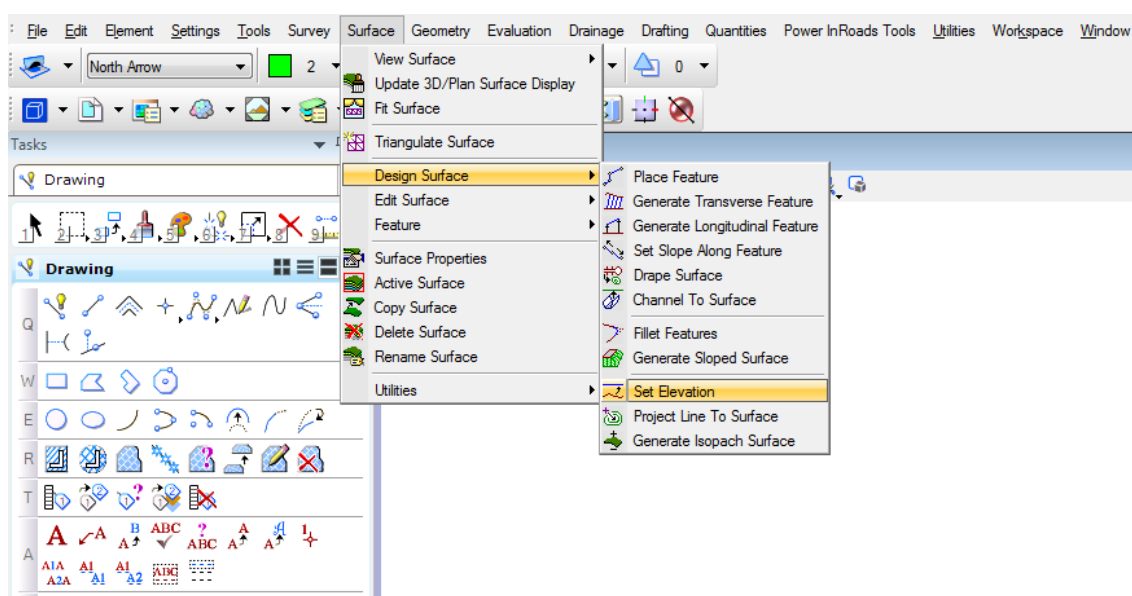


aplikacije „Mod-z“ pomoću koje se svaka slojница iz tlocrta podiže na svoju stvarnu visinu kakva je i u prirodi.

Zatim se učita snimljena datoteka te se odabire opcija:

