

# Геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта рудника Грот (југоисточна Србија); Geochemical characteristics of the grot mine flotation tailing (southeast Serbia)

Božidar Đokić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта рудника Грот (југоисточна Србија); Geochemical characteristics of the grot mine flotation tailing (southeast Serbia) | Božidar Đokić | Универзитет у Београду | 2012-07-16 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0003942>

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
Рударско–геолошки факултет

Божидар В. Ђокић

**ГЕОХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ  
ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА  
РУДНИКА ГРОТ  
(ЈУГОИСТОЧНА СРБИЈА)**

Докторска дисертација

Београд, 2012

UNIVERSITY OF BELGRADE  
Faculty of Mining and Geology

Božidar V. Đokić

**GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS  
OF THE GROT MINE FLOTATION  
TAILING (SOUTHEAST SERBIA)**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2012

## **Ментор:**

**академик Видојко Јовић**, редовни професор,  
научна област – геохемија, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

## **Чланови комисије:**

**др Владица Цветковић**, редовни професор, научна област – петрологија,  
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

**др Владимир Симић**, ванредни професор, научна област – економска геологија,  
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

**др Александра Росић**, доцент, научна област – кристалографија,  
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

**др Зоран Никић**, ванредни професор, научна област – геотехничке основе  
уређења ерозионих подручја, Универзитет у Београду, Шумарски факултет

**Датум одбране:** \_\_\_\_\_

## ЗАХВАЛНОСТ

Ментору, академику Видојку Јовићу дугујем посебну захвалност пре свега за подстрек, и увек добронамерне савете који су у правом смеру водили истраживања. Професор је преносио своја искуства и омогућио да лакше овладам проблематиком везаном за техногена јаловишта.

Колеги Милуну Јовановићу дугујем захвалност за стални подстрек, од идеје о могућности израде оваквог рада, па до саме реализације.

Хвала доценту др Александри Росић на урађеним и коментарисаним рендгенским анализама које су најбоље приказале минералошки састав јаловишта.

Захваљујем се проф. др Владици Цветковић и доценту др Кристини Ресимић, као и осталим члановима RESTCA тима, што су ми омогућили контакт са колегама из окружења који су искоришћени за размену искустава везаних за оваква и слична истраживања.

Велико хвала проф. др Владимиру Симићу који је корисним саветима помогао да се употпуни део докторског рада који третира аспект лежишта минералних сировина, као и минералогije флотацијског јаловишта.

Захваљујем се проф. др Зорану Никићу на корисним саветима којима ми је помогао да део геохемијских истраживања јаловишта и његовог утицаја на животно окружење анализирам и са хидрогеолошког аспекта.

Захвалност дугујем др Александару Пачевском на урађеним анализама на скенирајућем електронском микроскопу.

Колегиници мр Слободанки–Боби Судар велико хвала за брижљиво урађене рендгенско флуоресцентно-спектрометријске анализе.

Колеги мр Жељку Цветковићу хвала за пажљиво урађене анализе гранулометријског састава узорака, и за корисне савете који су утицали на интерпретацију делова докторске дисертације.

Колегиници, мастеру, Маји Познановић хвала за урађене хемијске анализе вода са и из околине јаловишта и материјала из таложника за утврђивање (степен) аерозагађења.

Израда Катастра техногених јаловишта Републике Србије, одакле су почела истраживања јаловишта рудника Грот, финансирана су средствима Министарства животне средине, рударства и просторног планирања. Велико хвала господи из Министарства уз веру да ће наша сарадња и даље бити успешна.

Колегама и сарадницима из Геолошког завода Србије дугујем захвалност за подстрек приликом израде докторске дисертације.

**Свакако, пре свих а највеће хвала породици на стрпљењу и поверењу да израда докторске дисертације има крај.**

# ГЕОХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ (ЈУГОИСТОЧНА СРБИЈА)

## РЕЗИМЕ

У дисертацији су анализирани геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта које се налази на највишој надморској висини у Србији. Јаловиште је настало преграђивањем узводно од Селишког потока. Географске, геолошке и геоморфолошке карактеристике области у којима је смештено највећим делом су утицали на његову морфологију и морфометрију. Јаловиште чини велики, јужни и југоисточни плато и велика брана. Делови јаловишта су засебно испитивани, а затим и њихова међусобна интеракција и утицаји на окружење.

Прикупљени узорци су испитивани рендгенском дифракционом анализом, скенирајућом електронском микроскопијом, рендгенском флуоресцентном спектрометријом, гранулометријском и хемијском анализом.

Рендгенском дифракционом анализом су констатовани минерали силикатне, сулфидне, оксидне и карбонатне класе. Ови минерали су примарно депоновани на круни велике бране, а затим су еолски и гравитационо реседиментовани у друге делове јаловишта. Реседиментација је преваходно зависила од морфологије јаловишта.

Скенирајућом електронско-микроскопском анализом је проучавана морфологија, морфометрија и хемијски састав класа минерала и минералних агрегата. Минералне асоцијације су најчешће формиране флотацијском припремом руде. У гранулометријски дефинисаним, полираним и неполираним узорцима су утврђене следеће минералне класе: сулфидна, фосфатна, силикатна, оксидна и карбонатна; и минерални агрегати следећих класа: сулфидна и

(силикатна, оксидна, оксидна и карбонатна, оксидна и силикатна, силикатна и оксидна, силикатна и карбонатна), фосфатна и (карбонатна), силикатна и (оксидна), оксидна (силикатна, сулфидна и силикатна, силикатна и карбонатна), карбонатна (оксидна, фосфатна, сулфидна и силикатна, фосфатна и силикатна, оксидна и силикатна).

Геохемијске карактеристике јаловишта одређују тешки метали. Најзначајнији су констатовани рендгенском флуоресцентном спектрометријом. Најзаступљеније је Fe. На великом платоу следеће по заступљености је Pb, а на осталим деловима јаловишта Zn. Следећи по заступљености су Cu и As. На великом платоу су констатовани још Sn, Co, Cr, W и Hg. На јужном платоу је констатована Hg, а на југоисточном и Mo. Тешки метали нису хомогено распоређени. Максималне концентрације Fe, Pb, Cu и As остварују у северним деловима великог платоа, што указује да је, овде депонована јаловина, била богата са тешким металима.

Према гранулометријском саставу, велики плато је изграђен углавном од алевритског песка, алеврита и песковитог алеврита; југоисточни плато од алеврита а падина бране од алевритског песка.

Људи долазе у контакт са тешким металима водом, ваздухом и храном. Постоје три пута за улазак тешких метала у организам: кожа, гастро-интестинални и респираторни тракт.

Јаловиште рудника Грот има негативни утицај на воду, земљиште и ваздух у његовој непосредној околини.

Високе концентрације Zn, Cd и Pb воде са јаловишта и из безименог; а Pb и Fe из Селишког потока сврстава у трећу и четврту класу. Воде из Селишког потока не могу да се користе за наводњавање због високих садржаја Cu и Pb; а из безименог потока Zn, Cd и Pb. Воде које отичу са јаловишта и оне на јаловишту не могу да служе овој сврси, зато што су у њима, преко дозвољених концентрација за ове намене, присутни сви наведени тешки метали. Ове воде могу да представљају ризик по људско здравље. Не могу да се користе као пијаће ни према једном примењеном стандарду због високих садржаја Cd и Pb (воде које отичу са јаловишта) и Cd, Fe и Pb (Селишки и безимени поток). Изворска вода која је



хипсометријски виша не може да се користи за пиће, према домаћим стандардима због високих концентрација Pb.

Земљишта у околини јаловишта се углавном обрађују. Главни извор загађења земљишта је минерализована прашина која се развејава са јаловишта. Тешки метали се у земљишту налазе изнад граничних, а испод ремедијационих концентрација. Садржаји Pb, Zn и Co су у фитотоксичном опсегу. Присуство тешких метала у земљишту представља константну потенцијалну опасност за локално становништво које се бави пољопривредом.

У таложноцима постављеним у околини флотацијског јаловишта утврђено је аерзагађење које зависи од микролокације таложника и анализираног кумулативног временског интервала. Највеће садржаје Pb, Zn, Hg и Cd остварују у близини флотације, али у различитим временским интервалима: Pb и Cd (јул-септембар), Zn (октобар-децембар) и Hg (април-јун).

Флотацијско јаловиште рудника Грот представља једини извор контаминације животне околине. Рудник и флотација представљају једину компанију у којој посао може да нађе локално становништво. Конзервирање јаловишта није могуће зато што су рудник и флотација активни.

**Кључне речи:**

**флотација, јаловиште, скенирајућа електронско-микроскопска анализа, рендгенска флуоресцентна спектрометрија, Pb-Zn руда, тешки метали, контаминација.**

**НАУЧНА ОБЛАСТ: ГЕО-НАУКЕ**

**УЖА НАУЧНА ОБЛАСТ: ГЕОХЕМИЈА**

**УДК: 550.84:626.877(043.3)**

# **GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE GROT MINE FLOTATION TAILING (SOUTHEAST SERBIA)**

## **ABSTRACT**

Geochemical characteristics of the Grot flotation tailing are presented in the dissertation. Grot tailing dump has the highest altitude of all tailing dumps in the Republic of Serbia. It was formed in the dammed valley of the Seliski stream. Its morphology and morphometry were influenced mainly by the geographical, geological and geomorphological features of the area of its emplacement. The tailing consists of the large, south and southeast plateaus and the large dam. Parts of the tailing were explored separately and then their interaction and influence on the surroundings were analyzed.

Samples were analyzed by the X-ray diffraction analyses, Scanning electron microscopy, X-ray fluorescence spectrometry, granulometric and chemical analyses.

Minerals of the silicate, sulphide, oxide and carbonate classes were determined by the X-ray diffraction analyses. All minerals were primarily deposited on the crown of the large dam and then resedimented to the other parts of the tailing by the aeolian and gravitational means. Resedimentation was mostly influenced by the morphology of the tailing.

Morphology, morphometry and chemical composition of the mineral classes and aggregates were analyzed by the scanning electron microscopy. Obtained mineral associations were usually formed by crushing, grinding and flotation ore preparation. Mineral classes determined in the granulometrically defined, polished and unpolished samples were: sulphide, phosphate, silicate, oxide and carbonate; mineral aggregates of

the following classes were: sulphide and (silicate, oxide, oxide and carbonate, oxide and silicate, silicate and oxide, silicate and carbonate), and phosphate and (carbonate), silicate and (oxide), oxide (silicate, sulphide and silicate, silicate and carbonate), carbonate (oxide, phosphate, sulphide and silicate, phosphate and silicate, oxide and silicate).

Geochemical characteristics of the tailing were determined by the presence of heavy metals. The most significant of them were determined by the X-ray fluorescence spectrometry. The most abundant is Fe. On the large plateau the next most abundant is Pb, and on the other parts of the tailing Zn. The next highest concentrations are of Cu and As. Also, Sn, Co, Cr, W and Hg were noticed on the large plateau. Hg was detected in the south plateau and Mo in the southeast plateau. Heavy metals were not homogenously distributed. The highest concentrations of Fe, Pb, Cu and As are noticed in the eastern parts of the large plateau, which points to the fact that tailing material deposited in this area was abundant in heavy metals.

As far as granulometry is concerned, it can be noticed that aleuritic sand, aleurite and sandy aleurite are located on the large plateau, aleurite on the southeast plateau and aleuritic sand on the slope of the dam.

People come into contact with heavy metals, water, air and food. There are three ways where heavy metals can entry in the body: skin, gastro-intestinal and respiratory tract.

Mine tailing Grot has a negative impact on water, land and air in his immediate vicinity.

High concentrations of Zn, Cd and Pb from the tailings and the nameless water, and Pb and Fe from Seliski stream are classified in the third and fourth class. Water from Seliski stream cannot be used for irrigation due to high contents of Cu and Pb, and from a nameless stream due to Zn, Cd and Pb. Waters that drain the tailings and waters from tailings cannot serve this purpose, because in them, upon for this purpose, are presented all these heavy metals. These waters can pose a risk to human health. They cannot be used as drinking water, applied to a single standard, because of high content of Cd and Pb (water that flows out of the tailings), and Cd, Fe and Pb (Seliski and unnamed stream). Spring water, which is a higher elevation cannot be used as drinking water, according to national standards because of high concentrations of Pb.

Land in the vicinity of tailings are mainly processed. The main source of pollution of the land is mineralized dust which is blown from the tailings. Heavy metals are above the limit in the soil, and below the remediation concentration. Contents of Pb, Zn and Co are in the depressive range. The presences of heavy metals in soil are a constant potential threat to the local agriculture population.

In deposition tanks, placed around flotation tailings, air pollution was found depending on micro locations of tanks and cumulative time interval. The highest contents of Pb, Zn, Hg and Cd are found in the vicinity of the flotation but in the different time intervals: Pb and Cd (July-September), Zn (October-December) and Hg (April-June).

Grot mine flotation tailing represents unique source of contamination for the wider area as well, but in the same time the mine and the flotation represent the only company in which local inhabitants can find employment. Conservation of the tailing is not possible because the mine and flotation are still active.

**Key words:**

**flotation, tailing, Scanning electron microscopy, X-ray fluorescence spectrometry, Pb-Zn ore, heavy metals, contamination**

**SCIENTIFIC FIELDS: EARTH SCIENCES**

**SPECIAL TOPICS: GEOCHEMISTRY**

**UDC: 550.84:626.877(043.3)**

## САДРЖАЈ:

### ЗАХВАЛНОСТ

### РЕЗИМЕ

### ABSTRACT

<b>I - УВОД</b> .....	<b>1</b>
<b>II - ОПШТИ ДЕО</b> .....	<b>4</b>
II - 1. Јаловишта рудника метала у свету и Србији .....	4
II - 2. Географски положај и геоморфолошке карактеристике околине флотацијског јаловишта рудника Грот .....	22
II - 3. ПРЕГЛЕД РАНИЈИХ ИСТРАЖИВАЊА .....	23
II - 3. 1. Геолошка истраживања околине јаловишта рудника Грот .....	24
II - 3. 2. Истраживања флотацијског јаловишта рудника Грот.....	28
II - 4. Геолошка грађа, тектонски склоп и хидрогеолошке карактеристике околине флотацијског јаловишта рудника Грот .....	31
II - 4. 1. Рудно лежиште <i>Благодат (Грот)</i> .....	44
II - 4. 1. 1. Технолошки процес припреме руде из лежишта <i>Благодат</i> .....	51
II - 5. Аналитички поступци .....	55
II - 5. 1. <i>Теренска испитивања</i> .....	55
II - 5. 2. <i>Кабинетска испитивања</i> .....	60
II - 5. 3. <i>Лабораторијска испитивања</i> .....	60
<b>III - СПЕЦИЈАЛНИ ДЕО</b> .....	<b>65</b>
III - 1. ДЕЛОВИ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ.....	65
III - 1. 1. <i>Геохемијске карактеристике великог платоа флот. јаловишта рудника Грот</i> .....	70
III - 1. 1. 1. Рендгенска дифракциона анализа узорка са великог платоа флот. јаловишта рудника Грот	71
III - 1. 1. 2. Скенирајуће електронско-микроскопске анализе хомогенизованих узорака са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот .....	72
III - 1. 1. 3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија узорака са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот.....	105
III - 1. 1. 4. Гранулометријске анализе узорака са великог платоа флот. јаловишта рудника Грот .....	113
III - 1. 2. <i>Геохемијске карактеристике јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот</i> .....	114
III - 1. 2. 1. Рендгенска дифракциона анализа узорка са јужног платоа .....	114
III - 1. 2. 2. Скенирајућа електронско-микроскопска анализа узорка са јужног платоа.....	116
III - 1. 2. 3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија узорака са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот .....	119
III - 1. 3. <i>Геохемијске карактеристике југоисточног платоа флот. јаловишта рудника Грот</i> .....	124
III - 1. 3. 1. Рендгенска дифракциона анализа узорака са југоисточног платоа .....	124
III - 1. 3. 2. Скенирајуће електронско-микроскопске анализе узорака са југоисточног платоа.....	127
III - 1. 3. 3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија узорака са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот .....	130
III - 1. 3. 4. Гранулометријске анализе узорака са југоисточног платоа флот. јаловишта рудника Грот .....	135
III - 1. 4. <i>Геохемијске карактеристике падине велике бране флот. јаловишта рудника Грот</i> .....	135
III - 1. 4.1. Рендгенска дифракциона анализа узорака са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот .....	136
III - 1. 4.2. Скенирајућа електронско-микроскопска анализа узорака са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот .....	138
III - 1. 4.3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија узорака са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот.....	140
III - 1. 4.4. Гранулометријске анализе узорака са падине бране флот. јаловишта рудника Грот .....	145
III - 2. ЖИВОТНА СРЕДИНА У ОКОЛИНИ ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ .....	146
III - 2. 1. <i>Воде са флотацијског јаловишта рудника Грот и из његовог окружења</i> .....	146
III - 2. 2. <i>Земљишта у околини флотацијског јаловишта рудника Грот</i> .....	151
III - 2. 3. <i>Квалитет ваздуха из околине флотацијског јаловишта рудника Грот</i> .....	154
III - 3. ДИСКУСИЈА .....	158
III - 4. ЗАКЉУЧАК .....	182
III - 5. ЛИТЕРАТУРА .....	185
<b>ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ</b>	
<b>ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА</b>	
<b>ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ</b>	
<b>БИОГРАФИЈА АУТОРА</b>	

## I - УВОД

Рударење у Србији сеже до преантичког периода. У прошлости је производња метала била једна од водећих индустријских грана и основни покретач целокупног друштвеног развоја. У укупном бруто друштвеном производу у Републици Србији, металургија учествује са 10 % у области производње основних метала и производа од метала (Камберовић и др., 2007).

Рударске производње нема без отпада, тако да су последице, најчешће у форми јаловишта, видљиве, а често и веома маркантне, у просторима који имају туристички или чак пољопривредни потенцијал.

Подаци о количини отпада из рударске производње у земљама Европске уније указују на годишњу продукцију од око 400 Mt. Јаловински материјал представља 29 % укупног отпада (Commission of the European communities, 2003).

Идеја о изради докторске дисертације која би третирао отпад рудника Грот јесте плод истраживања спроведених у оквиру пројекта „Катастар јаловишта техногених минералних сировина Републике Србије са проценом ризика извора и капацитета животне средине“ који се финансира средствима Министарства животне средине, рударства и просторног планирања.

У првој фази пројекта (2006) евидентирано је 16 јаловишта рудника металних минералних сировина са рудничком, 12 са флотираним и 4 јаловишта са комбинованом рудничком и флотираним јаловином. Овом приликом је констатовано да, поред недефинисаних власничких односа, веома често недостају и основне информације везане за карактеристике техногеног отпада на јаловишту.

На овакво стање (недостатак и основних информација о рудницима и припадајућим јаловиштима) утицале су регионалне друштвене и политичке околности. Од 2000. године значајна су и истраживања финансирана из иностраних фондова која су констатовала и анализирао затечена стања рудника металних минералних сировина (Nishikawa, 2008).

Јаловиште рудника Грот налази се на највишој надморској висини у Србији. Надморска висина највишег дела круне бране је 1,178 m, средња висина централног платоа 1,172 m, а надморска висина централног колектора је 1,099 m (Ђокић и Јовановић, 2007). У литератури је познато под више имена: Благодат, Крива Феја и Грот. Када су почела истраживања на овом локалитету (2007) јаловиште је, заједно са рудником, било у фази власничке трансформације.

Етимологија речи Благодат, како се назива део металогенетске зоне којој припада рудник и како се јаловиште једно време називало, има божанско значење које представља дар који вернику пружа могућност да у заједници са Господом Исусом Христом достигне пуноћу живота ([www.spc/rs/sr/blagodatni.oganj](http://www.spc/rs/sr/blagodatni.oganj)).

У јаловишту се налази око 5.5 милиона тона флотираног хидроциклоноiranог јаловинског материјала, углавном у стању биолошког вакуума. Концентрације тешких метала у јаловишту чине да можемо да га третирамо и као полиметалично рудно лежиште (Ђокић и др., 2009). На ободу јаловишта је варошица Крива Феја са око 2,000 становника (Ђокић и Јовановић, 2008).

Крајолик околине јаловишта Грот је наглашено планински.

Простор смештања јаловина определио је део проблема који би требало да буду решени овим докторским радом. Основа решавања проблема је у утврђивању геохемијских својстава јаловинског материјала. Утицаји фактора који ово дефинишу имају различит интензитет у зависности од делова јаловишта, па је и наметнуто као циљ:

- ✓ дефинисање граница јаловински материјал-земљиште. На основу искуства утврђено је да је у земљиштима, која су плавлена јаловинским материјалом, квалитативно израженија концентрација и задржавање тешких метала.
- ✓ утврђивање квалитативног и квантитативног хемијског састава јаловинског материјала. Присуство тешких метала у токсичним концентрацијама одређује биолошки вакуум јаловишта, али директно угрожава и земљишта у околини. Ова земљишта се веома често обрађују.

- ✓ физичко дефинисање делова јаловишта у којима се вршила хоризонтална дистрибуција и концентрација токсичних метала. Утврђивање интензитета концентрација у целинама јаловишта.
- ✓ утврђивање фактора који су утицали на дистрибуцију материјала на јаловишту, што често зависи од геоморфолошких својстава околине и од морфолошких и морфометријских карактеристика јаловишта.
- ✓ Утврђивање доминантних агенаса (и праваца) транспорта. Транспорт јаловинског материјала је често интеракција више фактора.
- ✓ Утврђивање фактора каузалности у хоризонталној дистрибуцији тешких метала. Ови фактори представљају садејство хемијских својстава јаловине, технолошке припреме и агенаса реседиментације на јаловишту.
- ✓ Израда олеата површинске дистрибуције најзаступљенијих тешких метала.

Финансијски проблеми су главни разлог изостајања анализа вертикалне дистрибуције тешких метала. Подаци о карактеристикама јаловинског материјала по дубини недостају и у оваквим објектима много богатијих рудника.

Надамо се да је овим докторским радом одговорено на већину ових, веома комплексних, проблема и да је предложени оквир за истраживања техногених јаловишта Pb-Zn рудника адекватан.



## II - ОПШТИ ДЕО

### II - 1. Јаловишта рудника метала у свету и Србији

Материјал преостао након рударења или технолошке прераде руде представља индустријски отпад. Овај отпад са својим карактеристикама може да буде опасан и неопасан. Отпад одложен на депонију представља јаловиште (Стевановић и др., 2003). Јаловишта су често смештена у амбијенте који имају културне, историјске, а веома често и туристичке потенцијале. Њихов утицај на пољопривредне области је нарочито проучаван у другој половини XX века.

Технолошка, у почетку примитивна, обрада руде се у прошлости углавном обављала у близини рудника, зато су и јаловишта најчешће у близини где се вршила експлоатација.

Близина вода, најчешће река, важан је и потребан услов за прераду руда. Вода је била медијум којим је руда транспортована, као сировина, а касније након прераде и као прерађевина. Јаловишта, посебно она из прошлости, најчешће се налазе у близини вода. Трагови старих путних комуникација често указују на историјска јаловишта.

Експлоатација руда метала, генерално целокупна метална индустрија, је имала великог удела у почетку индустријализације друштва.

У историји су у рудницима експлоатисане, а у близини прерађиване, полиметаличне руде које су имале много већу концентрацију корисних метала него данас (Hancock и Skinner, 2000).

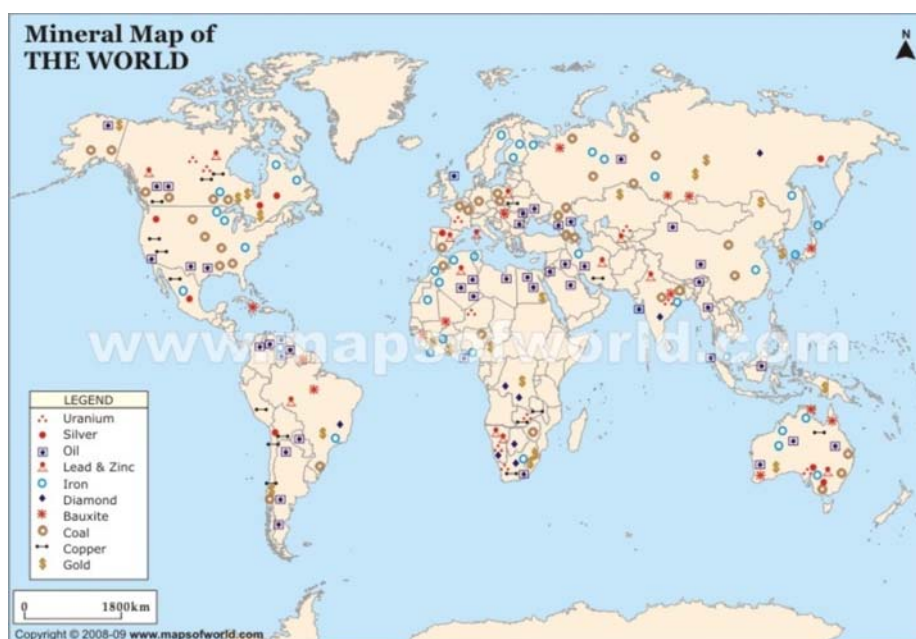
Дистрибуција метала се у земљиној кори не одвија насумично. Ово је производ природних закона у ограниченим областима где су геолошки услови погодни за њихову концентрацију и формирање рудних лежишта. Асоцијације метала у појединим деловима планете формирају металогенетске провинције које могу да представљају упадљиве, често маркантне карактеристике региона (сл. 1).

У југозападним деловима Сједињених Америчких Држава значајна су лежишта и јаловишта формирана експлоатацијом и прерадом порфирских руда бакра. Концентрације руде сличних карактеристика могу да се нађу на више места

у свету, тако да је, посебно у новијој историји, однос цена експлоатације руде-  
сложеност њене прераде-добивање производа-цена производа, основни услов  
просторне организације експлоатације и прераде, а самим тим и формирања  
јаловишта.

У прекамбријском штиту Канаде, Аустралије, Бразила и Јужне Америке  
значајна су јаловишта формирана експлоатацијом злата (Hancock и Skinner, 2000).

У свету је у новијој историји доминантан мултидисциплинаран приступ  
анализе утицаја јаловишта на животно окружење. Бројне су студије, пројекти и  
радови који анализирају ову проблематику (Tkatcheva и др 2000, Rukezo 2003,  
Diehl и Kathleen, 2003, Mladenova и Zlatev 2004, Sexsmith и Wagner 2004, Gleisner,  
2005, Mendoza и др., 2005, Wade и др., 2006, Conde Bueno Р.и др., 2009 ...)



Сл. 1. Главна минерална распрострањења у свету (www. mapsofworld.com)

Легенда: ☆ уран, ● сребро, ■ нафта, ▲ олово и цинк, ○ гвожђе, ◆ дијаманти, \* боксити, ○ угаљ,  
— бакар, \$ злато

Европа је богата са минералним сировинама. Историја рударења је делом  
и европска историја. Као и у свету, велика јаловишта су везане за металогенетске  
провинције (сл. 2). Полиметаличне руде метала захтевају различите технолошке  
поступке прераде.

На просторима централне Финске и Шведске (региони Outokumpu,  
Ruhasalmi, Skellefte), у прекамбријумском балтичком штиту, су велики рудници и

јаловишта настала прерадом металичних руда. Ово су превасходно лежишта Cu, а подређено Co, Ni и Zn. Процењене резерве Cu у овом простору су око 1 Mt, а Ni само у региону Outokumpu су 150,000 t (Vos и др., 2011).

На граници Чешке и Немачке, у палеозоику Европе, значајна су лежишта и јаловишта формирана експлоатацијом полиметаличних Pb-Zn руда. Најзначајнија су средњевековна јаловишта у покрајина Erzgebirge (Vos и др. 2011).

У руднику сребра у Freiberg-у је експлоатација и прерада руда трајала од 1168. до 1968. године.

У подручју Jachimov (Jachimsthal) је у микашистима и филитима, око гранитског масива богатог са сребром, евидентирано 180 минерализованих жица. У овде формираном рударском центру одлаган је и јаловински материјал. Подручје је било инспирација Agricolaе да у XVI веку напише расправу о металима, рударству и рудама „De re metallica“. Реч долар је изведена од речи „thaler“ која представља прву ковану новчану јединицу из Jachimov-а. На стенама из овог подручја крајем XIX века први пут је проучавана радиоактивност (Vos и др., 2011).



Сл. 2. Европска минерална мапа (www.mapsofworld.com)

У новијој историји, у подручју Јачутов вршена је експлоатација урана (сл. 3).

У периоду после Другог светског рата до 1990. године када престаје рад рудника, у подручју Јачутов је извађено више од 1,000 t урана ([www.geology.cz/spec-papers/obsah/no9/9-Sumary](http://www.geology.cz/spec-papers/obsah/no9/9-Sumary)).

Новијим истраживањима утврђена је површина од 32 km<sup>2</sup> Чешке Републике контаминиране ураном. Највећи интензитет контаминације је утврђен на јаловишту Јеронум-Абертаму које припада региону Јачутов ([www.International Atomic Energy Agency](http://www.International Atomic Energy Agency)).

У подручју Прибрам је вршена експлоатација и прерада сребра од XIV до XVI века, а од XVIII до XX полиметаличних руда Ag, Pb, Zn, Sb и Cu (сл. 4). За време и после Другог светског рата и овде се вршила експлоатација урана. Крајем XX века почело је санирање Straz и Bytz депоније које припадају простору Прибрам ([www.books.google.rs/kutna hora mining district](http://www.books.google.rs/kutna hora mining district)).



Сл. 3. Улаз у рудник урана у Јачутов–у ([www.geology.cz/spec.papers](http://www.geology.cz/spec.papers))



Сл. 4. Управна зграда рударског округа Прибрам ([www.tailingsdump.in.Pribram.area/pictures](http://www.tailingsdump.in.Pribram.area/pictures))

У Zinnwald- у се врши експлоатација Sn и W.

На планинама Hartz је вршена експлоатација полиметаличних руда у областима Andreasberg, Rammelshberg и Bad Grund. Овде је екстраховано и прерађено више од 17 Mt полиметаличних руда Cu, Pb и Zn. У Andreasberg-у је крајем средњег века прерађивано око 3/4 европског сребра. У планинама има 27 Mt сулфидних полиметаличних руда са 13.7 % Zn, 5.9 % Pb, 1.1 % Cu, 100 ppm Ag и 22 % BaSO<sub>4</sub> (Breitkreuz и Drebenstedt, 2009).

У карбонатним стенама Ирске бројна су Pb-Zn лежишта чијом су експлоатацијом у прошлости формирана јаловишта. Њихов утицај на животно окружење видљив је и данас. У овој провинцији је експлоатисано 14 Mt руде. Већа лежишта су Navan (Tara) са потенцијалних 100 Mt, Lisheen са 23 Mt, Silvermines са 15 Mt руде и Tynagh и Galmoy са по 10 Mt. Новија истраживања указују да је у лежишту Navan (Tara) средњи садржај Pb 2 %, а Zn 10 %. Рудник има капацитет 170,000 t концентрата Zn и 42,000 t концентрата Pb годишње. Рудник Lisheen има пројектовану продукцију 190,000 t Zn и 33,000 t Pb годишње (Vos и др., 2011).

У централној Пољској производња Pb, Zn и Ag сеже до XI века. Руда се јавља у угљеним слојевима и карбонатним стенама, посебно доломитима. Сматра се да је овде експлоатисано близу 30 Mt руде, од тога у последњих 20 година 4-5 Mt са 140,000 до 250,000 t Zn и 40,000 до 90,000 t Pb (Vos и др., 2011).

У југозападној Сардинији је у римском добу била развијена експлоатација Pb, Ag и Au, а у новијем периоду Cu и Ba. Сматра се да је овде експлоатисано око 15 Mt метала (Vos и др., 2011).

У југозападној Пољској се у у шкриљцима у неколико нивоа јављају сулфидне минерализације бакра. Први ниво је Weissliegender или бели пешчар у коме је концентрација Cu сулфида 0.2-2.0 %, изнад њега је главни рудни ниво Kupferschiefer са концентрацијом 2-10 %, и подређени Pb и Zn сулфиди. Минерализација се јавља на површини од 350 km<sup>2</sup> у реону Lubin, Rudna, Polkowice и Sieroszowice. Руда се експлоатише до дубине 1,200 m. У овом региону је до 2000. године произведено 486,000 t Cu што је 3.3 % светске продукције, и 1,119 t Ag, а произведене су и веће количине Pb, Au, Ni, Co и Mo.

Резерве су процењене на 780 Mt руде, са просечним садржајем Cu од 2% и са 40 до 80 g/t Ag (Vos и др., 2011).

У области Иберијског полуострва налази се једна од највећих провинција масивних сулфида. Утврђене количине су веће од 1,700 Mt руде са 14.6 Mt Cu, 13 Mt Pb, 34.9 Mt Zn, 46 Mt Ag и 880 t Au. Овде је истражено више од 80 лежишта, од којих 8 имају резерве веће од 100 t руде. Рударење сеже до пре римског периода (пре 3,000 година), али масовна експлоатација и прерада почињу у XIX веку на локалитетима Rio Tinto, Tharsis, La Zarza и S. Domingo. У новијој историји било је активно око 50 рудника који данас не раде. Престанком њихове октивности у области је остала велика количина необезбеђеног јаловинског материјала (сл. 5, Vos и др., 2011).



Сл. 5. Река Рио Тинто испод истоименог јаловишта ([www.appliedgeochemists.org/rio\\_tinto](http://www.appliedgeochemists.org/rio_tinto))

Године 1977. почела је експлоатација полиметаличног рудника Cu, Sn и Zn Neves-Corvo, а врло брзо после тога рудника Au и Ag Las Majadas, Castiellejitos, Las Cruces и Lagoa Salgada. Тренутно су активни Tharsis, Sotiel-Mogollas, Aguas, Tenidas, Rio Tinto и Aznalcollar. Руде су са 0.5-1.5 % Cu. У руднику Neves-Corvo концентрације Cu су до 14 %, Sn 12 %. У прошлости су садржаји Zn били у распону 1.3-3.5 %, Pb 0.5-2 % а у појединим деловима лежишта садржаји Zn су достигали 20 %, а Pb 10 % (Vos и др., 2011).

На Иберијском полуострву, у округу Almaden, близу Ciudad Real, у Шпанији се производи око 30 % живе у свету. На овим просторима је

експлоатација почела 1846. године и од тада је произведено је око 10 Mt. Резерве су процењене на 90,000 t ([www.historysanjose.org/newalmaden.index](http://www.historysanjose.org/newalmaden.index)).

У руднику Panasquera у Португалији се експлоатише 700 t волфрама годишње. Овде се остварује највећа производња W на свету (Vos и др., 2011).

У области ниских Татри и западних Карпата (Словачка) су највећа позната лежишта Sb и Au. Рударења имају историјски значај. Прекинута су у XX веку. На локацијама Dubrava-Magurka и Pezinok прерађено је 1.5 Mt руде са 1.5-5.0 % Sb и 1-3 g Au (Vos и др., 2011).

У ранопалеозојском вулканогено-седиментном комплексу Spišsko-gemerske рудне формације произведено је у XX веку 15 Kt Sb, 500 Kt Cu и 45 Mt Fe (Vos и др., 2011).

У терцијарним карбонатима Lavriona у Грчкој се налази минерализована зона са процењених 43 t руде. Овде је издвојено 256 признатих минералних врста. У периоду VII-I века експлоатисано је 13 Mt руде са просечним садржајима Pb 20 % и 400 g/t Ag, 1.4 Mt Pb и 3,500 t Ag. Савременом експлоатацијом од 1865. до 1977. године извађено је 30 Mt руде са просечним садржајем Pb 3 % и 140 g/t Ag (Vos и др., 2011).

У западним Карпатима, у рудном округу Banska štiavnica се на површини од 100 km<sup>2</sup> налази комплекс најбогатијих полиметаличних лежишта. За око 1,000 година рударења овде је извађено око 80 t Au, 4,000 t Ag, 70,000 t Cu, 55,000 t Pb и 8,000 t Cu (Vos и др., 2011).

Територију Републике Србије, као ожиљци местимично уружавају остаци рударских активности које сежу и пре римског периода. Физичко девастирање целих регија било је најизраженије у другој половини XX века, у времену најинтензивнијег рударења. У овом периоду је и у Србији рударство било главни покретач привредног развоја. Повећан интензитет рударских активности за последицу има укључивање све „прљавијих“ технологија и формирање обилнијег и опаснијег јаловинског материјала. Регионално, Републику Србију можемо поделити на области северно и јужно од Саве и Дунава.

За просторе северно од Саве и Дунава карактеристична су јаловишта формирана експлоатацијом нафте, природног гаса, угља и неметаличних

минералних сировина. Веома су ретке појаве металичних минералних сировина у рејону Фрушке горе. За просторе јужно од Саве и Дунава значајна су јаловиштима везана за експлоатације металичних, неметаличних минералних сировина и угља (Јанковић, 1990).

Јаловишта формирана експлоатацијом руда метала су опаснији по животну средину (Јовић и Јовановић, 2004).

Руде метала, чијом експлоатацијом су настала јаловишта на територији Републике Србије, налазе се у склопу Српско-македонске и Карпато-балканске металогенетске провинције. Јаловишта из Српско-македонске, су у погледу количина депонованог материјала, скромнија него она формирана у оквиру Карпато-балканске металогенетске провинције (Јанковић, 1990).

Јаловишта на територији Србије су просторно формирана у подрињском и шумадјском металогенетском рејону, рудничком рудном пољу, копаоничкој металогенетској области, лецком вулканогеном комплексу, металогенетском рејону Бесне кобиле, борској металогенетској зони и габро-перидотитском масиву Дели Јована (сл. 6, Јанковић, 1990)

У склопу Српско-македонске металогенетске провинције, у њеном подрињском металогенетском рејону, рударским активностима, формирана су јаловишта: Велики мајдан (флотацијско), Џаврин поток (старо), Бобија (рудничко и сепарационо), Зајача (топионичко), Заворје (рудничко), Долови (рудничко), Столице (флотацијско), Брасина (рудничко и сепарационо), Кик (рудничко) и Долић (рудничко, Ђокић и Јовановић, 2009).

Шири простори Великог мајдана имају богату историју рударења, мада директни подаци о почетцима не постоје. Назнаке средњевековног рударења су кроз откривене подземне радове и рударске алатке и прибор нађен у њима. Године 1828. држава је у Крупњу откупљивала Рb од мештана који су га у околини топили (Ђокић и Јовановић, 2009).

Јаловиште рудника олова и цинка Велики Мајдан захвата површину од 8,595 m<sup>2</sup>, са процењеном количином јаловине од 1,900.000 t. Према гранулометријском саставу, на јаловишту доминира алевритски песак и песковити алеврит. Од тешких метала су у различитим концентрацијама

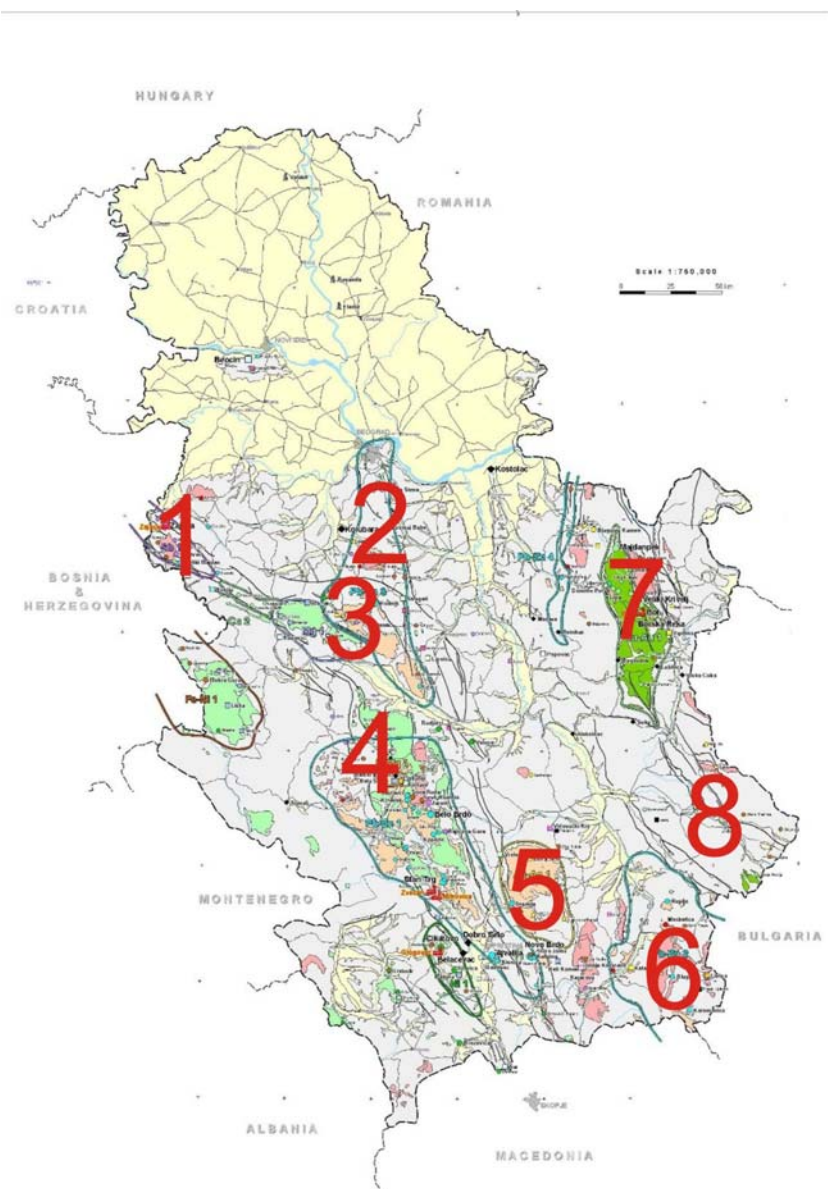


констатовани Pb (4,660-1,305 ppm), Zn (3,420-1,730 ppm), Cu (278-198 ppm), Cr (40-28 ppm), Co (22-4 ppm), Ni (171-160 ppm), Sb (0.4-0.1 ppm), Sn (1.3-0.5 ppm), As (245-89ppm), Hg (0.3-0.2 ppm) и Fe (13.9-8.1 %). У околном земљишту утврђени су повећани садржаји Cu, Cd, Co и Fe. У водама узводно од оба јаловишта нису утврђене токсичне концентрације тешких метала. Садржаји Pb, Zn, Cu, Cd, Co, Ni и Fe су у потоку низводно од јаловишта Велики мајдан и Цаврин поток изнад дозвољених за трећу и четврту класу воде (Ђокић и Јовановић, 2009).