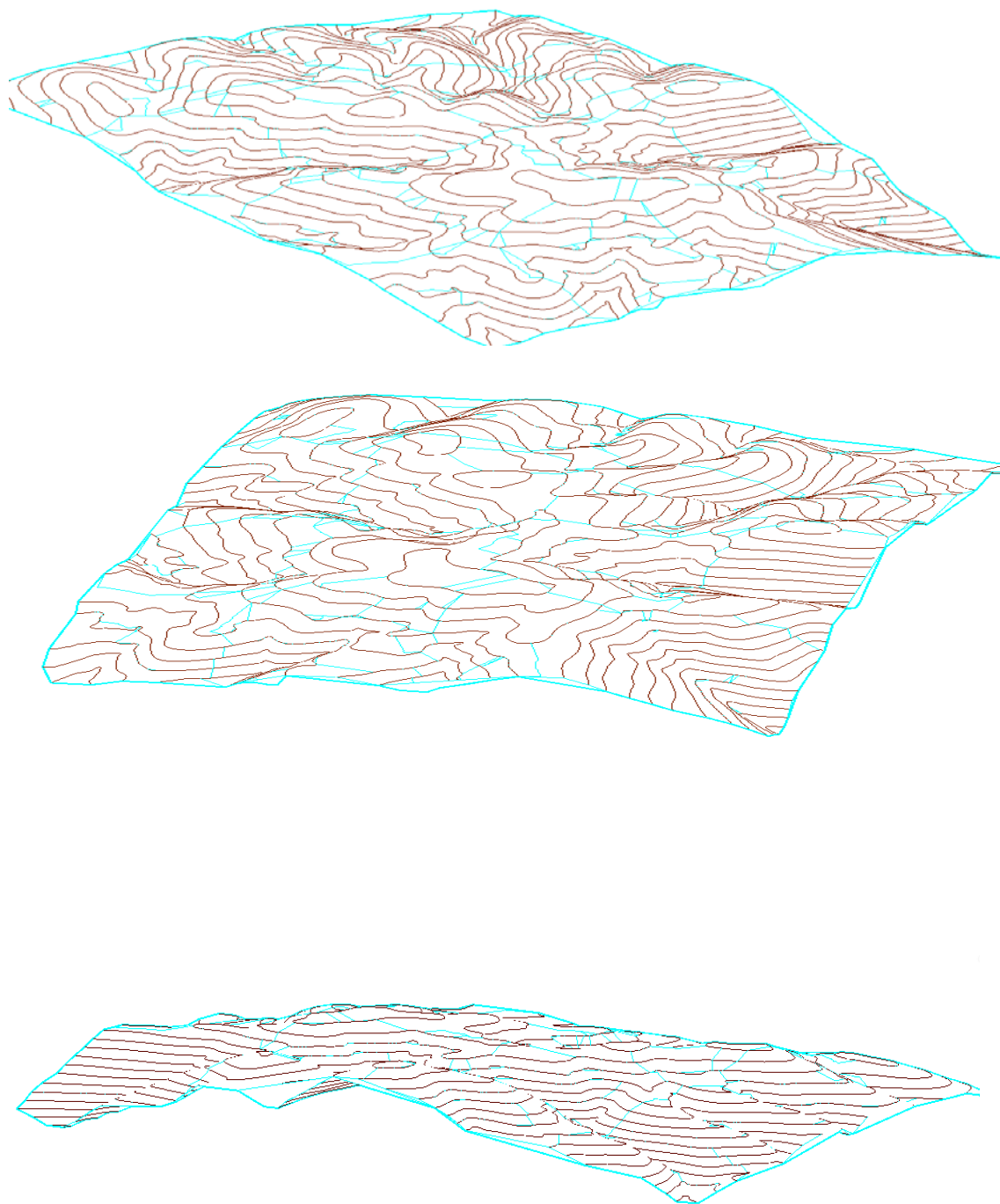
Utilities → MDL applications → browse

i pronađe se aplikacija „Mod-z“ u datoteci u kojoj je pohranjena. Druga opcija je korištenjem pomoću naredbe „Set Elevation“, koja se nalazi pod „Power InRoads“ naredbama u skupini „Place Feature“. Naredba „Set Elevation“ funkcionira tako da se odabere slojница koja se želi dignuti i taj se postupak ponavlja za sve slojnice. U izradi ovoga projekta korištena je aplikacija „Set Elevation“ slika 5-4.



Slika 5-4 Odabir naredbe „Set Elevation“

Podizanjem svih slojница na njihovu visinu dobivamo njihov prikaz u trodimenzionalnom okruženju. Trodimenzionalno okruženje omogućava pogled na slojnice terena iz svih kuteva što daje puno jasniju sliku o terenu. Primjer toga je i na slici 5-5.



*Slika 5-5 Slojnice istražnog područja „Berberuša-Bukva“ prikazane u 3D modelu iz različitih pogleda*

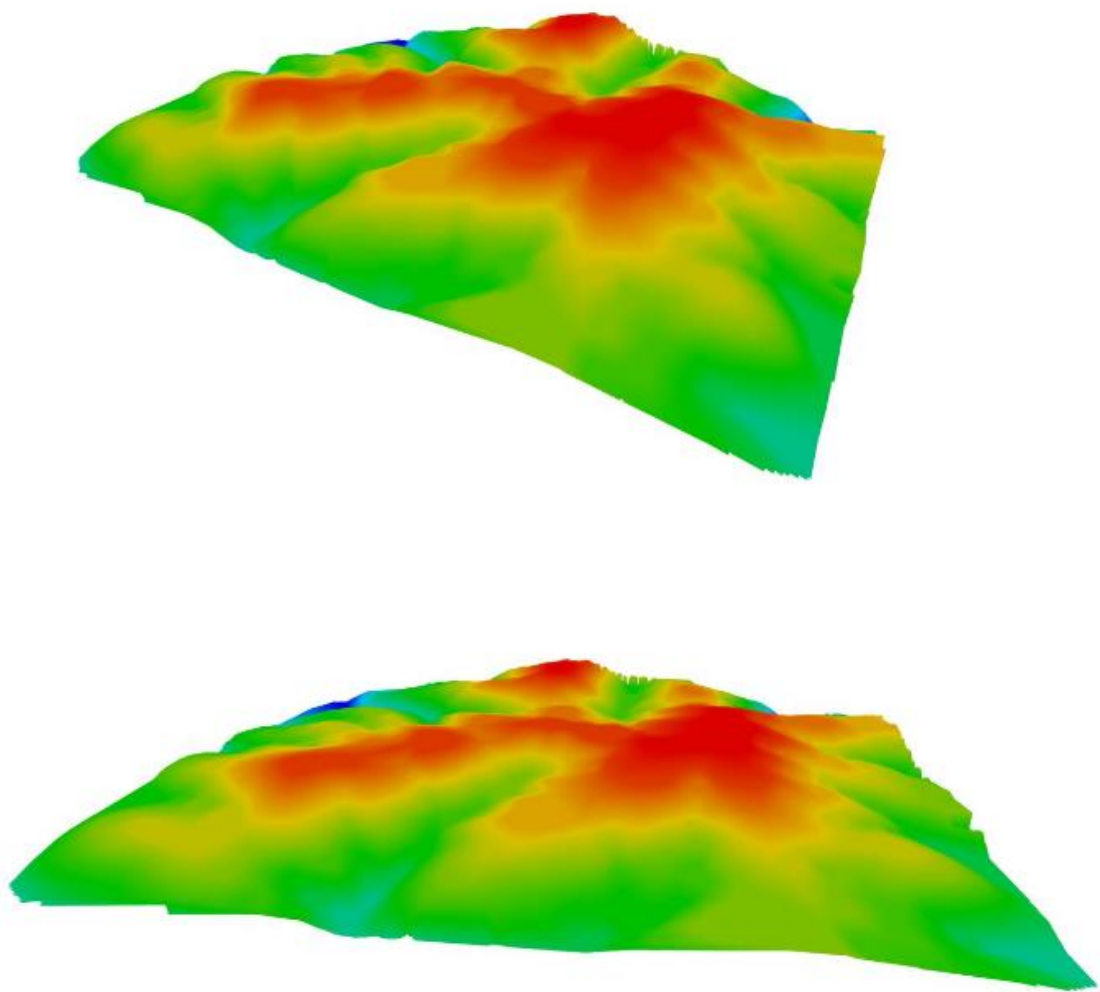
#### 5.4. Triangulacija 3D modela postojećeg stanja terena

Triangulacija predstavlja računalnu metodu obrade podataka u 3D modelu. Dakle, svaka ploha odnosno ravnina predstavljena je s tri točke u prostoru. Triangulacija modela istražnog prostora predstavlja niz trokutova koji spaja znakovite točke svih crta na odabranom području. Pomoću serije takvih trokutova moguć je što pregledniji i točniji 3D prikaz nekog modela.

Za triangulaciju se također koristio potprogram odnosno aplikacija „InRoads“ na slijedeći način:

- „Surface“ → „View Surface“ → „Contours“ – s ovim koracima su se progustile slojnice metodom interpolacije, to se čini zbog što preglednijeg modela,
- „File“ → „Import“ → „Surface“ – „Point type“ – tim redosljedom, označujemo sve elemente koje želimo triangulirati,
- „Surface“ → „Triangulate surface“ – odabrana je površina koju želimo triangulirati,
- „Surface“ → „View Surface“ → „Triangle“ – odabiremo površinu koja nas zanima, odnosno koju želimo vidjeti te podesimo boju modela koji nam odgovara,
- „Surface“ → „View Surface“ → „Perimeter“ – biramo rub modela oko kojeg postavljamo perimetar.