Рударења на Бобији датирају од античког, пре римског периода, када се у Рабељу вадио Cu, а у Тисовику Pb, Zn и Ba (Ђокић и Јовановић, 2009).

Савремена јаловишта на Бобији су формирана експлоатацијом BaSO<sub>4</sub>. Значајно је јаловиште на врху брда са рудничком и ручно пребираном јаловином, и ниже са јаловином преосталом након дробљења и сепарације. Садржаји Zn, Cu, Cd и Ni у водама на врху Бобије су изнад дозвољених за трећу и четврту класу. У близини рудника уоћени су локалитети са водом црвене и зелене боје (Ђокић и Јовановић, 2009). Концентрација Zn је у „зеленој води“ знатно виша. У реци испод сепарације је садржај Pb и Zn изнад дозвољене за трећу и четврту класу (сл. 7).

Флотацијско јаловиште рудника антимона „Столице“ је долиноског типа (сл. 8). У непосредном окружењу јаловишта је земљиште које се обрађује. Јаловински материјал према гранулометријском саставу спада у алевритски песак и песковити алеврит. Тешки метали се на јаловишту јављају у следећим концентрацијама: Pb (1,185-50 ppm), Zn (3,180-633 ppm), Cu (188-55 ppm), Cd (1 ppm), Cr (25-14 ppm), Co (13-6 ppm), Ni (152-73 ppm), Sb (7.9-0.1 ppm), Sn (2.4-0.8 ppm), As (421-115.4 ppm), Hg (0.2-0.1 ppm) и Fe (12.3-1.7 %). Концентрације As у водама из околине су веће од максимално дозвољених за трећу и четврту класу (Ђокић и Јовановић, 2009).



Сл. 6. Просторни распоред јаловишта у Србији (дорађено из Montheil и др, 2002)

Легенда:  квартарни седименти,  терцијарни вулкански комплекс,  горњокредни вулкански комплекс,  ултрабазичне стене,  гранити,  нераздвајане стене,  раседи.

1. Подрињски металогенетски реон, 2. Шумадијски металогенетски реон, 3. Рудничко рудно поље, 4. Копаоничка металогенетска област, 5. Лецки вулканогени комплекс, 6. Металогенетски реон Бесне Кобиле, 7. Борска металогенетска зона, 8. Габро-перидотитски масив Дели Јована



Сл. 7. Ручно пребран материјал (горе лево), воде са врха Бобије и јаловина након дробљења и сепарисања (доле десно)



Сл. 8. Плато јаловишта Столице и брана (десно)

Јаловиште антимона „Брасина“ је рудничко и сепарационо (сл. 9а, Ђокић и Јовановић, 2009). Концентрације тешких метала у јаловишта су следеће: Pb (83-27 ppm), Zn (110-54 ppm), Cu (33-23 ppm), Cd (<1 ppm), Cr (100-77 ppm),

Co (20-17 ppm), Ni (115-101 ppm), W (<20 ppm), Sb (0.1 ppm), Sn (2.8-2.1 ppm), As (12.1-11.3 ppm), Hg (0.1 ppm) и Fe (6-5.3 %).

Јаловиште антимона „Костајник“ је рудничко (сл. 9б, Ђокић и Јовановић, 2009). У јаловинском материјалу су утврђени тешки метали у следећим концентрацијама: Pb (89-55 ppm), Zn (235-66 ppm), Cu (35-29 ppm), Cd (1-<1 ppm), Cr (35-23 ppm), Co (4-<1 ppm), Ni (120-115 ppm), W (<20 ppm), Sb (0.1 ppm), Sn (1.5-0.8 ppm), As (14.1-12.1 ppm), Hg (0.2-0.1 ppm) и Fe (1.5-1.1 %).

На рудничком јаловишту антимона „Штира“ концентрације тешких метала су следеће: Pb (88-63 ppm), Zn (222-175 ppm), Cu (46-35 ppm), Cd (2-1 ppm), Cr (111-83 ppm), Co (25-10 ppm), Ni (124-114 ppm), W (<20 ppm), Sb (0.1 ppm), Sn (2-1.3 ppm), As (151-16 ppm), Hg (0.1 ppm) и Fe (13.6-4.6 %, сл. 9в, Ђокић и Јовановић, 2009).

Јаловиште рудника антимона „Долић“ је рудничко (сл. 9г, Ђокић и Јовановић, 2009). У јаловинском материјалу су утврђени тешки метали у следећим садржајима: Pb (776-213 ppm), Zn (397-169 ppm), Cu (83-40 ppm), Cd (1 ppm), Cr (51-41 ppm), Co (8 ppm), Ni (130-81 ppm), W (<20 ppm), Sb (0.1 ppm), Sn (2.2-0.9 ppm), As (16.1-15.3 ppm), Hg (0.2-0.1 ppm) и Fe (2.7-2.2 %).

На рудничком јаловишту рудника антимона „Кик“ тешки метали се јављају у следећим концентрацијама: Pb (99-29 ppm), Zn (64-18 ppm), Cu (22-14 ppm), Cd (<1 ppm), Cr (20-17 ppm), Co (7-5 ppm), Ni (61-53 ppm), W (<20 ppm), Sb (0.2-0.1 ppm), Sn (1.3-0.8 ppm), As (142-15.3 ppm), Hg (0.1 ppm) и Fe (2.6-1.4 %, сл. 9д, Ђокић и Јовановић, 2009).

На рудничком јаловишту „Цип“ концентрације тешких метала су: Pb (242 ppm), Zn (75 ppm), Cu (22 ppm), Cd (1 ppm), Cr (51 ppm), Co (3 ppm), Ni (141 ppm), W (<20 ppm), Sb (0.1 ppm), Sn (0.9 ppm), As (22.6 ppm), Hg (0.1 ppm) и Fe (3.7 %, сл. 9ђ, Ђокић и Јовановић, 2009).

На рудничком јаловишту „Заворје“ концентрације тешких метала су: Pb (32 ppm), Zn (111 ppm), Cu (17 ppm), Cd (1 ppm), Cr (22 ppm), Co (3 ppm), Ni (43 ppm), W (<20 ppm), Sb (0.1 ppm), Sn (0.9 ppm), As (22.6 ppm), Hg (0.1 ppm) и Fe (1.1 %, сл. 9е, Ђокић и Јовановић, 2009).

У непосредној близини јаловишта „Зајача“ је истоимено рударско насеље (сл.9ж, Ђокић и Јовановић, 2009).



**Сл. 9. Јаловишта из области Зајаче:**

Легенда: А. Брасина, Б.Костајник, В. Штира, Г. Долић, Д.Кик, Ђ.Цип, Е.Заворје, Ж.Зајача

За рударења у металогенетском реону Шумадије везана су јаловишта (шљачиште и рудничка јаловина) на Авали и Космају.

Експлоатација Рb-Zn руда на подручју Космаја сеже до римског периода (сл. 10). Експанзија рударења у овом крају је I - IV века. Из тога периода је евидентирано око петстотина окана, раскопа и ровова на Кочанском рту, Главчини, Парлогу, Стенићким барама, Русјанку, Ражњевима и Градишту. Рударења су вршена на површини преко 6 km<sup>2</sup>. Римска окна и нископи на Космају су били у вези са

мрежом галерија које су допирале до нивоа подземних вода или неколико метара испод њих. Према подацима из 1875. године на Космају је остало више од 1 Мт троске са преко 6 % Pb и до 50 g/t Ag. Почетком XX века претопљено је преко 300,000 t космајских троски и произведено више од 14,000 t Pb (Ђокић и др, 2005).

За активности у Рудничком рудном пољу везана су Pb-Zn јаловишта Злокућански поток (флотацијска јаловина), Гушави поток (рудничка јаловина) и Прљуша (шљачиште и рудничка јаловина). Шира околина обилује траговима рударских активности (сл. 11).



Сл. 10. Јаловински материјал на Космају

Јаловиште Злокућански поток је настало преграђивањем истоименог потока. Актуелна површина јаловишта је 32 h 14a 2m<sup>2</sup> (Ђокић и Јовановић, 2008). Земљиште у непосредном окружењу јаловишта се обрађује. У близини је насеље Мајдан које је директно угрожено материјалом са јаловишта. Јаловински материјал према гранулометријском саставу спада у песковите алеврите и алевритске пескове. У јаловишту тешки метали се јављају у следећим садржајима: As (433 ppm-<г.д.), Cu (700-60 ppm), Fe (14-6 %), Mn (4,200-2,450 ppm), Ni (905 ppm-<г.д.), Pb (3,250-450 ppm), Zn (8,300-450 ppm), Ag (115 ppm-<г.д.),

Bi (45-<г.д.), Co (59-<г.д.), Cr (490-<г.д.), Mo (10-<г.д.), Ti (3,200-<г.д.), V (660-<г.д.), W (110-<г.д.) и Zr (200-100 ppm).

У водама на јаловишту и око њега повећане су концентрације As, Hg, Sb, Fe, Cu и Pb у односу на трећу и четврту, а Cd, Ni и Zn у односу на прву и другу класу.

Рударењем у Копаоничкој металогенетској области формирана су јаловишта Кижевак (рудничка јаловина), Саставци (рудничка јаловина), Рудница (флотацијска јаловина) и Кукањица поток (флотацијска јаловина, сл. 12).

Флотацијско јаловиште Рудница је равничарског типа. Формирано је одлагањем јаловине у Малом пољу, између реке Ибар и саобраћајнице Рашка-Косовска Митровица. Захвата површину 18 h 79 а 8 m<sup>2</sup>. Јаловински материјал према гранулометријском саставу спада у песак, алевритски песак и песковити алеврит. Радиометријским анализама је локално утврђена повећана концентрација урана у односу на природни фон (Ђокић и Јовановић, 2008). У јаловишту тешки метали се јављају у следећим концентрацијама: Pb (200,009-<г.д.), Zn (139,731-75ppm), Cd (<г.д.), Sb (14ppm-<г.д.), As (1,201-181 ppm), Ni (140ppm-<г.д.), Cr (365-<г.д.ppm) и Fe (203234-456 ppm).

За Лецки вулканогени комплекс везано је истоимено долињско флотацијско јаловиште које је формирано хидрауличним истакањем јаловине из истоименог Pb-Zn рудника. Депоновање материјала је обављено на платоима формираним преграђивањем са девет брана. Површина оконтуреног јаловишта је 142,473 m<sup>2</sup> (Ђокић и Јовановић, 2007). Према гранулометријском саставу, јаловиште је изграђено од алевритског песка и песковитог алеврита. У већини вода са и из околине су констатоване концентрације Cu, Zn, Cd, Ni, Pb, As и Fe преко максимално дозвољених у водама (сл. 13).

За рударења у металогенетском рејону Бесне кобиле везана су јаловишта Грот (флотацијска јаловина) и Мусуљ-Кекеринци (рудничка и флотацијска јаловина). Јаловиште Мусуљ-Кекеринци захвата површину 6,628m<sup>2</sup>. Према гранулометријском саставу, јаловински материјал спада у шљунковити муљ,

песковити алеврит и алеврит. У водама низводно од јаловишта констатоване су концентрације Cu, Zn, Cd, Pb и Fe изнад максимално дозвољених садржаја у водама. Концентрације узводно су у дозвољеним концентрацијама. Јаловински материјал је главни токсикант вода (Ђокић и Јовановић, 2007).

У Карпато-балканској металогенетској провинцији значајна је борска металогенетска зона. Рударским активностима на овим просторима формирана су јаловишта Бор (топионичка јаловина), Кривељска река (флотацијска јаловина), Церово (рудничка јаловина), Стари борски коп (рудничка јаловина), Ваља фундата (флотацијска јаловина), Шашки поток (флотацијска јаловина), Бугарски поток (рудничка јаловина), Мали ујевац (рудничка јаловина), Шашка (рудничка јаловина), Северни ревер (рудничка јаловина, сл. 15, Ђокић и Јовановић, 2006).



Сл. 11. Јаловишта Злокућански поток (горе лево), Гушави поток (горе десно), Прљуша (доле лево) и рударско окно из римског периода (доле десно)





Сл. 12. Јаловишта Рудница (лево) и Кукањца поток



Сл. 13. Јаловиште Леце (V, VI и VII плато) и вода на V платоу (десно)



Сл. 14. Јаловиште у махали Мусуљ-Кекеринци



**Сл.15. Јаловишта Кривељ (горе лево), Борско старо, Шашки поток (доле лево) и Борска река**  
У габро-перидотитском масиву Дели Јована, на Старој планини су јаловишта Мездреја и Габровница везана за експлоатацију урана (Ђокић и Јовановић, 2006). Део јаловишта у Габровници је саниран зеолитом (сл. 16).



**Сл. 16. Затрпан улаз у рудник урана и зеолитом санирано јаловиште у Габровници**

## II – 2. Географски положај и геоморфолошке карактеристике околине флотацијског јаловишта рудника Грот

Јаловиште Грот је смештено на југоисточној падини планине Бесна кобила, у југоисточној Србији. Овај део Републике се административно назива Јужно Поморавље, док га локално становништво зове Крајиште (сл. 17). На самом ободу јаловишта је изграђен град Крива Феја.



Сл. 17. Географски положај флотацијског јаловишта рудника Грот (Google 2010)

Према географским особинама подручје има високопланински карактер. Геоморфологију околине чине гробени који се рачвају. У погледу висине

доминира планина Бесна кобила која је у склопу Родопског планинског система. Највиши врхови су Бесна кобила (1,923 m), Валози (1,829 m) и Патарица (1,672 m).

Околина јаловишта обилује заштићеним природним добрима: југоисточно је споменик природе-стабло црног бора у Црноштици, источно Јарешник-специјани резерват природе, а северно Власина-подручје у поступку за заштиту (Завод за заштиту природе Србије, 2005).

Област Крајиште је релативно ретко насељено. Насеља су у форми махала које имају карактер села са мање од 2,000 становника. Домаћинства у махалама су углавном старачка.

Рудник Грот се налази на општини Босилеград. Планину Бесна кобила административно деле општине Босилеград и Врање.

Близу јаловишта пролази локални пут Врање-Босилеград. Због специфичне геоморфологије и континенталне климе, део пута од јаловишта до Врањска Бање је проходан за сва возила у току целе године, док је део пута према Босилеграду непроходан за путнички саобраћај од месеца новембра до априла.

## **II – 3. Преглед ранијих истраживања**

Истраживано подручје су по различитим геолошким потребама походили бројни истраживачи, али о резултатима истраживања сачувано је мало писаних трагова.

Најстарија истраживања углавном су се односила на минералошко-петролошке анализе везане за проспекцију рудних појава у Благодату, Лисини, Караманици и Доњој Љубати. Истраживања рудног поља Грот (Благодат) су углавном сачувана у форми фондовске документације.

Истраживања јаловишта рудника Грот су из новијег периода.

## II – 3. 1. Геолошка истраживања околине јаловишта рудника Грот

Прве геолошке податке о овим просторима налазимо код Воје-а (1836) и Toula-e (1883). Ови истраживачи у кристаластим шкриљцима северно од Криве Феје (Власина-Црна Трава-Трн) издвајају филите, микашисте и кварците.

Жујовић (1893) у овим теренима описује исконске шкриљце, филите и кварците, али и гнајс-граните код Врањске Бање; и указује да је Чемерник (северно од Криве Феје) већим делом изграђен од кристаластих шкриљаца, а да је главна маса изграђена од еруптива (микрогранулитски порфир).

Ванков (1900) констатује да најстарији шкриљци леже у области Црноока и описује њихове литолошке чланове, региструје гранитоидне стене у Топлом долу, Доњој Лисини, Босилеграду, Љубатској реци, Дукату, Јарешнику и Буцалову. Исти истраживач констатује младе еруптивне стене и туфове у подручју Караманице и на Бесној кобили, и први описује појаве минералних сировина (Pb и Zn) у Благодату, у Таламину и Ресну; магнетита у шкриљцима код Божице и злата у неогену код Босилеграда. Са овим истраживањима отпочињу прве организоване рударске активности на ширим просторима Благодата.

Цвијић (1911) описује језерске терасе између Врањске Бање и Сувојнице, а Динић (1923) „неокретацејске” седименте у Пчињи и Сурдулици.

Петковић (1937) указује на Pb-Zn појаве у Караманици.

Илић (1939, 1940, 1950 и 1954) истражује петрохемијски састав сурдуличког масива, еруптивних пратиоца, околиних кристаластих шкриљаца и појаве минералних сировина унутар масива. Према истом аутору, плутон је утиснут између креде и терцијара, а еруптиви у две фазе. Прву фазу чине светлосиви дацити утискивани вероватно почетком миоцена (за њих су везана сулфидна орудњења молибдена) и другу-тамносиви дацити крајем миоцена или почетком плиоцена, који су утискивани у плићи ниво и нису рудоносни.

Ђорђевић (1962) проучава појаве магнетита у кристаластим шкриљцима ширег подручја Власине.

Павловић (1957) у својим петролошко-минералошким студијама детаљно приказује састав стена и констатује да је сурдулички масив утиснут у две фазе где је прва дала „гнајс-граните” под дејством гранитизације истовременим сваривањем и алкализацијом гнајсева, док је друга дробљењем гнајс-гранита и њиховом микроклинизацијом довела до стварања гранита са амфиболом.

Бројни аутори (Димитријевић, 1958, 1959, 1963 и 1967; Бончев, 1958; Бончев, Карађулева, Костадинов, Манолов, Каменова, Динков, Манолова 1960; Алексић и Каленић, 1961, 1966; Петровић 1965; Димитрова и Вергилов, 1966; Белев, 1966; Бојагијев, Загорчев, Зидаров, Харковска 1966) изводе стратиграфска проучавања на овим просторима.

Димитријевић (1967) дефинише основне карактеристике доњег и горњег комплекса Српско-македонске масе. Истраживана област се налази у склопу горњег или власинског комплекса и изграђена је од серије кристаластих шкриљаца који су метаморфисани у албит-епидотској субфацији.

Смејкал (1957) даје детаљан опис геологије непосредне околине и Pb-Zn лежишта Благодат и констатује да је главној, хидротермалној фази орудњења претходила иницијална фаза пнеуматолитског карактера.

Павловић (1957) пружа прву петролошко-минералошку студију терена Сурдулице.

Прва комерцијална истраживања и организована експлоатација на овим просторима сежу у 1903. годину када италијанско рудничко друштво „Societe Comerciale d'Oriente” врши истраживања и експлоатацију на изданцима у Ђавољој воденици и Кули. Ове активности су трајале до почетка Првог светског рата. За ову прилику у махали Кекеринци је подигнута флотација у којој је прерађено око 10,000 t квалитетне олово-цинкове руде (сл. 18, Мијатовић, 2006).



Сл. 18. Напуштено постројење за флотацијску концентрацију руде у махали Кекеринци

Истраживања и експлоатација су са ратним дејствима 1914. године обустављена. Након овога је на ушћу Краснодолске у Црну реку остао депонован руднички и флотирани јаловински материјал (сл. 19, Ђокић и Јовановић, 2007).

Рударске активности везане за рудно поље Благодат су између два Светска рата замрле.

После Другог светског рата истраживања Pb-Zn појава на овим просторима вршено је у неколико циклуса.

У периоду 1947.-1957. године истраживања у рудном пољу Благодат обављана су краћим ходницима и поткопима. Истовремено вршено је и откопавања богатијих делова рудног тела. Овом приликом извађено је неколико хиљада тона квалитетне руде са преко 10 % Pb и Zn (Новковић и др., 1993-1997).

У временском интервалу 1958.-1972. године рудно поље Благодат је истраживано геолошким, геохемијским и геофизичким методама. Резултат истраживања јесте отварање рудника. На месту где се и данас налази 1963. године се гради објект у коме се врши флотација Pb-Zn руда. Резерве Pb и Zn руда у лежишту су оверене 1969. године. Рудне резерве A+B+C<sub>1</sub> категорије износе 4,766.241 t са средњим садржајем 4.16 % Pb и 4.24 % Zn.



**Сл. 19. Флотирана и рудничка јаловина у околини напуштеног постројења за флотацијску концентрацију руде у махали Кекеринци**

Легенда: 1. флотирана јаловина, 2. рудничка јаловина

У периоду 1973.-1983. године истраживања су била усмерена на прекатегоризацију рудних резерви нижих категорија у више. Геохемијском проспекцијом покривено је 30 km<sup>2</sup> рудног поља. Овим истраживањима су добијене значајне аномалије секундарног расејавања елемената благодатске парагенезе. Синхронизованим геохемијским и геофизичким истраживањима



одређени су положаји бушотина и јамских истражних радова. На основу утврђених основних параметара израчуната је потенцијалност рудног поља од 92,500.000 t руде C<sub>2</sub>+D категорије (Новковић и др., 1993-1997).

У периоду 1984.-1991. године започиње израда детаљне геолошке карте 1:25,000 по листовима, као и наставак израде детаљног геолошког плана 1:1,000 лежишта Благодат. Утврђени век експлоатације рудника је 15 година према моделу пројектованог капацитета од 300,000 t равне руде годишње (Новковић и др., 1993-1997).

У периоду 1992.-1997. године израђена је „Металогенетска карта рудног поља Благодат 1:25,000” са геолошким саставом и тектонским склопом подручја. На карти су дефинисане контуре рудног поља и појаве и лежишта минералних сировина (Новковић и др., 1993-1997).

## **II – 3. 2. Истраживања флотацијског јаловишта рудника Грот**

Истраживања јаловишта рудника Грот су новијег датума. У оквиру пројекта „Катастар техногених јаловишта Републике Србије“ које је у два наврата (2006 и 2007) реализовао Геолошки институт Србије, спроведена су систематска и комплексна истраживања флотацијског јаловишта рудника Грот и његове околине, као и рудничког и флотацијског јаловишта у махали Кекеринци.

Реализацијом пројекта „Катастар техногених јаловишта Републике Србије“ у 2006. години се геопозиционира и оконтурје рудничко и флотацијско јаловиште у махали Кекеринци, и на ободу градића Крива Феја-флотацијско јаловиште рудника Грот (Ђокић и Јовановић, 2006). Констатују се да се: „јаловиште у махали Кекеринци сто година после престанка рударских активности и одлагања јаловинског материјала налази у стању биолошког вакуума“. На површини јаловишта су видљива бела цветања која указују на „заслањивања“, односно високе, фитотоксичне концентрације тешких метала.

Овај материјал се у кишном периоду спира у Црну реку која припада сливу Пчиње.

Оконтуривањем флотацијског јаловишта рудника Грот утврђена је његова површина од око 24 ha (сл. 20). Транспорт јаловине од флотације до јаловишта је хидроциклоном у дужини око 1.5 km. Развејавањем најситнијих фракција материјала, северно и североисточно од јаловишта, угрожена је варошица Крива Феја. Непречишћена и нефилтрирана вода се са јаловишта централним колектором уводи у Селишки поток. У јаловишту је депоновано око 5.5 милиона тона јаловинског материјала.

Анализама Института за испитивање материјала (2007) одређен је карактер отпада на јаловишту рудника Грот. Истраживана је концентрација радионуклида и хемијски састав техногеног отпада на јаловишту Грот (Уверење о утврђивању карактера отпада, 2007, табела 1).

Са аспекта концентрација природних радионуклида, утврђено је да је техногени отпад безбедан (табела 1). Вредности гама индекса мање су од прописаних стандардом, што указује да се овај материјал може одлагати у животну средину (Службени лист СРЈ 9/99).



Сл. 20. Сателитски снимак флотацијског јаловишта рудника Грот са висине од око 580 m (Google, 2010).

Легенда: 1. флотацијско јаловиште Грот, 2. постројење за флотацијску концентрацију руде, 3. пут ка Врањској Бањи, 4. пут ка Босилеграду

**Табела 1. Концентрација радионуклида у репрезентативном узорку са флотацијског јаловишта рудника Грот (Bq/kg), (Уверење о утврђивању карактера отпада, 2007)**

Р.бр.	Ознака узорка	<sup>236</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs
1	VHM-75/07	36± 7	18 ±2	716 ±72	< 0.2

Хемијским анализама јаловинског материјала утврђена је висока концентрација тешких метала у односу на референтне вредности (Уверење о утврђивању карактера отпада, 2007, табела 2). Сви анализирани параметри вишеструко превазилазе ове вредности, што материјал са јаловишта сврстава у опасни отпад (Службени гласник РС, бр. 12/95).

**Табела 2. Хемијски састав и референтне вредности репрезентативног узорка са флотацијског јаловишта рудника Грот (mg/kg), (Уверење о утврђивању карактера отпада, 2007)**

Параметар	Нађена вредност	Референтна вредност
Кадмијум (Cd)	32	1
Олово (Pb)	4,800	10
Арсен (As)	361	5
Хром (Cr)	173	10
Никал (Ni)	205	
Бакар (Cu)	280	50
Цинк (Zn)	6,700	-
Антимон (Sb)	8	0.7
Жива (Hg)	0	0.2
Селен (Se)	1	0.5
Титан (Ti)	6,600	-
Магнезијум (Mg)	3,060	
Баријум (Ba)	2,800	100
%		
Алуминијум (Al)	2.7	-
Гвожђе (Fe)	15.16	
Манган (Mn)	2.28	
Силицијум (Si)	1.82	
Калцијум (Ca)	9.5	
Калијум (K)	2.49	
Сумпор (S)	2.39	
Квалитативним испитивањем није утврђено присуство цијанида (< 5.0 mg/kg)		

## **II – 4. Геолошка грађа, тектонски склоп и хидрогеолошке карактеристике околине флотацијског јаловишта рудника Грот**

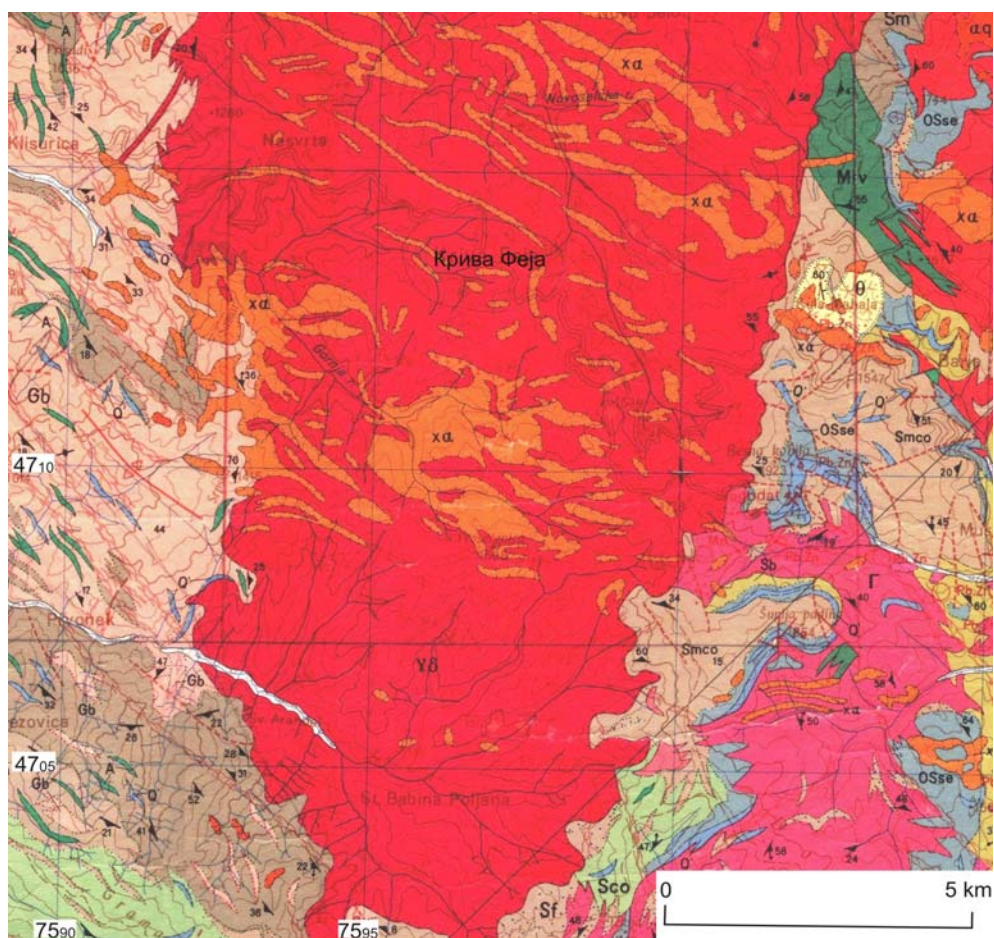
Област истраживања са налази у југоисточној Србији. На Основној геолошкој карти 1:100,000 јаловиште рудника Грот је на листу Трговиште са Радомиром (сл. 21, Бабовић и Цветковић, 1976).

Геолошка грађа околине јаловишта је комплексна. У стенама су уочене појаве прогресивног метаморфизма и имбибиције. Латерални прелази између кристалних серија су изражени, мада услед плутонске метаморфозе, степен кристалинитета није могао да буде поуздан критеријум за корелацију (Бабовић и др., 1977).

У геолошком смислу терен је изграђен од кристалних шкриљаца старопалеозојске, ређе протерозојске старости, у које су утиснуте масе палеозојских и тријаских гранитоидних стена и велики сурдулички палеогени гранодиоритски плутон.


Стратиграфија испитиваног подручја још није у потпуности решена и поред истраживања која сежу до XIX века. Најкрупнија регионална целина је добила назив зелени шкриљци власинског комплекса, а остале које припадају истом комплексу, али са различитим примарним или метаморфним особинама, назване су серија Јарешника, Врањске Бање, Божице, Лисине и Стајевца.

Сурдулички гранодиоритски плутон ( $\gamma\delta$ ) утиснут је у кристалне шкриљце горњег комплекса Српско-македонске масе на које је извршио термичке и метасоматске контактне промене. Контакт плутона са кристалним шкриљцима врло је сложен. Стене власинског комплекса северног обода су на контакту трансформисане у биотитске шкриљце са гранатом, мусковитом, делом андалузитом, и често су фелдспатизоване. Локално, уз контакт су констатовани мигматити и агматити. У североисточном делу уочена је прекристализација филоидних шкриљаца, а у југозападном незнатне термалне промене у



Сл. 21. Основна геолошка карта 1:100 000, лист Трговиште са Радомиром, детаљ (Бабовић и Цветковић, 1976)

Легенда:

	слабо везани пешчари и конгломерати		туфови		дацити,
	кварцлатити		гранодиорити Сурдулице		мусковит-хлоритски шкриљци
	албит-хлорит-мусковитски шкриљци		гранитоид Доганице		гранитоид Божице
	хибридне стене габроидног и амфиболског састава		фелдспатизирани и гранитизирани шкриљци		фелдспатизирани шкриљци
	серицит-графитски и серицит-хлоритски шкриљци		хлорит-мусковитски шкриљци		мусковит-хлоритски шкриљци
	амфиболски метаморфити		мермери		кварцит
	лискунске парастене јарешничке серије		микашисти и лептинолити		лискунски гнајсеви

кристаластим шкриљцима. Сурдулички плутон је највећим делом изграђен од зрнастих хомогених стена гранодиоритског састава. Ободни делови масива су фолијативног склопа. Структуре су хипидиоморфне са крупним зрнима К-фелдспата (ортокласа) који појкилитски захвата друге минерале. Плутон је изграђен од кварца, плагиокласа, ортокласа, биотита, хорнбленде, криптопертита и акцесорних апатита, сфена, магнетита, циркона и ортита. У ободним деловима масива констатује се локално појављивање кварцдиоритских типова. На основу асоцијације минерала у контактано-метаморфном ореолу сурдуличког гранитоида издвојене су четири зоне и осам субзона (табела 3, Васковић, 1997).

**Табела 3. Минералне зоне и субзоне контактано-метаморфног ореола сурдуличког гранитоида (Васковић, 1997)**

	Зоне	Субзоне	
1	Спољна зона	Ia	Хлорит-необиотитска
		Ib	Необиотитска
2	Средња зона	IIa	Необиотит-кордијеритска
		IIb	Необиотит-кордијерит-андалузитска
		IIc	Необиотит (±) кордијерит-андалузит (±фибролит)-неоК-фелдспатска
3	Унутрашња зона	IIIa	Необиотит-кордијерит-андалузит (±фибролит)-неоК-фелдспат - корундска
		IIIb	Необиотит-(±кордијерит)-андалузит (±фибролит)-корунд-спинелска
4	Агматитска зона	IVa	Биотит-кордијерит-андалузитска (±фибролит) ± К-фелдспат

Зелени шкриљци власинског комплекса чине северни део истраживаног подручја. У геолошком смислу представљају седиментно-вулканогену, слабије или јаче албитисану, формацију метаморфисану у условима фације зелених шкриљаца. На основу квантитативне заступљености минерала албита, хлорита, мусковита, серицита, стилпноелана, епидота, актинолита и кварца издвојена је група лискунско-хлоритских стена насталих метаморфозом пелитских и пелитско-псамитских до псамитских седимената. На основу садржаја појединих минерала издвојени су:

Албит-хлорит-мусковитски шкриљци који имају највеће распрострањење. Ове стене одликује изразита порфиробластична структура у комбинацији са

лепидобластичном. Местимично су констатоване стене са бластопсамитском структуром изграђене од албита, мусковита, хлорита и кварца. Гранат, биотит и хлорит јављају се локално, а споредни су магнетит, пирит, апатит, рутил и циркон.

Хлорит-мусковитски шкриљци (Sco) јављају се као веће или мање масе, понегде у сочивастим формама у албит-хлорит-мусковитским шкриљцима, а местимично праве и прелазе ка групи стена богатијих хлоритом, односно ка стенама без лискуна.

Серицит-хлоритски шкриљци се ретко јављају као мања сочива у мусковит-хлоритским шкриљцима. Минерални састав је идентичан као код мусковит-хлоритских и серицит-хлоритских шкриљаца, а разликују се само у степену кристалинитета.

Лептинолит-микашисти са хлоритом показују прелазе ка филито-микашистима и микашистима.

Гнајсеви са хлоритом или албит-хлоритски гнајсеви представљају најдубље метаморфисане шкриљце власинског кристаластог комплекса. На основу минералног састава издвојени су мусковит-хлоритски, мусковит-биотитски, биотит-епидотски и хлорит-епидотски варијетети. Структуре су порфиروبластичне и лепидобластичне, односно гранобластичне и порфиروبластичне.

Група хлоритских стена сиромашних или без лискуна јавља се спорадично у албит-хлорит-мусковитским шкриљцима северног обода сурдуличког гранитоидног плутона. Местимично граде танка издужена конкордантна сочива или имају изглед масивних стена. Ову групу чине албит-хлоритски и хлорит-мусковитски шкриљци, хлоритски шкриљци, хлорит-епидотски шкриљци, хлорит-актинолитски шкриљци, метабазити и кварцити.

Албит-хлоритски и хлорит-мусковитски шкриљци су најзаступљенији. Структуре су порфиروبластичне и лепидобластичне са елементима гранобластичне или реликтне бластопорфирске. Углавном представљају

метаморфне еквиваленте типичних геосинклиналних базита и њихових туфова. Један део ових стена је (вероватно) седиментног порекла.

Амфиболске стене (А) припадају фацији зелених шкриљаца. Карактеришу се асоцијацијом албит + актинолит + епидот. Издвојени су актинолитски, хлорит-актинолитски и хлорит-актинолит-епидотски шкриљци. Обично граде танка издужена сочива конкордантно уложена у албит-хлорит-мусковитске шкриљце.

Кварцити (Q) се јављају као мања сочива и/или прослојци у шкриљцима. Структуре су бластопсамитске. Настали су метаморфозом кварцних пешчара и конгломерата. Често су интензивно катаклазирани.

Јарешничка серија је откривена у југозападном делу терена на планинама Дукат и Црноок. Подина серије је непозната. Стене серије имају јасне односе према повлатној лисинској ордовицијумској серији. Основу серије чине лискунске стене пелитског и псамитског порекла, у које су уложене велике масе амфиболских метаморфита вулканогеног порекла. Најдубље делове серије чине гранитоиди Јарешника. Ови делови су изграђени од метатекситски и дијатекситски измењених лискунских и амфиболских гнајсева. Према вишим деловима серије проценат фелдспата постепено се смањује, а плагиоклас постаје киселији. Лискунске стене су углавном представљене лептинолитима и ситнозрним микашистима, а гнајсеви постају ретки. Највише делове серије изграђују стене сиромашне фелдспатом у којима се често појављују хлорит и серицит. Ове стене местимично имају реликтну псефитску структуру, па чине прелазе у метапешчаре са апатитом. У пределима Караманице контакт је добрим делом тектонски и замаскиран је пробојима еруптива.

Серија Лисине је откривена на периферији брахиантиклинале Црноок, мада највеће распрострањење има у северном крилу ове структуре. Најнижи део серије чине апатитски метапешчари преко којих лежи графитични „пакет” који изграђују калкшисти, серицит-графитски шкриљци и кварцити. Пакет садржи доста серицит-хлоритских шкриљаца богатих кварцом који повлачењем кварца постају изразито филитоидни и у знатној мери албитисани. По минералном



саставу идентични су са зеленим шкриљцима власинског комплекса, али се макроскопски доста разликују од њих, па су на геолошкој карти издвојени као „фелдспатизовани шкриљци лисинске серије”. Серицит-графитски и серицит-хлоритски филоидни шкриљци заједно са кварцитима чине највећи део серије. Међусобни прелази настају услед квантитативне промене садржаја хлорита и графита. Са повећаним садржајем хлорита прелазе у серицит-хлоритске шкриљце. Графитна материја удружена са променљивом количином серицита гради тракасте агрегате. Калкшисти редовно садрже лискуне, а њихов састав зависи од састава примарне стене. Карбонатно-глиновити пешчари су метаморфисани у нечисте калкшисте и показују прелаз ка серицит-хлоритским шкриљцима. Кварцити често садрже прослојке графитичних шкриљаца и јављају се у издуженим сочивима дебљина до 30 m. Тракасте су текстуре са јасно израженим литажом маркираним смењивањем светлих и тамних трака са органском материјом. Фелдспатизовани шкриљци се од серицит-хлоритских филоидних шкриљаца разликују по интензивној албитизацији. Порфиробласти албита су дужине до 1 cm. Посебна одлика ових стена је местимична амфиболитизација. Део лисинске серије локализован у пределу Радовнице није могао бити одвојен од серије Стајевца.

Серија Божице гради североисточне ободне делове сурдуличког гранитоидног плутона-просторе између горњег и средњег тока реке Врле, Власинске Округлице и планине Велики Стешер. Горњи део серије изграђују мусковит-хлоритски и хлорит-мусковитски шкриљци, док крајњи североисточни део заузимају тектонизовани албит-хлорит-серицитски тракасти шкриљци, епидозити, амфиболски шкриљци и кварцити. Суперпозиционо серија је изнад лисинске серије. У њу је утиснут гранитоид Божице који је један део серије прогресивно метаморфисао до епидот-амфиболитске фације, већим делом уз привођење кварц-фелдспатске материје и на тај начин омогућио стварање фелдспатизованих и гранитизованих шкриљаца и гнајсева од изохемијски метаморфисаних микашиста. У микашистима на Врли јављају се калкшисти и

графитични шкриљци као могући еквиваленти лисинске серије. Према резултатима новијих истраживања, петролошке карактеристике и минерални састав указују да метаморфити ове серије воде порекло од глиновитих седимената са знатним учешћем органске материје, базичних магматских стена-габрова, базалта и спилита, вулканогено-седиментних стена и карбонатних седимената понекад са знатним уделом кластичне компоненте и рожнаца. Асоцијације минерала указује да су стене метаморфисане у условима фације зелених шкриљаца, у температурном интервалу од 300 да 400 °C и притисцима између 3 и 5 Кбара (Васковић, 1997).

Серија Врањске Бање гради западни обод сурдуличког гранодиоритског плутона. Веома је хетерогена у материјалном смислу. Изграђена је од стена које су у погледу метаморфизма блиске амфиболитској фацији или чине прелаз ка фацији зелених шкриљаца. Серију формирају гнајсеви и микашисти, мусковитско-хлоритски шкриљци, мермери и хомогени мигматити. У серији Врањске Бање дволискунски гнајсеви доминирају над осталим литолошким члановима. Ове стене су изграђене од биотита, кварца, плагиокласа (албит-олигокласа), микроклина и мусковита. Апатит, металични минерали, циркон, гранат и сфен су споредни састојци. Са смањивањем садржаја фелдспата прелазе у лептинолите и микашисте. Амфиболски гнајсеви су ређи и обично показују прелазе преко биотитско-амфиболских ка биотитским гнајсевима. Ембрешити су представљени окцасто-амигдалоидним гнајсевима. Јављају се као неправилна или сочиваста тела дебљине до десет метара. Окца су димензија до 2 cm, а лискуни су крупнији него у околним гнајсевима. Изграђени су од кварца, плагиокласа, микроклина, мусковита и биотита. Споредни су епидот, циркон, апатит и металични минерали. Лептинолити и микашисти се смењују са гнајсевима и представљају стене сиромашне фелдспатима. Структуре су лепидобластичне, а изграђени су од кварца, мусковита, биотита и променљиве количине албита. Сиромашни су са акцесорним минералима.

Суперпозициони односи у овом подручју нису јасни због веома изражених тектонских активности. Термички утицај сурдуличког плутона на стене из серије Врањске Бање је скроман. У његовом источном ободу, у пределу Бесне кобиле, издвојени су зелени шкриљци. Ова серија у појединим деловима садржи олигоклас па прелази у амфиболитску фацију, што је карактеристика веће удаљености од масива. Код стена у близини масива плагиоклас је обично албит, чак и у окцастом гнајсу. Карактер интрузије сурдуличког плутона указује да се утискивање обавило у већ охлађеном стању.

По новијим истраживањима метаморфни развој серије Врањске Бање дешавао се у три различите фазе деформација и метаморфизма (Васковић 1997):

Прва фаза метаморфизма праћена са развићем нискотемпературних асоцијација минерала карактеристичних за температуре између 300 и 450 °C, и притиске од 3.5 до 4 Кбара.

Другу фазу метаморфизма прати генерално укрупњавање примарних минерала и појављивање порфиробласта хлоритоида, граната алмандинског састава, стауролита, фелдспата и дистена у микашистима, гнајсомикашистима и гнајсевима.