Kada se sve ove naredbe podese i postave sve opcije za izgled modela dobije se 3D model terena kao što je prikazano na slici 5-6.



*Slika 5-6 Triangulirani 3D modeli šireg područja istražnog prostora „Berberuša-Bukva“*

## **6. PRIKAZ ISTRAŽNIH RADOVA, GRANICA REZERVI I ZAVRŠNE KONTURE POVRŠINSKOG KOPA**

Na temelju obavljenih istražnih radova (zasjeci) i istražnog bušenja dobit će se potvrda o rezervama kvarca na istražnom prostoru Berberuša-Bukva. Sljedeći zadatak će bit kategorizacija i klasifikacija rezervi.

### **6.1. Kategorizacija rezervi kvarca**

Prema genetskim značajkama, veličini, obliku i kemijsko-mineraloškom sastavu, ležišta (rudnih tijela) kvarcnih sirovina (na prostoru uprave FBiH) razvrstavaju se prema pravilniku o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenja evidencije o njima (Službene novine FBiH, br.36/12). u četiri grupe:

- a) u prvu grupu uvrštavaju se ležišta (rudna tijela) kvarcnih pješčenjaka i kvarcita ujednačene debljine i kemijskog-mineralnog sastava, čije rezerve rude iznose preko 1 000 000 tona;
- b) u drugu grupu uvrštavaju se ležišta (rudna tijela) kvarcnih pješčenjaka, kvarcita, pegmatitskih žica i leća, ujednačene debljine i kemijsko-mineralnog sastava, čije rezerve iznose 500 000 do 1 000 000 tona;
- c) u treću grupu uvrštavaju se ležita (rudna tijela) kvarcnih pješčenjaka, kvarcita, kvarca, rožnjaca i pegmatitskih žica i leća neujednačene debljine i promjenjivog kemijsko-mineralnog sastava, čije rezerve iznose od 300 000 do 500 000 tona,
- d) u četvrtu grupu uvrštavaju se ležita (rudna tijela) kvarcnih sirovina neujednačene debljine i izrazito promjenjivog kemijsko-mineralnog sastava čije rezerve iznose do 200 000 tona.

Prema navedenoj podjeli istražni prostor „Berberuša-Bukva“ pripada u četvrtu grupu ležišta.

Maksimalne udaljenosti između istražnih radova propisane Pravilnikom o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenja evidencije o njima (Službene novine FBiH, br. 36/12) prikazane su u tablici 6-1.

Tablica 6-1 Maksimalne udaljenosti istražnih radova (Službene novine, br. 36/12)

Grupa ležišta (rudnih tijela)	Maksimalna udaljenost između istražnih radova, u m		
	A kategorija	B kategorija	C <sub>1</sub> kategorija
I	50	100	150
II	40	80	120
III	30	60	90
IV	25	50	75

Razvrstavanje rezervi kvarcnih sirovina u kategorije A, B i C<sub>1</sub> vrši se prema odredbama ovog pravilnika i prema sljedećim uvjetima:

„za A kategoriju:

- a) u A kategoriji uvrštavaju se rezerve kvarcnih sirovina čije su dimenzije u ležištu (rudnom tijelu) odgovarajuće grupe utvrđene istražnim radovima u granicama maksimalnih udaljenosti predviđenih za kategoriju A (tablica 6-1.);
- b) utvrđivanje rezervi kategorija A kod ležišta (rudnih tijela) I i II grupe vrši se istražnim bušenjem, a kod III i IV grupe istražnim bušenjem ili istražnim rudarskim radovima;
- c) pri okonturenju rezervi kategorije A, ekstrapolacija nije dozvoljena;

za B kategoriju:

- a) u B kategoriju uvrštavaju se rezerve kvarcnih sirovina čije su dimenzije u ležištu (rudnom tijelu) odgovarajuće grupe utvrđene istražnim radovima u granicama maksimalnih udaljenosti predviđenih za kategoriju B (tablica 6-1.);
- b) utvrđivanje rezervi kategorije B kod ležišta (rudnih tijela) I i II vrši se istražnim bušenjem, a kod III i IV grupe istražnim bušenjem ili istražnim rudarskim radovima;
- c) u B kategoriju uvrštavaju se i rezerve dobivene ekstrapolacijom izvan utvrđenih kontura ležišta (rudnih tijela), najviše do 1/3 maksimalnih udaljenosti između istražnih radova predviđenih za odgovarajuću grupu u kategoriji A;

za C<sub>1</sub> kategoriju:

- a) u C<sub>1</sub> kategoriju uvrštavaju se rezerve čije su dimenzije u ležištu (rudnom tijelu) odgovarajuće grupe utvrđene istražnim bušenjem u granicama maksimalnih udaljenosti predviđenih za kategoriju C<sub>1</sub> (tablica 6-1).

b) u C1 kategoriju uvrštavaju se i rezerve dobivene ekstrapolacijom izvan utvrđenih kontura ležišta (rudnog tijela) najviše do 1/3 maksimalnih udaljenosti između istražnih radova predviđenih za odgovarajuću grupu u kategoriji B.“