Трећа фаза метаморфизма је везана за млађе деформације које су условиле издизање серије у више нивое, ретрогресију гнајсева и микашиста у условима гриншист фације. Биотит и гранат су трансформисани у хлорит, а стауролит, фелдспати и дистен у серицит. Стене из ове серије су биле највише изложене непосредном контактано-метаморфном утицају

Серија Стајевца је развијена уз југозападни и југоисточни обод сурдуличког гранитоидног плутона. Изграђена је од мусковит-хлоритских и хлорит-мусковитских шкриљаца у којима се често појављује биотит. Серија је типично пелитска са малим уделом вулканогеног материјала, пре свега у амфиболским и амфиболитским шкриљцима. Кварцити су ретки, а карбонатне стене одсуствују. Удео албита је у шкриљцима знатно мањи него у фелдспатизованом делу лисинске серије, местимично је сасвим занемарљив.

Мусковит-хлоритски и хлорит-мусковитски шкриљци су лепидобластичне структуре са прелазима у порфиروبластичну у случајевима интензивније албитизације. Кварц у овим стенама гради мозаичне агрегате. Садржај му је веома променљив. Лиске мусковита су синкинематске и обично повијају око кварца. Хлорит се јавља на сличан начин као и мусковит. Албит је порфиробласт и појкилобласт. Гранат је веома чест, посебно у нижим деловима серије. Биотит и епидот су ретки. Споредни састојци су сфен, амфибол, циркон, апатит, металични минерали и леукоксен.

### **ТЕКТОНСКИ СКЛОП ОКОЛИНЕ ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ**

Околина јаловишта рудника Грот је изграђена од творевина које су тектонски обликоване у различитим временским епохама. Ове епохе образују пет структурних спратова (сл. 22, Бабовић и др., 1977).

Први структурни спрат чине кристаласти шкриљци предевонске старости и синтектонски гранитоиди старије (каледонске) фазе, други девонске творевине, трећи творевине перма и тријаса, четврти седименти креде и палеогена и пети неогена и квартарне творевине.

Кристаласти шкриљци доњег и горњег комплекса који изграђују највећи део терена добили су основне црте у хронолошком интервалу првог структурног спрата. Сурдулички гранитоидни масив временски припада четвртом структурном спрату.

#### **Први структурни спрат**

Сви чланови који изграђују први структурни спрат добили су основне тектонске црте у фази која је донела огромне количине метатекта и гранитоида. У шкриљцима који чине први структурни спрат могу се, источно и западно од сурдуличког плутона, издвојити следеће релативно хомогене јединице:

А - синклинала Божице,

В - прелазно подручје Љубата-Босилеград,

- С - брахиантиклинала Црноока,
- Д - подручје Караманица-Радовница,
- Е - подручје уз Мораву,
- Ф - моноклинала Коћуре.

Синклинала Божице се налази у североисточном делу терена. Подручје је тектонски релативно „мирно” у односу на његов северни наставак у пределу Власине. Шкриљци се одликују хомоклиналним падом на великој дужини. Ретко су плисирани. Секундарни набори у овом пределу су веома ретки и обично благи, а у фелдспатизованим шкриљцима ретко се јављају стиснути набори. У североисточном делу синклинале појављују се разломне зоне лонгитудиналног до дијагоналног положаја које прате катаклазирани шкриљци. Југозападно крило показује тенденције повијања ка истоку уз ширење синклинале према северу. Његова периферија је веома разломљена лонгитудиналним зонама од којих се најмаркантнија пружа преко Великог Стешера и праћена је филонитима и секундарним наборима.

Прелазно подручје Љубата-Босилеград налази се између власинске синклинале и Црноока. Ово је приближно моноклинално подручје благог генералног пада ка ССИ са честим ундулацијама. Изграђено је највећим делом од стена лисинске серије, кварцита и њима блиских шкриљаца, филитоидних шкриљаца и калкшиста. У најдубљим деловима серије код Босилеграда откривени су гранитоиди. У фази утискивања гранитоида Божице део лисинске серије је претрпео фелдспатизацију, док је већи део био само загрејан. Ово је довело до регионалне спреге реверсног карактера са смером ка ЈЈЗ. Структуре сличног карактера јављају се у Драговиштици, у фелдспатизованим шкриљцима који су набрани течењем. Уочено је да се у два суседна слоја јавља супротна вергенца. Руптуре су веома честе. Попречне руптуре у подручју Доње Љубате доминирају у односу на уздужне. Уздужне су заступљеније у пределу Благодата и за њих је везано Pb-Zn лежиште.

Брахиантиклинала Црноока у источном делу има издужен несиметричан облик са лучним повијањем ка југу. У северозападном делу секундарно је убрана. Теме јој је у Јарешнику. За темене делове везано је дисхармонично набирање у фази мигматизације. У језгреном делу линеације се расипају са тенденцијом ка уређењу паралелно са пружањем структуре.

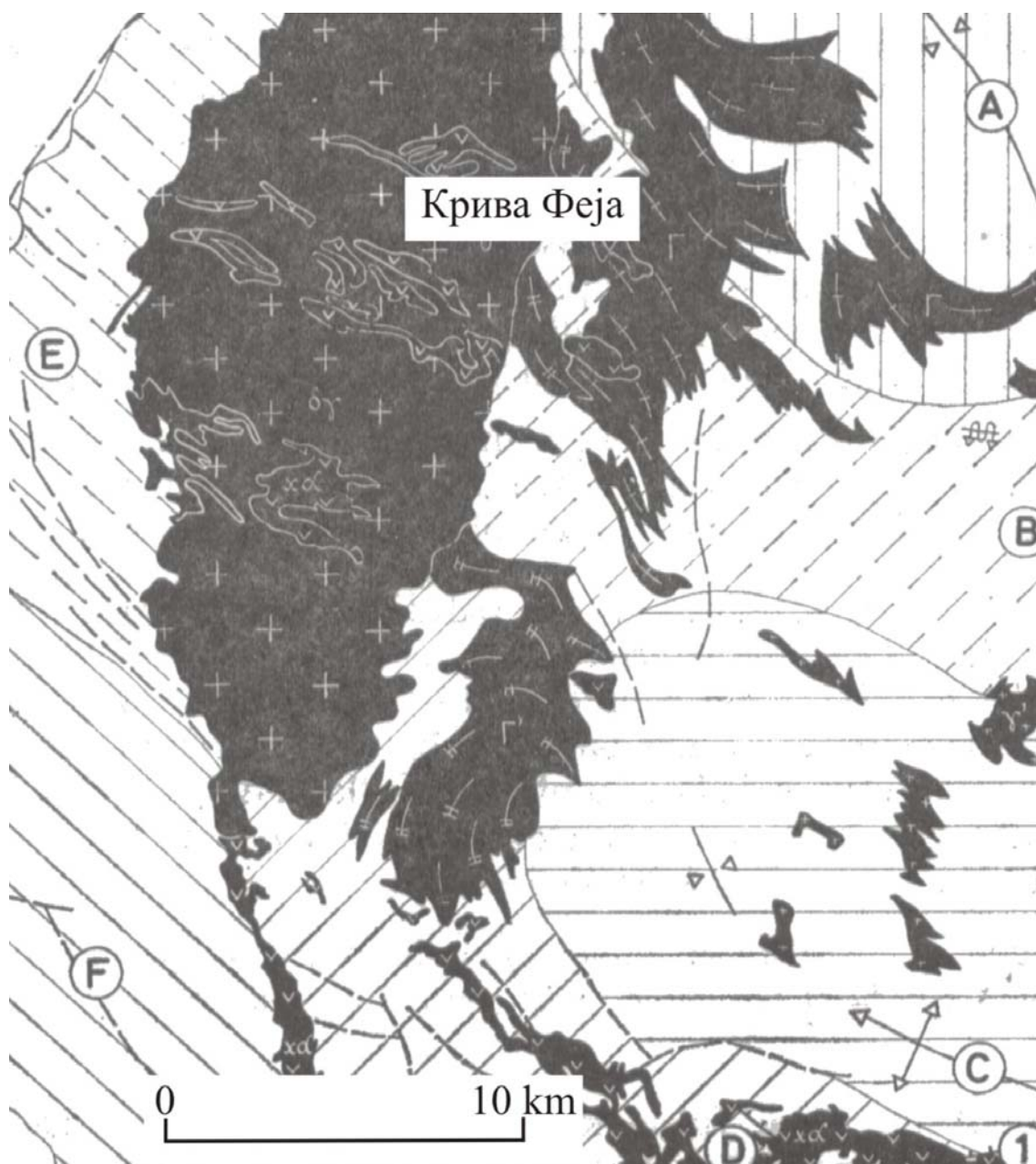
Подручје Караманица-Радовница представља јужно крило брахиантиклинале Црноока, разломљено низом дислокација. Ове дислокације су веома старе и интермитентне, док је активност после еоцена доказана у источном делу. Великим делом подручје је замаскирано утиснутим кварцлатитима у којима је расед наставио своје дејство уз хидротермалну олово-цинкову минерализацију. Пликативни облици у подручју Караманица-Радовница добрим делом су са искиданим дислокацијама. Подручје западно од Радовице постепено добија црте моноклинале Коћуре.

Моноклинали Коћуре граде кристаласти шкриљци између Бањске реке и Пчиње. Ова моноклинала пада ка југозападу, а у северном делу показује лучно повијање ка северозападу. Изграђују је кристаласти шкриљци нижег кристалинитета, пелитског порекла. Дислокације у овом подручју су лонгитудиналног и дијагоналног правца. Осим секундарних набора, понегде их прате здробљене стене. Пенетративне линеаре и осе набора у овом подручју тону ка југоистоку уз местимично ундулирање.

Подручје уз Мораву се протеже дуж западног обода сурдуличког масива. Подручје обилује краћим дијагоналним и попречним разломним зонама. Доминантни разломи, старији од плутона, правца су СЗ-ЈИ и имају свој наставак југоисточно од масива. Пликативне структуре у овом делу су углавном уништене разломима. Јужни део подручја има елементе моноклинале Коћуре у коју се постепено развија.

#### Други структурни спрат

Други структурни спрат чине седименти девона. Јављају се у две одвојене масе. Већа маса се налази у Ресну, а мања у Бресници. Маса у Бресници показује



Сл. 22. Прегледна тектонска карта листа Трговиште, детаљ (Бабовић и др., 1977)

Легенда: А - синклинала Божице, В - прелазно подручје Љубата-Босилеград, С - брахиантклинала Црноока, D - подручје Караманица-Радовница, Е - подручје уз Мораву, F - моноклинала Коћуре, + сурдулички гранитоидни масив

велике разлике у односу на први структурни спрат. Упоредивањем суседних дијаграма фолијације утврђено је да су ордовичке творевине биле убране пре девона. Ове творевине у Бресници имају претежно пад ка северу и северозападу.

Маса девонских седимената у Ресену има сличан положај као и седименти ордовицијума који леже испод ње.

#### Трећи структурни спрат

Трећи структурни спрат изграђују творевине пермотријаса и тријаса развијене источно од Босилеграда. Тријаски кречњаци падају углавном ка североистоку. Одступања имају дисјунктивни карактер.

Тријаски кречњаци у суседству са границом Бугарске припадају земенском моноклиноријуму Крајиштида. У овим деловима се појављују пробоји гранитоида млађе фазе.

#### Четврти структурни спрат

Јаловиште рудника Грот је смештено у Сурдуличком гранитоидном масиву које припада четвртом структурном спрату. Овај масив карактерише јака испуцалост коју формирају једнако изражена три система пукотина које преко равних површина ломе стене у угласте блокове. У масиву су јаче развијена два система пукотина који имају пружања приближно управна на пружање плутона, са међусобно супротним падовима. Разломи су у масиву прилично ретки и обично су праћени каолинизацијом.

#### Пети структурни спрат

Овај структурни спрат чине благо убрани седименти неогених језера који често мењају смер пада. Нешто стрмији падови се срећу у миоценским седиментима Јовца који моноклинално падају ка југоистоку.

### **ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОКОЛИНЕ ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ**

На основу хидрогеолошких одлика, сурдулучки гранодиоритски масив карактеришу добрим делом отворене пукотине и средња водопрпусност. Понирањем атмосферских талоба у подземље формира се типична разбијена издан која се дренира из више сталних извора издашности од 0.3 до 5 l/s (Милојевић и др., 1976).



Констатована изворишта су смештена у граничној зони гранодиорита и комплекса „лисинске серије“ са мермерима, дуж раседа који је вероватно главни дренажни канал за акумулиране воде из система пукотина гранодиорита и мермера. Уједначена издашност указује да је под притиском и вероватно условљена „зароњеношћу“ мермерних маса у шкриљце (Милојевић и др., 1976).

На основу великог броја анализираних подземних и површинских узорака, воде у хидрохемијском смислу карактерише укупна ниска минерализација у границама од 70 до 150 mg/l (Милојевић и др., 1976).

У овој зони, недалеко од контакта шкриљавих комплекса са дацито-андезитским изливима, недалеко од гранодиоритског масива, констатовани су извори Врањске бање, са температуром воде од 74-88.5<sup>0</sup>С и уз издашност око 70 l/s. Појава ових бикарбонатно-сулфатно-натријумских вода је вероватно везано за разбијену издан у гранодиоритима и андезитима. У бању дотичу воде дуж крупних разломних зона по ободу врањске котлине или у оквиру шкриљавих и других комплекса. Слично је порекло вода констатованих у доводном тунелу ХЕ „Врла 3“ код Масурице, а уочени су и јаки термални извори при ободу речне терасе Јужне Мораве код железничке станице Врањска бања који имају издашност од 10 l/s и температуру 13-17<sup>0</sup>С (Милојевић и др., 1976).

У широј околини, већи водотокови су Љубатска, Корбевачка, Новоселска и Бањска река и Селишки поток чијим преграђивањем је и формирано јаловиште. Ове воде се уливају у Јужну Мораву која припада Црноморском сливу.

## **II – 4. 1. Рудно лежиште Благодат (Грот)**

Рудник Грот припада рудном лежишту Благодат који је део истоименог рудног поља.

Рудно поље Благодат у геотектонском смислу припада Српско-македонској маси, а према металогенетској рејонизацији Српско-македонској металогенетској провинцији (Симић, 2001). Границе Српско-македонске масе и

Српско-македонске металогенетске провинције просторно се не поклапају (Јанковић, 1990).

Рудно поље Благодат се налази у кристаластом језгру смештеном између Карпато-балканида на истоку и Вардарске зоне на западу, у њеном горњем (или власинском комплексу) који лежи трансгресивно преко доњег. Дебљина горњег комплекса је око 5 km (Јанковић и др., 2003). Према другим истраживачима рудно поље Благодат је настало на југоисточном ободу Сурдуличког гранодиоритског комплекса и у тесној је вези са хидротермалном активношћу која прати вишефазне кварцлатитске субвулканске интрузије (Ракић и Симић, 2008).

У горњем комплексу маркантне су вулканогено-седиментне асоцијације стена са знатним уделом базичних магматских комплекса (субмарински изливи спилито-дијабаза, пробоји габра) које су касније, у процесима метаморфизма, претворене у зелене шкриљце и амфиболите (Јанковић, 1990). Новија истраживања указују да су се магматски, а тиме и металогенетски процеси у оквиру Српско-македонске провинције одвијали дуж дубинских разлома и пратећих попречних дислокација, структура које се генерално поклапају са границама основних тектонских јединица: Динарида, Вардарске зоне и Српско-македонске масе (Симић, 2001).

У оквиру горњег комплекса издвојене су доминантне минерализације пирита, али и других сулфида (халкопирита, сфалерита, ретко галенита). Ове минерализације су обично везане и са одређеним литостратиграфским нивоима.

У оквиру горњег комплекса Српско-македонске масе су лежишта настала у сучељавању Динарида и Карпато-балканида приликом затварања вардарско-централноанадолијског океана (огранак Тетиса) крајем јуре (Јанковић, 1990). Такође гранитни плутонизам се одигравао крајем алпског орогеног циклуса када и почиње колизија евроазијске и афричке плоче, односно њених појединих делова, па су гранитоиди Сурдулице највероватније, изведени из магми мешаног карактера, парцијалног растопа из горњег омотача и из најнижих делова континенталне коре (Симић, 2001).

У оквиру горњег комплекса Српско-македонске масе уочене су значајне рудне појаве (и лежишта): 1. појаве бакра у западним деловима Голубачких планина, 2. појаве масивних пирита које садрже и незнатне концентрације бакра, цинка, сребра и злата у Манастирици, 3. појаве кварцита између Каоне на југу и Дунава на северу, 4. бакроносна минерализација Буковика и Рожња, 5. лежишта фосфорита у Лисини, 6. појаве магнетита између Црне траве и Власине и 7. појаве хрома и титана у ултрамафитским комплексима Црне Траве.

По једним ауторима, сурдулички гранитоидни комплекс је носилац орудњења у целом рејону, по другима, генетска веза минерализације и сурдуличког гранитоида није поуздано утврђена (Симић, 2001, Јанковић и др., 2003). Сурдулички комплекс представља дискордантну, дубоко еродовану, интрузију, откривену на површини око 225 km<sup>2</sup>, издужену у правцу С–Ј. Просторно, масив је смештен од Сурдулице на северу до Петрове горе на југу. Палеомагнетна испитивања узорака дацита и биотитских гранодиорита са сурдуличког масива оријентационо указују на неогену старост (Симић, 2001).

По једним ауторима, сурдулички масив је током алпског циклуса утиснут у кристаласте шкриљце горњег комплекса Српско-македонске масе на којима је изазвао метаморфне и метасоматске промене које су праћене појавом андалузита, граната и повећаном количином биотита у околним стенама (Симић, 2001). По другим ауторима, у откривеним деловима гранитоидног комплекса се не запажају пост-магматске промене које би упућивале на минерална издвајања и активности пнеуматолитско-хидротермалних агенаса (Јанковић, 1990). Ове стенске масе имају релативно високе садржаје урана - у појединим деловима 7-10 ppm (Симић, 2001).

Новија истраживања у оквиру Српско-македонске металогенетске провинције, издвајају нижу јединицу-металогенетску зону Рупље-Мачкатица-Благодат-Караманица (зона Бесне кобиле) која се простире од реке Власине, према источним и југоисточним деловима Српско-македонске металогенетске провинције, сагласно са граничним дубинским дислокацијама Српско-македонске

масе. Металогенетски рејон Бесне кобиле почиње југоисточно од Лесковца, па се наставља преко сурдуличког гранодиоритског масива и Бесне кобиле према Караманици, па се преко Сасе-Торанице и Пехчева завршава у Македонији (Јанковић, 1990). Регионалним гравиметријским испитивањима утврђен је расед који се поклапа са металогенетском зоном Мачкатица-Благодат-Караманица, односно протеже се од Српско-бугарске држанне границе, преко Караманице и Бесне кобиле даље према северозападу. Њена просечна ширина је 15-20 km, а по пружању може се пратити преко 300 km (Симић, 2001).

У овом металогенетском рејону, рудна лежишта су везана за неогене вулканогено-плутонске комплексе. Минералне асоцијације су олово и цинк, локално бакар и/или молибден.

У морфоструктурном смислу, лежишта су штокверно/импрегнационог типа („порфирска” лежишта молибдена), хидротермално-жичног, сочивасто-плочастог, метасоматског и жично-импрегнационог типа и настала су дуж раседних зона. Стварање и просторни размештај у основи су контролисани субвулканским интрузијама, хидротермалном активношћу, структурним разламањима и литолошким карактеристикама средине у којој је дошло до стварања лежишта (Јанковић, 1990). Спадају у хидротермални тип неправилно-плочастог облика. Смештена су на контакту гнајсева, шкриљаца и кварцлатита. Везана су за хидротермалне активности изазване вишефазним кварцлатитским субвулканским интрузијама (Јанковић и др., 2003). Формирана су метасоматским изменама мермера и калкшиста под утицајем хидротермалних раствора богатих са Pb, Zn и Cu. Вертикални интервали минерализације су преко 400 m (Симић, 2001).

У Српско-македонској маси је веома значајан терцијарни вулканско-интрузивни комплекси као продукт неогених тектоно-магматских процеса источне зоне Рупље-Мачкатица-Бесна кобила-Осогово-Серес-Тасос (Симић, 2001). Лежишта из металогенетског реона Бесне кобиле могу се груписати у пет основних металогенетских јединица: (I) Рупље, (II) Мачкатица, (III) Благодат, (IV) Караманица, (V) Радовница (Јанковић, 1990).

Рудно поље Благодат је образовано на југоисточном ободу Сурдуличког гранодиорита и простире се од Доганице и Доње Љубате на ЈИ до Криве Феје и Несврте на СЗ (Симић 2001). Површина рудног поља је око 80 km<sup>2</sup> (Јанковић, 1990). Настало је као последица хидротермалних активности изазваних вишефазним кварцлатитским субвулканским интрузијама. У рудном пољу доминантну улогу има Pb-Zn орудњење. Орудњења Мо, Си и Фе су знатно ређа (Симић 2001).

У средишњем и подинском делу рудног поља налазе се гнајсеви, преко којих леже биотитско-серицитски шкриљци са интеркалацијама мермера, кречњака и кварцита и хлоритско-мусковитских шкриљаца. Све стене су претрпеле постмагматске промене (Симић, 2001).

Ово рудно поље се састоји од више рудних тела. Генерални пад серије је према североистоку под углом до 20<sup>0</sup> (Симић, 2001).

У рудном пољу су констатоване раседне структуре смера СЗ-ЈИ и ЗСЗ-ИЈИ. У зависности да ли су рудна тела настала селективном метасоматозом карбонатних интеркалација и положаја екранизирајуће средине и/или испуњавањем слободног простора у прслинама и пукотинама дуж раседних зона разликују се:

1. компактна рудна тела настала метасоматозом карбонатних стена (мермера, калкшиста) на контакту гнајсева и кварцлатита са серијом биотитско-серицитских шкриљаца,

2. рудна тела настала испуњавањем већих пукотина у раседима који обично секу фолијацију шкриљаца под оштрим углом,

3. штокверно-импрегнациони тип орудњења настао испуњавањем система прслина у кристаластим шкриљцима.

Према морфоструктурним карактеристикама издвајају се:

1. слојевито-сочиваста рудна тела,
2. рудна тела неправилног облика у кречњацима, мермерима и у фолијацији шкриљаца,

3. жична рудна тела у пукотинама и раседима,
4. рудна тела у виду омањих гнезда која су настала на пресеку два или више система пукотина и прелина,
5. сочиваста и/или рудна тела у фолијацији шкриљаца,
6. стубасто-призматична рудна тела (Јанковић, 1990).

Геохемијске карактеристике рудног поља указују на честу асоцијацију рудних метала: Pb-Zn праћени са Cu, Cd, Bi, Ag и In (Симић, 2001).

Највеће рудно лежиште је Благодат у склопу кога је рудник Грот чијом експлоатацијом је формирано истоимено јаловиште.

Лежиште је образовано у широком температурном дијапазону из хидротермалних раствора скарновско-хидротермалног типа. Издвојено је више фаза орудњења које карактеришу одређене асоцијације минерала:

Скарновску фазу карактеришу гранат, епидот, магнетит, диопсид, хеденбергит, апатит, хлорит и кварц; на које се надовезују молибденит, пиротин, халкопирит, сфалерит и продукти трансформација халкопиротин, кубанит, валерит (Јанковић, 1990).

Према другим ауторима, првој метаморфној фази (која нема економски значај) припадају титаномагнетит, илменит, илмено-хематит, хемато-рутил, магнетит, хематит, сфен, рутил, анатас и графит. У контактано-метасоматској (скарновској) фази настали су гранат, епидот, магнетит, диопсид, хеденбергит, јохансенит, хлорит и кварц. Прелазну (високотемпературну) фазу чине молибденит, пиротин, кубанит, халкопиротин, валерит, сфалерит и кварц. Мезотермална фаза минерализације дала је главне концентрације галенита и сфалерита које су праћене пиритом, халкопиритом, арсенопиритом, златом, лелингитом, фалкманитом, кварцом, халкостибнитом, родохрозитом, калцитом, манганосидеритом, калцедоном и арагонитом. Као продукти супергене трансформације настали су церузит, ковелин, лимонит и др. Сулфидне минерале Pb, Zn и Cu депоновали су хидротермални раствори који и чине економску базу лежишта (Симић, 2001).

У хидротермалној фази, при средњим температурама, дошло је до образовања основне масе, када су се и издвојили галенит и сфалерит као доминантни рудни минерали праћени пиритом, халкопиритом, арсенопиритом, златом, лелингитом, фалкманитом, халкостибнитом, родохрозитом, Mn-Fe карбонатом; кварцом, калцедоном и арагонитом. Однос сулфида и карбоната је 1.7:1.

Величина лежишта Благодат се процењује на 8 Mt са око 4 % Pb и око 4 % Zn (Јанковић, 1990). На основу досадашњих истраживања, у рудном рејону Бесне кобиле утврђене су следеће билансне резерве: 151,000 t Pb у руди, 164,000 t Zn у руди, 73 t Ag у руди (Јанковић и др., 2003). У металогенетском рејону Бесне кобиле идентификоване су бројне минерализације Мо. Његове условно билансне резерве су 25,000 t у минерализованој маси (0.09 % Мо). Од хидротермалних промена на Благодату је најзаступљенија силификација и пиритизација (Симић 2001).

Хемијска анализа репрезентативног узорка руде са Благодата (30 t) показала је следећи састав:

Кварц и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> око 62 %, сулфидни минерали око 17 %, оксиди гвожђа око 11 % и карбонатни минерали око 10 % (Симић, 2001). У овом типу руде јавља се Pb и Zn као главни корисни елемент али и Cd везан за сфалерит и Ag за галенит (Ракић и Симић, 2008)

У сулфидним рудама лежишта Благодат запажени су и следећи микроелементи: In, Ga, Ge, Tl, Cd, Bi, Ag, Se и Te.

Индијум се у рудама Благодата концентрише у сфалериту у садржајима 14-34 ppm (средње 32 ppm). Галијум у садржајима 4.1-6 ppm, средње 4.5 ppm. Талијум је регистрован у пириту у концентрацији од 12 ppm, док у галениту није констатован. Кадмијум има у сфалериту, али је присутан и у халкопириту и пириту. Бизмут је заступљен само у галениту (12.8 ppm). Сребро је најприсутније у галениту (208 ppm), али је констатовано и у халкопириту (151 ppm) и сфалериту и пириту. Селен и телур су у рудама Благодата констатовани у галениту и пириту;

селен у траговима, а телур у нешту повећаним садржајима-у галениту (120 ppm), а у пириту 1,500 ppm (Симић, 2001).

Поред овог лежишта, у рудном пољу Благодат значајна су још лежишта и рудна поља: Баре-Ђавоља воденица, Вучково лежиште, Рудно поље Караманице (рудна лежишта Поповица, рудоносна структура Подвирови, рудне појаве Луке-Пролесје, минерализације Барје, Извор, Пуста река, минерализације у Лиски), рудно поље Радовница (рудне појаве Нови Глог, Стари Глог и Сурлица). Новијим геолошким и рударским радовима поједини аутори су следеће рудне појаве претворили у лежишта: Баре-Ђавоља воденица, Вучково, Ђавоља воденица II и Кула. Ова лежишта су формирана у оквиру паралелних рудних структура на међусобном растојању 500-1,500 m (Ракић и Симић, 2008).

## **II – 4. 1. 1. Технолошки процес припреме руде из лежишта**

### **Благодат**

Лабораторијска испитивања технолошког концентрисања корисних минералних сировина из руда лежишта „Благодат“ започета су 1961. године. Истраживања су вршена у лабораторији за припрему минералних сировина Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Пројектована схема технолошког процеса предвидела је примену селективног флотирања галенита и сфалерита применом затвореног циклуса. Овај начин није дао задовољавајуће резултате. Пропуст технолошког поступка одражавао се у добијању неселективних концентрата Pb (низак садржај олова и висок садржај цинка).

У току 1975. године примењиван је отворени циклус селективног флотирања галенита. Увођењем овог начина флотирања било је могуће издвојити колективни Pb-Zn концентрат као трећи финални производ.

Промене у минералном саставу руде условиле су поново периодично увођење процеса селективног флотирања са модификованом схемом уз примену присутног оксидног материјала олова после сулфидизирања.



Савремена припрема и концентрисање руда из лежишта Благодат изводе се поступком селективне флотацијске концентрације. Капацитет постројења за флотацијску концентрацију руде је 1,000 t/дан (Милић, 1988).

Флотацијска концентрације руде одвија се у пет фаза (Опис шеме технолошког поступка флотацијске концентрације руде рудника Грот. Интерно, 2006).

У првој фази се равна руда, граничне крупноће до 400 mm са садржајем влаге до 8 %, допрема до постројења у којима се дробе у примарним (челјусним) и секундарним (конусним) дробилицама. Капацитет челјусне дробилице је 150 t/h. У овој фази се врши и њено просејавање на мокром вибро ситиу квадратног отвора 60 mm, под нагибом од 25°. Надрешетни производ одлази у конусну дробилицу типа KSD-1200B која дробе руду на максималну величину до 30 mm. Подрешетни производ вибросита и секундарно издробљена руда долазе на косу транспортну траку и на реверзибилни транспортер ширине 800 mm и осног растојања 15.5 m којим се распоређује руда по млинским бункерима. Отпрашивање одељења примарног и секундарног дробљења, као и претоварних места врши се помоћу уређаја за мокро отпрашивање „Rotoclone“.

У другој фази се руда транспортним тракама и уз доливање воде уводи у процес млевења. Млински бункер је запремине 1,710 m<sup>3</sup>. Млевење руде је двостепено. Први степен је у млину са шипкама, а други у млину са куглама. Приликом извођења другог степена млевења обавља се и први степен класирања. Други степен класирања одвија се у хидроциклону. Прелив хидроциклона представља финални производ друге фазе припреме руде-гравитацијско основно флотирање минерала Pb.

У трећој фази се на основу структурно-текстурних и хемијских карактеристика сировине обавља процес селективне флотацијске концентрације. Флотирање олово-цинкове руде врши се по поступку „Šeridan-Grizvold“. Примарно се издваја концентрат Pb, секундарно Zn. Добијени груби концентрат са шаље на пречишћавање, где се уз додавање одређених реагенаса, флотацијском

концентрацијом добија њихов финални концентрат. Основно флотирање минерала Pb и Zn врши се у пнеумомеханичким флотацијским машинама типа FPM-GMO-1.6 запремине  $1.6 \text{ m}^3$ , а пречишћавање у флотацијским машинама типа FMP-10 запремине  $1.1 \text{ m}^3$ .

Четврта фаза се одвија у две етапе, а састоји се из одводњавања дефинитивних концентрата. Прва етапа четврте фазе се састоји из згушњавања, а друга из филтрирања. Финални концентрат Pb има 6-8 % влаге, а Zn 10-12 %. Филтрат се депонује у базене (посебно за Pb и Zn) где се врши таложeње најфинијих честица. Када се базени довољно напуне исталоженим материјалом, врши се његово прање и враћање материјала назад у згушњиваче. Овако припремљена руда селективно се флотацијски концентрише, при чему се прво одваја концентрат Pb, а иза тога Zn. Приликом флотације користе се следећи флотацијски реагенси: као колектори калијум-етил-ксантат и калијум-амил-ксантат; као модификатори комбинација натријум-цијанида и цинк-сулфата, бакар-сулфат и креч; и пенушач за смањење површинског напона и стварање стабилне пене-Dowfroth-250 (Ђокић и Јовановић, 2008) .

У петој фази се врши смештање јаловине. Приликом прераде руде као јаловина преостаје око 90 % материјала. Овај материјал се пулповодом, дужине око 1,300 m, при висинској разлици 120-200 m, гравитацијски транспортује до јаловишта. Песак хидроциклона служи за изградњу бране, а прелив одлази у таложно језеро где се депонују преостале најситније честице (сл. 23).

Вода са јаловишта се преко централног колектора „изводи“ са јаловишта (сл. 24).

Рудник и флотација Грот су посебним далеководом прикључени на власинску хидроелектрану Врла 4 одакле се снабдевају електричном енергијом. Погон се водом снабдева из главног извозног поткопа, а за потребе флотације индустријска вода се подмирује слободним падом из резервоара. Укупна потрошња воде у погону је  $3.5 \text{ m}^3/\text{t}$ .

У поступку флотацијске концентрације руде основни проблем је добијање селективних концентрата олова и цинка. Измене у поступцима флотацијске концентрације руде овај проблем су само делимично решиле. Руде рудника Грот су полиметаличне, па је и сам процес флотацијске концентрације сложен. Јаловински производи депоновани на јаловишту и њихови међусобни односи су такође сложени.



Сл. 23. Смештај флоотираног материјала на јаловиште рудника Грот



Сл. 24. Место „извођење“ воде са флотацијског јаловишта рудника Грот (испуст централног колектора)

## **II – 5. Аналитички поступци**

Геоморфологија околине, морфологија и морфометрија јаловишта условиле су примену аналитичког поступка за добијања научно валидних података, којима би се одредиле геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта рудника Грот.

Условљеност састава јаловине од морфологије и морфометрије јаловишта утицала је на примену специфичних метода за анализу међусобне корелативности.

Истраживања су обављана на терену, у кабинету и лабораторији.

### **II – 5. 1. Теренска испитивања**

Теренска испитивања су обављена у три етапе.

Прва етапа се састојала од оконтуривања јаловишта. Гранични положаји јаловиште-земљиште су геопозиционирани GPS уређајем. Оконтуривање је вршено ради добијања валидног актуелног податка о величини јаловишта и о односу са околним тереном-углавном земљиштем. Оконтуривање је извршено са 355 позиционираних тачака.

На терену су на јаловишту евидентиране разлике које су се односиле на величину класта, њихов материјални састав и боју. На основу генерализованих сличности (и разлика) на терену просторно су дефинисани: велики, јужни и југоисточни плато (са малом браном) и велика (главна) брана са каменом браном.

У другој етапи извршена су опробавања у оквиру просторно дефинисаних целина. Свака проба представља композит од 5 узорака који репрезентују површину од око 400 m<sup>2</sup>. Пробе су тачкасто прикупљане са дубине од око 15 cm. Тежина пробе је 0.7-1.5 kg. У деловима где су макроскопски више изражене променљивости физичких особина јаловине, вршена су гушћа опробавања. Укупно је прикупљено 250 проба.

У трећој етапи су гранични делови јаловишта-земљиште детаљније опробавани и анализирани.

Координате локације узоковања, просторна и медијумска припадност су приказане у табелама 4 и 5.

Укупно је прикупљено 50 узорака: 27 репрезентативних узорака са великог платоа, 5 узорака са јужног, 9 са југоисточног платоа и 9 узорака са падине велике бране (табела 4).

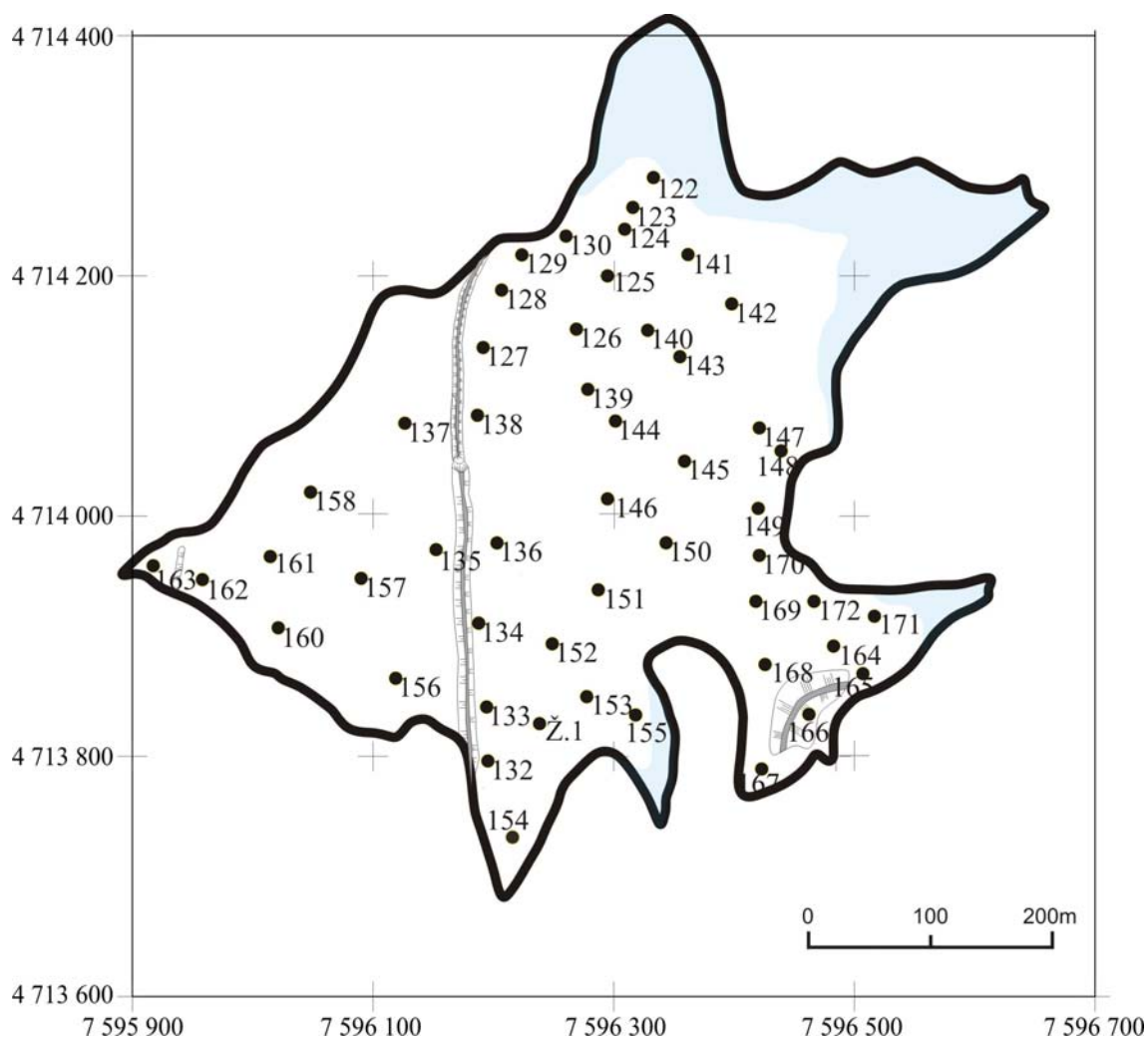
**Табела 4. Просторна припадност, евиденциони број и координате репрезентативних узорака са флотацијског јаловишта рудника Грот**

Просторна припадност	Број узорка	Координате	
		x	y
ВЕЛИКИ ПЛАТО	122	7596294	4714376
	123	7596294	4714364
	124	7596283	4714311
	125	7596251	4714249
	126	7596197	4714223
	127	7596154	4714166
	128	7596148	4714207
	129	7596148	4714251
	130	7596150	4714272
	133	7596140	4713864
	134	7596128	4713903
	136	7596145	4713975
	138	7596133	4714076
	139	7596172	4714128
	140	7596209	4714176
	141	7596265	4714210
	142	7596317	4714183
	143	7596267	4714135
	144	7596228	4714081
	145	7596296	4714055
	146	7596239	4714007
	147	7596280	4713975
	148	7596334	4713955
	149	7596296	4713916
	150	7596252	4713886
	151	7596203	4713907
	152	7596195	4713860

Просторна припадност	Број узорка	Координате	
		x	y
ЈУЖНИ ПЛАТО	132	7596123	4713828
	153	7596195	4713816
	154	7596202	4713745
	155	7596249	4713804
	Ž 1	7596150	4713822
ЈУГОИСТОЧНИ ПЛАТО	164	7595911	4713983
	165	7595686	4713674
	166	7596456	4713831
	167	7596423	4713818
	168	7596432	4713871
	169	7596395	4713924
	170	7596398	4714000
	171	7596463	4713907
	172	7595877	4713395
	ПАДИНА БРАНЕ	135	7596111
137		7596105	4714027
156		7596092	4713843
157		7596084	4713905
158		7596070	4713987
160		7596011	4713915
161		7595984	4713946
162		7595947	4713952
163		7595936	4713962

Контуре јаловишта и просторна припадност репрезентативних узорака приказани су на слици 25.



Сл. 25. Контуре јаловишта и скица положаја репрезентативних узорка на флотацијском јаловишту рудника Грот

На терену су систематски прикупљани узорци земљишта из околине јаловишта (табела 5, сл. 26). Узорци су прикупљани по гушћој мрежи у деловима који су под евидентно већим утицајем материјала са јаловишта, услед доминантних праваца дувања ветрова или због могућности плављења вода са јаловишта. Узорци су прикупљани са дубине од око 20 cm да би се максимално избегли рецентни утицаји јаловишта. Тежина проба земљишта је 0.7-1.5 kg. Прикупљено је 14 узорка земљишта.

Прикупљени су узорци вода: из потопљених делова јаловишта, из сабирног колектора, из Селишког и безименог потока који се формира јужно од

јаловишта и из извора који је хипсометријски виши у односу на јаловиште (табела 5, сл. 26). Воде су прикупљане у стерилним пластичним флашама запремине 2 л. Садржина флаше је конзервирана са 3 % HNO<sub>3</sub>. Укупно је прикупљено 13 узорака.