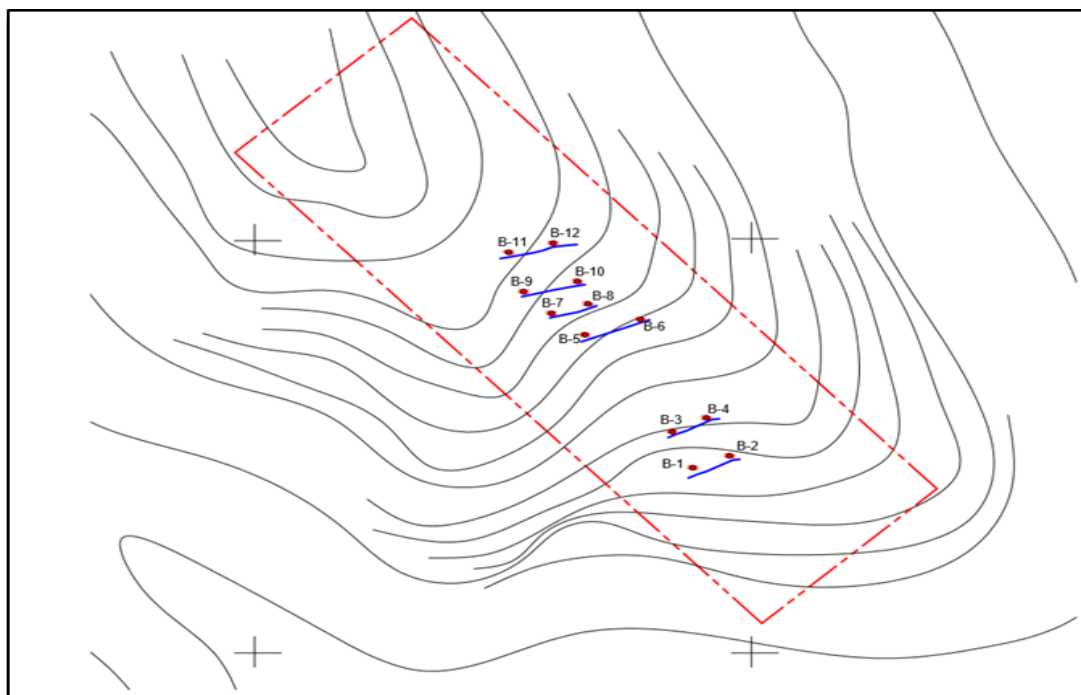
## 6.2. Raspored istražnih radova

### Metode istraživanja

Istražni radovi će obuhvatiti:

1. Istražno bušenje: 12 bušotina na jezgru.
2. Izradu zasjeka: 6 zasjeka, u prosječnoj dužini oko 50 m i visine 4-6 m.
3. Uzimanje uzoraka stijene za kompletnu analizu fizikalno-kemijskih značajki kvarca.
4. Probnu eksploataciju (svi zasjeci) ukupno 6, ukupnog stijenskog materijala 5 000 m<sup>3</sup>.

Na slici 6-1 prikazan je raspored istražnih radova na otkrivene kvarcne žice.



Slika 6-1 Raspored istražnih radova

Obzirom na specifičnost pojavljivanja kvarcnih žica istraživanje bi se vršilo istražnim bušenjem i raskopima po kvarcnim žicama.

Osnovna razina na kojoj se nalazi kvarcna žica br.1 je 812 metara a najviša točka istraživanja je 852 m., što čini visinsku razliku od 40 metara.

Koordinate istražnih bušotina prikazane su u tablici br. 6-2.

Tablica 6-2 Koordinate istražnih bušotina

Bušotina	Koordinate istražnih bušotina		Dubina bušotina (m)
	X	Y	
B-1	4 861 870	6 507 732	30
B-2	4 861 877	6 507 751	30
B-3	4 861 892	6 507 721	30
B-4	4 861 901	6 507 739	30
B-5	4 861 953	6 507 676	30
B-6	4 861 962	6 507 705	30
B-7	4 861 966	6 507 659	30
B-8	4 861 972	6 507 678	30
B-9	4 861 980	6 507 645	30
B-10	4 861 986	6 507 673	30
B-11	4 862 004	6 507 637	30
B-12	4 862 010	6 507 660	30

### 6.3. Određivanje granica rezervi

Rezerve kvarca definirane su stupnjem istraženosti ležišta. Ležište kvarca „Berberuša-Bukva“ spada u IV grupu, za koje je znakovito neujednačenost debljine kvarcne žice i čije rezerve ne prelaze 200 000 tona.

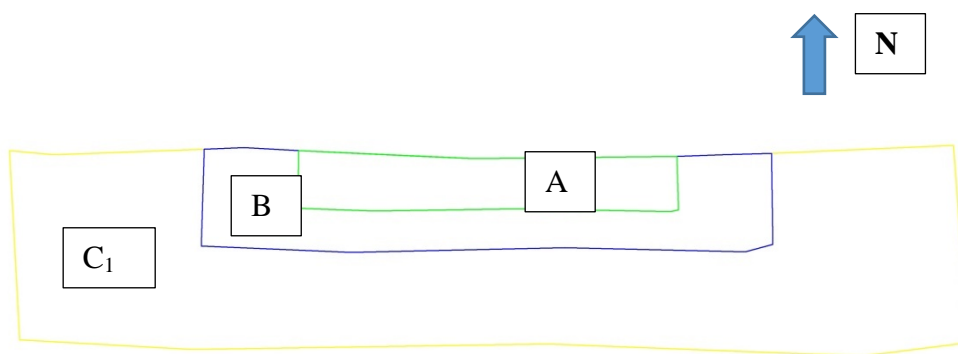
Maksimalna udaljenost između istražnih radova prikazana je u tablici 6-1. Utvrđivanje rezervi za A kategoriju kod ležišta iz grupe IV vrši se istražnim bušenjem i istražnim rudarskim radovima. Pri okonturenju rezervi kategorije A ekstrapolacija nije dozvoljena.

Pri utvrđivanju rezervi B i C<sub>1</sub> kategorije uvrštavaju se i rezerve dobivene ekstrapolacijom izvan utvrđenih kontura ležišta, najviše do 1/3.



#### 6.4. Izrada granica rezervi

Kao što je navedeno, rezerve kvarca definirane su stupnjem istraženosti ležišta. Uzorci koji su dobiveni bušotinama i raskopima nose se dalje u laboratoriji te se na njima izvode ispitivanja koja nam omogućavaju da definiramo o kojim se kategorijama rezervi radi u ležištu. Najdetaljnija istraživanja naravno potrebna su za mineralne sirovine A kategorije. Nakon njihova utvrđivanja za tu kategoriju nije dozvoljena ekstrapolacija. Kod rezervi B i C<sub>1</sub> kategorije koje nisu u toj mjeri potvrđene kao one A kategorije, ekstrapolacija je ipak dozvoljena za 25% maksimalne udaljenosti istražnih radova. Prilikom određivanja lokacija istražnih radova to su pravila kojima se treba voditi uz naravno prilagodbu postojećoj konfiguraciji terena. Tako je u slučaju „Berberuša-Bukva“ približna slika kategorija rezervi kvarca u kvarcnoj žici broj 1 na prikazana na slici 6-2.



Slika 6-2 Prikaz kategorija rezervi za kvarcnu žicu broj 1. (M 1:2 500)

#### 6.5. Utvrđivanje završnih kontura otkopavanja kvarcnih žica

Nakon određivanja kategorija rezervi potrebno je odrediti i projektne parametre, odnosno napraviti geometrijsku analizu kontura rudarskih radova koji će u konačnici definirati izgled kopa.

Na istražnom prostoru „Beberuša-Bukva“ predviđena je eksploatacija kvarca površinskim putem, rudarskim zasjecima do razine rezervi kvarca C<sub>1</sub> kategorije.

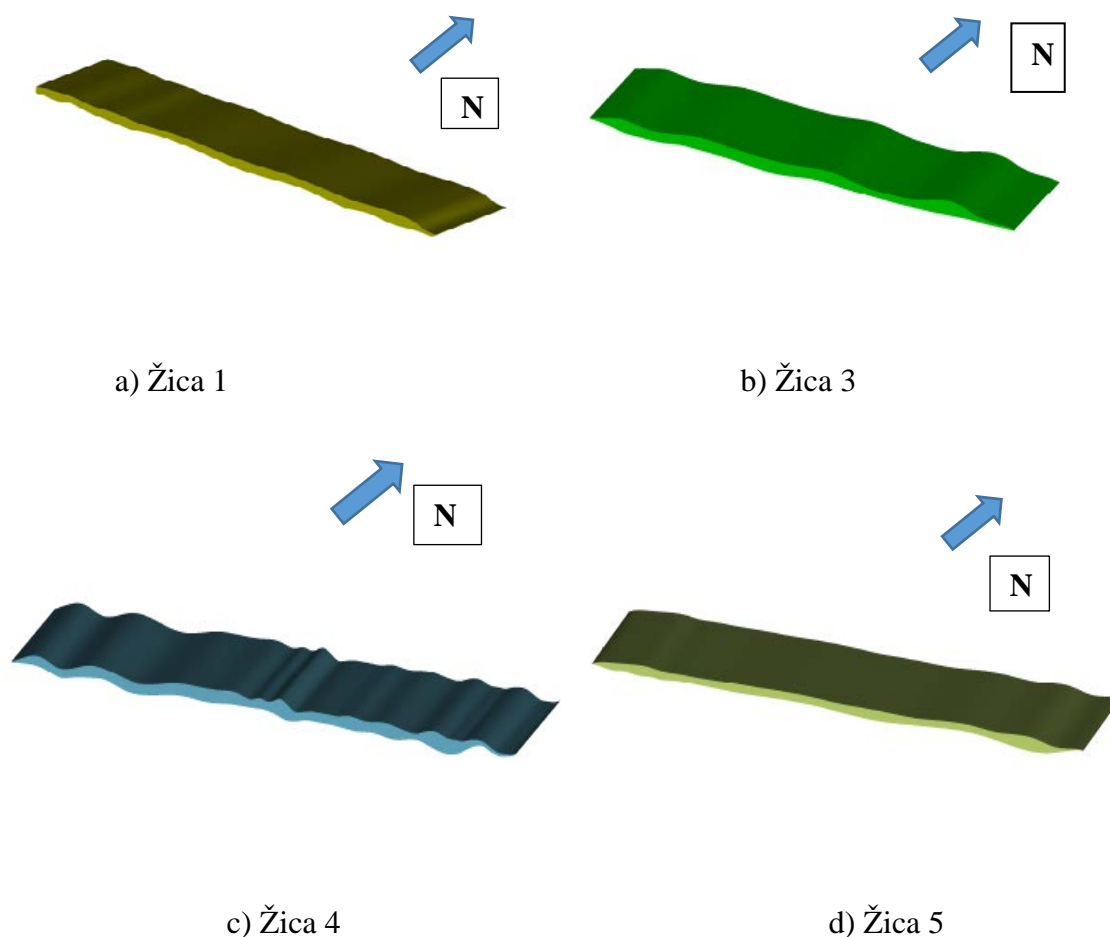
Kvarcne žice na ovom istražno-eksploatacionom prostoru definirani su slijedećim parametrima:

- visina zasjeka

- broj žica
- širina zasjeka
- nagib zasjeka, radne i završne kosine.

### 6.6. 3D Model žica

Podaci o topografiji terena korišteni su za izradu geološkog modela žica. Korištena je topografska karta mjerila 1: 2 500 koja je skeniranjem unošena u računalo, a potom obrađena pomoću programa *Microstation*. Određenom obradom površina terena dobila je vektorski oblik (x,y,z) te je time omogućen trodimenzionalni prikaz žica. Slikom 6-3 prikazani su modeli kvarcnih žica kakve imamo na istražnom prostoru „Berberuša-Bukva“.



Slika 6-3 Prikaz 3D modela kvarcnih žica (M 1:2 500)

## **7. PRORAČUN REZERV I TEHNIČKO-EKONOMSKA OCJENA LEŽIŠTA**

### **7.1. Klasifikacija i kategorizacija rezervi kvarca**

Rezerve mineralnih sirovina mogu biti bilančne i izvanbilančne. Bilančne rezerve smatramo one koje u određenom trenutku postojećom tehnikom i tehnologijom eksploatacije i prerade mogu rentabilno koristiti, dok su izvanbilančne one rezerve koje se postojećom tehnikom i eksploatacijom i preradom ne mogu rentabilno koristiti.