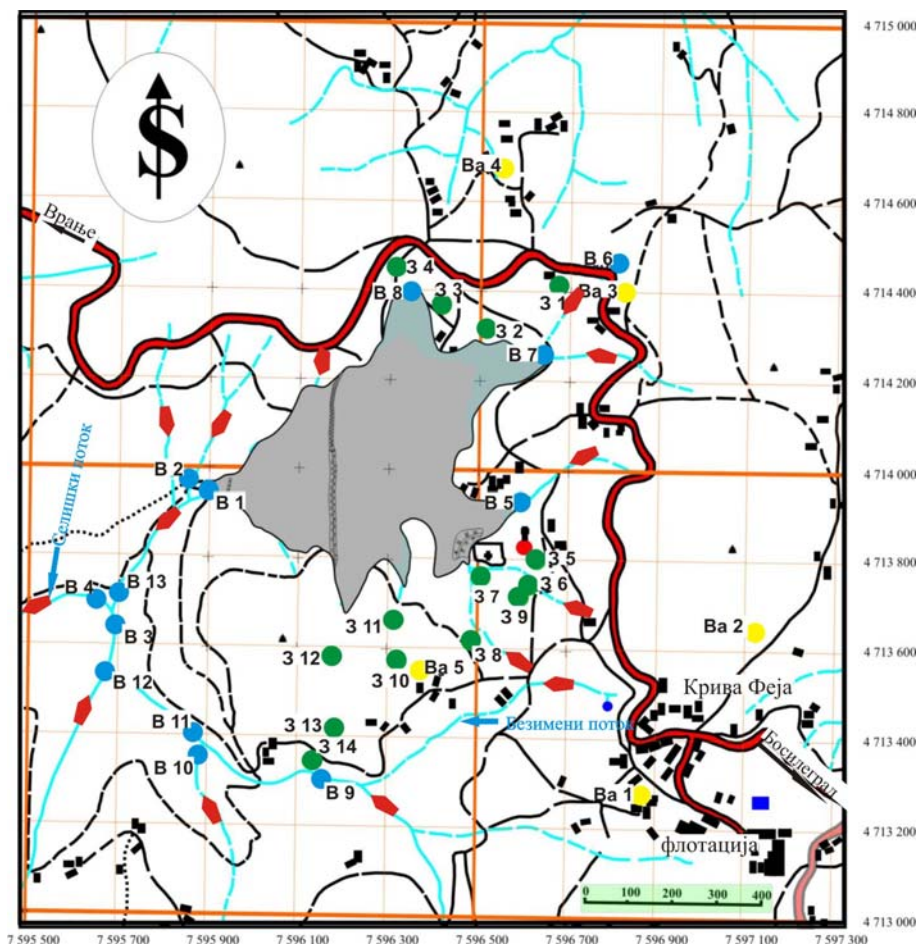
**Табела 5. Медијумска припадност, евиденциони број и координате репрезентативних узорака из околине флотацијског јаловишта рудника Грот**

Опробавани медијуми	Број узорка	Координате	
		x	y
ВОДА	B 1	7595891	4713952
	B 2	7595853	4713953
	B 3	7595681	4713677
	B 4	7595652	4713710
	B 5	7596535	4713927
	B 6	7596789	4714418
	B 7	7596606	4714259
	B 8	7596336	4714403
	B 9	7596086	4713302
	B 10	7595875	4713380
	B 11	7595886	4713404
	B 12	7595668	4713572
	B 13	7595697	4713679
	B 14	7596154	4713333
ВАЗДУХ	Ba 1	7596870	4713219
	Ba 2	7597111	4713616
	Ba 3	7596852	4714359
	Ba 4	7596562	4714652
	Ba 5	7596361	4713529

Опробавани медијуми	Број узорка	Координате	
		x	y
ЗЕМЉИШТЕ	3 1	7596696	4714426
	3 2	7596526	4714293
	3 3	7596426	4714352
	3 4	7596326	4714438
	3 5	7596636	4713784
	3 6	7596631	4713730
	3 7	7596512	4713746
	3 8	7596499	4713603
	3 9	7596602	4713698
	3 10	7596325	4713560
	3 11	7596315	4713646
	3 12	7596178	4713572
	3 13	7596185	4713411
	3 14	7596154	4713333

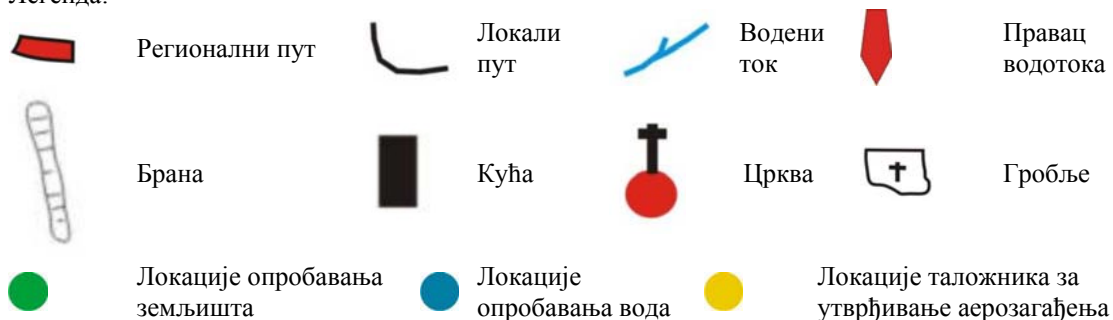
У околини флотацијског јаловишта је постављен систем таложника ради утврђивања (нивоа) загађености ваздуха у приземном слоју атмосфере (табела 5, сл. 26). Мерења су се односила на утврђивање загађености специфичним загађујућим материјама са јаловишта и из стационарних извора-ложишта у зимском периоду. Истраживања су опредељена за периодични (неконтинуирани) мониторинг у правилним размацима, како би свеобухватно дефинисали интервали и интензитети загађивања. Анализа узорака из таложника је кумулативна за одређени просторни и временски период. Таложници су постављени у близини флотације (сл. 26/Ba1) и североисточно од ње (сл. 26/Ba2); и североисточно (сл. 26/Ba3) северно (сл. 26/Ba4) и јужно (сл. 26/Ba5) од јаловишта. Интервали анализирања су везани за опробавања у јесењем циклусу (октобар, новембар,

децембар), зимском циклусу (јануар, фебруар, март), пролећном циклусу (април, мај, јун) и летњем циклусу (јул, август, септембар).



Сл. 26. Места опробавања вода, земљишта и таложника за утврђивање аерозагађења из околине флотацијског јаловишта рудника Грот

Легенда:





## **II – 5. 2. Кабинетска испитивања**

Кабинетска испитивања су отпочета прикупљањем и обрадом литературног (углавном фондовског) материјала који се бави геолошком проблематиком околине јаловишта рудника Грот. Прикупљена су и анализирана искуства у геохемијском проучавању и анализирању других техногених јаловишта, превасходно Pb-Zn рудника, у свету и код нас.

Кабинетска испитивања су обухватила и детаљну аналитичку обраду геолошких и геохемијских података коришћених приликом израде „Катастра техногених јаловишта“, који су директно или индиректно третирали флотацијско јаловиште рудника Грот, али и истраживања јаловишта која имају сличне особине.

Фотографије су обрађена у програму AdobePhotoshop C52, а графички део докторске дисертације у CorelDRAW X3 и у Surferu 8. Статистичка обрада добијених аналитичких вредности рађена је у програму Excel 2007.

## **II – 5. 3. Лабораторијска испитивања**

Лабораторијска испитивања су вршена ради утврђивања квалитативних и квантитативних садржаја и међусобног односа елемената у јаловинском материјалу. Анализе су делом изведене на основу антиципација формираних приликом катастаризације јаловишта.

Прикупљени узорци су подвргнути следећим лабораторијским испитивањима:

- рендгенском дифракционом анализом (Rö),
- скенирајућом електронском микроскопијом (SEM),
- рендгенском флуоресцентном спектрометријом (XRF),
- гранулометријском анализом
- хемијском анализом (AAS).

### Рендгенска испитивања (Rö)

Припрема проба и рендгенска испитивања извршена су у лабораторији за кристалографију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Анализе су рађене на дифрактометру за прах марке Philips PW 1710 под следећим експерименталним условима:

- употребљено је зрачење са антикатоде бакра таласне дужине  $\text{CuK}\alpha = 1,54178 \text{ \AA}$ ,
- коришћен је графитни монохроматор,
- радни напон на цеви је  $U = 40 \text{ kV}$ , јачина струје  $I = 30 \text{ mA}$ ,
- узорци су испитани у опсегу  $5\text{-}65^\circ 2\theta$ ,
- корак у току испитивања је  $0,02^\circ$ , временско задржавање  $0,25 \text{ s}$  по кораку.

Добијени подаци о положају дифракционих максимума  $2\theta$  ( $^\circ$ ), вредности међуплосних растојања  $d$  ( $\text{Å}$ ) и одговарајући интензитети  $I$  (IMR) дати су графички. Упоредивањем добијених вредности  $I$  и  $d$  са литературним подацима и JCPDS стандардима, идентификоване су присутне кристалне фазе.

Ова испитивања су вршена на хомогенизованим композитним узорцима.

Рендгенски је испитивано 6 узорка са јаловишта рудника Грот. Анализиран је по један композитни узорак формиран од репрезентативних са великог и јужног платоа. Са југоисточног платоа су анализирана два узорка. Један представља репрезент простора око мале бране (композит репрезентативних узорака ознака 165, 166 и 167), а други простора према великом платоу (композит репрезентативних узорака ознака 164, 168, 169, 170, 171 и 172). Са падине велике бране овом методом су испитивана два узорка. Први представља композит репрезентативних узорака простора око камене бране (узорци 160, 161, 162 и 163), а други виших делова, према круни бране (композит репрезентативних узорака 135, 137, 156, 157 и 158).

### Скенирајућа електронска микроскопија (SEM)

Припреме узорака и испитивања су вршена у лабораторији за скенирајућу електронску микроскопију са енерго-дисперзионом спектрометријом (SEM-EDS) Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Анализе су вршене на електронском микроскопу JEOL JSM-6610LV.

Метода је примењена ради добијања квалитативних и семиквантитативних хемијских концентрација елемената који одређују карактеристике јаловине, и морфолошких карактеристика материјала. Ради добијања поузданих квантитативних хемијских анализа, узорци су направани златом.

Анализе су рађене на композитним пробама које репрезентују флотацијско јаловиште рудника Грот. Укупно је урађено 68 анализа.

На великом платоу утврђиван је:

- хемијски састав 5 класа минерала из полираних узорака  $< 0.1$  mm који репрезентују северни (ознаке узорака 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147 и 148) и јужни део (ознаке узорака 133, 134, 136, 146, 149, 150, 151 и 152) великог платоа, и хемијски састав једне класе минерала из минералних агрегата који доминирају,

- хемијски састав 7 полираних узорка  $> 0.8$  mm и 2 анализе минералних агрегата из овог узорка,

- хемијски састав 5 неполираних узорака следећег гранулометријског опсега:  $< 0.1$  mm, 0.1-0.2 mm, 0.2-0.5 mm, 0.5-0.8 mm и  $> 0.8$  mm. У узорцима је анализирана 31 класа минерала.

На јужном платоу је анализиран хемијски састав карактеристичног минералног агрегата, и састав 6 класа минерала који га изграђују.

На југоисточном платоу хемијски састав скенираног узорка, 4 анализе доминантних класа минерала из овог узорка и 3 анализе класа минерала из минералног агрегата

На падини велике бране утврђиван је хемијски састав 2 класе минерала агрегата из близине камене бране и 1 анализа агрегата из близине круне бране.

### **Рендгенска флуоресцентна спектрометрија (XRF)**

Испитивања су вршена на ручном XRF XLT-592 analyzer у лабораторији „Геолошког Института Србије“ у Београду. За пренос и обраду података коришћен је софтверски програм NDT (NITON Data Transfer). Анализе су извршене на хомогенизованим узорцима који репрезентују површину од око 400 m<sup>2</sup>.

Рендгенска флуоресцентна спектрометрија (рендгенска емисиона спектрометрија са секундарним побуђивањем) је метода квалитативне и квантитативне анализе која се базира на мерењу таласних дужина, енергије зрачења и интензитета рендгенских спектралних линија насталих секундарним побуђивањем. Као побуда се користи закочно зрачење из уређаја, а детектор јонизујућег електромагнетног зрачења је рендгенска цев. Анализирани су следећи елементи: Sb, Fe, Pb, Zn, Mn, Cu, As, Ni, Co, Mo, Sn, Cr, Ag, Zr, Sr, Cd, W, Bi, V и Ti. Праг детекције методе је 50 ppm.

Анализирано је укупно 50 узорака са јаловишта рудника Грот: 27 са великог, 5 са јужног, 9 са југоисточног платоа и 9 са велике бране.

### **Гранулометријска анализа**

Припрема и анализа је вршена у лабораторији за петрологију, палеонтологију и минералологију „Геолошког института Србије“ у Београду. Припрема се састојала из просејавања на ситима са отворима 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm и 0.05 mm и пипетирања.

Гранулометријска анализа је примењена ради утврђивања величине зрна и честица и њихове дистрибуције у материјалу са јаловишта. Укупно је анализирано 9 узорака и то: са великог платоа (ознаке узорака 134, 144, 145 и 148), југоисточног платоа (ознака узорка 171) и са падине бране (ознаке узорака 157, 158, 161 и 162).

### **Хемијска анализа (AAS)**

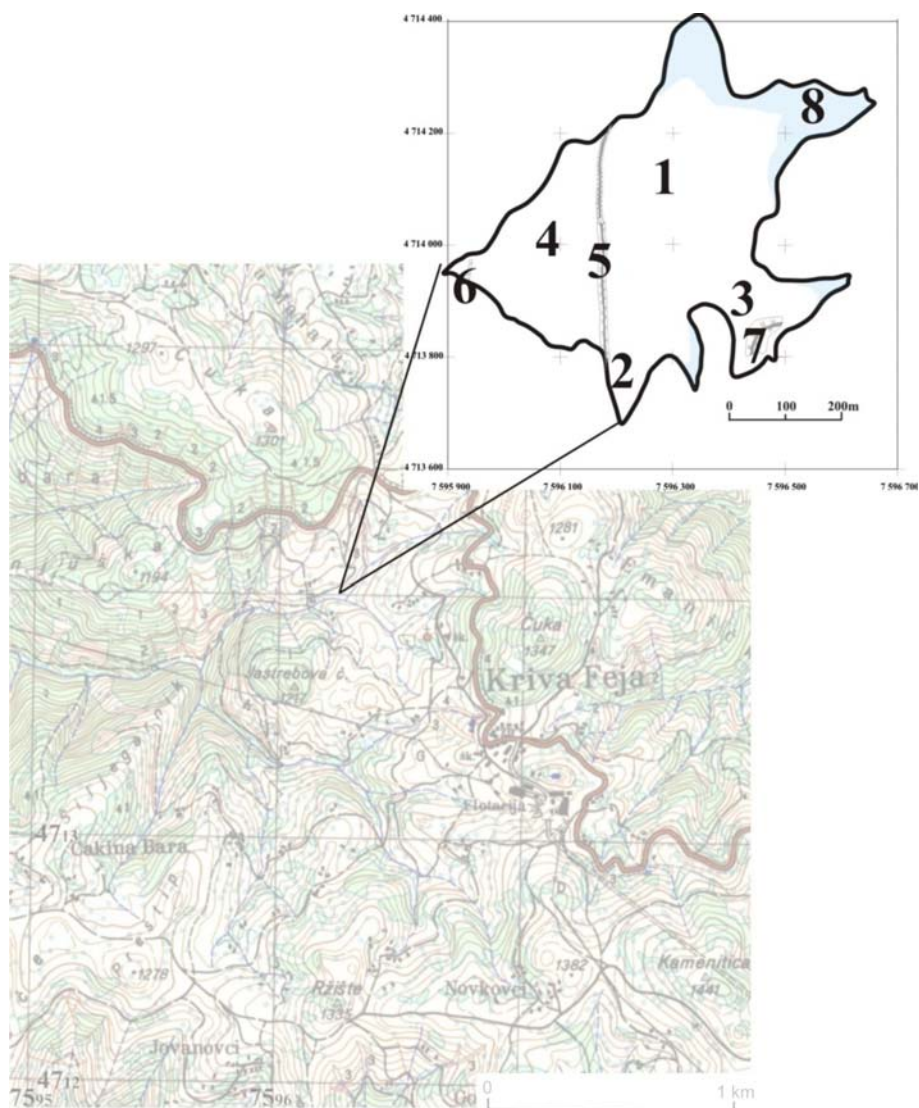
Припрема узорака и испитивања су вршена у хемијској лабораторији „Геолошког Института Србије“ у Београду.

Хемијска анализе узорака воде, земљишта и ваздуха (таложне материје) су укључиле методу атомске апсорпционе спектрофотометрије којом је одређивана квалитативна и квантитативна концентрација Cr, Co, Pb, Zn, Cu, Fe, Ni, Cd, W, As, Hg, Sn и Sb. Методом пламене технике утврђиван је садржај Cr, Co, Pb, Zn, Cu, Fe, Ni, Cd, W, а хидридном техником As, Hg, Sn и Sb. Узорци земљишта су превођени у раствор који је добијен додавањем воде на 10 g узорка чиме су добијени раствори нитрата и хлорида. Анализирано је 14 узорака земљишта, 13 узорака вода и 20 узорака таложних материја из ваздуха.

### III - СПЕЦИЈАЛНИ ДЕО

#### III – 1. Делови јаловишта рудника Грот

Јаловиште рудника Грот се налази северозападно од Криве Феје (сл. 27).



Сл. 27. Географски положај и делови флотацијског јаловишта рудника Грот  
Легенда: 1. велики плато, 2. јужни плато, 3. југоисточни плато, 4. падина бране,  
5. велика брана, 6. камена брана, 7. помоћна брана, 8. потопљени делови јаловишта

Јаловиште је долиноског типа. Настало је преграђивањем узводно од Селишког потока. Јаловински материјал представља антропогени седимент депонован у долину Селишког потока.

Одлагање материјала у Селишком потоку је отпочело 1974. године формирањем иницијалне (сада велике) бране.

На јаловишту су макроскопски уочене материјалне и структурне разлике у плану и профилу. Ове разлике се, макроскопски, огледају у смени светлих и тамних минерала (сл. 28).



Сл. 28. Смена светлих и тамних минерала на профилу са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

На разлике у саставу јаловине утичу ендегени и егзогени фактори.

Основни ендегени фактор је различити минералошко-петролошки састав руде у хронолошким интервалима екстракције (материјалне разлике јаловинског материјала). Различито третирање руде у припреми и флотацији индиректно утиче

на формирање структурних разлика у јаловини-пре свега утиче на разлике у величини гранула (класта).

Најважнији егзогени фактор који утиче на различит састава јаловине јесте ветар. Под његовим утицајем врши се реседиментација материјала (сл. 29). Еолски утицаји су најизраженији у летњим месецима када је површина јаловишта сува (Ђокић и др., 2011). Подизање материјала са јаловишта настаје када је дејство аеродинамичке силе ветра на зрна (класте) веће од деловања осталих сила-пре свих гравитационе. Процес подизања, емисије и концентрације зависи од дисперзног састава и облика најситнијих честица, њиховог минералошког и хемијског састава, густине и влажности коју најситнија фракција задржава на површини, величина површине честица и изложености ветру доминантног смера (Ђокић и Јовановић, 2010) .



Сл. 29. Развејавање најситнијих фракција са површине великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Анализом материјала из долина у којима је вршено примарно депоновање потврђен је утицај и интеракција егзогених и ендегених фактора. Ови фактори су утицали да особине у оквиру просторних јединица генерално буду хомогене, а између њих хетерогене. На овај начин у плану су дефинисани раније издвојени простори депоновања и реседиментације:

- велики плато (сл. 30),
- јужни плато (сл. 31),
- југоисточни плато (сл. 32),
- велика брана (падина, сл. 33).



Сл. 30. Велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 31. Јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 32. Југоисточни плато флотацијског јаловишта рудника Грот

У најнижим деловима велике бране, у њеном корену је, из сигурносних разлога, формирана камена брана (сл. 34).



Сл. 33. Велика брана (и круна бране) флотацијског јаловишта рудника Грот

Године 2002. југоисточно од великог платоа (југоисточни плато) формирана је помоћна брана (сл. 35).



Сл. 34. Камена брана флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 35. Помоћна брана флотацијског јаловишта рудника Грот

Након формирања помоћне, настављено је одлагање јаловинског материјала на великој брани.

Висина од круне бране до сабирног колектора је 73 m.

Површина јаловишта је 23 h 65 а 54 m<sup>2</sup>.

У докторској дисертацији ће преко геохемијска својства конститутивних делова бити приказана својства комплетног јаловишта.

### **III – 1. 1. Геохемијске карактеристике великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Геохемијске карактеристике великог платоа су утврђиване:

- рендгенском дифракционом анализом (R<sub>0</sub>)
- скенирајућом електронском микроскопијом (SEM)
- рендгенском флуоресцентном спектрометријом (XRF)
- гранулометријском анализом

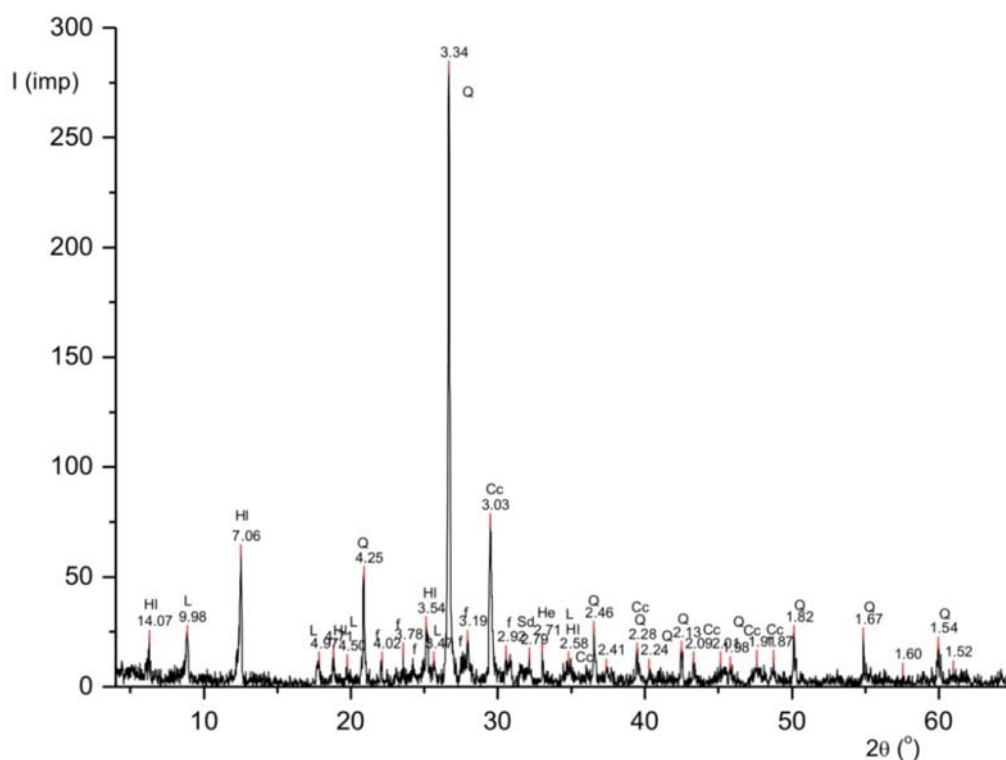
### III – 1. 1. 1. Рендгенска дифракциона анализа узорка са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

У хомогенизованом узорку, репрезенту великог платоа, рендгенском анализом констатовани су минерали из класе силиката, карбоната и оксида (табела 6, сл. 36).

Табела 6. Идентификовани минерали (класе) и њихов хемијски састав - репрезентативни узорак са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Идентификовани минерали	Хемијски састав минерала	Класе минерала
кварц	SiO <sub>2</sub>	силикатне
хлорити	(Mg, Fe, Al) <sub>6</sub> (OH) <sub>8</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	силикатне
лискуни	K(Mg,Fe) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )	силикатне
фелдспати	(NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )-(CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )-(KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	силикатне
калцит	CaCO <sub>3</sub>	карбонатне
сидерит	FeCO <sub>3</sub>	карбонатне
хематит	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	оксидне

Кварц је најзаступљенији минерал, а иза њега хлорити и лискуни. У квантитативном смислу подређени су карбонати калцит (заступљенији) и сидерит и сасвим подређени фелдспати (вероватно плагиокласи) и хематит.



Сл. 36. Рендгенски дифрактограм репрезентативног узорка са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Легенда: Q - кварц, HI - хлорит, L - лисун, f - фелдспат, Cc - калцит, Sd - сидерит, He - хематит

### III – 1. 1. 2. Скенирајуће електронско-микроскопске анализе хомогенизованих узорка са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Ове анализе су рађене на полираним и неполираним хомогенизованим узорцима који репрезентују северне и јужне делове великог платоа.

У зависности од величина зрна, у узорку су утврђене разлике у квалитативном и квантитативном смислу.

### ПОЛИРАНИ УЗОРЦИ ГРАНУЛОМЕТРИЈСКОГ ОПСЕГА < 0.1 mm (ВЕЛИКИ ПЛАТО ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ)

У овом гранулометријском опсегу анализирани су репрезентативни узорци са северног и јужног платоа. У узорку који репрезентује северни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот констатоване су:

- сулфидне класе,
- фосфатне класе,
- силикатне класе и
- оксидне класе минерала (табела 7, сл. 37, Бабич, 2003).

**Табела 7. Хемијски састав и класе минерала зрна репрезентативног полираног узорка гранулометријског опсега < 0.1 mm - северни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).**

Ознаке анализа	Анализирани елементи									Класе минерала
	O	Si	P	S	Ca	Mn	Cl	Fe	F	
СП. 1	<г.д.	<г.д.	<г.д.	47.8	<г.д.	<г.д.	<г.д.	52.2	<г.д.	сулфидне
СП. 2	<г.д.	<г.д.	<г.д.	46.5	<г.д.		<г.д.	53.5	<г.д.	
СП. 3	39.2		19.0		36.9		0.2	<г.д.	4.7	фосфатне
СП. 4	53.3	46.7	<г.д.	<г.д.	<г.д.		<г.д.	<г.д.	<г.д.	силикатне
СП. 5	22.2	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	0.5	<г.д.	77.3	<г.д.	оксидне

Легенда: < г. д. - испод границе детекције методе

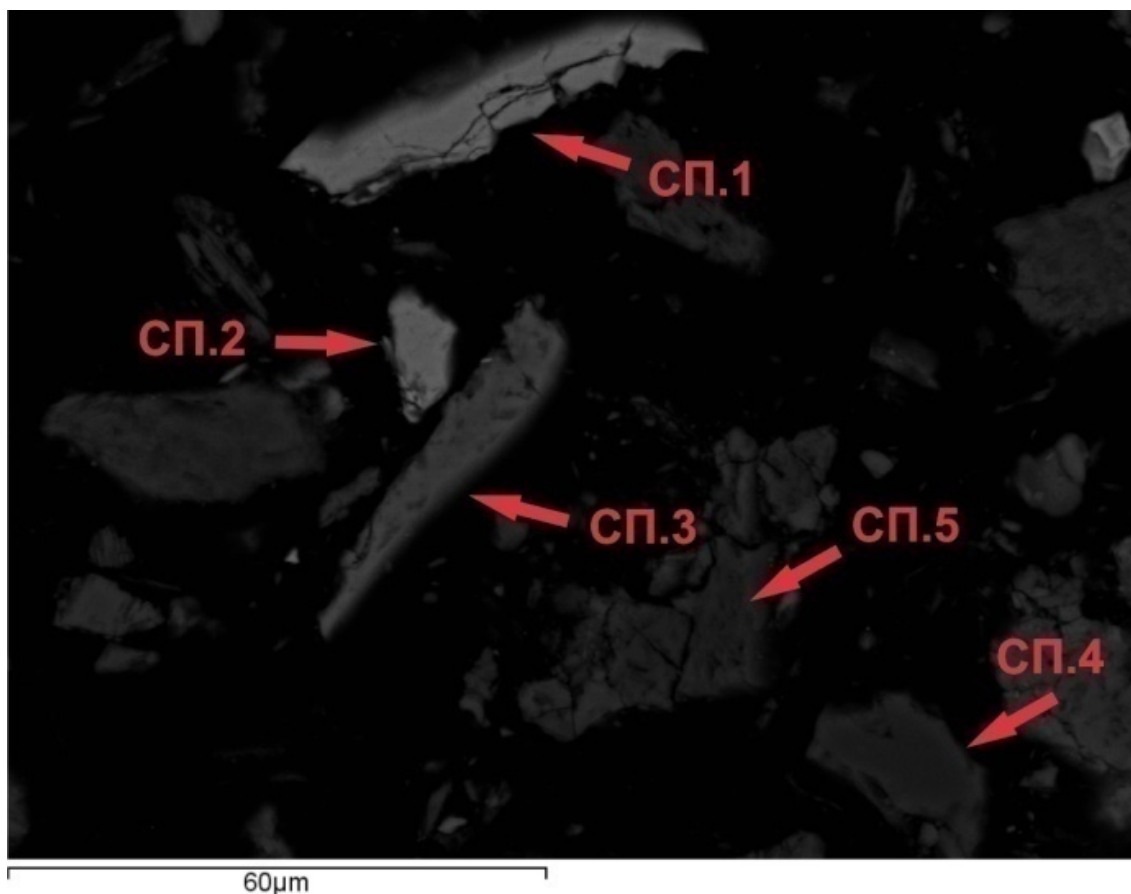
Зрна сулфидне класе северног дела великог платоа су угласта. Ивице зрна су нагрижене хемикалијама коришћеним при флотацијској концентрацији руде (сл. 37). Димензије класта су од 50 x 10  $\mu\text{m}$  до 15 x 5  $\mu\text{m}$ . Зрно из анализе СП. 1 је издужено у односу 1:6, а из СП. 2 у односу 1:2. Уочене су пукотине које су паралелне и управне са издужењем.

Зрно фосфатне класе је издужено у односу 1:7 (сл. 37). Димензије зрна су 50 x 7  $\mu\text{m}$ . У репрезентативном композитном узорку са северног платоа једино је у анализи СП. 3 констатовано присуство Ca (36.9 %) и P (19.0 %, табела 7).

Зрно силикатне класе је угласто и димензија 20 x 15  $\mu\text{m}$  (сл. 37).

Зрно оксидне класе је испуцало мрежом пукотина без међусобне оријентације (сл. 37). Ово зрно има димензије 50 x 20  $\mu\text{m}$ . Пукотине су већим

делом последица транспорта јаловине од флотацијског постројења до јаловишта. У репрезентативном узорку са северног платоа, једино је у анализи СП. 5 констатован Mn (табела 7).



Сл. 37. Анализиране класе минерала из репрезентативног полираног узорка величине зрна  $< 0.1 \text{ mm}$  - северни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 1 и СП. 2 сулфидне класе, СП. 3 фосфатна класа, СП. 4 силикатна класа, СП. 5 оксидна класа

У узорку са јужног дела великог платоа констатоване су:

- силикатне класе
- сулфидне класе
- оксидне класе
- оксидне (силикатне) класе минерала (табела 8, сл. 38)

Силикатна класа минерала јавља се у зрнима чије су ивице заобљене и нагрижене дејством киселина при флотацијској концентрацији руде (сл. 38). Димензије зрна су од 70 x 30  $\mu\text{m}$  до 30 x 25  $\mu\text{m}$ . У репрезентативном узорку из јужног дела великог платоа, једино је у анализи СП. 1 констатован Na (0.7 %), Ba (1.4 %) и K (12.0 %, табела 8).

Зрно сулфидне класе је оштрих ивица, угластих форми и димензија 20 x 10  $\mu\text{m}$  (сл. 38).

Оксидна класа се јавља у зрнима величине 25 x 15  $\mu\text{m}$  (сл. 38). Зрна су у микропрслинама без међусобних оријентација.

Зрно класе оксида (силиката) је издужено у односу 1:4 (сл. 38). Димензије зрна су 40 x 10  $\mu\text{m}$ . Зрно је испуцало системом пукотина које су генерално паралелне са издужењем.

**Табела 8. Хемијски састав класа минерала зрна репрезентативног полираног узорка гранулометријског опсега < 0.1 mm - јужни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).**

Ознаке анализа	Анализирани елементи											Класе минерала
	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Mn	Fe	Ba	
СП.1	46.0	0.7		9.5	30.4		12.0				1.4	силикатне
СП.2	53.2		<г.д.		46.8	<г.д.		<г.д.	<г.д.	<г.д.		
СП.3	<г.д.			<г.д.		47.7				52.3		сулфидне
СП.4	24.4	<г.д.	4.9		<г.д.		<г.д.	7.9	11.9	50.9	<г.д.	оксидне
СП.5	38.7		7.4	10.6	14.1	<г.д.		<г.д.	3.2	26.0		оксидне (силикатне).

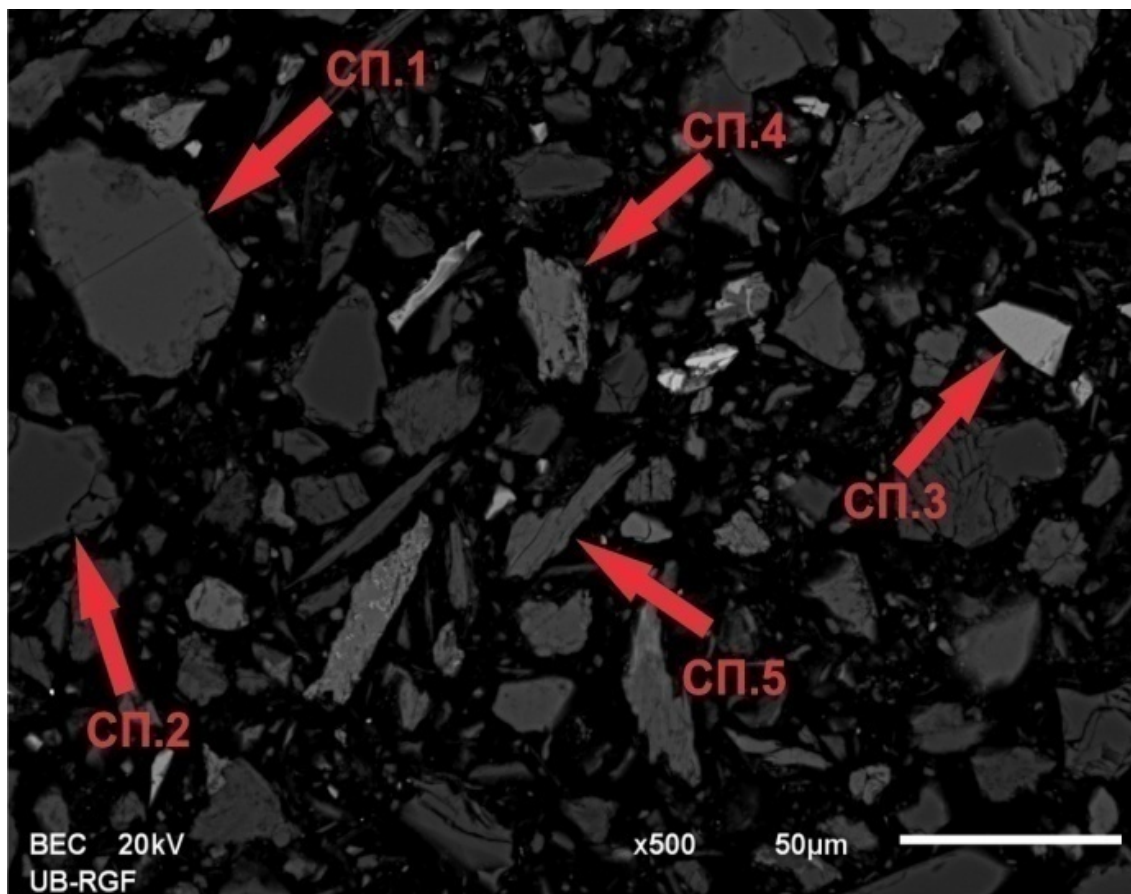
Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Упоредне анализе хемијских састава заједничких класа минерала из репрезентативних узорака северног и јужног дела великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот указале су на разлике у квалитативном и квантитативном погледу (табела 9). Разлике су настале због различитих временских интервала депоновања, делом и услед еолског реседиментовања јаловинског материјала.

Сулфидне класе минерала са северног и јужног дела великог платоа се разликују у квантитативној заступљености Fe и S (табела 9).



Зрна оксидне класе су испуцала и на северном и на јужном делу великог платоа као последица припреме руде у флотацији и транспорта јаловине. У зрнима оксидне класе минерала уочене су различите концентрације О, Fe и Mn. У анализи зрна из јужног дела великог платоа утврђено је присуство Са (7.9 %) и Mg (4.9 %, табела 9).



Сл. 38. Анализиране класе минерала из репрезентативног полираног узорка са величином зрна < 0.1 mm - јужни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот. Легенда: СП. 1 и СП. 2 силикатне класе, СП. 3 сулфидна класа, СП. 4 оксидна класа, СП. 5 оксидна (силикатна) класа

**Табела 9. Упоредни хемијски састав заједничких класа минерала зрна репрезентативног полираног узорка гранулометријског опсега < 0.1 mm - северни и јужни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).**

Класа минерала	Плато	Анализирани елементи										
		O	Si	S	Mn	Fe	Mg	Ca	Na	Al	K	Ba
Сулфидна	северни	<г.д.	<г.д.	47.8-46.5	<г.д.	53.5-52.2	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.
	јужни	47.7		52.3								
Оксидна	северни	22.2	<г.д.	<г.д.	0.5	77.3	4.9	7.9	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.
	јужни	24.4			11.9	50.9						
Силикатна	северни	53.3	46.7	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	0.7- <г.д.	9.5- <г.д.	12.0- <г.д.	1.4- <г.д.
	јужни	53.2-46.0	46.8-30.4	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.

Легенда: < г. д. - испод границе детекције методе

У силикатним класама минерала јужног дела великог платоа констатовани су O и Si у различитим квантитативним односима. У узорку из јужног дела великог платоа утврђено је Na (0.7 %), Al (9.5 %), K (12.0 %) и Ba (1.4 %, табела 9).

У репрезентативном узорку са северног дела великог платоа присутна је још фосфатна класа минерала, (табела 7/СП. 3), а на јужном делу комбинација оксидне и силикатне (табела 8/ СП.5).

На геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта рудника Грот утичу и агрегати минерала из северног и јужног дела великог платоа (сл. 39 и 40). Хемијске анализе представљају састав доминантне минералне класе из агрегата (табела 10).

Агрегат минерала чије анализирано зрно у хемијском смислу одговара оксиду Fe је из северног дела великог платоа. Агрегат минерала је заобљен и нема јасну геометријску форму. Димензије су 20 x 10  $\mu\text{m}$ . Ивице су хемијским агенсима „нагрижене“. Величина зрна је 10 x 7  $\mu\text{m}$  - 7 x 5  $\mu\text{m}$ .

У минералном агрегату северног дела великог платоа јаловишта рудника Грот у садржајима изнад 1 % утврђени су O, Fe (табела 10/СП. 1, сл. 39).

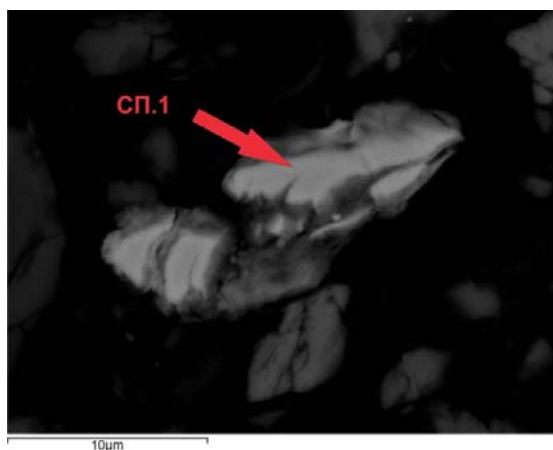
Агрегат минерала чији класт у хемијском смислу одговара Pb оксиду је уочен на јужном делу великог платоа јаловишта рудника Грот. Агрегат минерала

је димензија 5 x 5  $\mu\text{m}$ . Класти су много ситније него у северном делу. У садржајима изнад 1% јављају се Pb, O, Fe, Si и Ca (табела 10/СП. 2, сл. 40).

**Табела 10. Хемијски састав и класе минерала зрна из агрегата репрезентативних узорка гранулометријског опсега < 0.1 mm - северни и јужни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).**

Велики плато	Ознаке анализа	Анализирани елементи								Класе минерала
		Fe	Ca	O	Si	Al	Mn	Cr	Pb	
Северни део	СП.1	76.2	0.2	22.5	0.3	<г.д	0.5	0.3	<г.д	Fe оксидне
Јужни део	СП.2	4.0	1.2	10.3	1.4	0.9	<г.д	<г.д	82.2	Pb оксидне

Легенда: < г. д. - испод границе детекције методе



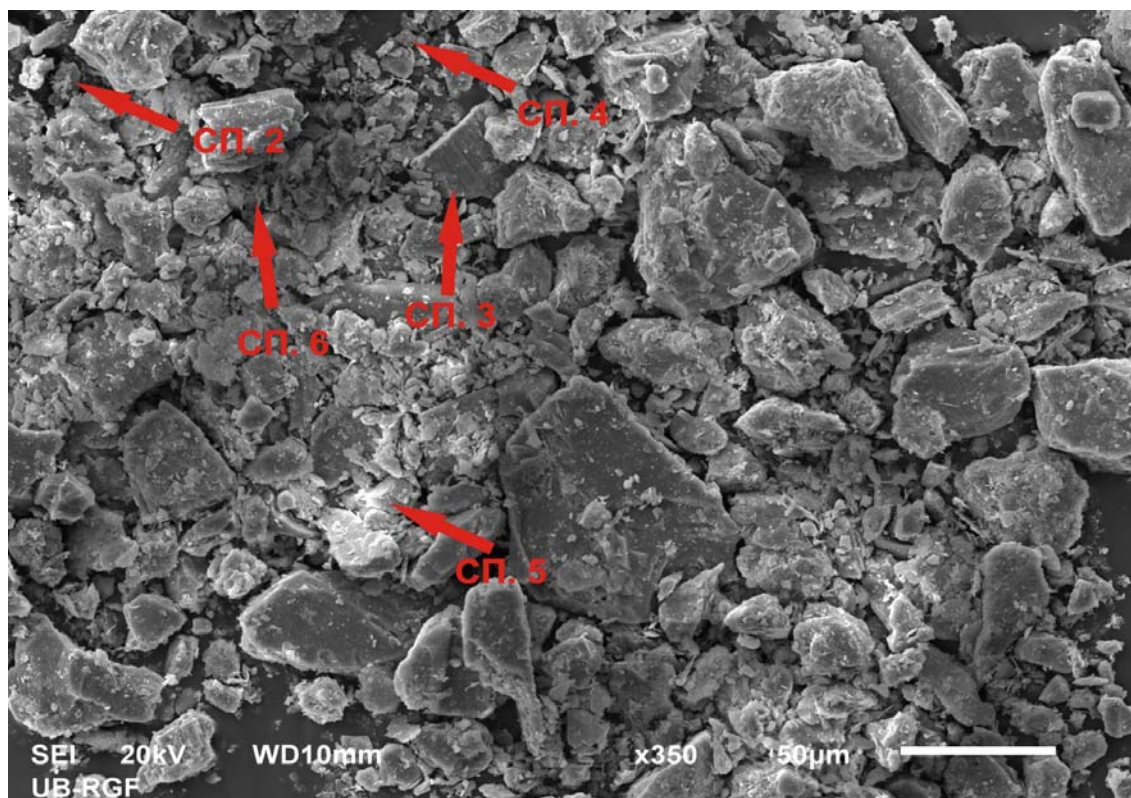
Сл. 39. Агрегат минерала из репрезентативног полираног узорка величине зрна < 0.1 mm - северни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл 40. Агрегат минерала из репрезентативног полираног узорка величине зрна < 0.1 mm - јужни део великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

## НЕПОЛИРАНИ УЗОРАК СА ЗРНИМА ВЕЛИЧИНЕ < 0.1 mm (ВЕЛИКИ ПЛАТО ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ)

Анализе неполираног узорка са зрнима величине < 0.1 mm показале су квалитативну и квантитативну хемијску нехомогеност (сл. 41 и 42).



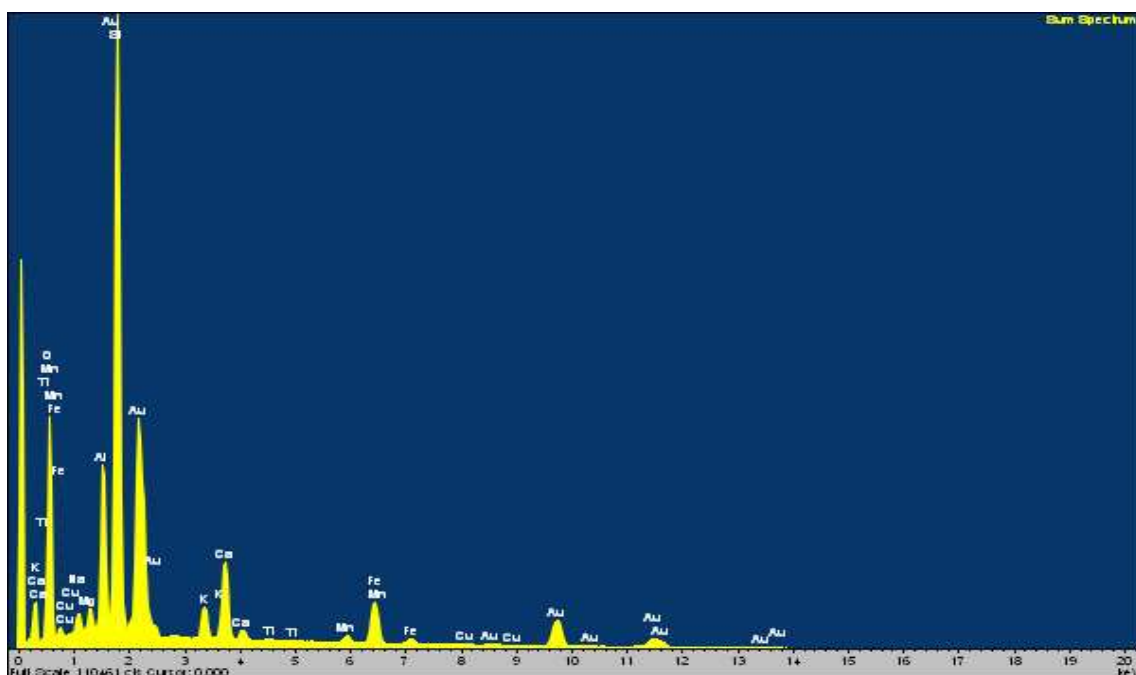
Сл. 41. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

Легенда: СП. 2 класа оксидна (силикатна, карбонатна), СП. 3 класа сулфидна, СП. 4 класа сулфидна (оксидна, карбонатна), СП. 5 класа карбонатна (фосфатна) и СП. 6 класа фосфатна (карбонатна)

У узорку је на основу спектра хемијског састава, у теоријском смислу, утврђено присуство силикатне, оксидне и карбонатне класе минерала (табела 11, сл. 42). У садржајима изнад 1 % јављају се О, Si, С, Fe, Al, Са и К (табела 11).

Табела 11. Хемијски састав неполираног узорка величине зрна < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100%)

Анализирани елементи																Класе минерала	
С	О	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb	Pb	силикатне (оксидне и карбонатне)
14.9	47.3	0.9	0.7	4.6	17.4	0.8	1.5	3.8	0.2	0.7	5.2	0.3	0.2	0.4	0.5	0.6	



Сл. 42. Спектар хемијског састава репрезентативног неполираног узорка величине зрна < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

Анализом одабраних зрна констатоване су следеће класе минерала:

- оксидне (силикатне и карбонатне),
- сулфидне,
- сулфидне (оксидне и карбонатне),
- карбонатне (фосфатне),
- фосфатне (карбонатне, табела 12).

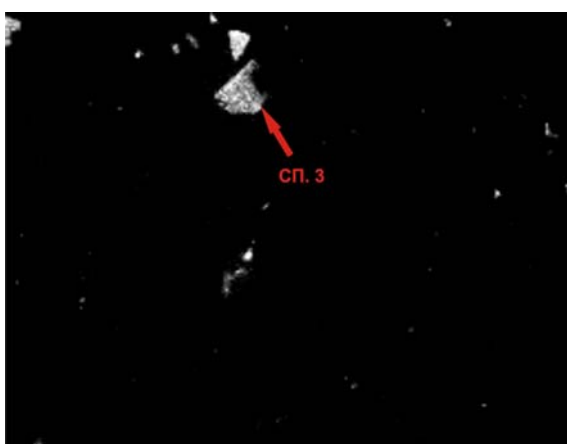
Табела 12. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорка гранулометријског опсега < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).

Ознака анализа	Анализирани елементи																	Класе минерала	
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb		Pb
СП.2	6.1	35.5	1.1	<г.д.	1.6	4.5		<г.д.	0.2	0.4	<г.д.	0.7	49.6	0.3	<г.д.			<г.д.	оксидне (силикатне - карбонатне)
СП.3	<г.д.	6.3	<г.д.		0.4	1.9	<г.д.	45.4	<г.д.	<г.д.			46	<г.д.		<г.д.	<г.д.		сулфидне
СП.4	19.3	14.3	0.9	0.3	2.0	3.1		15.7	0.5	0.5	0.2		1.7		40.2			1.0	сулфидне (оксидне - карбонатне).
СП.5	9.9	48.7		<г.д.	0.4	0.6	13.6		<г.д.	23.7		<г.д.	0.5	0.3		0.6	1.0	0.7	карбонатне (фосфатне)
СП.6	10.9	35.2	<г.д.	0.2	1.0	1.2	16.7		0.4	31.7	<г.д.		0.4	0.4	<г.д.	0.8	1.1	<г.д.	фосфатне (карбонатне)

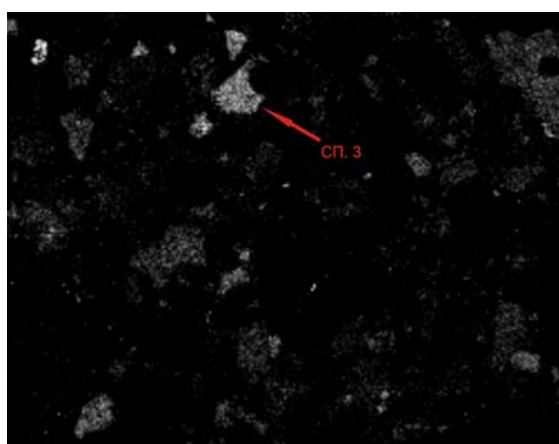
Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Агрегат оксидне (силикатне и карбонатне) класе минерала је величине  $15 \times 10 \mu\text{m}$  (сл. 41). У хемијској анализи агрегата у вишим концентрацијама него у репрезентативном узорку констатовани су Na и Fe (табела 11 и 12). Једино је у овој анализи утврђено присуство Mn (табела 12).

Анализа СП. 3 представља хемијски састав агрегата у коме је доминантна сулфидна класа минерала. У физичком смислу она представља зрно Fe сулфида на које су „налепљене“ силикатне класе минерала (табела 12).



Сл. 43. Концентрације S у сулфидној класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна  $< 0.1 \text{ mm}$  - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

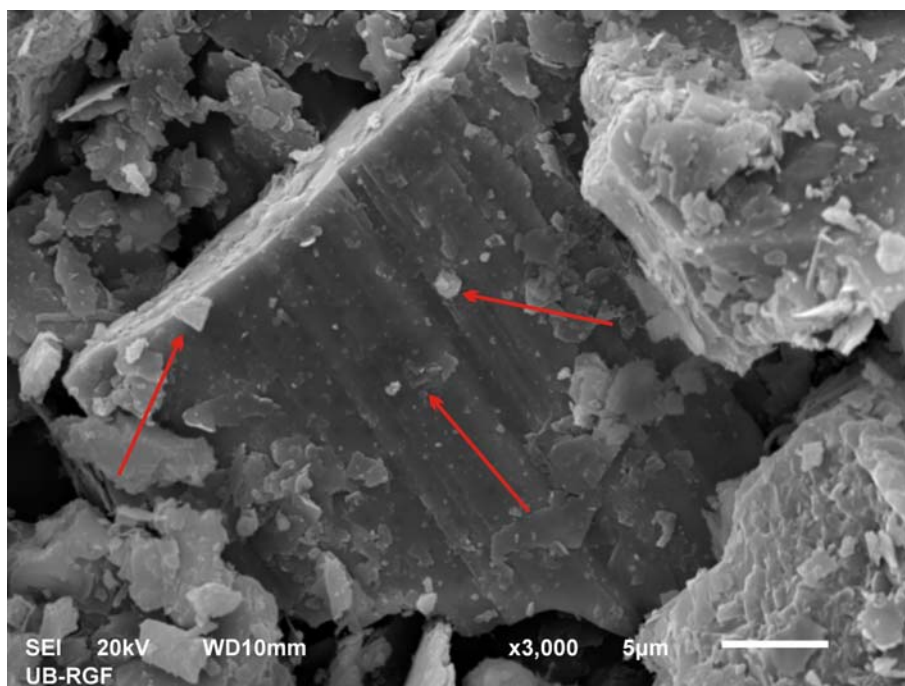


Сл. 44. Концентрације Fe у сулфидној класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна  $< 0.1 \text{ mm}$  - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

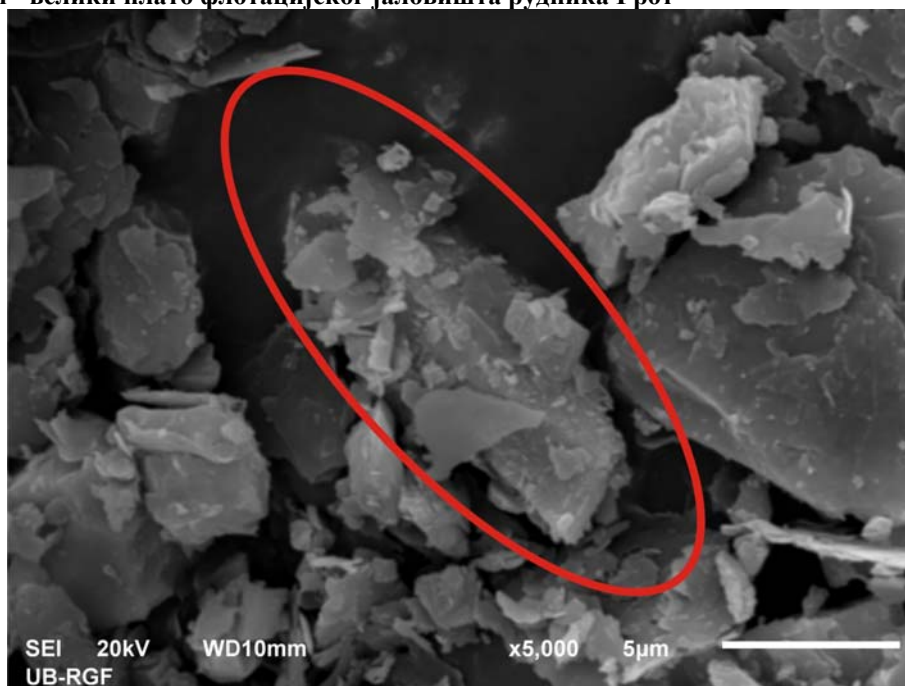
Димензије сулфидног зрна су  $80 \times 60 \mu\text{m}$ . Зрна силикатних минерала су много ситнија (сл. 45).

У анализи ове класе минерала, садржаји Fe и S су вишеструко виши него у репрезентативном узорку, а концентрације осталих анализираних елемената су ниже (табеле 11 и 12).

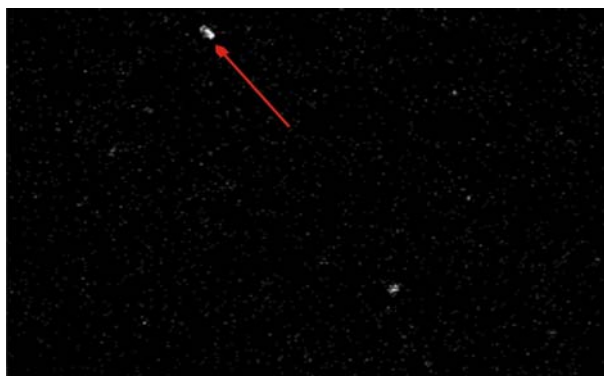
Анализа СП. 4 има хемијски састав агрегата са доминантном сулфидном класом минерала на коју су „налепљена“ зрна оксидне и карбонатне класе (табела 12, сл. 46). Димензије агрегата су  $16 \times 5 \mu\text{m}$ . Једино у овој анализи је констатован Zn који је пореклом из сфалерита–главног рудног минерала рудника Грот (табела 12, сл. 47).



Сл. 45. Сулфидна класа минерала. Стрелице означавају класте силикатне класе минерала које су „налепљене“ на сулфидну. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот



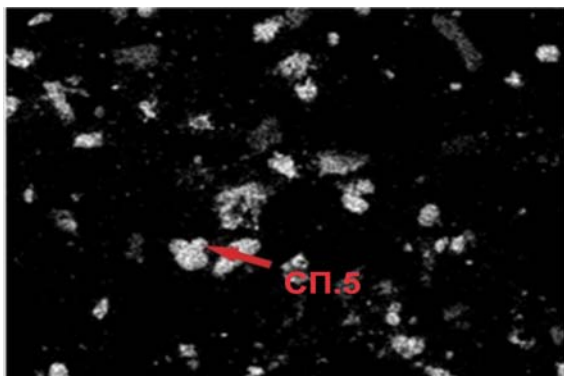
Сл. 46. Минерали оксидне и карбонатне „налепљени“ на сулфидну класу минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот



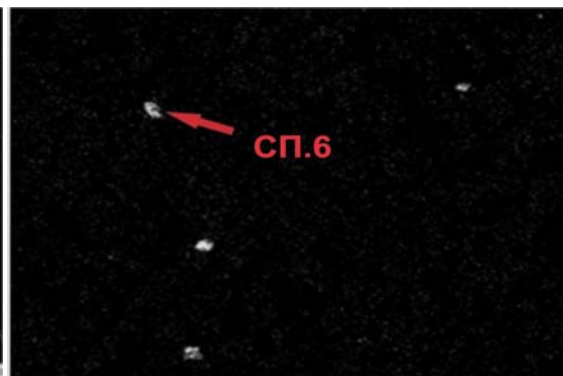
Сл. 47. Концентрације Zn у сулфидној (оксидно и карбонатној) класи минерала. Репрезентативан неполиран узорак величине зрна < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

У овим класама минерала утврђено је веће присуство С, S, Pb и Zn него у репрезентативном узорку. У идентичним концентрацијама се јавља Na, Ti и Cu (табеле 11 и 12).

Разлике у хемијским саставима карбонатне (фосфатне) и фосфатне (карбонатне) класе минерала огледају се у квантитативним односима анализираних елемената (табела 12, сл. 48 и 49). Једино је у фосфатној (карбонатној) класи минерала констатовано присуство Mg и K испод садржаја у репрезентативном узорку. У већим концентрацијама него у репрезентативном утврђени су P, Ca, Sn и Sb. У анализи СП. 5 је већи садржај O и Pb; а у анализи СП. 6 већи садржај Ca него у репрезентативном узорку.



Сл. 48. Концентрације Ca у карбонатној (фосфатне) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна < 0.1 mm – велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

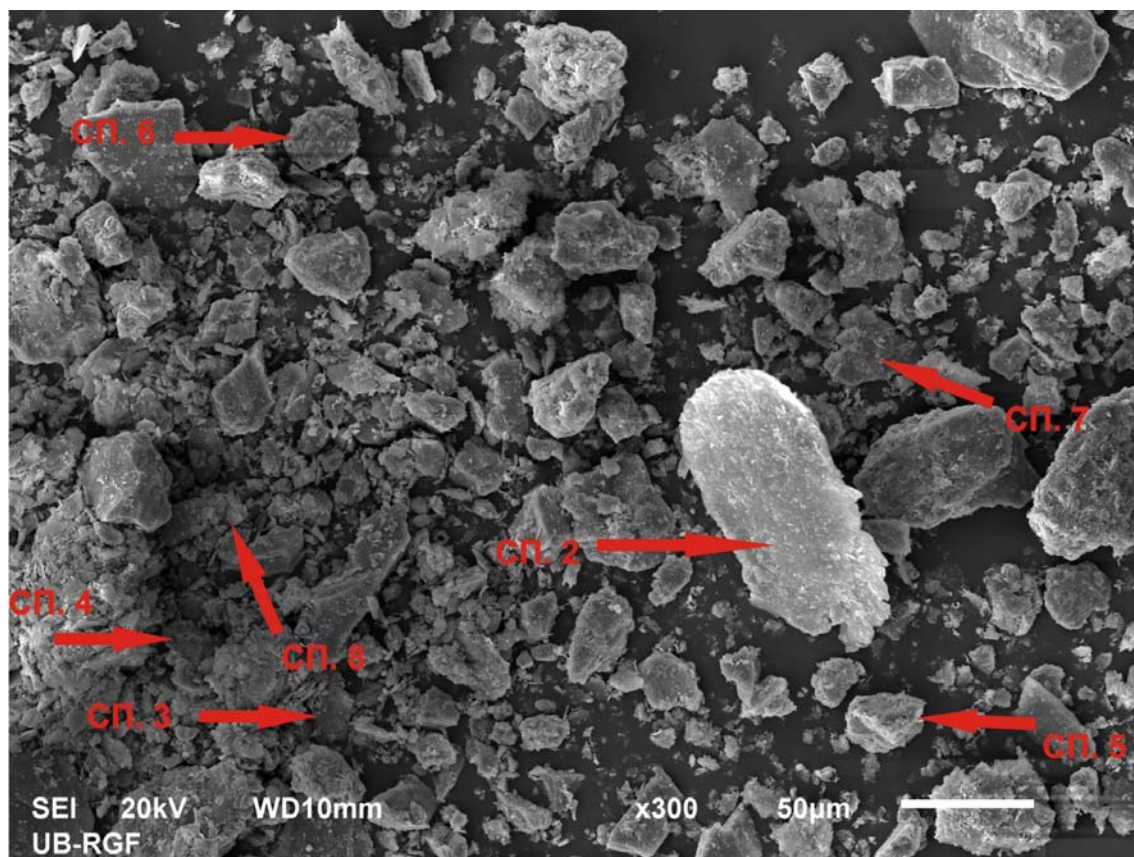


Сл. 49. Концентрације P у фосфатној (карбонатне) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна < 0.1 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.



## НЕПОЛИРАНИ УЗОРАК СА ЗРНИМА ВЕЛИЧИНЕ 0.1 - 0.2 mm (ВЕЛИКИ ПЛАТО ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ)

Анализа узорка наведеног гранулометријског опсега показала је сложен хемијски састав (сл. 50 и 51).



Сл. 50. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

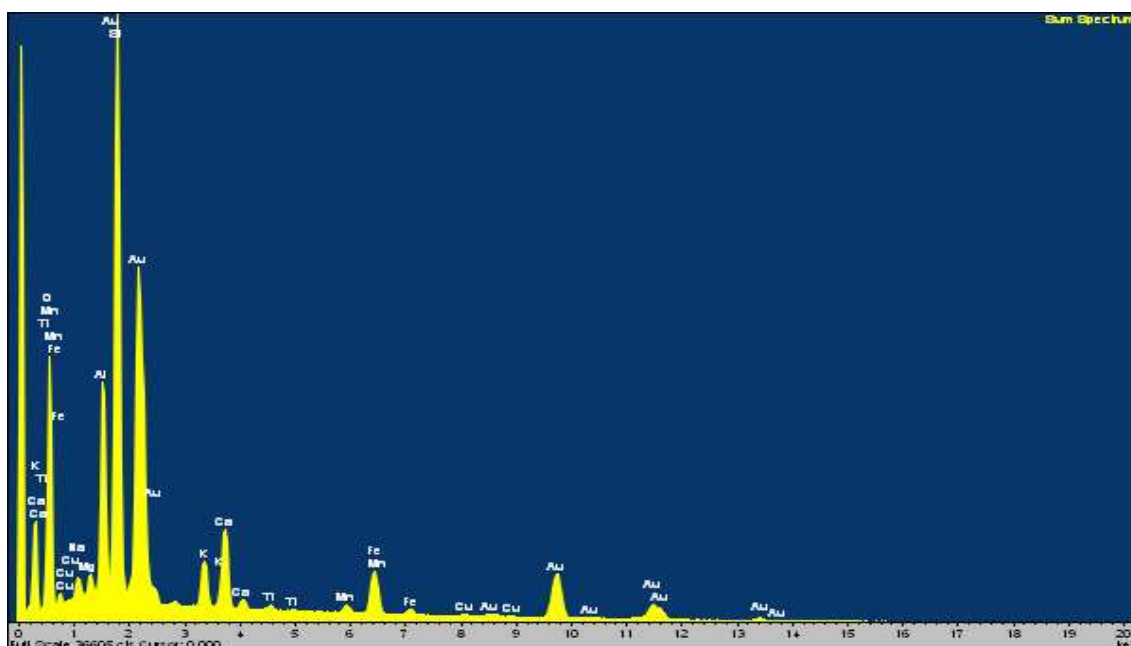
Легенда: СП. 2 класа оксидна (силикатна), СП. 3 класа сулфидна (оксидна-силикатна), СП. 4 и СП. 5 класе карбонатне, СП. 6 класе карбонатне (оксидне), СП. 7 елементарно гвожђе и СП. 8 класа сулфидна.

Хемијска анализа је указала на теоријско присуство оксидне, силикатне и подређено карбонатне класе минерала (табела 13, сл. 51).

У концентрацијама изнад 1 % констатовани су O, C, Si, Al, Fe, Ca и K.

Табела 13. Хемијски састав неполираног узорка величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Анализирани елементи																	Класе минерала
C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb	Pb	Силикатне (карбонатне)
23.9	45.7	0.7	0.5	4.5	12.5	0.7	1.7	2.9	0.3	0.6	4.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	



Сл. 51. Спектар хемијског састава репрезентативног неполираног узорка величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

Анализом појединачних зрна утврђене су следеће класе минерала:

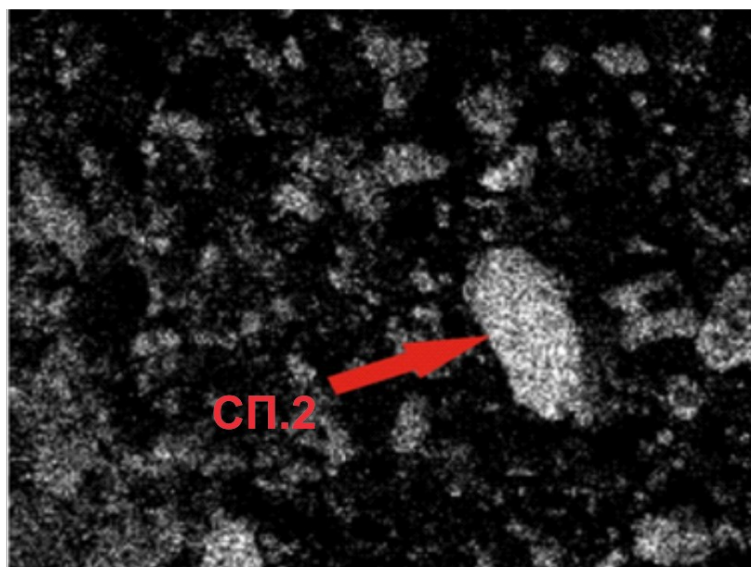
- оксидне (силикатне)
- сулфидне (оксидно–силикатне)
- карбонатне
- карбонатне (оксидне)
- сулфидне минералне класе
- елементарно Fe (табела 14).

Табела 14. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорка гранулометријског опсега 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).

Ознака анализа	Анализирани елементи																Класе минерала	
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb		Pb
СП.2	8.5	55.7	<г.д.	0.7	11.1	16.5	<г.д.	<г.д.	4.0	0.4	<г.д.	2.0	0.3	0.3			0.5	оксидне (силикатне)
СП.3	17.9	19.1	3.3	<г.д.	1.8	4.1		17.3	0.6	0.9	0.3	5.3	3.5	24.5	<г.д.	<г.д.	1.4	сулфидне (оксидне - силикатне)
СП.4	9.1	53.0		0.3	0.9	1.0		<г.д.	0.2	32.1	1.0	<г.д.		0.9	1.2	<г.д.	карбонатне	
СП.5	9.7	53.5		0.2	1.4	2.4		<г.д.	0.3	25.3		2.2		0.4	1.0	1.8	0.8	
СП.6	11.2	48.1	<г.д.	0.5	0.5	2.5		0.3	0.2	15.0	18.1	2.2	<г.д.	<г.д.	0.5		0.9	карбонатне (оксидне)
СП.7	<г.д.	3.7		<г.д.	2.5	3.9		<г.д.	0.5	0.5	0.8	88.1		<г.д.	<г.д.	<г.д.	елем. Fe	
СП.8	16.1	4.4		<г.д.	0.3	0.5		0.3	43.8	<г.д.	0.4	<г.д.		33.7	0.5	<г.д.	<г.д.	сулфидне

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Анализа СП. 2 у хемијском смислу представља агрегат који чине доминантно оксидне, и подређено силикатне класе минерала. У анализи овог агрегата је утврђен највећи садржај О, Mg, Al, Si и К у односу на остале (табела 14, сл. 52). Концентрације ових елемената су више од њихових садржаја у репрезентативном узорку. У агрегата је идентичан садржај Pb као у репрезентативном узорку (табеле 13 и 14).

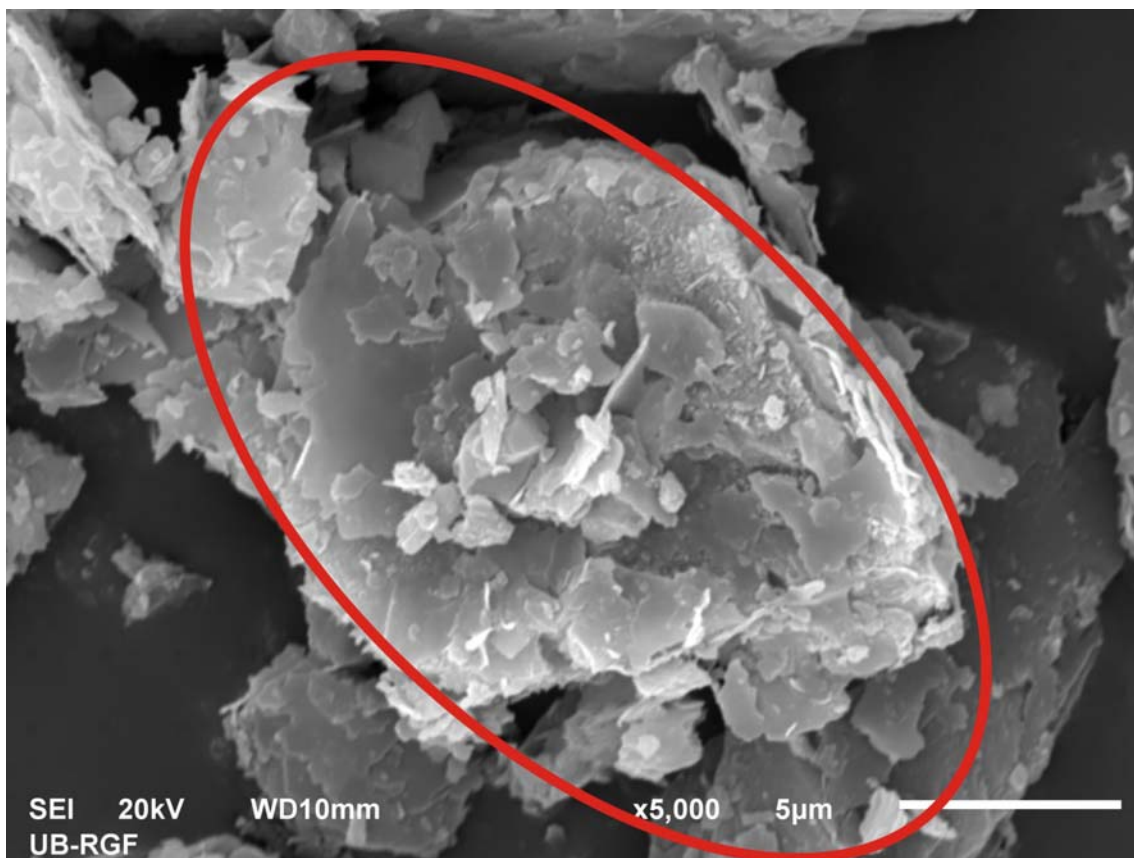


Сл. 52. Концентрације Al у оксидној (силикатној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато јаловишта рудника Грот

Агрегат СП.3 је са доминантним сулфидним и „налепљеним“ оксидним и силикатним минералним класама димензија је 15 x 15  $\mu\text{m}$  (табела 14, сл. 53). Налепљене минералне класе су величина 1.5 x 1.5  $\mu\text{m}$ . Агрегат има већи садржај Na, S, Fe, Cu, Zn и Pb него репрезентативни узорак. Једино је у овој анализи утврђено присуство Na и висока концентрација Zn (сл. 54).

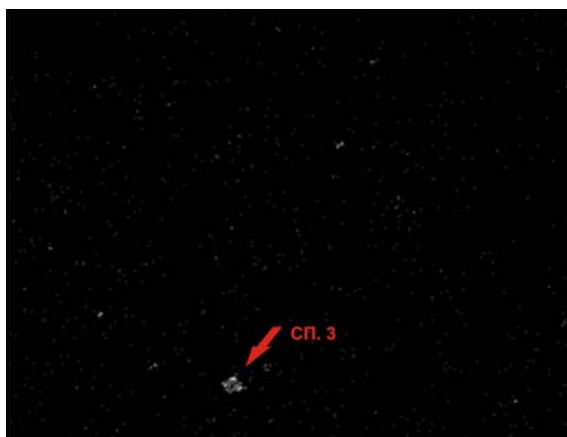
Анализе агрегата СП.4 и СП.5 са доминантним карбонатним минералним класама су у хемијском погледу сличне (табела 14). Разлике су у квантитативној заступљености анализираних елемената. У анализи СП. 5 су констатовани Cu и Pb којих нема у анализи СП. 4. У односу на репрезентативни узорак, у обе анализе уочене су повећане концентрације O, Ca, Sn и Sb. У анализи СП. 5 су утврђени повећани садржаји Mn и Pb у односу на репрезентативни узорак (табеле 13 и 14).

Хемијски састав агрегата карбоната (оксида) разликује се од састава СП.4 и СП.5 у квантитативној заступљености анализираних елемената (табела 14/СП.6). У анализи агрегата S и Mn се јављају у вишим концентрацијама (табела 14, сл. 56). У анализи овог агрегата утврђен је већи садржај O, Ca, Mn, Sn и Pb у односу на састав репрезентативног узорка (табеле 13 и 14).

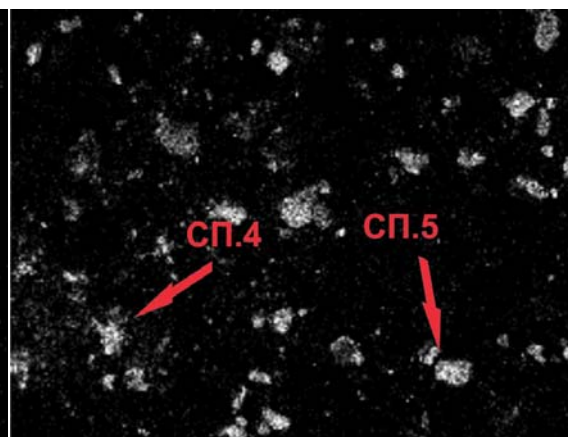


Сл. 53. Класе оксида (силиката) „налепљене“ на сулфидну класу минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

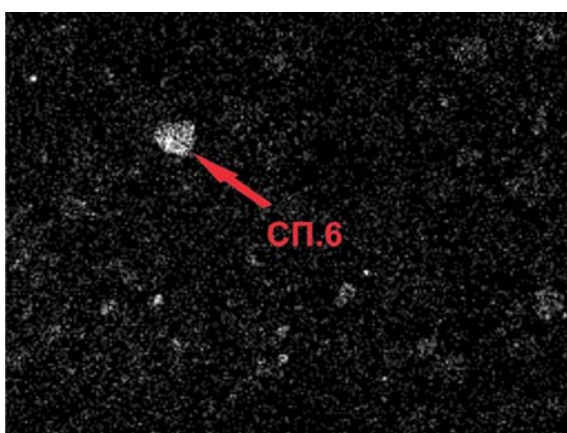
Елементарно Fe се јавља у угластим формама димензија 30 x 30 µm. На ово зрно су „налепљене“ много ситније силикатне класе минерала (табела 14, сл. 57 и 58).



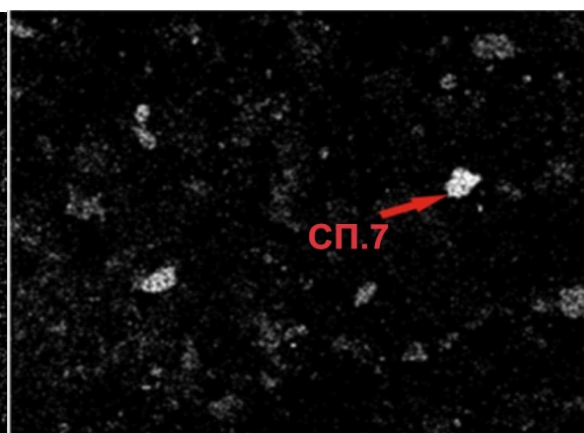
Сл. 54. Концентрисање Zn у сулфидној (оксидној, силикатној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 55. Концентрисање Ca у карбонатној класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

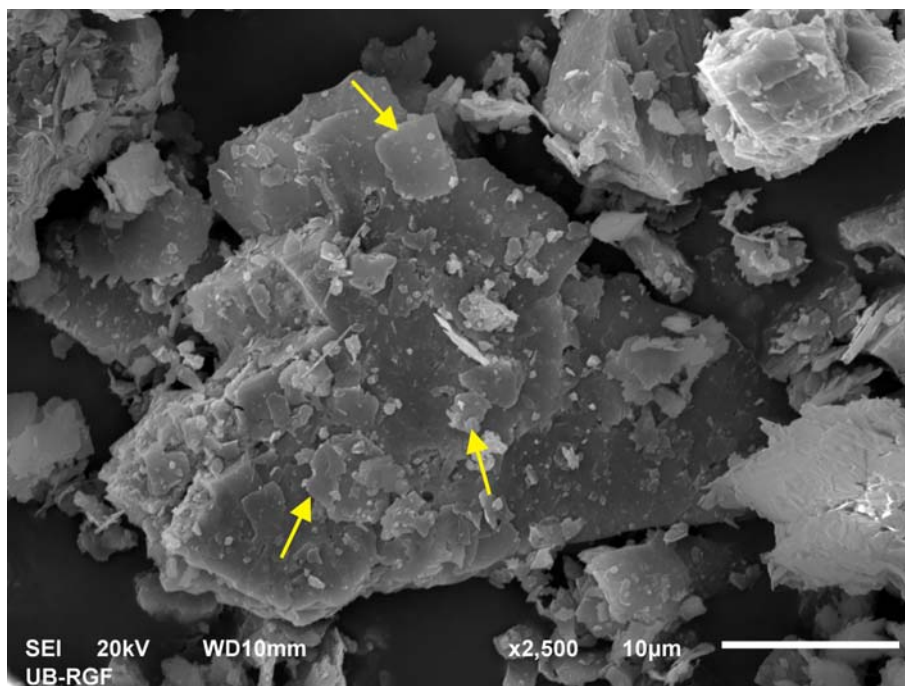


Сл. 56. Концентрисање Mn у карбонатној (оксидној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

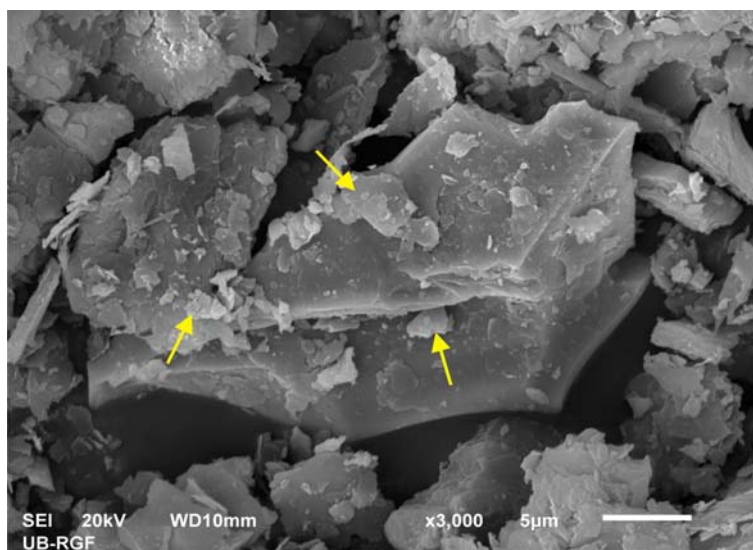


Сл. 57. Концентрисање елементарног Fe. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

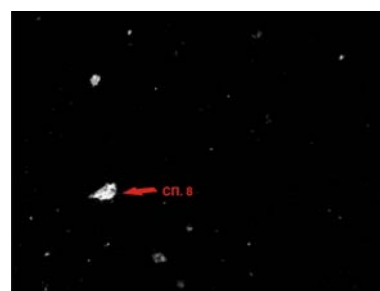
Агрегат СП.8 који је у хемијском погледу најближи класи сулфида је угласт и димензија 50 x 30  $\mu\text{m}$ . На ово зрно су „налепљене“ много ситније силикатне минералне класе (табела 14, сл. 59). У овом агрегату минерала утврђена је највећа концентрација S у односу на остале минералне класе (табеле 13 и 14, сл. 60). У односу на хемијски састав репрезентативних узорака повећани су садржаји још P, Fe и Cu.



Сл. 58. Елементарно Fe. Стрелице означавају класе силикатних минерала „налепљених“ на елементарно Fe. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот



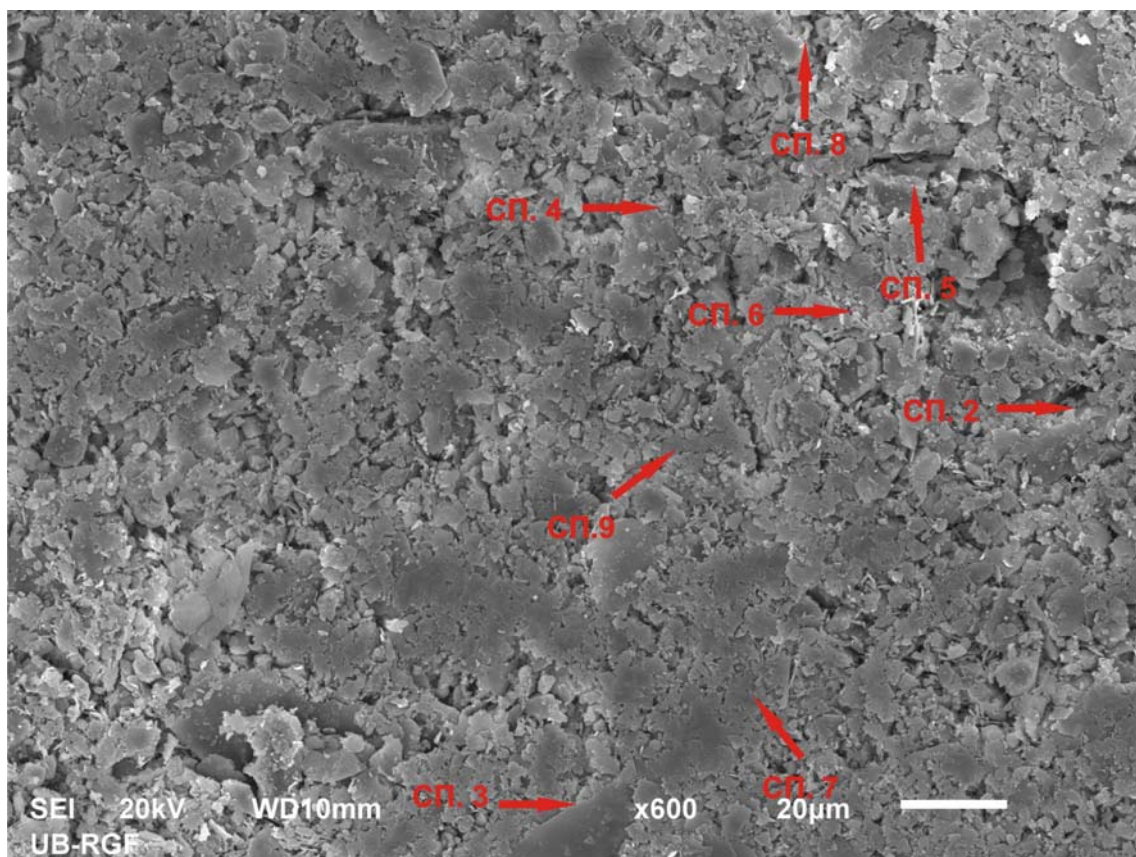
Сл. 59. Класа сулфида. Стрелице указују на класе оксидних минерала „налепљених“ на сулфидне. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 60. Концентрација S у сулфидној класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.1 - 0.2 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

## НЕПОЛИРАНИ УЗОРАК СА ЗРНИМА ВЕЛИЧИНЕ 0.2 - 0.5 mm (ВЕЛИКИ ПЛАТО ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ)

Хемијски састав узорка овог гранулометријског опсега је уједначенији у односу на анализе узорка ситнијих гранулација (сл. 61 и 62).