Klasifikacija rezervi je tako promjenljiva kroz godine, zbog činjenice što napretkom metoda otkopavanja isplativost eksploatacije raste, pa određene kategorije iz bilančnih mogu preći u više kategorije, kao i izvanbilančne u bilančne.

Klasifikacija i kategorizacija rezervi određuje se tehno-ekonomskom ocjenom gdje su obuhvaćeni svi relevantni parametri: geološki, genetski, tehno-eksploatacijski, tehnološki, regionalni, tržišni, društveno-gospodarski i ekološki.

Konture završnog stanja predstavlja granicu bilančnih i izvanbilančnih rezervi, te se pretpostavlja da su sve količine ispod razine kvarcnih žica osnova za proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi.

Isto tako sve rezerve ispod završne konture predstavljaju osnovu za proračun izvanbilančnih rezervi.

### **7.2. Proračun rezervi kvarca**

#### **7.2.1. Proračun obujma metodom računalnog modeliranja (mrm)**

Metoda računalnog modeliranja je jedna od najsuvremenijih metoda koja se već uvelike primjenjuje u svim razvijenijim rudarskim zemljama. Da bismo mogli upotrijebiti ovu metodu prethodno smo izradili triangulacijski ili mrežni model kvarcnih žica. Metoda računalnog modeliranja u teoriji funkcionira na način da računalo računa integral između trianguliranih trokutova (najmanjih dijelova plohe). Za svaki trokut računa se obujam do njemu nasuprotnog trokuta tj. računa se obujam koji zatvaraju nasuprotni trokuti. Zbrajanjem ili oduzimanjem vrijednosti pojedinih vrijednosti obujmova dobije se ukupan

obujam između pojedinih ploha, u našem slučaju početnog stanja i projektiranog stanja (Galić i Farkaš, 2011).

Računalna metoda proračuna rezervi radi se u aplikaciji „InRoads“ tako da se odabere naredba

Evaluation → Volumes → Triangle Volume.

Nakon toga otvara se prozor u kojem se odabireme dvije već snimljene površine i između kojih će računalo izračunati obujam i odabire se opcija add. Nakon toga odabire se cut i fill factor koji nam iznosi 1.0 za oba faktora te se pritišće opcija apply.

Računalo za nekoliko sekundi izbacuje izlaznu datoteku u kojoj je prikazan obujam prostora između ove dvije površine.

Na slici 7-1 prikazani su rezultati proračuna obujma bilačnih rezervi kvarcnih žica broj 1, 3 dok na slici 7-2 rezultati proračuna obujma za žice 4 i 5.

Triangle Volume Report	
Report Created:	9/11/2017
Time:	11:14am
Mode:	Entire Surface
Input Grid Factor:	1.000000
<hr/>	
<b>Original Surface:</b>	<b>Gornja površina</b>
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
<b>Design Surface:</b>	<b>Donja površina</b>
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
<b>Cut Factor:</b>	<b>1,0000</b>
<b>Fill Factor:</b>	<b>1,0000</b>
Cut:	2773,56 cu m
Fill:	0,00 cu m
Net:	2773,56 cu m

a) Žica 1

Triangle Volume Report	
Report Created:	9/11/2017
Time:	12:10pm
Mode:	Entire Surface
Input Grid Factor:	1.000000
<hr/>	
<b>Original Surface:</b>	<b>Gornja površina 3</b>
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
<b>Design Surface:</b>	<b>Donja površina 3</b>
Description:	
Preference:	Default
Type:	Existing
<b>Cut Factor:</b>	<b>1,0000</b>
<b>Fill Factor:</b>	<b>1,0000</b>
Cut:	2071,11 cu m
Fill:	0,00 cu m
Net:	2071,11 cu m

b) Žica 3

Slika 7-1 Rezultat proračuna volumena bilačnih rezervi žica 1 i 3

Triangle Volume Report	
Report Created: 9/11/2017 Time: 12:34pm	
Mode: Entire Surface	
Input Grid Factor: 1.000000	
<hr/>	
<b>Original Surface: Gornja površina 4</b>	
Description:	
Preference: Default	
Type: Existing	
<b>Design Surface: Donja površina 4</b>	
Description:	
Preference: Default	
Type: Existing	
<b>Cut Factor:</b>	1,0000
<b>Fill Factor:</b>	1,0000
Cut:	2142,19 cu m
Fill:	0,00 cu m
Net:	2142,19 cu m

Triangle Volume Report	
Report Created: 9/11/2017 Time: 12:58pm	
Mode: Entire Surface	
Input Grid Factor: 1.000000	
<hr/>	
<b>Original Surface: Gornja površina 5</b>	
Description:	
Preference: Default	
Type: Existing	
<b>Design Surface: Donja površina 5</b>	
Description:	
Preference: Default	
Type: Existing	
<b>Cut Factor:</b>	1,0000
<b>Fill Factor:</b>	1,0000
Cut:	1831,46 cu m
Fill:	0,00 cu m
Net:	1831,46 cu m

c) Žica 4

d) Žica 5

Slika 7-2 Rezultat proračuna volumena bilačnih rezervi žica 4 i 5

### 7.2.2. Proračun rezervi metodom blokova (mb)

#### Proračun bilančnih rezervi

Metoda blokova najčešća je metoda izračuna rezervi žičnih ležišta. Zasniva se na podacima koje smo dobili istražnim radovima, a to su dužina žice (pružanje), srednja debljina, visina (dubinsko zalijeganje) i obujamskom masom.

Budući se radi o hidrotermalnim monomineralnim kvarcnim žicama različite debljine, točniji podaci dobili bi se detaljnijim kartiranjem, na osnovu kojih bi se dobili segmenti mjernih dužina i moćnosti rudne žice. Zbrajanjem svakog segmenta dobila bi se ukupna površina rudne žice.