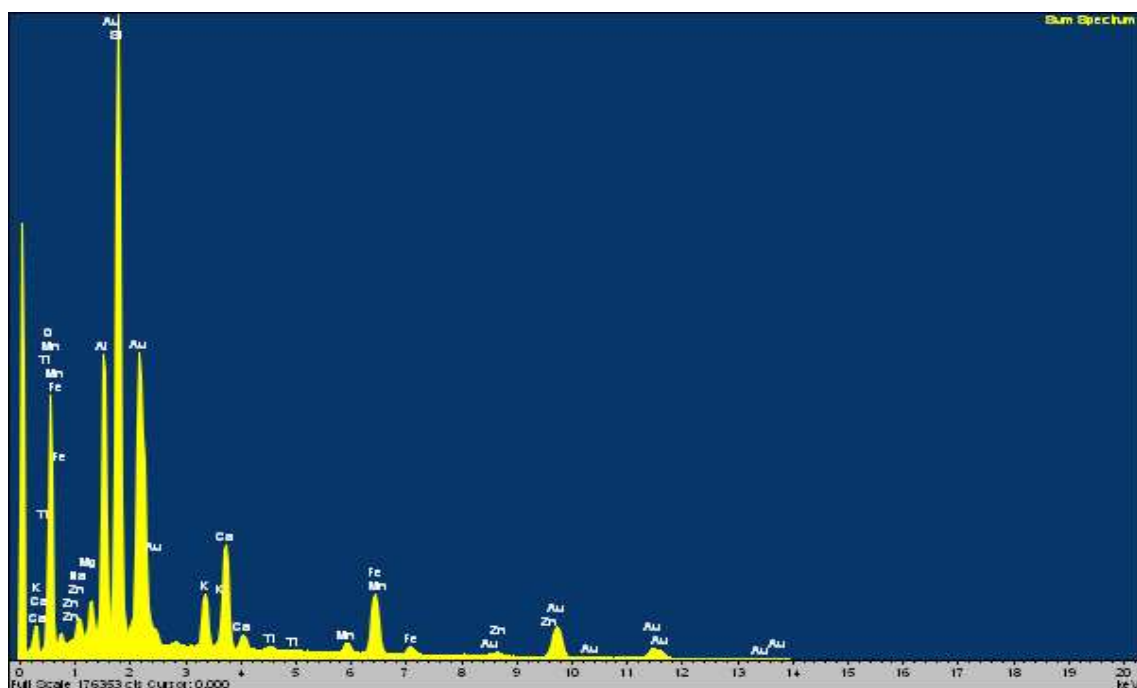
Сл. 61. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.2 - 0.5 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 2 класа сулфидна (силикатна-оксидна), СП. 3 класа карбонатна (сулфидна-силикатна), СП. 4 класа сулфидна (силикатна), СП. 5 и СП. 6 класе карбонатне, СП. 7 класе оксидне (силикатне) и СП. 8 и СП. 9 класе карбонатне (фосфатне-силикатне).

У узорку је утврђено теоријско присуство силикатне и оксидне минералне фазе. У концентрацијама изнад 1 % констатовани су O, Si, C, Al, Fe, Ca, K и Mg (табела 15, сл. 62).

Табела 15. Хемијски састав неполираног узорка величине зрна 0.2 - 0.5 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Анализирани елементи																Класе минерала	
C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb	Pb	Силикатне (оксидне)
8.1	47.4	0.8	1.1	7.3	16.9	0.8	2.3	4.6	0.2	0.9	6.8	0.2	0.9	0.5	0.4	0.8	



Сл. 62. Спектар хемијског састава репрезентативног неполираног узорка величине зрна 0.2 - 0.5 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

Хемијском анализом зрна констатоване су следеће класе минерала:

- сулфидне (силикатне)
- карбонатне (сулфидно-силикатне)
- карбонатне
- оксидне (силикатне)
- карбонатне (фосфатно-силикатне, табела 16).

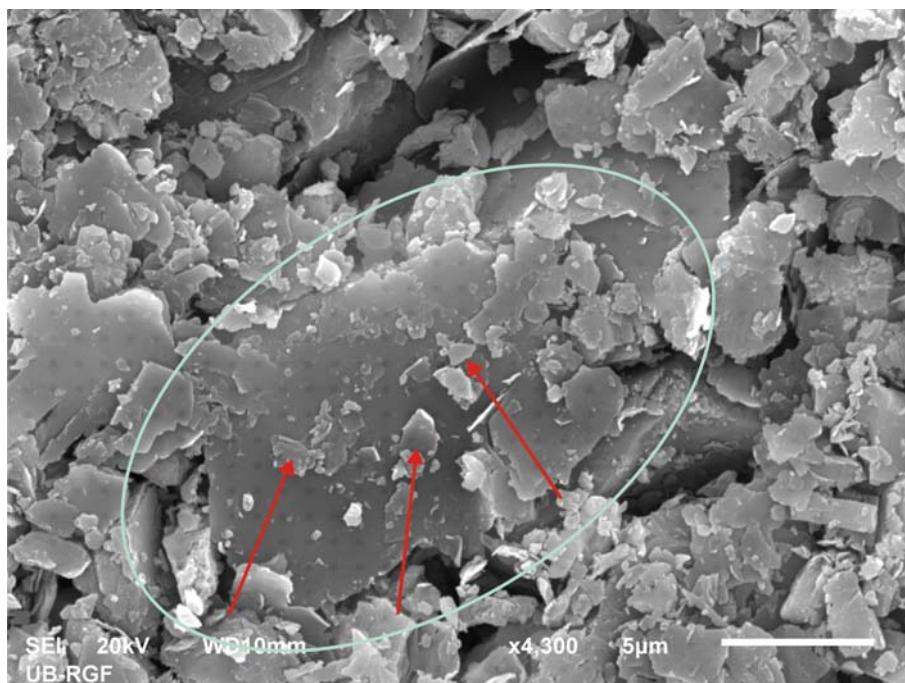
Табела 16. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорка гранулометријског опсега 0.2 - 0.5 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).

Ознака анализа	Анализирани елементи																	Класе минерала	
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb		Pb
СП.2	<г.д.	32.1	4.3		4.5	7.0		17.8	1.0	0.6		<г.д.	2.4	<г.д.	28.7			1.6	сулфидне (силикатне)
СП.3	14.1	20.0	3.1	<г.д.	2.1	6.2		15.5	0.5	1.3			2.9	0.5	33.5	<г.д.	<г.д.		карбонатне (сулфидно-силикатне)
СП.4	<г.д.	25.5	4.3	0.5	3.9	5.7	<г.д.	19.0	0.9	1.5		0.3	2.7		35.7			<г.д.	сулфидне (силикатне)
СП.5	12.2	53.8		0.6	0.5	0.9		<г.д.	0.3	28.7			1.7	<г.д.		1.0			карбонатне
СП.6	8.2	57.2		0.2	0.6	0.8		<г.д.	0.2	30.1		<г.д.	1.0			0.7	1.0		карбонатне
СП.7	<г.д.	45.7	<г.д.	1.2	3.4	4.9		0.5	0.5	1.2	36.7	0.4	5.2	0.3	<г.д.	<г.д.	<г.д.		оксидне (силикатне)
СП.8	9.5	55.1	0.4	0.4	2.1	3.7	8.8			15.5		0.3	1.4				0.9	0.5	карбонатна (фосфатно-силикатна)
СП.9	10.1	55.0	<г.д.	0.5	2.2	4.4	8.0	<г.д.	0.4	14.1	<г.д.	0.5	2.7	<г.д.		0.6	0.7	0.8	карбонатна (фосфатно-силикатна)

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе



Агрегат сулфидне (силикатне) класе је величине 15 x 10  $\mu\text{m}$ . У физичком смислу представља минерале силикатне и оксидне класе „налепљене“ на сулфидну (сл. 63).

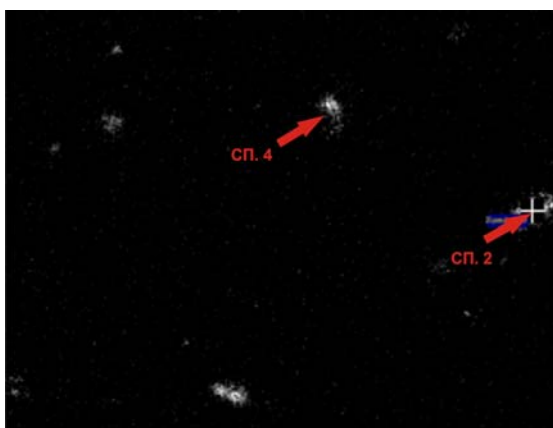


Сл. 63. Сулфидна класа минерала. Стрелице означавају минерале силикатне и оксидне класе „налепљене“ на сулфидну. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.2 - 0.5 mm – велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

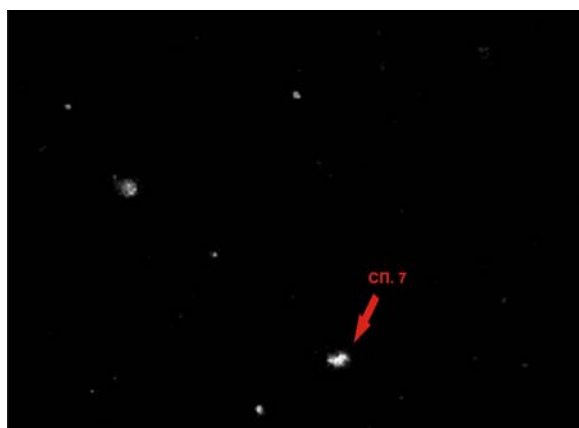
У квалитативном погледу анализе су веома сличне (СП.2 и СП.4). Разлика је у локалном присуству Pb, Mg и Mn (табела 16). У односу на реперну анализу, у вишим концентрацијама констатовани су Na, S и Pb (табела 15 и 16). У овим анализама Zn достиже максимум (сл. 64).

У класи оксида (силиката) у односу на реперну анализу у већим садржајима јавља се Mg и Cu (табела 16/СП.7). Значајне су концентрације Ti који се у овом гранулометријском опсегу јавља једино у овој анализи (сл. 65).

Класе карбонатне, карбонатне (фосфатно-силикатне) и карбонатне (сулфидно-силикатне) у квалитативном погледу су сличне (табела 16). Разлика је у квантитативној заступљености анализираних тешких метала.



Сл. 64. Концентрације Zn у сулфидној (силикатној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.2 - 0.5 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

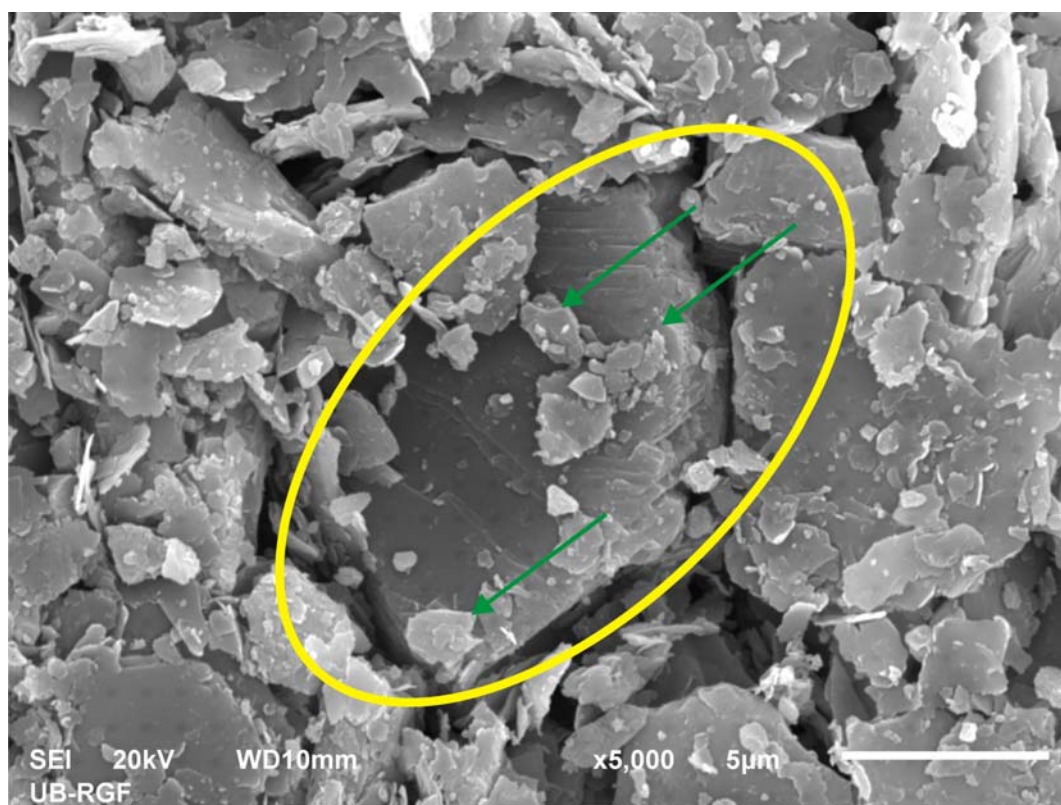


Сл. 65. Концентрације Ti у оксидној (силикатној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.2 - 0.5 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

У анализи карбонатних минералних класа (СП.5 и СП.6) у већим садржајима него у анализи реперног узорку је С, О, Са и локално Sb (табела 16). У анализи СП. 5 констатован је Mn, а у анализи СП. 6 Sb.

Агрегат карбонатне (фосфатно-силикатне) класе минерала (СП.8 и СП.9) је у квалитативном погледу сличан са карбонатном (табела 16). У агрегатима јавља се Р који није констатован ни у реперној, ни у анализи карбонатне минералне класе. За разлику од карбонатне класе, у анализи СП. 8 утврђен је и Na. Концентрације Cu и Pb достижу вредности из реперне анализе. У вишим садржајима од реперних јавља се још С, О и Са.

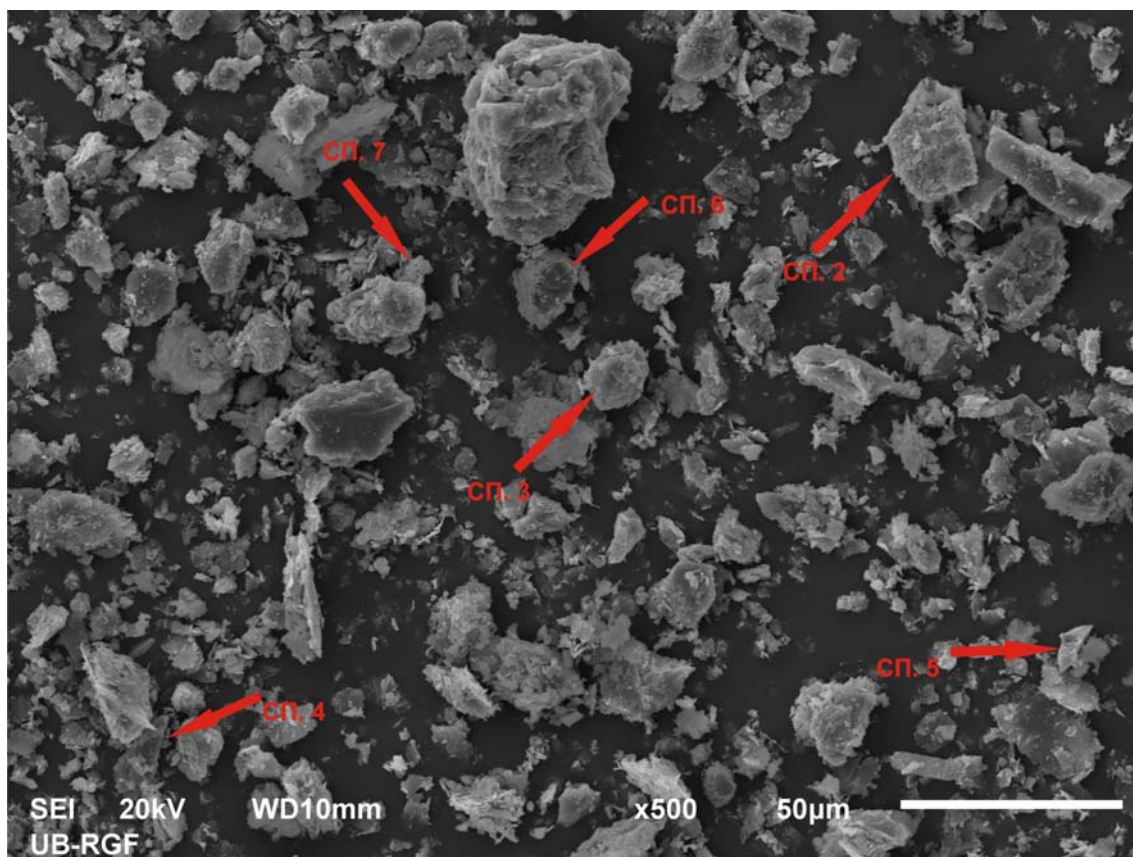
Агрегат СП. 3 чине чине сулфидно-силикатни минерали „налепљени“ на карбонатно зрно (табела 16, сл. 66). Величина агрегата је 20 x 15  $\mu\text{m}$ . Сулфидно-силикатна зрна су много ситнија од карбонатног. У овом агрегату у односу на остале доминантно карбонатне агрегате, у највишим концентрацијама јављају се С, Na, Si, S, Fe, Cu и Zn.



Сл. 66. Агрегат карбонатне минералне класе. Стрелице означавају минерале оксидне класе „налепљене“ на карбонатну. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.2 - 0.5 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

## НЕПОЛИРАНИ УЗОРАК СА ЗРНИМА ВЕЛИЧИНЕ 0.5 - 0.8 mm (ВЕЛИКИ ПЛАТО ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ)

Анализа узорка наведеног гранулометријског опсега показала је малу материјалну различитост (сл. 67 и 68).



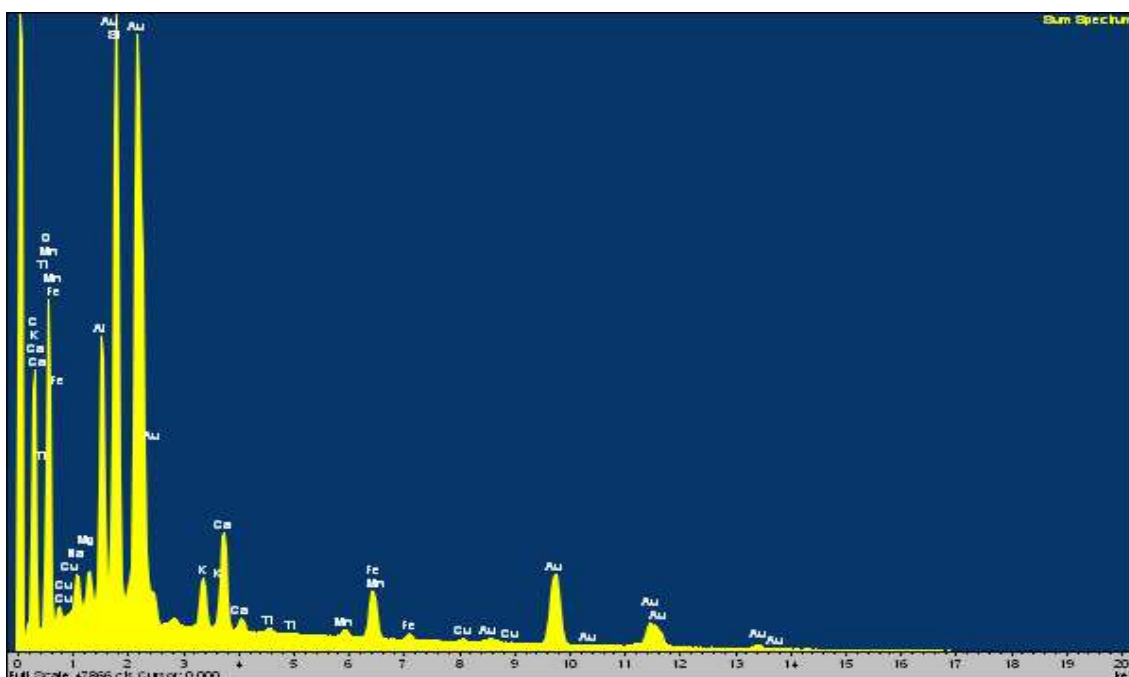
Сл. 67. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 2 класа карбонатна (оксидна-силикатна), СП. 3 класа карбонатна (оксидна), СП. 4 класа сулфидна (силикатна-карбонатна), СП. 5 класа сулфидна (оксидна), СП. 6 класа оксидна (силикатна) и СП. 7 класа сулфидна (оксидна).

У узорку је констатовано теоријско присуство класе оксида и силиката. У концентрацијама изнад 1 % јављају се О, С, Si, Al, Fe, Са и К (табела 17, сл. 69).

Табела 17. Хемијски састав неполираног узорка величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Анализирани елементи																Класе минерала	
С	О	Na	Mg	Al	Si	S	К	Са	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb	Pb	Оксидне (силикатне)
35.5	42.1	0.8	0.6	3.6	7.9	0.6	1.1	2.3	0.2	0.4	3.0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6	



Сл. 68. Спектар хемијског састава репрезентативног неполираног узорка величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Хемијским анализама зрна утврђене су следеће минералне класе:

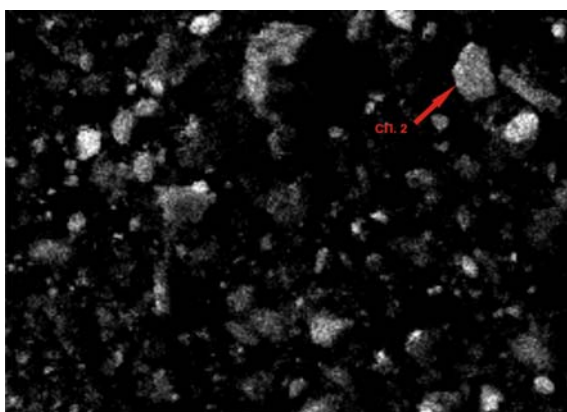
- карбонатне (оксидно-силикатне),
- карбонатне (оксидне),
- сулфидне (силикатно-карбонатне),
- сулфидне (оксидне),
- оксидне (силикатне, табела 18, сл. 68).

Табела 18. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорка гранулометријског опсега 0.5 - 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).

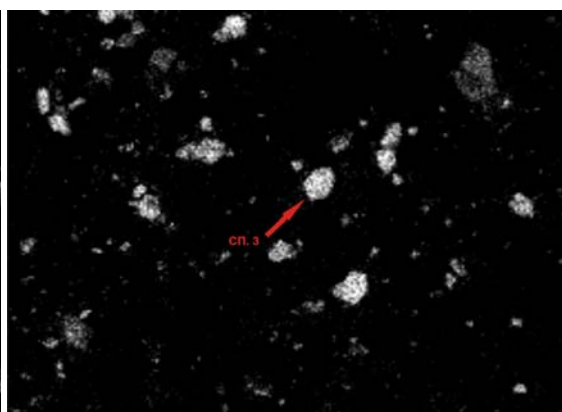
Ознака анализа	Анализирани елементи																Класе минерала	
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb		Pb
СП.2	8.1	51.8	< г.д.	5.6	1.9	17.3	< г.д.	0.3	8.1		0.4	5.5		< г.д.	0.4	< г.д.	0.6	карбонатне (оксидно - силикатне)
СП.3	6.1	48.8		0.5	0.8	1.0			38.8	< г.д.	0.3	1.0	< г.д.		1.2	1.2		Карбонатне (оксидне)
СП.4	20.2	35.2	0.4	1.2	2.9	5.9	17.1	0.4	0.5		0.4	15.4		0.4			< г.д.	сулфидне (силикатно-карбонатне)
СП.5	20.8	10.3	< г.д.	0.4	0.5	1.1	31.0	0.1	0.2	0.5		32.9	1.0	< г.д.	< г.д.	< г.д.	1.2	сулфидне (оксидне)
СП.6	5.5	36.4		0.5	7.7	13.0	< г.д.	3.6	0.9	28.8	< г.д.	3.6	< г.д.				< г.д.	оксидне (силикатне)
СП.7	12.5	15.3	2.4	< г.д.	1.6	3.4	19.0	0.2	0.6	< г.д.		6.3	5.7	33.0			< г.д.	сулфидне (оксидне)

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Агрегати карбонатне (оксидне) и карбонатне (оксидно-силикатне) класе минерала (СП.2 и СП.3) разликују се у квантитативним заступљеностима анализираних елемената (табела 18). У анализи СП. 2 утврђен је Sb (1.2%), а у СП.3 Pb (0.6%). У односу на хемијски састав реперног узорка, у агрегату карбонатно (оксидне) класе повећан је садржај O, Ca и Sb, а у агрегату карбонатно (оксидно-силикатне) O, Mg, Si, Ca, Fe и Sn (табеле 17 и 18, сл. 69). У овом агрегату је идентична концентрација Mn и Pb као у реперном. У агрегату карбонатне (оксидне) класе минерала констатована је веома велика концентрација Ca (табела 18, сл. 70).



Сл. 69. Концентрације Si у карбонатној (оксидној, силикатној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

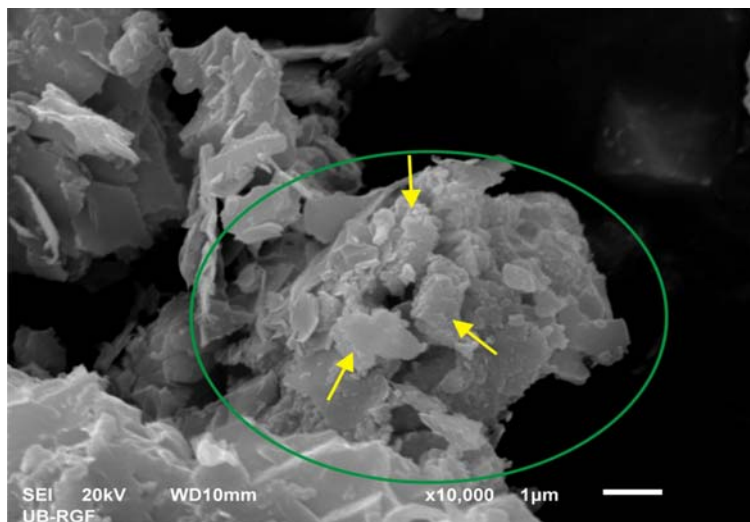


Сл. 70. Концентрације Ca у карбонатној (оксидној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

Агрегате сулфидне (оксидне) и сулфидне (силикатно-карбонатне) класе минерала представљају нагомилања оксидних и силикатно-карбонатних зрна око сулфидних (СП.4, СП.5 и СП.7). Величина агрегата сулфидно (оксидних) класа минерала је 8 x 6  $\mu\text{m}$ . Величина минерала оксидне класе је до 1.5 x 1  $\mu\text{m}$  (сл. 71). У односу на реперни узорак, повећано је присуство S, Fe и Cu (табеле 17 и 18). У анализи СП. 5 у односу на реперни узорак утврђен је већи садржај Ti и Pb. У овој анализи Fe остварује максимум у односу на све анализирани класе минерала (сл. 72). У анализи СП. 6 већи садржај од реперног има Na и Zn (33.0%).

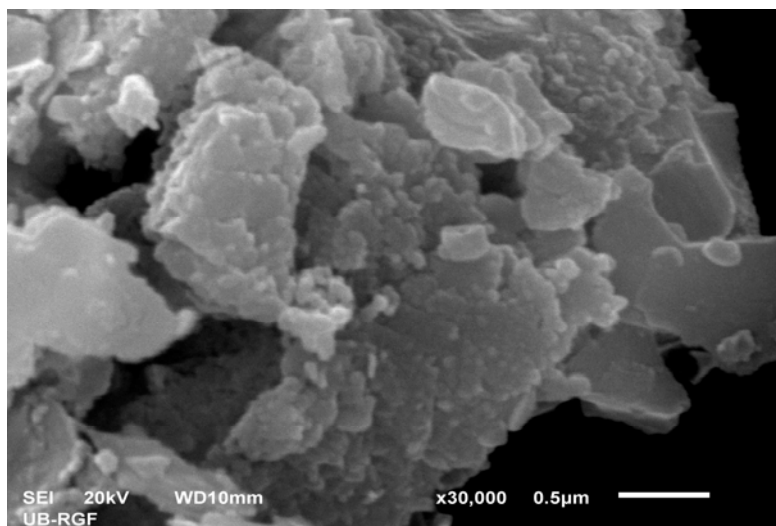
Величина сулфидне (силикатно-карбонатне) класе минерала је 5 x 4  $\mu\text{m}$  (сл. 73). Сулфидни минерала је у физичком смислу покривена силикатно-

карбонатним. У односу на анализу реперног узорка утврђени су већи садржаји Mg, S и Zn. Концентрације Mn су еквивалентне.

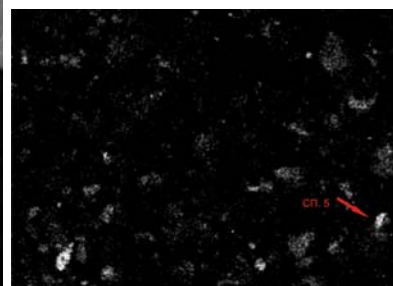


Сл. 71. Сулфидна класа минерала. Стрелице означавају оксидну класу „налепљену“ на доминантну сулфидну. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики платоа јаловишта рудника Грот

У агрегату који изграђују минерали оксидне (силикатне) класе Ti се јавља у високој концентрацији (сл. 74). Анализа представља хемијски састав агрегата минерала од којег је оксид Ti само једна фаза. У односу на хемијску анализу реперног узорка, у већим садржајима јављају се још Al, Si, Ca и Cu.



Сл. 73. Измешане силикатне и карбонатне на сулфидној класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики плато јаловишта рудника Грот



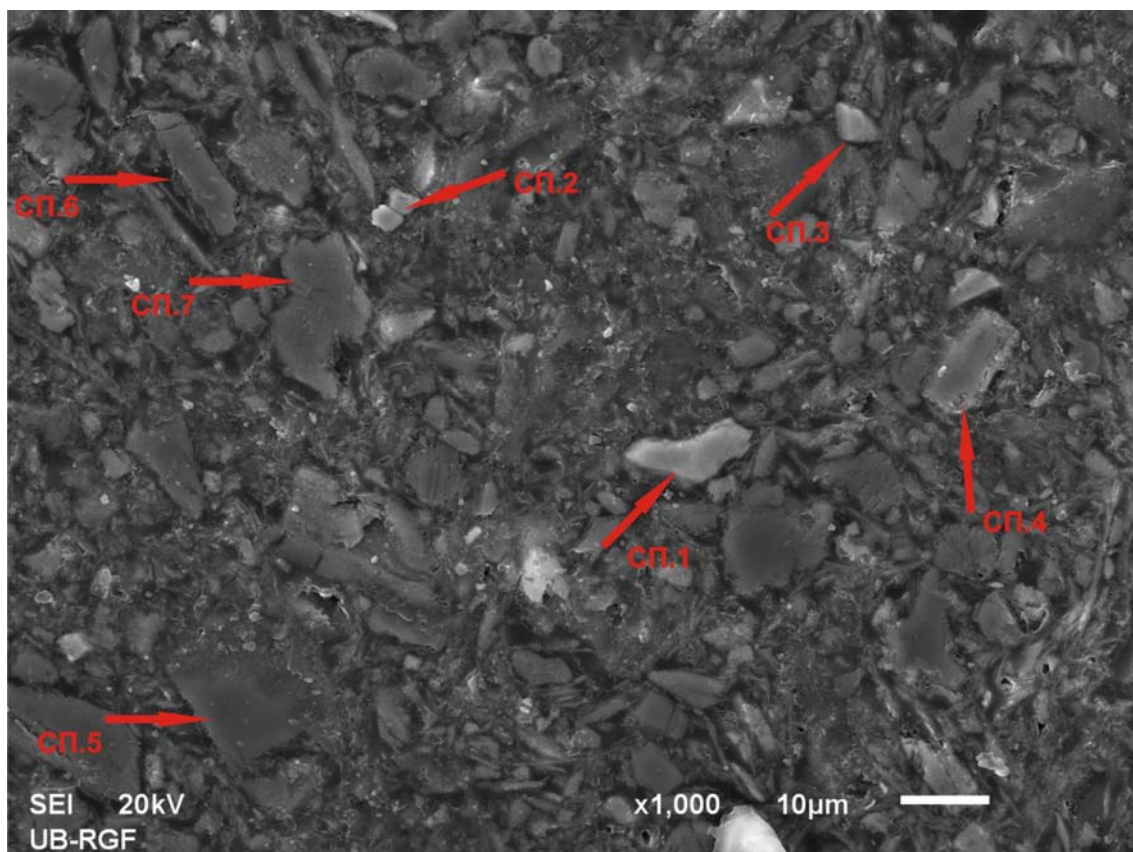
Сл. 72. Нагомилања Fe у минералу сулфидне (оксидне) класе. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 74. Концентрације Ti у оксидној (силикатној) класи минерала. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна 0.5 - 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

**ПОЛИРАНИ УЗОРАК ВЕЛИЧИНЕ ЗРНА > 0.8 mm  
(ВЕЛИКИ ПЛАТО ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ)**

Анализа репрезентативног узорка наведене гранулометрије указала је на присуство различитих класе минерала. Разлике се огледају у материјалном (хемијском) и у структурном погледу (сл. 75).



**Сл. 75. Репрезентативни полирани узорак величине зрна > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.**

Легенда: СП. 1 и СП. 7 класе оксида (силиката), СП. 2 и СП. 3 класе сулфида, СП. 4 класа фосфата, СП. 5 и СП. 6 класе силиката

Хемијским анализама репрезентативних зрна констатоване су следеће класе минерала:

- оксидне (силикатне),
- сулфидне,
- фосфатне,
- силикатне (табела 19, сл. 75).



**Табела 19. Хемијски састав класа минерала репрезентативног полираног узорка гранулометријског опсега > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).**

Ознака анализа	Анализирани елементи													Класе минерала
	O	Mg	Al	Si	P	S	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb	F	
СП.1	32.7			5.6		<г.д.	0.6	0.7	36.8	0.7	1.1	21.8		оксидне (силикатне)
СП.2				1.1	<г.д.	47.9			51.0				<г.д.	сулфидне
СП.3	<г.д.	<г.д.	<г.д.			47.5	<г.д.		52.5					
СП.4	38.3			<г.д.	18.6		35.7	<г.д.					7.4	фосфатне
СП.5	53.3			46.7			<г.д.		<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.		силикатне
СП.6	53.1			46.5	<г.д.	<г.д.	0.4						<г.д.	
СП.7	41.1	11.4	12.0	14.9			<г.д.	0.7	19.9					оксидне (силикатне)

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

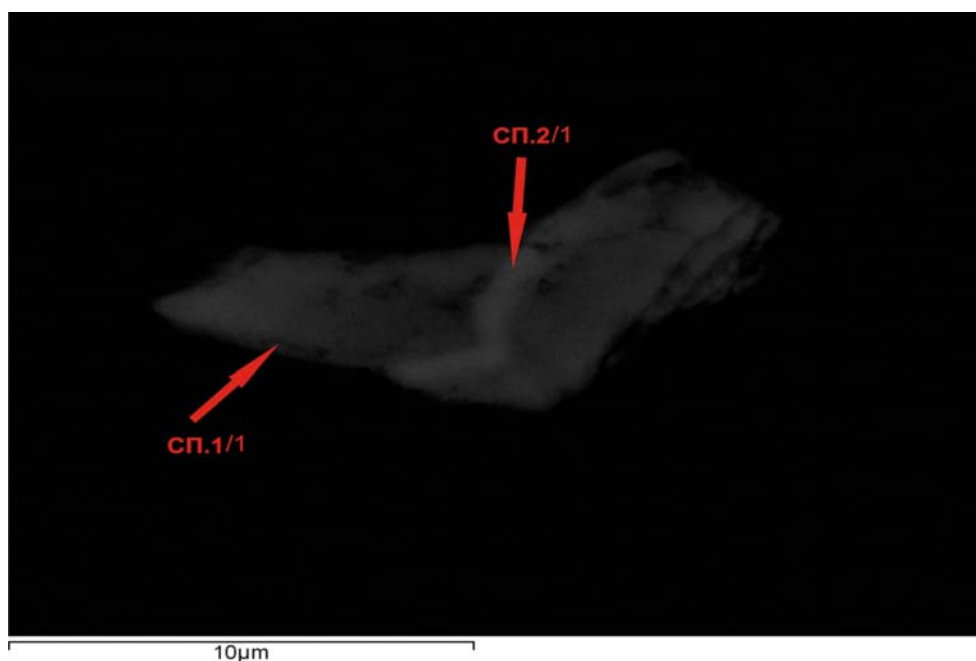
Агрегати класе оксида (силиката) констатовани су у две анализе (табела 19). Агрегати су доминантно угласти, димензија 20 x 10  $\mu\text{m}$  - 10 x 5  $\mu\text{m}$ . Ивице зрна су нагрижене хемикалијама које су коришћене при флотацијској концентрацији руде (сл. 75).

Класе сулфида су утврђене у две анализе (табела 19). Зрна ове минералне класе су угласта и са јасним, оштрим, ивицама. Величине зрна су 2 x 2  $\mu\text{m}$  (сл. 75). Разликују се у квантитативној заступљености Fe и S. У анализи СП. 2 констатован је Si (1.1 %).

Зрно класе фосфата се јавља у угластим, правоугаоним формама. Димензије зрна су 10 x 4  $\mu\text{m}$  (табела 19). Ивице зрна су нагрижене. Једино је у овој минералној класи констатован P и F.

Зрна класе силиката су констатоване у две анализе (табела 19). Зрна су у правоугаоним, угластим формама, у димензијама 15 x 10  $\mu\text{m}$  - 15 x 5  $\mu\text{m}$ . Ивице зрна су јасне, оштре али нагрижене (сл. 75). Изграђене су од Si и O. У анализи СП. 6 утврђен је Ca (0.4 %).

У агрегатима оксидне (силикатне) класа минерала констатован је у квалитативном смислу веома сличан хемијски састав. Разлике су у квантитативним односима (табела 20, сл. 75 и 76). У анализи СП 1/1 констатован је Al (0.5 %) и S (0.3 %), а у анализи СП 2/1 Na (0.4 %).



Сл. 76. Агрегат минерала гранулометријског опсега > 0.8 mm. Репрезентативни полирани узорак - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 1 западно зрно агрегата, СП. 2 централно зрно агрегата

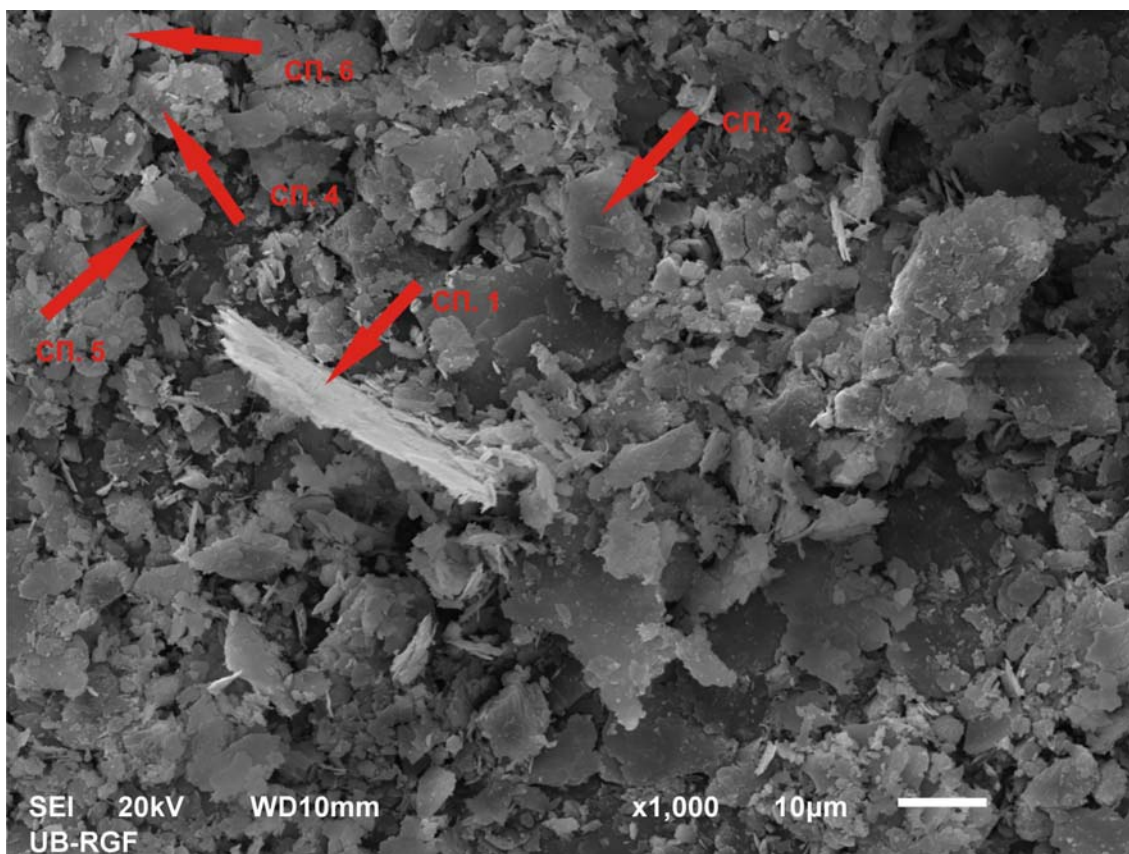
Табела 20. Хемијски састав зрна из агрегата СП. 1. Репрезентативни полирани узорак гранулометријског опсега > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Ознака анализа	Анализирани елементи											Класе минерала
	O	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb	Na	
СП.1/1	34.0	0.5	6.0	0.3	0.8	0.4	36.7	0.6	1.1	19.6	<г.д.	оксидне
СП.2/1	32.9	<г.д.	5.5	<г.д.	0.6		36.0		1.3	22.5	0.2	

Легенда: СП. 1 западно зрно агрегата, СП. 2 централно зрно агрегата, < г. д. испод границе детекције методе

## НЕПОЛИРАНИ УЗОРАК СА ЗРНИМА ВЕЛИЧИНЕ > 0.8 mm (ВЕЛИКИ ПЛАТО ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ)

Анализа неполираног репрезентативног узорка са великог платоа показала је уједначенији хемијски састав него полираног (сл. 77 и 78).



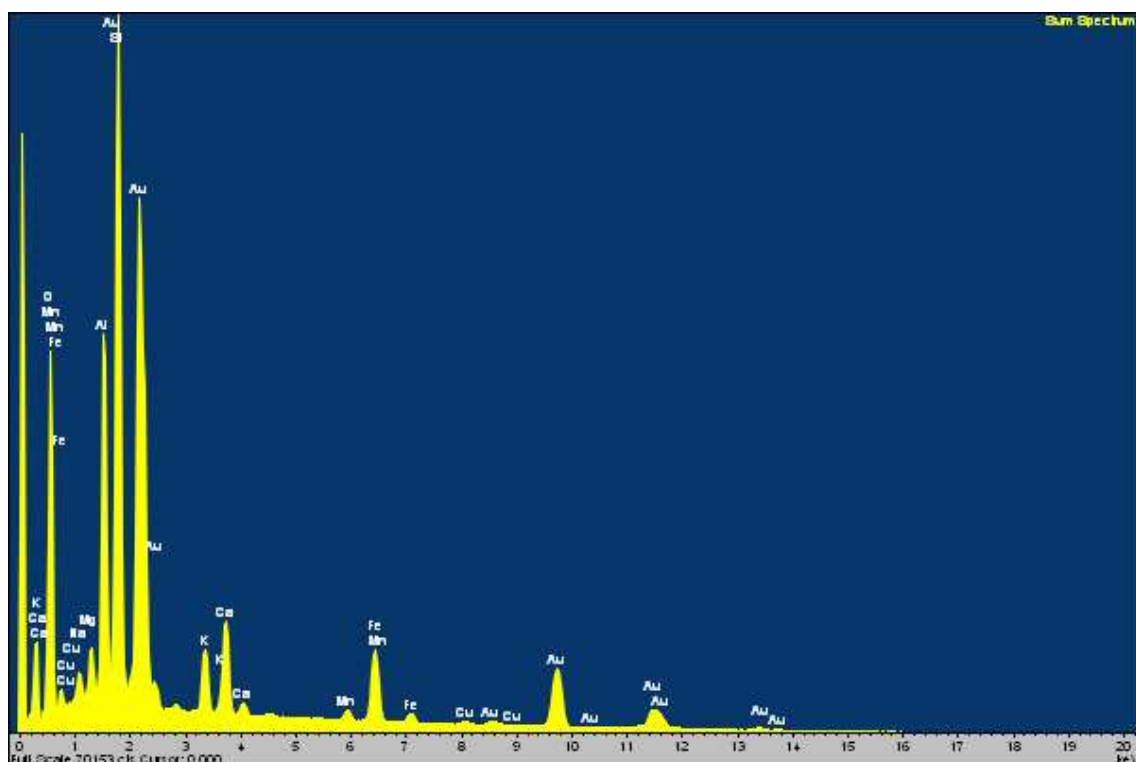
Сл. 77. Репрезентативни неполирани узорак величине зрна > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 1, СП. 2, СП. 5 и СП. 6 класе силиката (оксида) и СП. 4 класа карбоната (оксида)

Анализе су показале теоријско присуство класа оксида, силиката и карбоната (табела 21, сл. 78). У садржајима изнад 1 % јављају се О, С, Si, Al, Fe, Са, К и Mg.

Табела 21. Хемијски састав неполираног узорка величине зрна > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Анализирани елементи																	Класе минерала
С	О	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb	Pb	оксидне (силикатно-карбонатне)
16.7	48.1	0.8	1.1	6.5	12.7	0.5	1.9	2.9	0.1	0.7	5.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.8	



Сл. 78. Спектар хемијског састава репрезентативног неполираног узорка величине зрна > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот

Појединачном анализом агрегата констатована су:

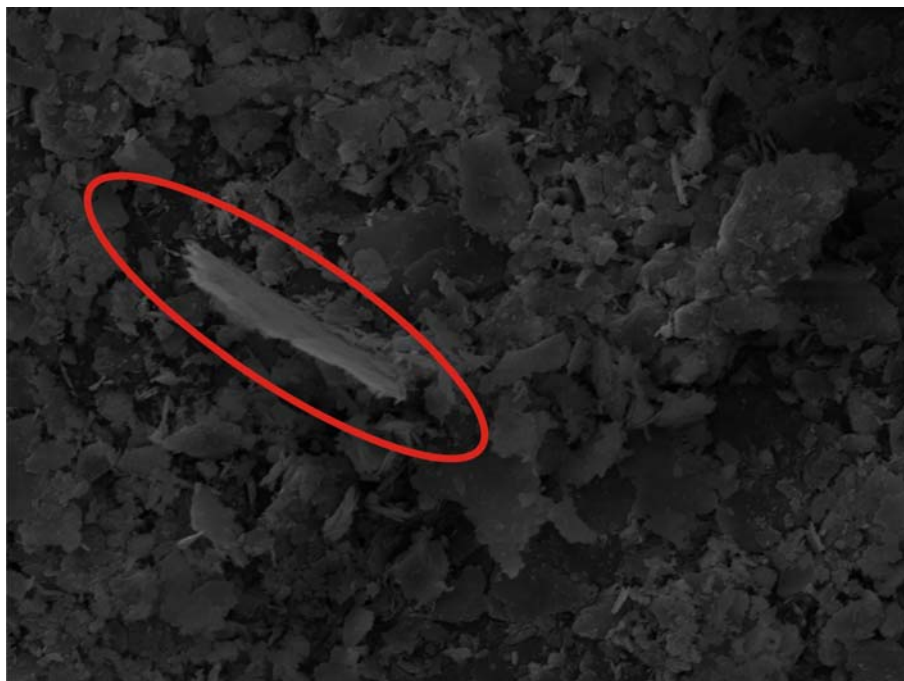
- силикатне (оксидне)
- карбонатне (оксидне) класе минерала (табела 22).

Табела 22. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорка гранулометријског опсега > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).

Ознака анализа	Анализирани елементи																Класе минерала	
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb		Pb
СП.1	17.0	52.1	0.9	0.6	6.5	12.3		2.9	2.1	0.2	0.6	3.6	0.6			0.6		силикатне (оксидне)
СП.2	13.1	39.5		4.2	7.8	17.2	<г.д.	1.1	0.9		0.8	15.4	<г.д.	<г.д.	<г.д.		<г.д.	
СП.4	11.5	54.6	<г.д.	0.5	1.5	2.3		0.4	26.1	<г.д.	0.4	1.1	0.3		0.7	<г.д.	0.6	карбонатне (оксидне)
СП.5	11.0	48.9	0.9	0.8	7.7	15.3		2.8	2.7		0.6	5.9	0.7	1.6	0.6			силикатне (оксидне)
СП.6	20.3	48.4	1.2	0.6	7.5	13.3	0.5	1.2	1.5		<г.д.	4.9	0.6	<г.д.	<г.д.		<г.д.	

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Анализе агрегата силикатних (оксидних) минералних класа показали су разноликост у квалитативном и квантитативном смислу (табела 22). У анализи СП. 2 Na изостаје. Овај елемент у анализи СП. 6 достиже 1.2 % (сл. 79).



Сл. 79. Нагомилања Na у силикатној (оксидној) класи минерала. Узорак је гранулометријског опсега > 0.8 mm - велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

У анализама СП. 1 и СП. 2 изостаје S (табела 22). Овај елемент је у остале две класе минерала заступљен са 0.5 %. Елемент Ti се јавља само у СП. 2. Елемент Mn изостаје у анализи СП. 6, а Cu у анализи СП. 2. Елемент Zn и Sn јављају се само у анализи СП. 5, а Sb у СП. 1. Однос са концентрацијама силикатних (оксидних) класа минерала зависи од њихове квалитативне присутности и квантитативне заступљености (табеле 21 и 22).

У карбонатној (оксидној) класи минерала Na, Ca и Sn се јављају у садржајима који су већи од оних из реперног узорка. Једино је у овој минералној класи присутно Pb (0.6 %).

### III – 1. 1. 3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија

#### узорака са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Ове анализе на великом платоу флотацијског јаловишта рудника Грот рађене су на 27 композита формираних од 135 тачкасто прикупљених узорка (табела 4, сл. 25). У узорцима са великог платоа јаловишта најзаступљенији су Fe, Pb, Zn, Cu и As (табела 23).

**Табела 23. Евиденциони бројеви анализа, појединачни садржаји (gt) и статистички параметри најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Евиденциони бројеви анализа и статистички параметри	Анализирани елементи				
	Fe	Pb	Zn	Cu	As
136	55,627	2,041	2,304	84	< г.д.
151	61,896	1,163	2,428	47	< г.д.
134	65,160	629	696	28	91
152	52,283	1,187	1,812	56	< г.д.
133	74,067	1,515	2,733	40	
138	55,865	2,135	2,612	80	
150	46,460	985	1,504	81	
149	45,641	1,038	1,612	28	
148	36,445	693	1,179	40	
146	59,257	2,064	2,451	71	
145	43,434	1,528	1,451	38	
147	61,886	2,544	2,939	110	< г.д.
139	57,443	1,970	2,366	62	
144	9,029	340	551	27	< г.д.
143	56,799	1,585	5,288	138	40
142	23,395	2,122	1,814	54	< г.д.
122	75,789	13,293	1,227	525	
123	120,247	15,469	1,852	545	
124	276,638	37,029	9,580	531	
130	294,87	1,542	760	24	
141	457,39	2,329	2,019	25	
129	225,463	103,852	5,234	2,172	
125	304,352	127,822	14,004	4,389	
128	236,977	74,626	26,480	3,867	654
126	170,901	58,676	3,236	1,264	997
140	59,720	3,906	4,003	98	< г.д.
127	154,653	42,623	5,423	2,270	516
Максимум	304,352	127,823	26,480	4,389	1,944
Минимум	9,029	340	551	24	< г.д.
Варијанса	6,466404828	1,168039737	28,560137	139,6302	184,790
Ср. вредност	92,765	18,693	3,983	618	158
Ст. девијација	80,414	34,177	5,344	1,182	430
Коефицијент варијације (%)	87	183	134	191	272
Опсег	295,323	127,482	25,929	4,365	1,947
Медијана	59,258	2,064	2,366	80	< г.д.
Први квартил	45,919	1,269	1,531	40	
Трећи квартил	146,052	31,639	4,926	541	

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

У мањим садржајима присутни су Мо, Hg, Co, Cr, Sn, W, Sb и Cd (табела 24).

**Табела 24. Евиденциони бројеви анализа, појединачни садржаји (g/t) и статистички параметри мање заступљених тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Евиденциони бројеви анализа и статистички параметри	Анализирани елементи							
	Мо	Hg	Co	Cr	Sn	W	Sb	Cd
136		< г.д.						
151		6	< г.д.					
134			306	< г.д.				
152								
133	< г.д.	< г.д.				< г.д.		
138			< г.д.	86.11				
150				< г.д.				
149		5		82				
148	3		134					
146	1.51							
145					< г.д.	100		
147		< г.д.						
139							< г.д.	< г.д.
144								
143								
142		7						
122								
123	< г.д.		< г.д.	< г.д.				
124						< г.д.		
130								
141								
129		< г.д.			450			
125					750			
128					< г.д.			
126					214			
140					< г.д.			
127	4.41		68		125			
Максимум	4	7	306	86	750	100		
Минимум	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.		
Варијанса	1.01	3.59	4097	501	28415	370		
Ср. вредност	< г.д.	1	19	6	57	4		
Ст. девијација	1	2	64	22	169	19		
Коефицијент варијације(%)	< г.д.	200	337	367	296	475	< г.д.	< г.д.
Опсег	4	7	306	86	750	100		
Медијана								
Први квартил	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.		
Трећи квартил								

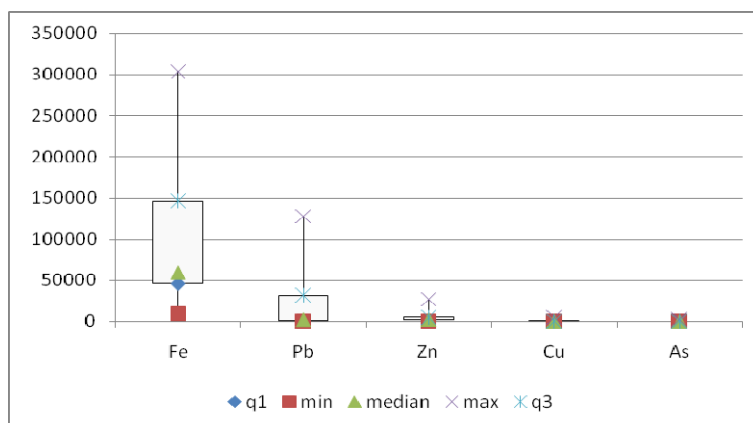
Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Појединачне анализе репрезентативних узорака показале су закономерност у површинској дистрибуцији тешких метала.

На слици 80 су приказане статистички обрађене концентрације најзаступљенијих тешких метала на великом платоу флотацијског јаловишта рудника Грот. Опсег садржаја Fe увелико прелази вредности трећег квантила осталих анализираних тешких метала. После Fe по заступљености је Pb па Zn и Cu и на крају As.

У северозападном делу великог платоа изражене су веома високе концентрације Fe и Pb (табела 23). Вредности концентрација Fe су вишеструко веће од садржаја Pb.

Вредности трећег квантила Fe су више од максимума Pb, а вредности првог квантила и медијане Fe од вредности трећег квантила Pb. Опсег доминантних концентрација Fe је већи од вредности трећег квантила Pb.

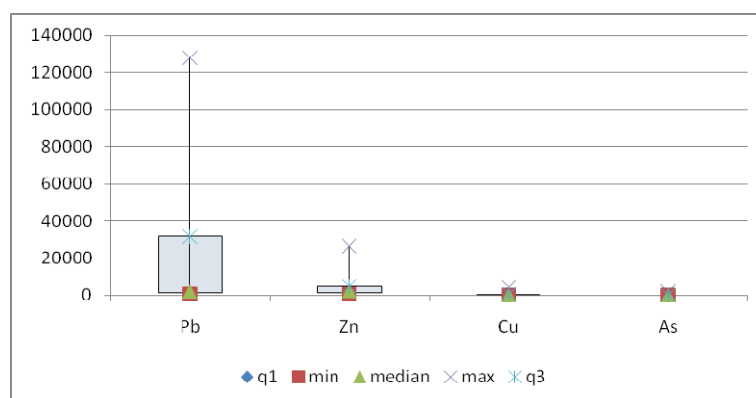


Сл. 80. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Квантитативна доминација Fe је утицала да се без њега статистички обраде концентрације најзаступљенијих елемената (сл. 81). Утврђена је веома висока вредност максималних садржаја Pb и Zn, и велики распон садржаја првог и трећег квантила Pb, односно велики опсег концентрација.

Гвожђе је најзаступљенији тешки метал у флотираним јаловинском материјалу. Овај метал највећи садржај остварује у северозападним деловима великог платоа (табеле 4 и 23, сл. 25).

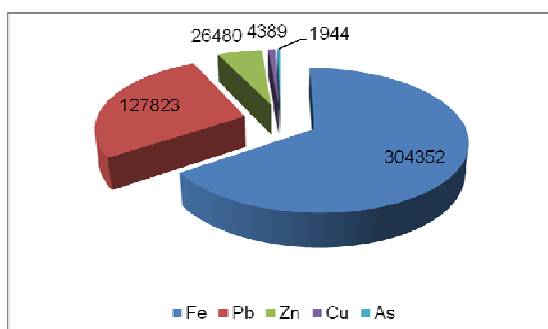




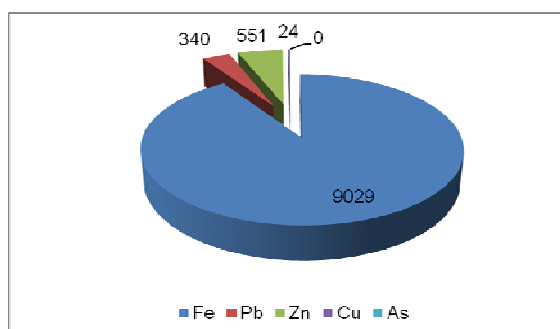
Сл. 81. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Садржај Fe је у већини појединачних хемијских анализа већи од остварених максималних садржаја најзаступљенијих тешких метала, што указује на његово континуирано повећано присуство у јаловини (табела 23). Максимални садржај Fe је већи од збира максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала на јаловишту (сл. 82).

Минималне концентрације Fe су вишеструко веће од минималних концентрација осталих тешких метала (сл. 83). Његове појединачне минималне концентрације су веће од максималних садржаја Zn, Cu и As. Минималне концентрације Fe значајно превазилазе збир минималних концентрација осталих метала.

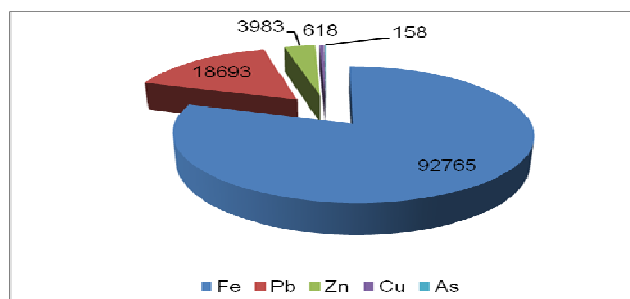


Сл. 82. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа јаловишта рудника Грот



Сл. 83. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

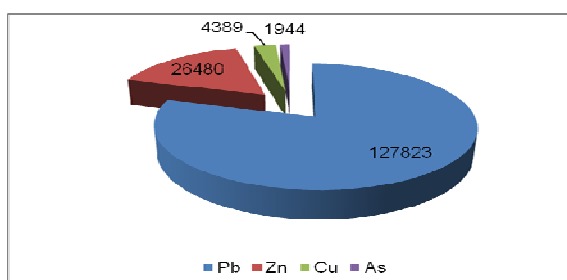
Гвожђе показује највеће средње вредности концентрације (сл. 84). Средња вредност концентрација Fe чини више од 75 % укупних средњих вредности најзаступљенијих тешких метала.



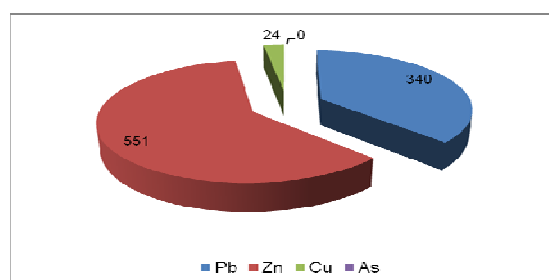
Сл. 84. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Медијана Fe је ближа нижим концентрацијама, што упућује на њихово квантитативно доминирање. Први квантил је ближи нижим концентрацијама, а трећи вишим. Локално ниске концентрације Fe остварују у централном делу великог платоа (табеле 4 и 23, сл. 25).

Олово је, после Fe, најзаступљенији тешки метал, са веома израженим варирањима концентрација. Високе концентрације остварује у северозападним деловима великог платоа (табеле 4 и 23, сл. 25). Максимални садржај је вишеструко већи од збира максималних концентрација Zn, Cu и As (сл. 85). Овај елемент показује мање минималне концентрације од Zn, али веће од Cu и As (сл. 86).

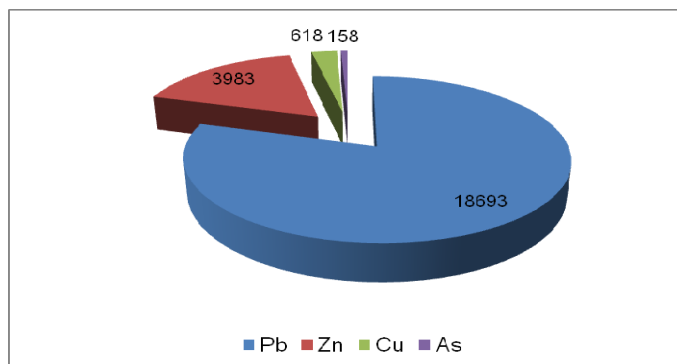


Сл. 85. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без гвожђа) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа јаловишта рудника Грот



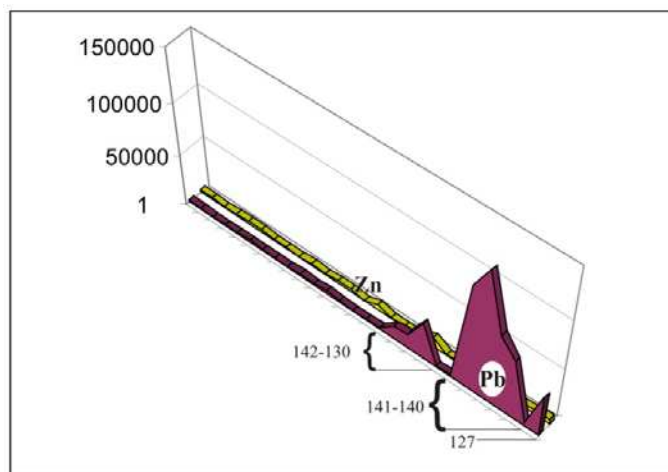
Сл. 86. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа јаловишта рудника Грот

Најниже концентрације Pb остварује у средишњим и југоисточним деловима великог платоа (табеле 4 и 23, сл. 25). Овај тешки метал показује велики распон концентрације и највећу средњу концентрацију (сл. 87). Ова вредност је вишеструко већа од збира средњих концентрација осталих тешких метала.



Сл. 87. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Локално, услед флукуације садржаја у јаловини, концентрација Pb може да буду нижа од Zn (сл. 88).



Сл. 88. Дијаграм односа Pb и Zn у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот  
Легенда: ознаке проба: 127, 142-130, 141-140

Медијана и вредности првог и трећег квантила су на страни нижих концентрација, што упућује на локалне појаве високих концентрација Pb (табеле 4 и 23, сл. 25).

Цинк максималне концентрације показује у северозападним деловима јаловишта, у узорцима у којима максималне вредности остварују Fe и Pb (табеле 4 и 23, сл. 25). Максималне концентрације Zn су знатно ниже од Fe и Pb.

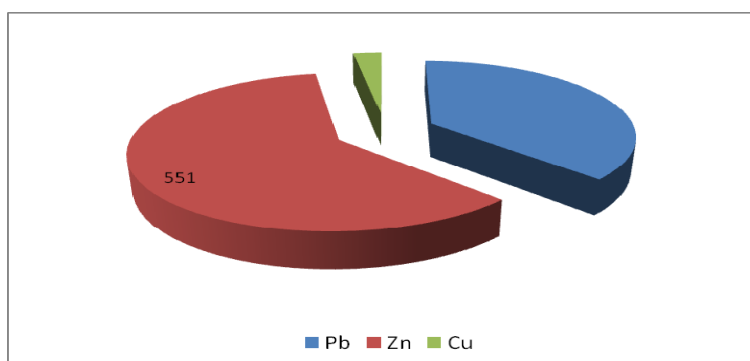
У средњим и западним деловима централног платоа Zn се јавља у најнижим концентрацијама. Минималне концентрације Zn су у овим узорцима веће од минималних садржаја Pb, сем у узорку из северозападног дела великог платоа (сл. 86).

Средња концентрација Zn је вишеструко нижа од исте код Pb.

Опсег концентрација Zn је знатно мањи од Pb. Разлог је мањи максимум концентрација овог тешког метала. Медијана је ближа минималним него максималним садржајима, што указује на њихово квантитативно доминирање.

Цинк показује веће минималне концентрације од Pb и Cu (сл. 89). Његов минимални садржај је већи од истог код Pb и Cu.

Бакар се јавља у нижим концентрацијама од Pb, Zn и Fe (табела 23).



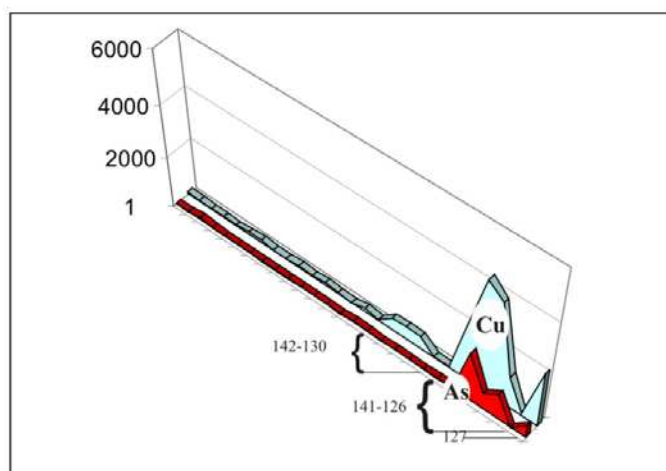
Сл. 89. Дијаграм односа минималних концентрација Pb, Zn и Cu у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Повећане садржаје остварује у северозападним деловима великог платоа, када је ово и изразито у односу на As (табела 23, сл. 90).

Максимални садржај овог елемента је вишеструко нижи у односу на остале тешке метале.

Минимални садржаји Cu су такође вишеструко нижи него код осталих тешких метала. Бакар је са мањим опсегом концентрација утврђен у свим анализама.

Арсен се у повећаним садржајима јавља у северозападном делу великог платоа, а у малим у централном делу великог платоа (табеле 4 и 23, сл. 25). У већини анализа са великог платоа је у концентрацијама које су испод границе детекције методе.



Сл. 90. Дијаграм односа Cu и As у репрезентативним хомогенизованим узорцима са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Легенда: ознаке проба: 127, 141-126, 142-130

Од елемената који су мање заступљени, значајно је локално присуство Sn у северним деловима великог платоа где достиже концентрације и од 750 ppm (табела 24, сл. 25).

У југозападним деловима Co се јавља у концентрацијама до 306 ppm (табела 24, сл. 25).

У источним деловима Cr достиже 86 ppm (табела 24, сл. 25).

У североисточним деловима Hg достиже 7 односно 5 ppm (табела 24, сл. 25).

При круни велике бране Mo показује концентрацију од 4.4 ppm (табела 24, сл. 25). У западним деловима великог платоа W се јавља у

концентрацијама од 100 ppm. У осталим деловима јаловишта није констатован (табела 24, сл. 25).

Ни у једној анализи није утврђено присуство Sb и Cd (табела 24, сл. 25).

### III – 1. 1. 4. Гранулометријске анализе узорака са великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

У југозападном и југоисточном делу великог платоа доминирају алевритски пескови, а у централним деловима алеврити и песковити алеврити (табела 25). Јаловински материјал је углавном средње сортиран, сем узорка из централног дела који показује добру сортираност. Просечна величина зрна је највећа код алевритских пескова, код кога је и мода у односу на медијане на страни крупнијих зрна. Најзаступљенија фракција код алевритских пескова је средњозрна. Код већине пескова (алеvритски песак-песковити алеврит) преовлађује више од једне фракције, па су и хистограми полимодални. Код алеврита доминира алевритска фракција, па је и хистограм унимодалан.

**Табела 25. Гранулометријске анализе узорака се великог платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

	Одредба	Заступљеност фракција	Сортираност	Просечна величина зрна	Мода/ медијана	Најзаступљенија фракција	Хистограм
134	Алевритски песак	Песковита 77.2 %, Алевритска 22.3 % Глиновита 0.5 %	Средња (So=1.777)	0.133mm	Крупнија зрна (Sk=0.692)	Средњозрни песак од 0.125mm (40.8 %)	полимодалан
144	Алеврит	Песковита 5.4 %, Алевритска 92.6 % Глиновита 2 %	Добра (So=1.466)	0.021mm	Ситнија зрна (Sk=1.071)	Алевритска од 0.005mm (76 %)	унимодалан
145	Песковити алеврит	Песковита 40.9 %, Алевритска 57.6 % Глиновита 1.5 %	Средња (So=1.707)	0.061mm	Ситнија зрна (Sk=1.103)	Алевритска од 0.02mm (42.1 %)	полимодалан
148	Алевритски песак	Песковита 58.9 %, Алевритска 39.6 % Глиновита 1.5 %	Средња (So=1.777)	0.105mm	Крупнија зрна (Sk=0.550)	Средњозрни песак од 0.125mm (38.3 %)	

### III – 1. 2. Геохемијске карактеристике јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Геохемијске карактеристике јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот утврђене су:

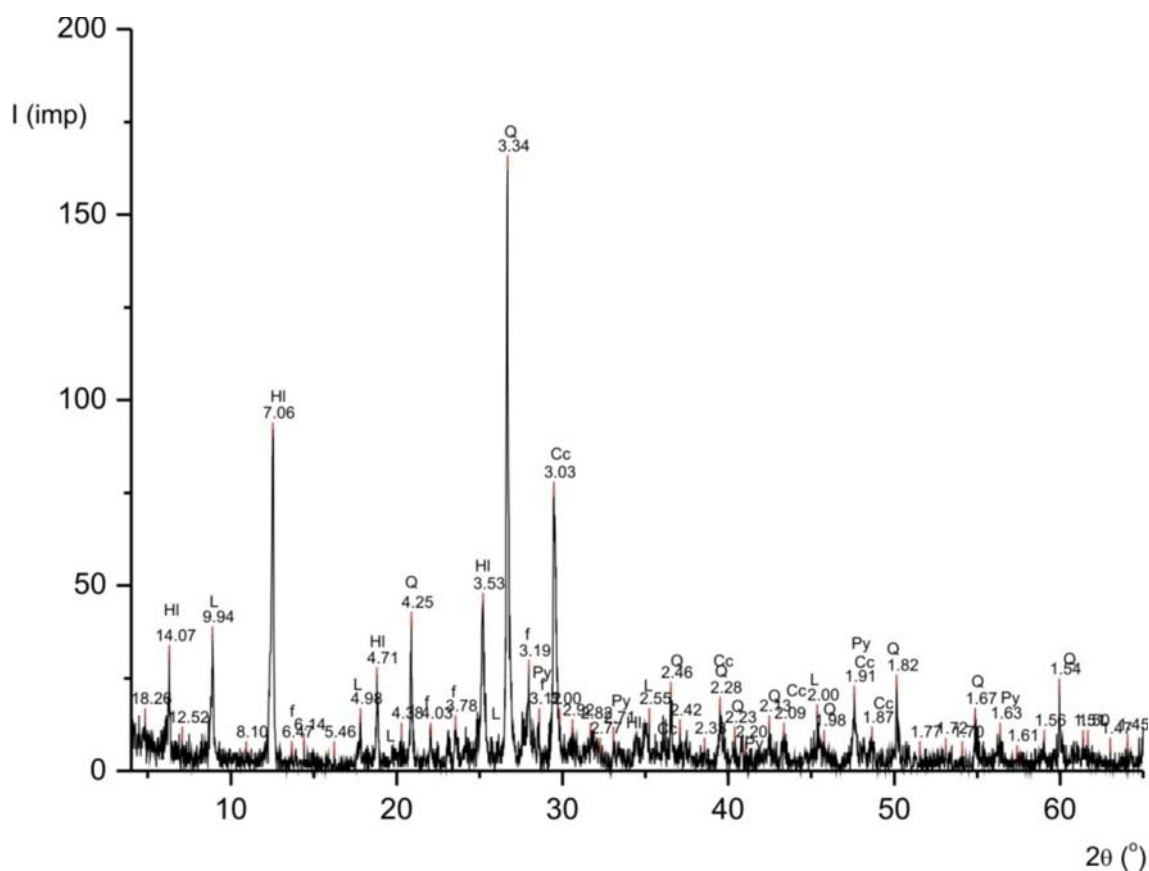
- рендгенском дифракционом анализом (RO),
- скенирајућом електронском микроскопијом (SEM) и
- рендгенском флуоресцентном спектрометријом (XRF).

#### III – 1. 2. 1. Рендгенска дифракциона анализа узорка са јужног платоа

У хомогенизованом узорку који репрезентује јужни плато, рендгенском анализом констатовани су минерали из класе силиката, карбоната и сулфида (табела 26, сл. 91).

Табела 26. Идентификовани минерали (класе) и њихов хемијски састав - репрезентативни узорак са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Идентификовани минерали	Хемијски састав минерала	Класе минерала
кварц	$\text{SiO}_2$	силикатне
лискуни	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$	силикатне
хлорити	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{OH})_8(\text{Al},\text{Si})_4\text{O}_{10}$	силикатне
калцит	$\text{CaCO}_3$	карбонатне
фелдспати	$(\text{K},\text{Na},\text{Ca})\text{Si}_3\text{O}_8$	силикатне
пирит	$\text{FeS}_2$	сулфидне



Сл. 91. Рендгенски дифрактограм репрезентативног узорка са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

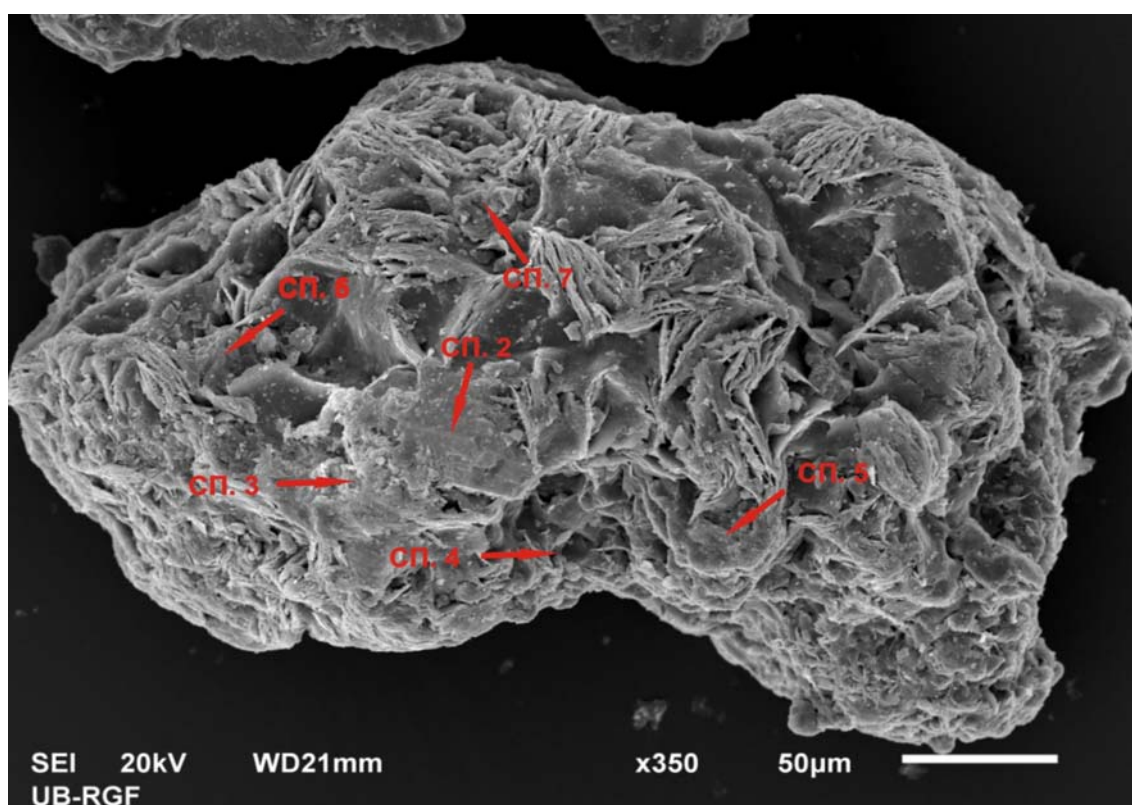
Легенда: Q-кварц, HI-хлорит, L-лисун, f-фелдспат, Cc-калцит, Py-пирит

У квантитативном погледу у узорку са јужног платоа доминира кварц. Осим њега, веома су заступљени лискуни, хлорити и од карбонатних минерала калцит. Такође, у мањим садржајима присутни су фелдспати и пирит.



### III – 1. 2. 2. Скенирајућа електронско-микроскопска анализа узорка са јужног платоа

Анализе рађене на агрегату минерала издвојеном из репрезентативног узорка са јужног платоа показале су квалитативну и квантитативну разноликост (сл. 92 и 93).

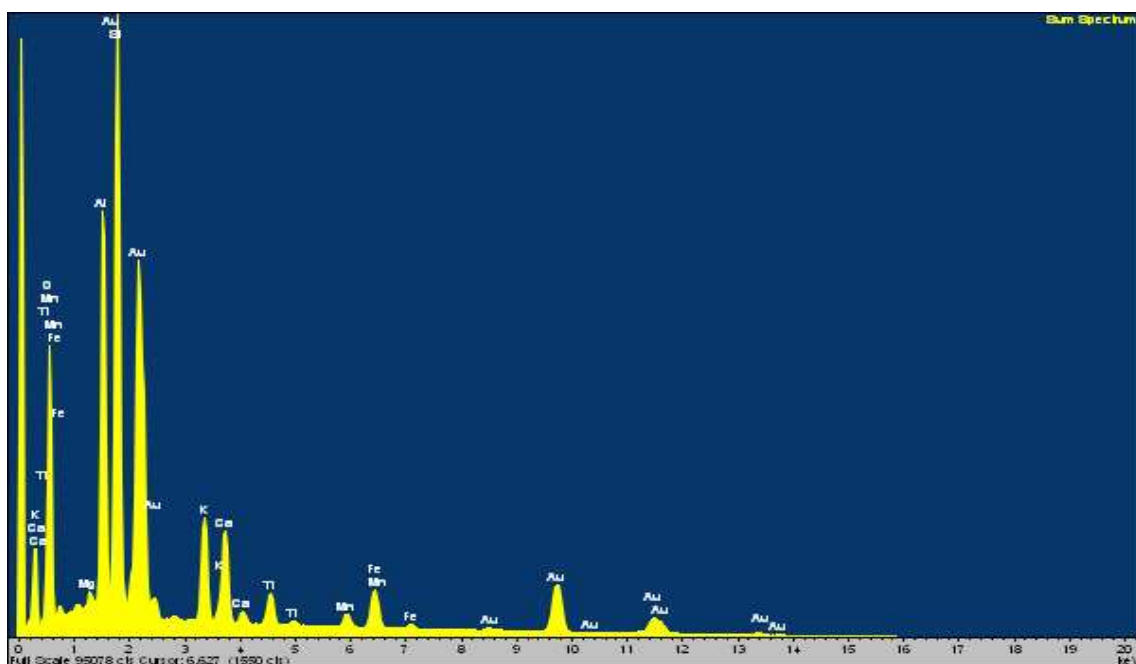


Сл. 92. Агрегат минерала - јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот.  
 Легенда: СП. 2 класа оксидна, СП. 3 класа оксидна (силикатна), СП. 4 класа оксидна (сулфидна, силикатна), СП. 5 и СП. 7 класа карбонатна (оксидна) и СП. 6 класа карбонатна (фосфатна)

У агрегату је, у теоријском смислу, утврђено присуство оксидне, силикатне и карбонатне класе минерала (табела 27, сл. 93). У садржајима изнад 1 % јављају се С, О, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe и Pb.

Табела 27. Хемијски састав агрегата минерала - јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Анализирани елементи																	Класе минерала	
C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb		Pb
17.8	46.6	0.1	0.3	7.7	12.2	0.4	0.1	3.4	3.1	1.6	1	3.4	0.2	0.2	0.5	0.3	1.1	Оксидне (силикатне, карбонатне)



Сл. 93. Спектар хемијског састава агрегата минерала – јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот

Хемијском анализом одабраних зрна констатовано је присуство су следећих класа минерала:

- оксидне
- оксидне (силикатне)
- оксидне (сулфидне)
- карбонатне (оксидне)
- карбонатне (фосфатне, табела 28).

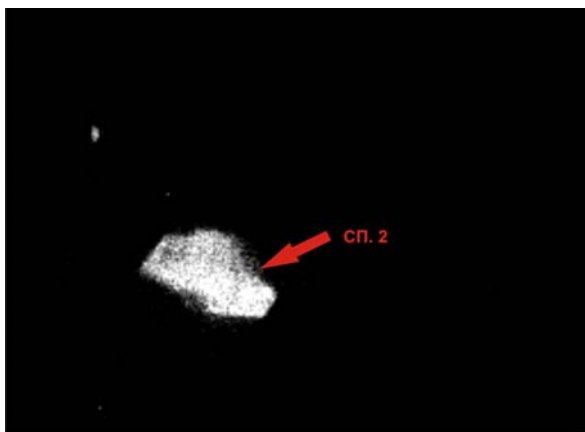
Табела 28. Хемијски састав класа минерала из агрегата - јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).

Ознака анализа	Анализирани елементи																		Класе минерала
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Sb	Pb	
СП.2	<г.д.	50.7	<г.д.		0.4	0.6		<г.д.	<г.д.	0.2	45.5	<г.д.	1.4	<г.д.	<г.д.			1.2	оксидне
СП.3	14.4	26.4	0.6	<г.д.	2.4	4.1		0.9	1.3	0.9	0.4	24.5	1.9	0.7	3.5			18.0	оксидне (силикатне)
СП.4	16.3	41.6	0.4	0.8	5.3	8.2	<г.д.	10.3	1.4	1.7	<г.д.	0.4	12.2		0.4			1	оксидне (сулфидно-силикатне)
СП.5	10.3	52.5			0.4	0.6			0.3	29.7	0.2	2.2	1.6	<г.д.		0.9	1.3		карбонатне (оксидне)
СП.6	17.6	35.8	<г.д.	<г.д.	0.5	1.5	15.1	<г.д.	0.2	28.0		<г.д.	0.7		<г.д.	0.6	<г.д.	<г.д.	карбонатне (фосфатне)
СП.7	4.7	53.4		0.3	1.9	2.6	<г.д.		0.6	31.2	<г.д.	1.6	1.5	0.4		0.8	1.0		карбонатне (оксидне)

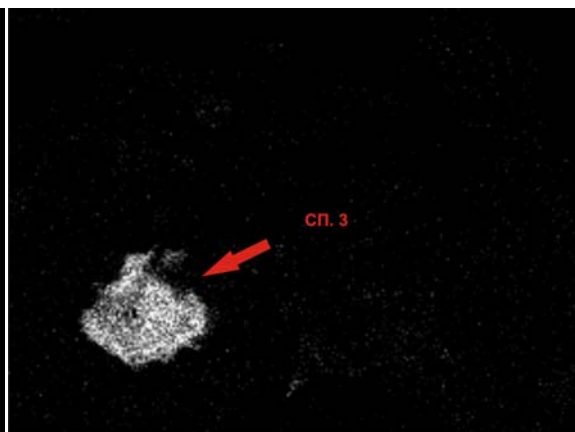
Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Анализа СП. 2 је агрегат Тi оксида са „налепљеним“ подређеним силикатним минералима (табела 28, сл. 94). У овој анализи, осим Тi који је утврђен у највећим концентрацијама, у већим од репрезентативне јављају се О и Рb (табеле 27 и 28). Агрегати са доминантним оксидним класама минерала на које су „налепљене“ силикатне и сулфидне класе разликују се у квалитативном и квантитативном смислу.