Na istražnom prostoru „Berberuša-Bukva“ a na osnovu podataka koje imamo obračun rezervi vršio bi se na slijedeći način:

Formula (7-1) za obračun rezervi metodom blokova:

$$Q = l \cdot dsr \cdot h \cdot \gamma \quad (7-1)$$

gdje je:

Q – rezerve, t

l - dužina žice (pružanje), m

dsr-srednja debljina, m

h – visina (dubinsko zalijeganje), m

$\gamma$  –obujamska masa, t/m<sup>3</sup>

Ovaj postupak urađen je za svaku žicu posebice, što je vidljivo u tablici 7-1. Obračun rezervi B i C<sub>1</sub> kategorije urađen je na osnovu ekstrapolacije sukladno Pravilniku, točnije 1/3 udaljenosti istražnih radova za B kategoriju 10 metara a za C<sub>1</sub> 20 metara.

#### *Popravni koeficijent i eksploatacijski gubitak*

Popravni koeficijent uvodi se ako postoji sumnja da su pri obračunu rezervi proračunski parametri, istražni radovi, kemijske analize nedovoljno točni. Popravni koeficijent može se odnositi i na sadržaj štetnih komponenti, prostornu masu, zalijeganje, površinu rudnog tijela, obujam rudnog tijela i dr.

Ležište hidrotermalnog kvarca „Berberuša-Bukva“ je prvo takvo u BiH i tek se očekuju egzaktni podaci za proračun rezervi, tako da temeljem sličnih ležišta u okruženju, uzete su prosječne vrijednosti za popravni koeficijent od 0,20 i eksploatacijski gubitak od 10%.

Tablica 7-1 Prikaz rezultata proračuna rezervi kvarca metodom blokova

ŽICA 1						
Kategorija	l (m)	dsr (m)	h (m)	V (m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Ukupno (t)
A	40	1,4	6	336	2,65	890,4
B	60	1,4	10	504	2,65	1 722
C <sub>1</sub>	100	1,4	20	1 960	2,65	4 807,6
<b>Ukupno</b>				2 800		7 420

**ŽICA 2**

Kategorija	l (m)	dsr (m)	h (m)	V (m <sup>3</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	Ukupno (t)
A	50	1,2	6	360	2,65	954
B	70	1,2	10	480	2,65	1 272
C <sub>1</sub>	110	1,2	20	1800	2,65	4 770
<b>Ukupno</b>				2 640		6 996

**ŽICA 3**

Kategorija	l (m)	dsr (m)	h (m)	V (m <sup>3</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	Ukupno (t)
A	30	1,15	4	138	2,65	365,7
B	50	1,15	10	473	2,65	1 158,05
C <sub>1</sub>	90	1,15	20	1 495	2,65	3961,75
<b>Ukupno</b>				2 070		5 485,5

**ŽICA 4**

Kategorija	l (m)	dsr (m)	h (m)	V (m <sup>3</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	Ukupno (t)
A	30	1,10	4	132	2,65	349,8
B	50	1,10	10	418	2,65	1 107,7
C <sub>1</sub>	90	1,10	20	1 430	2,65	3 789,5
<b>Ukupno</b>				1 980		5 247

**ŽICA 5**

Kategorija	l (m)	dsr (m)	h (m)	V (m <sup>3</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	Ukupno (t)
A	35	1	5	175	2,65	463,75
B	55	1	10	375	2,65	993,75
C <sub>1</sub>	95	1	20	1 350	2,65	3 577,5
<b>Ukupno</b>				1 900		5 035

<b>ŽICA 6</b>						
<b>Kategorija</b>	<b>l (m)</b>	<b>dsr (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	<b>γ (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ukupno (t)</b>
<b>A</b>	50	1,5	6	450	2,65	1 192,5
<b>B</b>	70	1,5	10	600	2,65	1 590
<b>C<sub>1</sub></b>	110	1,5	20	2 250	2,65	5 962,5
<b>Ukupno</b>				3 300	3	8 745

U tablici 7-2 prikazane su ukupne očekivane bilančne rezerve, za sve žice, a u tablici 7-3 prikazane su očekivane eksploatacijske rezerve.

Tablica 7-2 Prikaz ukupnih očekivanih bilančnih rezervi kvarca

<b>Kategorija</b>	<b>Ukupno (t)</b>
<b>A</b>	4 216,4
<b>B</b>	7 843,5
<b>C<sub>1</sub></b>	26 868,85
<b>Ukupno</b>	<b>38 927,85</b>

Tablica 7-3 Prikaz ukupnih očekivanih eksploatacijskih rezervi kvarca

<b>Kategorija</b>	<b>Geološke rezerve (t)</b>	<b>Eksploatacijske rezerve (t)</b>
<b>A</b>	4 216,4	3 794,76
<b>B</b>	7 843,5	7 059,15
<b>C<sub>1</sub></b>	26 868,85	24 181,97
<b>Ukupno</b>	<b>38 927,85</b>	<b>35 035,88</b>



## *Proračun izvanbilančnih rezervi*

Izvanbilančne rezerve su one koje u datom trenutku postojećom tehnikom i tehnologijom ne mogu rentabilno otkopavati. Na predmetnom ležištu kvarca to su rezerve ispod razine rezervi C<sub>1</sub> kategorije te ispod završne kosine površinskog kopa. Kao i bilančne rezerve i izvanbilančne rezerve korigiraju se popravnim koeficijentom.

Obzirom na kut zalijeganja i dubinu zalijeganja hidrotermalne žice izvanbilančnih rezervi, po prelasku u bilančne bi se eksploatirale jamskim putem.

### 7.2.3. Usporedni prikaz rezultata proračuna obujma korištenih metoda

Uspoređujući proračun obujma korištenih metoda i to metodom blokova (tablica 7-1) i računalnog modeliranja (slika 7-1 i 7-2) dobiveni obujam za žicu broj 1 razlikovao se za oko 1 %, žicu broj 3 manje od 1 %, za žicu 4 približno 7 % dok za žicu broj 5 za oko 4 %.

Razlog tome je različita debljina hidrotermalnih žica. Kako bi smanjili ta odstupanja potrebno je detaljnije kartirati kvarcne žice, na osnovu kojih bi se dobili segmenti mjernih dužina i debljine rudne žice i time bi dobili točnije rezultate.

## **7.3. Tehničko-ekonomska ocjena vrijednosti ležišta**

Procjena vrijednosti ležišta radi se sa svrhom analize ekonomske isplativosti eksploatacije na ležištu, te određenja potrebnog vremena trajanja (vijeka) eksploatacije.

Dobit se određuje tako da se eksploatacijske rezerve množe sa tržišnom cijenom, te se umanjuju za ukupne troškove. Ukupni troškovi se sastoje od troškova istraživanja i izrade dokumentacije, troškova otvaranja i pripreme ležišta za eksploataciju te troškova dobivanja rude (Radovac, 2015).

Pod troškovima istražnih radova podrazumijevamo sve istražne radove koje se provode sukladno Projektu istraživanja, urađenog od strane ovlaštene kuće registrirane za obavljanje ovakve djelatnosti.

Troškovi dokumentacije se računaju obzirom na površinu istražnog prostora. Troškovi otvaranja i pripreme ležišta odnose se na sve aktivnosti koje je potrebno uraditi da bi se eksploatacija nesmetano obavljala. U ove troškove predviđena je i koncesijska

naknada na istražni prostor (ili eksploatacijsko polje) i naknada za iskopanu rudu (3% na ovom ležištu).

Koncesijskim Ugovorom planirana godišnja proizvodnja je 5 000 tona.

Tablica 7-4 Proračun ekonomske vrijednosti ležišta

Eksploatacijske rezerve	TROŠKOVI DOBIVANJA RUDE		Ukupni troškovi	Cijena tržišna	Prihod	Dobit
	Jedinična cijena	Iznos				
t	€/t	€	€	€/t	€	€
Q	Ce	T= Q · Ce	Tu= Td+T <sub>op</sub> +Tr	Ct	Pr=Q·Ct	D= Pr- Tu
35 035,88	42	1 471 506,96	1 751 794	62	2 172 224,56	420 430,56

Prema dobivenim podacima iz proračuna ekonomske vrijednosti ležišta vidljivo je da bi eksploatacijom svih utvrđenih eksploatacijskih rezervi trebalo ostvariti dobit od 420 430,56 € u vremenu koje je potrebno da bi se rezerve otkopale (tablica 7-4). Proračun ekonomske vrijednosti ležišta urađen je statično, te bi za pravu ocjenu trebalo napraviti dinamički proračun kojim bi se valorizirali realniji ulazni parametri.

#### 7.4. Vrijeme trajanja eksploatacije

Ovaj prirodni pokazatelj izračunava se slijedećim obrascem (7-2):

$$T = \frac{Q}{K} = \frac{35\,035,88}{5\,000} = 9,5 \text{ godina} \quad (7-2)$$

Gdje su:

T- trajanja eksploatacije ležišta pri datom godišnjem kapacitetu proizvodnje ( godina)

Q- eksploatacione rezerve ( t)

K- godišnja proizvodnja, sukladno Koncesionom Ugovoru ( t)

Prema ovim podacima uz planirani godišnji kapacitet i utvrđene eksploatacione rezerve vijek trajanja eksploatacije bi bio 9,5 godina.

Daljna istraživanja potencijalnih i prognoznih rezervi mogu znatno povećati vijek eksploatacije za što postoje realne mogućnosti.

## 8. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad prikazuje suvremene tehnologije u istraživanju i proračuna rezervi hidrotermalnog kvarca. Samo ležište do sada nije istraživano pa ovaj rad predstavlja osnovu za buduća istraživanja i eksploataciju. Dobiveni rezultati računalnim programom uspoređeni su sa klasičnim metodama istraživanja i računanja rezervi (metoda blokova). Dobiveni rezultati računalnom metodom razlikovali su se za najviše 7 %, no taj postotak znatno bi se smanjio dodavanjem novih podataka, presjeka preko svih kvarcnih žica, čime bi se dobili točniji rezultati. Primjena računalnih programa u rudarstvu omogućava kvalitetnije i praktičnije prikazivanje postojećeg stanja istražnih i rudarskih radova. Korištenjem suvremenih tehnologija u istraživanju i eksploataciji olakšava rad projektantima u rudarstvu a dobiveni podaci predstavljaju temelj za sva buduća projektiranja.

## 9. LITERATURA

GALIĆ, I., FARKAŠ, B., 2011. *Primjenjeni računalni programi: interna skripta*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

HRVATOVIĆ, H. 2006. Identifikacija i procjena geoloških hazarda-zemljotresa Sarajevo: Federalni zavod za geologiju

PROSTORNI PLAN FBiH 1987. Sarajevo: Federalni zavod za geologiju

RADOVAC, T. 2015. Studija o ekonomskoj opravdanosti za dodjelu koncesije za istraživanje i eksploataciju kvarca na lokalitetu Berberuša-Bukva Sarajevo: Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja

SLUŽBENE NOVINE FEDERACIJE Br.36/12 Pravilnik o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima Sarajevo: Službene novine Federacije

URL:

<https://earth.google.com/web/@43.89893375,18.1015273,692.04601662a,3732.38493512d,35y,0h,45t,0r/data=CkgaRhJACiUweDQ3NWYzNzE5ZDlkODdmZjc6MHgzOGVkJmJlzMtUyZjBIYjNhGVfgdUcQ80VAIbQmcbH9GTJAKgVCdWt2YRgCIAEoAg>

(1.7.2017.)

ŽIVANOVIĆ, M., SOFILJ, J., 1971. Osnovna geološka karta list Sarajevo. Sarajevo: Institut za geološka istraživanja