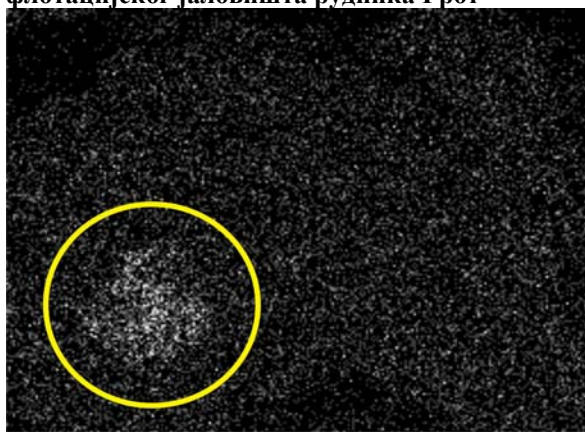
У агрегату изграђеном од оксидне (сулфидно-силикатне) класе минерала (СП. 4) у већим садржајима од репрезентативног јавља се Na, Mg, S, Fe и Zn (табеле 27 и 28). У овој анализи Fe је присутно као сулфид (сл. 96 и 97).



Сл. 94. Концентрације Тi (45.5 %), у оксидној класи минерала (табела 28) - јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 95. Концентрације Mn (24.6 %), у оксидној (силикатној) класи минерала (табела 28) - јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот

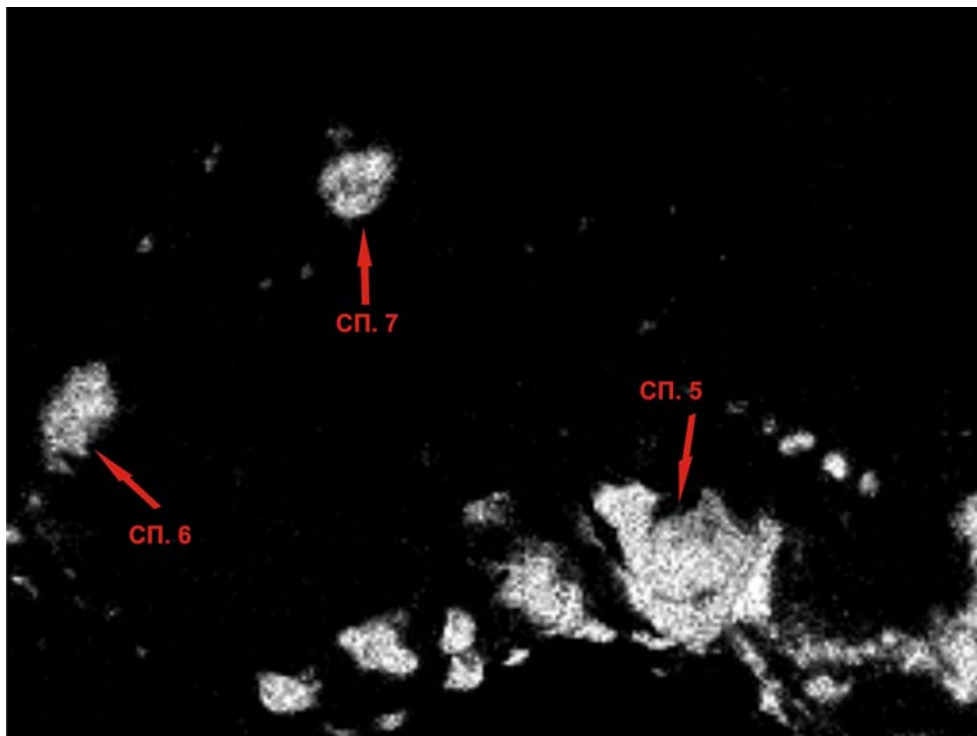


Сл. 96. Концентрације Рb у оксидној (сулфидној, силикатној) класи минерала. (табела 28) - јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 97. Концентрације S у оксидној (сулфидној, силикатној) класи минерала. (табела 28) - јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот

У агрегатима са доминантним зрнима карбонатне минералне класе разлике су у присуству Р и одсуству Sb у анализи СП. 6, присуству Ti у анализи СП. 5 и Mg и Cu у анализама СП. 7 (табела 28, сл. 98).



Сл. 98. Нагомилања Са у карбонатним минералним класама – јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот  
Легенда: СП. 5 класа карбонатна (оксидна), СП. 6 класа карбонатна (фосфатна) и СП. 7 класа карбонатна (оксидна)

### III – 1. 2. 3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија узорака са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Рендгенске анализе на јужном платоу флотацијског јаловишта рудника Грот рађене су на 5 композитних проба формираних од 25 тачкасто прикупљена узорка (табела 4, сл. 25).

У узорцима са јужног платоа јаловишта најзаступљенији су Fe, Pb, Zn, Cu и As (табела 29).

**Табела 29. Евиденциони бројеви анализа, појединачни садржаји (g/t) и статистички параметри најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Евиденциони бројеви анализа и статистички параметри	Анализирани елементи				
	Fe	Pb	Zn	Cu	As
154	53,443	2,034	1,847	46	< г.д.
155	63,420	3,362	4, 33	156	
132	60,674	1,241	1, 11	41	
153	46,432	936	1, 39	19	
ž.1	116,914	1,700	4,801	107	88
Максимум	116,914	3,362	4,801	156	88
Минимум	46,432	936	1,511	19	< г.д.
Варијанса	786,046784	887,051	2,567 023	3,202	1,531
Ср. вредност	68,177	1,855	2,827	74	18
Ст. девијација	28,037	942	1,602	57	39
Коефицијент варијације(%)	41	51	57	77	217
Опсег	70,482	2,426	3,290	137	88
Медијана	60,674	1,700	1,847	46	< г.д.
Први кватил	48,185	1,012	1,543	25	
Трећи кватил	103,541	3,030	4,684	144	

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Остали тешки метали са јављају испод границе детекције методе, сем локално детектоване Hg (табела 30).

**Табела 30. Евиденциони бројеви анализа и појединачни садржаји (g/t) мање заступљених тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

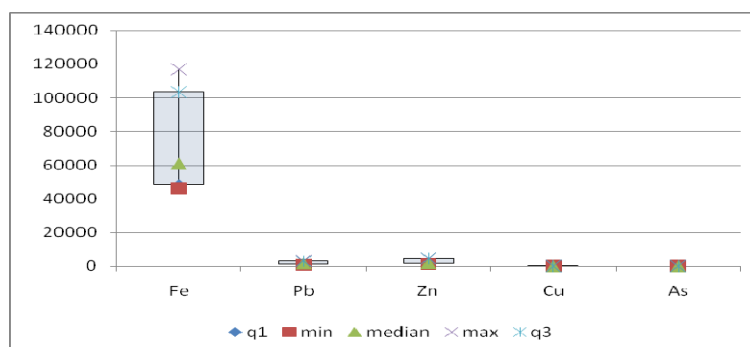
Евиденциони бројеви анализа	Анализирани елементи							
	Mo	Hg	Co	Cr	Sn	W	Sb	Cd
154	< г.д.	2	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.	< г.д.
155								
132								
153								
ž.1								

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Анализе тачкасто прикупљених узорака показале су закономерност у површинској дистрибуцији тешких метала.

Концентрације Fe су уједначене, сем локално у узорку из централног дела зоне према великом платоу где су вишеструко повећане (табеле 4 и 29, сл. 25).

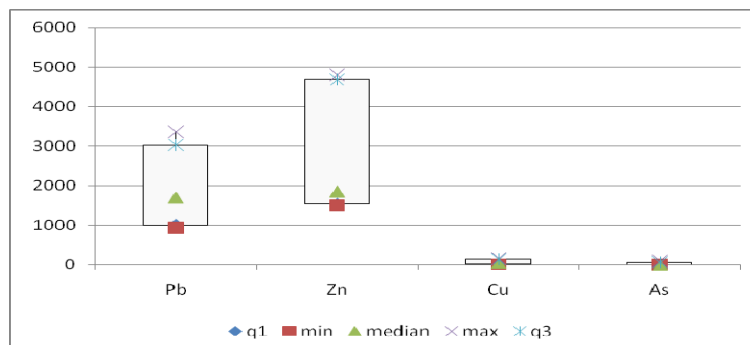
На слици 99 су приказане статистички обрађене вредности концентрација најзаступљенијих тешких метала на јужном платоу флотацијског јаловишта рудника Грот.



Сл. 99. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Сви статистички параметри Fe су вишеструко виши у односу на остале тешке метале. Гвожђе не показује екстремно високе концентрације, али је опсег концентрација вишеструко већи него код других. Медијана Fe је у зони нижих концентрација, што потврђује њихово доминирање. Вредности првог квантила су блиске његовим минималним садржајима, а трећег екстремно високим.

Анализе статистичких параметара најзаступљенијих тешких метала (без Fe) потврдила је правилност у дистрибуцији (сл. 100).

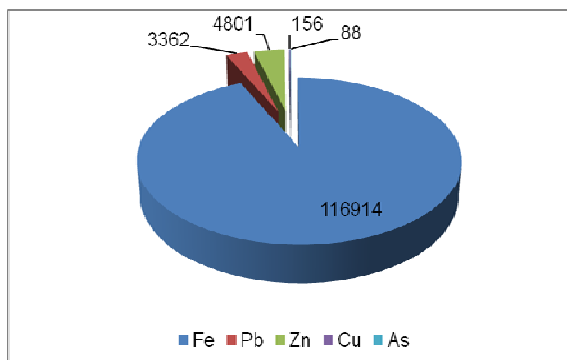


Сл. 100. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

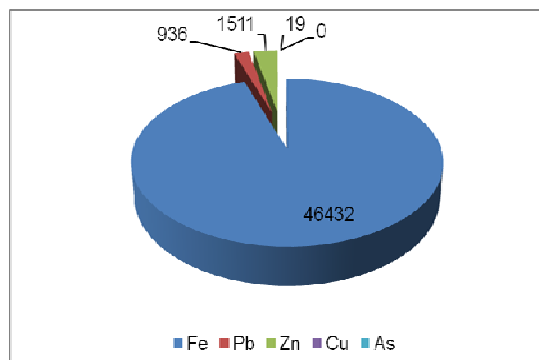
Цинк показује највећи опсег концентрација. Код Zn су максимални садржаји и вредности трећег квантила приближне и највеће. Вредности првог квантила и медијане су сличне са овим вредностима код Pb. Вредност медијане је ближа нижим концентрацијама, што указује да оне и доминирају.

Гвожђе се јавља у највишим појединачним концентрацијама (сл. 101). Овај тешки метал је у анализи из зоне између великог и јужног платоа двоструко

концентрисанији него у следећој. Минимални садржаји Fe су много веће од збира минималних али и од збира максималних концентрација анализираних тешких метала (сл. 102).

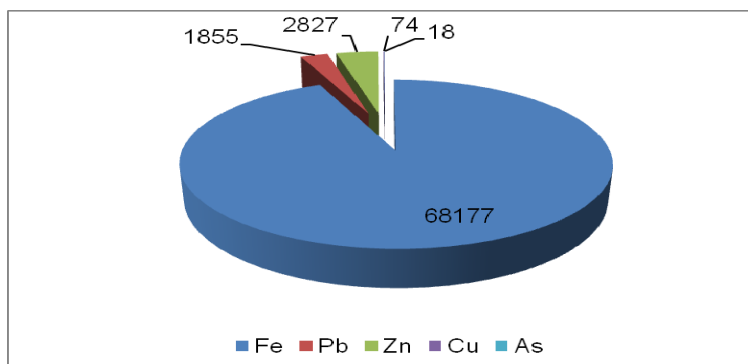


Сл. 101. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 102. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа јаловишта рудника Грот

Средња вредност концентрације Fe је вишеструко већа од средње вредности концентрација анализираних тешких метала и од збира максималних вредности концентрација свих анализираних тешких метала (сл. 103).

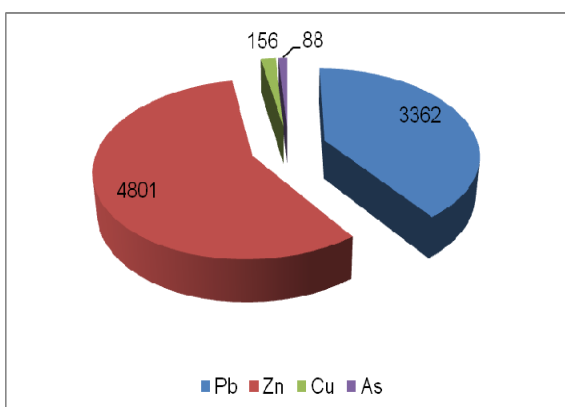


Сл. 103. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

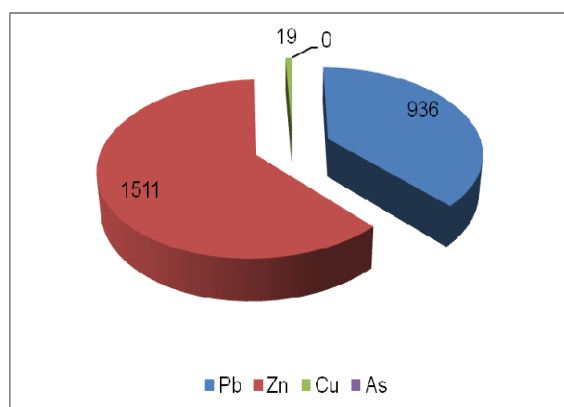
Квантитативна доминација Fe и на јужном платоу указала је на потребу да се статистички обраде концентрације осталих тешких метала, без Fe.

Цинк је следећи по заступљености. Максимална концентрација овог тешког метала је већа од збира максималних концентрација анализираних тешких

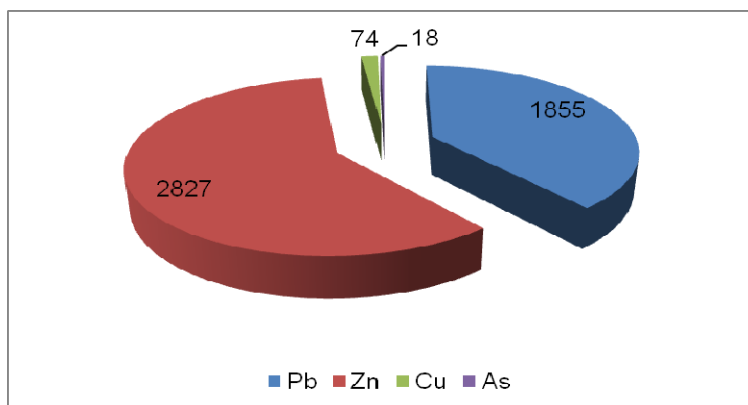
метала (сл. 104). Најнижи садржаји су утврђени у зони према круни велике бране. Вредност минималне концентрације цинка је већа од збира минималних концентрација осталих елемената (сл. 105). Збир средњих вредности анализираних елемената је мањи од средње вредности Zn (сл. 106).



Сл. 104. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 105. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 106. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са јужног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Олово максимум садржаја остварује у најисточнијим деловима јужног платоа. Најнижи садржаји су између великог и јужног платоа.



Бакар екстремно високи садржај показује у истом узорку где и Рб. Минималне вредности су утврђене између великог и јужног платоа.

У узорку који је прикупљен најјужније на јужном платоу констатована је Нг у садржајима од 2 ppm (табела 30, слика 25). У свим осталим анализама овај елемент се налази испод границе детекције.

### **III – 1. 3. Геохемијске карактеристике југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Геохемијске карактеристике југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот су утврђене:

- рендгенском дифракционом анализом (Rö),
- скенирајућом електронском микроскопијом (SEM) и
- рендгенском флуоресцентном спектрометријом (XRF)
- гранулометријском анализом.

#### **III – 1. 3. 1. Рендгенска дифракциона анализа узорака са југоисточног платоа**

Рендгенским анализама су третирани репрезентативни узорци из долиноског дела југоисточног платоа и са мале бране. У анализама су утврђени минерали силикатне, карбонатне и сулфидне класе (табела 31, сл. 107 и 108).

**Табела 31. Идентификовани минерали (класе) и њихов хемијски састав - репрезентативни узорци са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Идент. минерали	Хемијски састав минерала	Класе минерала
кварц	SiO <sub>2</sub>	силикатне
лискуни	K(Mg,Fe) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )	силикатне
хлорити	(Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (OH) <sub>8</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	силикатне
калцит	CaCO <sub>3</sub>	карбонатне
доломит	(Ca,Mg)CO <sub>3</sub>	карбонатне
сидерит	FeCO <sub>3</sub>	карбонатне
фелдспати	(K,Na,Ca)Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	силикатне
±пирит	FeS <sub>2</sub>	сулфидне

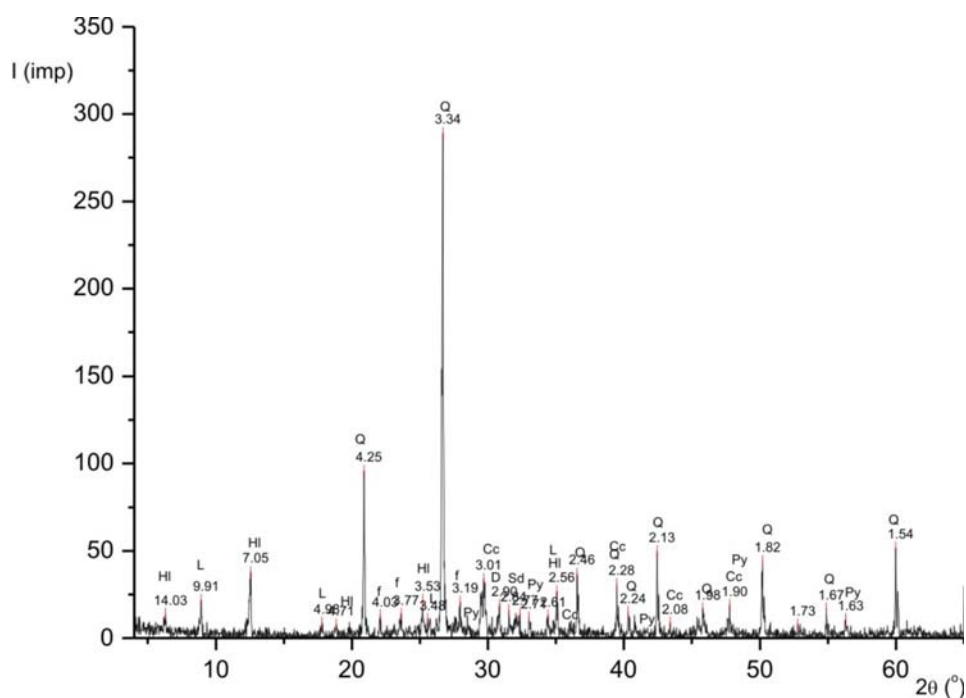
Састав и класе минерала репрезентативног узорка са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Идент. минерали	Хемијски састав минерала	Класе минерала
кварц	SiO <sub>2</sub>	силикатне
лискуни	K(Mg,Fe) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )	силикатне
хлорити	(Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (OH) <sub>8</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	силикатне
калцит	CaCO <sub>3</sub>	карбонатне
фелдспати	(K,Na,Ca)Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	силикатне
±пирит	FeS <sub>2</sub>	сулфидне

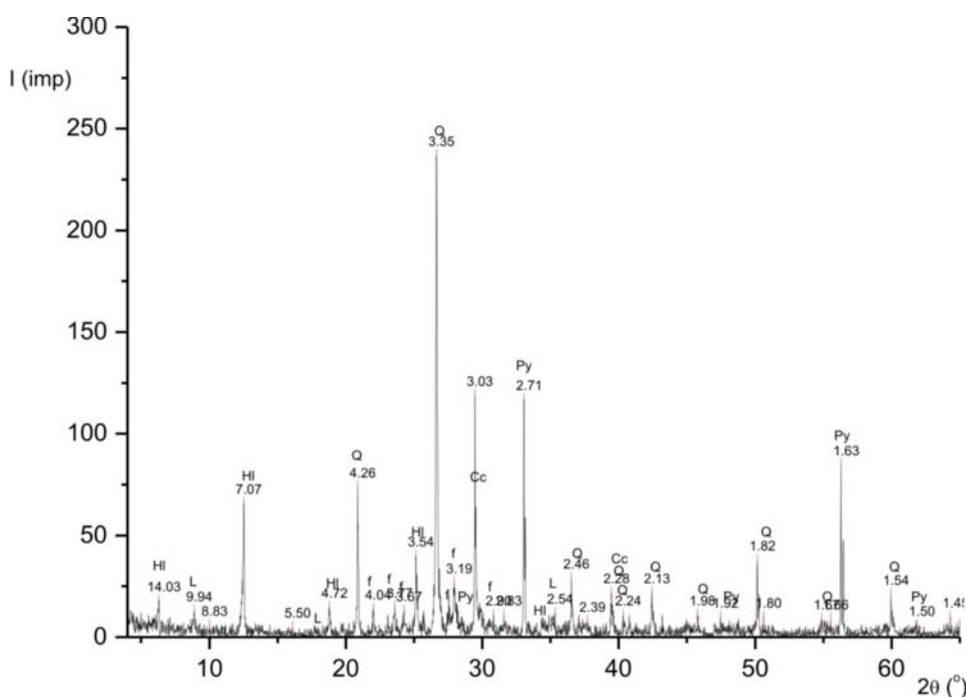
Састав и класе минерала репрезентативног узорка са мале бране југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

У репрезентативном узорку са југоисточног платоа најзаступљенији минерал је кварц, па слојевити силикати хлорити и лискуни (сл. 107). У овом узорку су уочене и мале количине карбоната-калцита, доломита и сидерита. Фелдспат је констатован у врло малој количини, а пирит се јавља у траговима.

Репрезентативни узорак са мале бране је сличног квалитативног састава (сл. 108). Најзаступљенији минерал је кварц, па хлорити и лискуни. Од карбонатних минерала уочен је само калцит. Фелдспата је веома мало, а пирит је присутан у траговима.



**Сл. 107. Рендгенски дифрактограм репрезентативног узорка са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**  
 Легенда: Q-кварц, HI-хлорит, L-лискун, f-фелдспат, Cc-калцит, D-доломит, Py-пирит, Sd-сидерит.



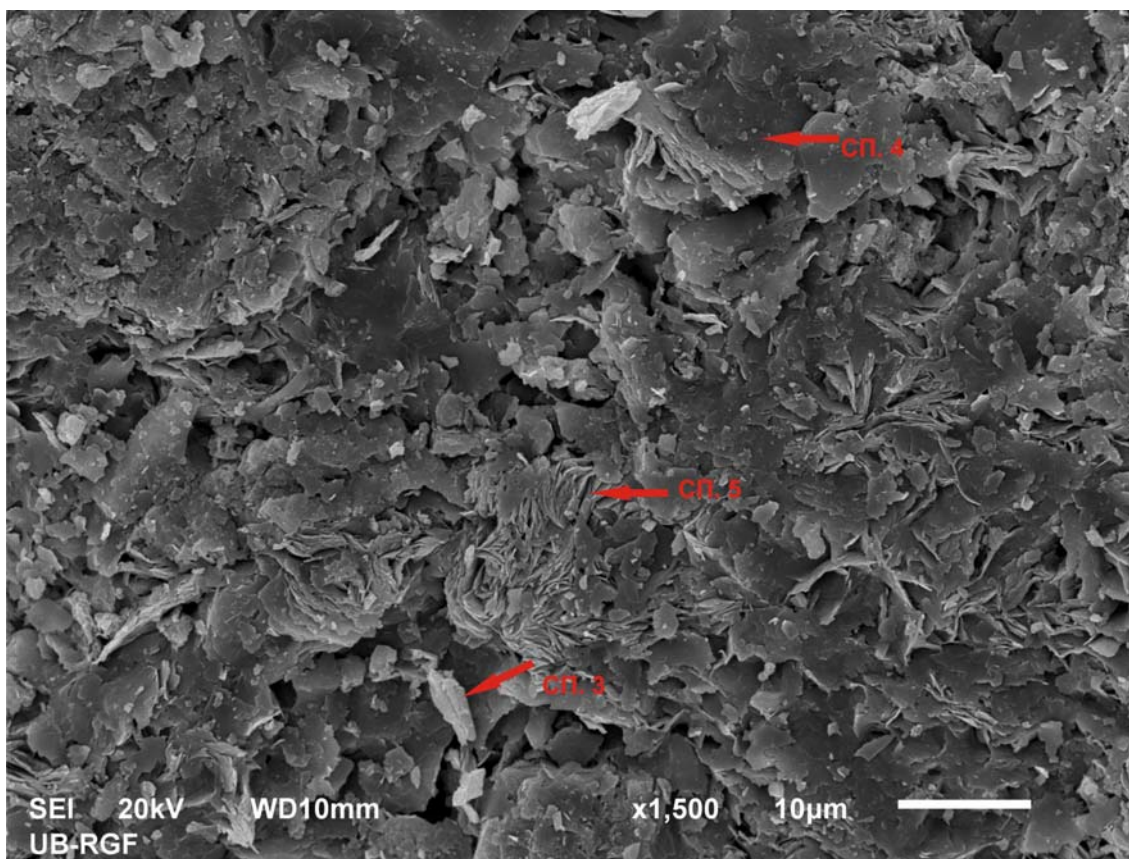
**Сл. 108. Рендгенски дифрактограм репрезентативног узорка са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот (околина мале бране)**  
 Легенда: Q-кварц, HI-хлорит, L-лискун, f-фелдспат, Cc-калцит, Py-пирит

### III – 1.3.2. Скенирајуће електронско-микроскопске анализе узорака са југоисточног платоа

Ове анализе су рађене на хомогенизованом неполираном узорку који репрезентује југоисточни плато и на издвојеном агрегату минерала.

#### НЕПОЛИРАНИ УЗОРАК СА ЈУГОИСТОЧНОГ ПЛАТОА

Анализе репрезентативних узорака са југоисточног платоа показале су квалитативну униформност у односу на остале делове јаловишта (сл. 109).



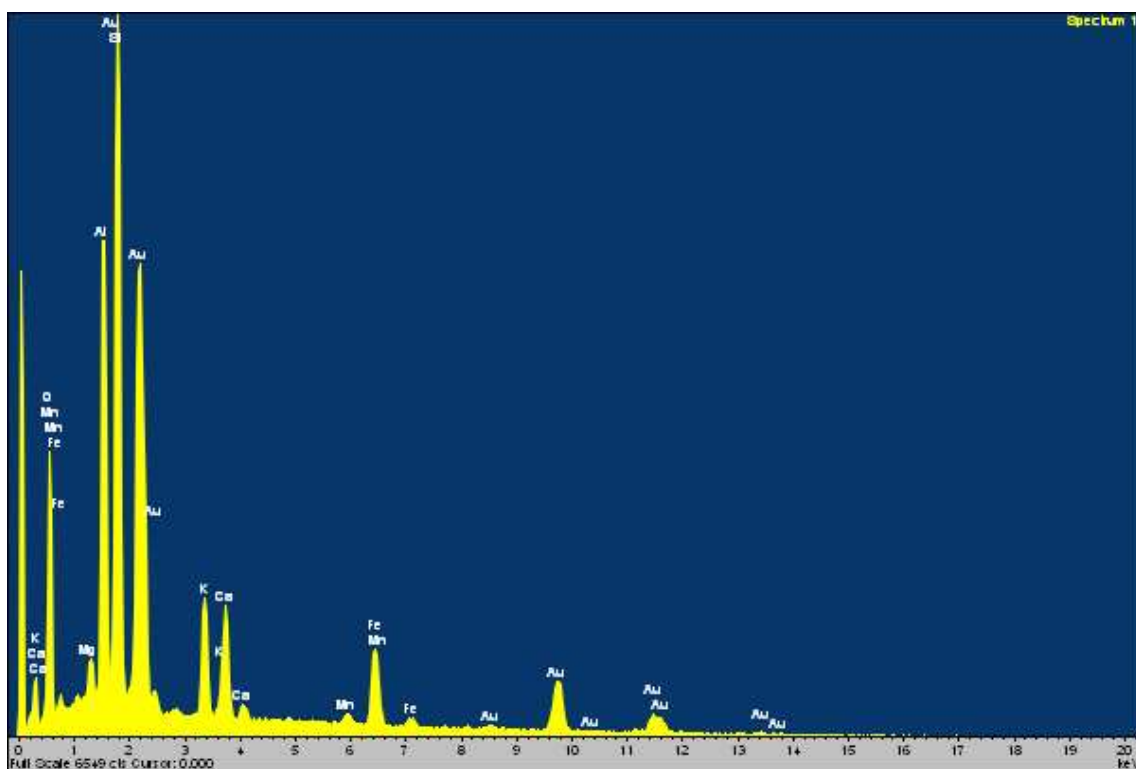
Сл. 109. Репрезентативни неполирани узорак - југоисточни плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 3, СП. 4 и СП. 5 силикатне (оксидне) класе минерала

У узорку је у теоријском погледу утврђено присуство силикатне и оксидне класе минерала (табела 32, сл. 110). У садржајима изнад 1 % констатовани су О, Si, Al, С, Fe, Pb и К.

Табела 32. Хемијски састав неполираног репрезентативног узорка - југоисточни плато флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Анализирани елементи										Класе минерала
С	О	Mg	Al	Si	К	Ca	Mn	Fe	Pb	
11.0	53.1	0.3	12.4	16.1	1.3	0.5	0.3	3.8	1.2	Силикатне (оксидне)



Сл. 110. Спектар хемијског састава репрезентативног неполираног узорка - југоисточни плато флотацијског јаловишта рудника Грот

У анализама појединачних зрна констатовани су агрегати доминантно силикатне и подређено оксидне класе минерала (табела 33).

Табела 33. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорка - југоисточни плато јаловишта Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).

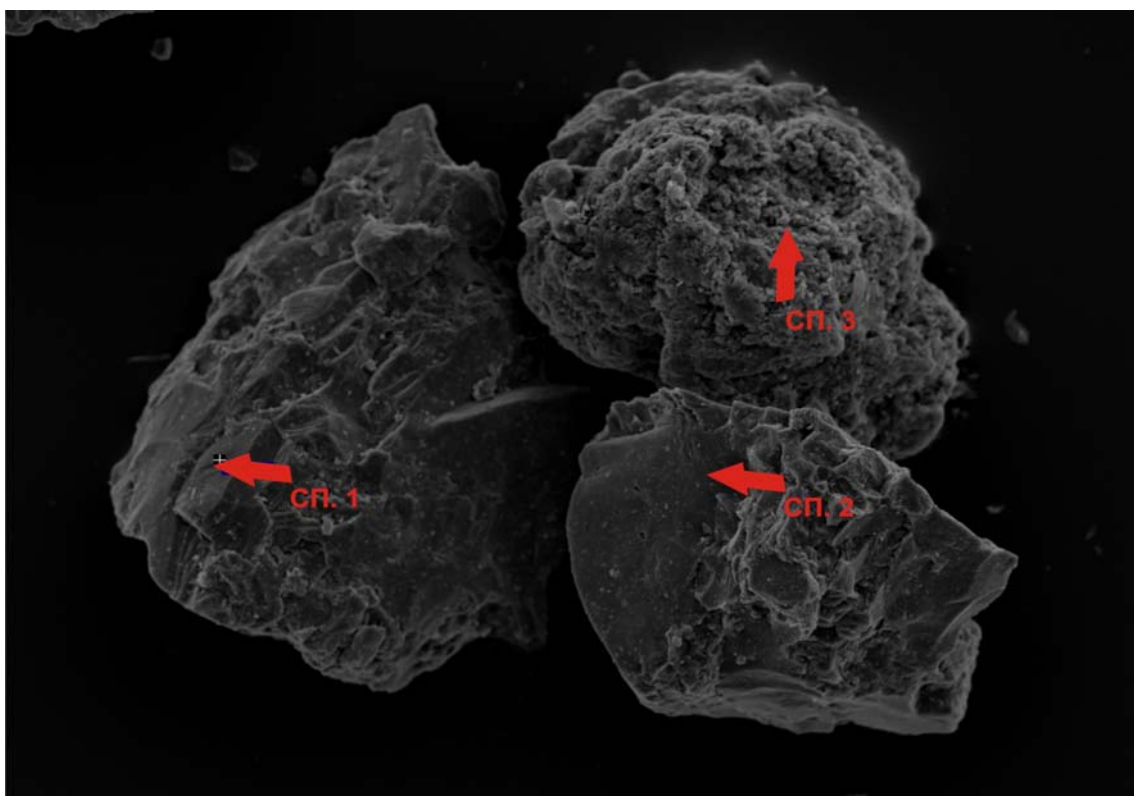
Ознака анализа	Анализирани елементи										Класе минерала
	С	О	Mg	Al	Si	К	Ca	Mn	Fe	Pb	
СП.3	12.2	53.6	2.6	8.5	11.5	1.9	0.4	0.6	7.8	0.9	силикатне (оксидне)
СП.4	13.7	30.1	<г.д.	15.1	26.7	8.7	<г.д.	<г.д.	5.7	<г.д.	
СП.5	10.1	47.9	0.2	12.5	20.6	5.4	<г.д.	<г.д.	3.3	<г.д.	

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

У анализи СП. 4 није констатован Mg, а у зрнима са ознакама СП. 4 и СП. 5 Ca, Mn и Pb. Разлике су и у заступљености тешких метала у односу на репрезентативну анализу. У анализи СП. 3 у вишим концентрацијама од репрезентативне утврђен је C, O, Mg, K, Mn и Fe; у анализи СП. 4 C, Al, Si, K и Fe; а у анализи СП. 5 Al, Si и K (табела 33).

### НЕПОЛИРАНИ АГРЕГАТ МИНЕРАЛА СА ЈУГОИСТОЧНОГ ПЛАТОА

Анализе су рађене на агрегату минерала издвојеном из репрезентативног узорка (сл. 111).



Сл. 111. Неполирани агрегат минерала - југоисточни плато флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 1 СП. 2 и СП. 3 силикатне класе

Констатоване су само силикатне класе минерала (табела 34).

**Табела 34. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорка – југоисточни плато флотацијског јаловишта Грот (масени проценти нормализовани на 100%).**

Ознака анализа	Анализирани елементи								Класе минерала
	C	O	Al	Si	K	Fe	Cu	Pb	
СП.1	10.0	57.8	<г.д.	31.9	<г.д.	0.3	<г.д.	<г.д.	силикатне
СП.2	12.9	48.9		37.4		<г.д.		0.8	
СП.3	<г.д.	59.5	17.9	19.9	0.2	1.9	0.6	<г.д.	

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Анализирана зрна се разликују углавном у квантитативним заступљеностима анализираних елемената. Једино је у анализи СП. 2 констатован Рб (0.8 %), а у анализи СП. 3 Al (17.9 %), Cu (0.6 %) и K (0.2 %). У анализама СП. 1 и СП. 3 присутно је Fe, а СП. 1 и СП. 2 C. У свим анализама су утврђени O и Si (табела 34).

### **III – 1. 3. 3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија узорака са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Анализе су рађене на 9 композита формирана од 45 тачкасто прикупљена узорка са југоисточног платоа. Три композита су прикупљена на помоћној брани (узорци 165, 166 и 167), а шест на долињском делу југоисточног платоа (узорци 164, 168, 169, 170, 171 и 172, табела 4, сл. 25).

Најзаступљенији тешки метали су Fe, Pb, Zn, Cu и As (табела 35).

**Табела 35. Евиденциони бројеви анализа, појединачни садржаји (g/t) и статистички параметри најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

Евиденциони бројеви анализа и статистички параметри	Fe	Pb	Zn	Cu	As
167	101,140	3,493	6,934	244	133
166	86,124	3,006	1,512	36	<г.д
165	10,120	1,061	1,432	26	112
171	42,240	890	1,108	27	65
164	8,949	289	257	<г.д	67
168	88,508	2,452	4,950	153	69
172	7,013	341	427	134	14
169	62,306	1,933	3,107	46	<г.д
170	59,924	2,156	3,078	68	14
Максимум	101,140	3,493	6,934	244	133
Минимум	7,013	289	257	<г.д.	<г.д
Варијанса	1,350894 550	1, 329 798	4,965807	6,321	2,386
Ср. вредност	51,814	1,736	2,535	81	53
Ст. девијација	36,755	1,153	2,228	80	49
Коефицијент варијације(%)	71	66	88	99	92
Опсег	94,127	3,204	6,677	244	133
Медијана	59,924	1,933	1,520	46	65
Први квантил	9,242	478	597	26	4
Трећи квантил	87,912	2,868	4,489	148	101

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

Од осталих тешких метала Мо је локално констатован у концентрацијама од 2 ppm и Hg у садржајима од 9 ppm на долинском делу југоисточног платоа (табела 36, сл. 25).

Остали тешки метали су испод границе детекције методе

**Табела 36. Евиденциони бројеви анализа и појединачни садржаји (g/t) мање заступљених тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот**

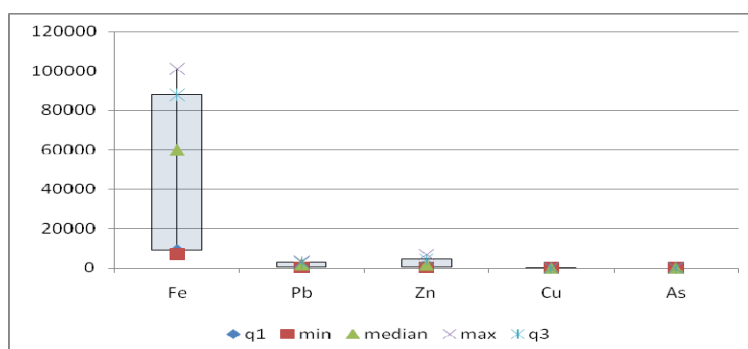
Евиденциони бројеви анализа	Анализирани елементи							
	Mo	Hg	Co	Cr	Sn	W	Sb	Cd
167	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д
166								
165	2	9	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д
171								
164	<г.д.	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д	<г.д
168								
172								
169								
170								

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе



Појединачне анализе тачкасто прикупљених узорака показале су одређену закономерност у површинској дистрибуцији. У узорку са помоћне бране утврђене су највеће концентрације Fe, Pb, Zn, Cu и As, а у осталим анализама концентрације су вишеструко ниже.

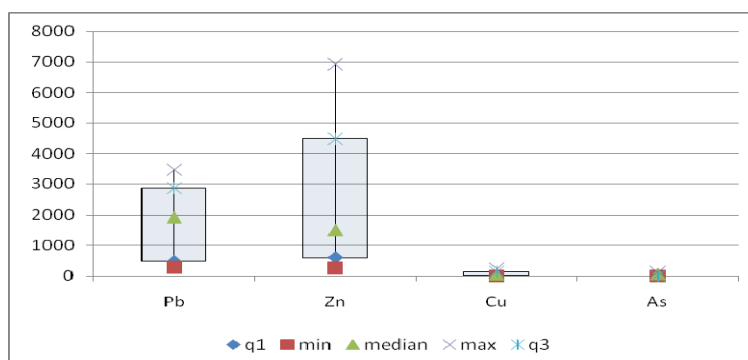
На југоисточном платоу Fe је доминантан тешки метал. На слици 112 су приказане статистички обрађене вредности концентрација најзаступљенијих тешких метала на југоисточном платоу флотацијског јаловишта рудника Грот.



Сл. 112. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

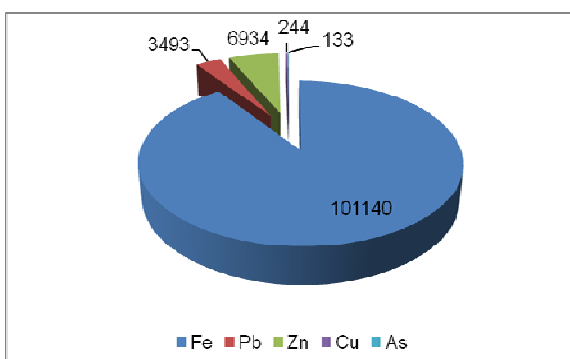
Сви статистички параметри Fe су вишеструко виши него код других тешких метала. Овај елемент нема изражен максимум концентрације, а и медијана је ближа вишим концентрацијама, што указује на њихово доминирање.

Анализе статистичких параметара најзаступљенијих тешких метала (без Fe) показале су одређену правилност (сл. 113).

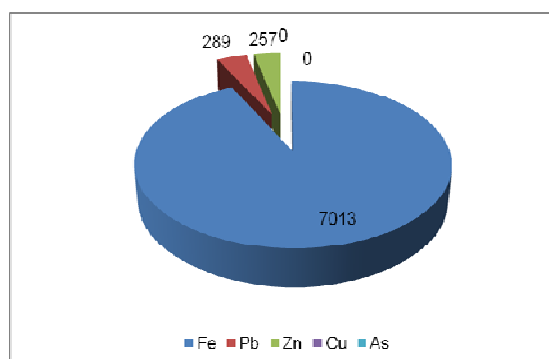


Сл. 113. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Гвожђе је најзаступљенији тешки метал. Концентрације Fe су много веће од садржаја осталих тешких метала у долињском делу и на малој брани југоисточног платоа. Вредност максималних садржаја Fe је много пута већа од збира максималних и минималних концентрација осталих тешких метала (сл. 114 и 115).

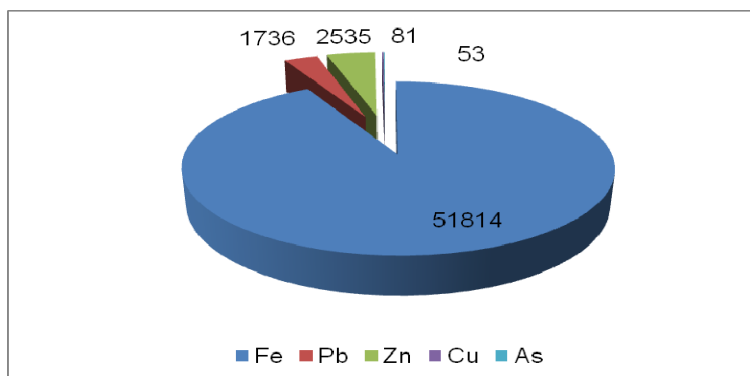


Сл. 114. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 115. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

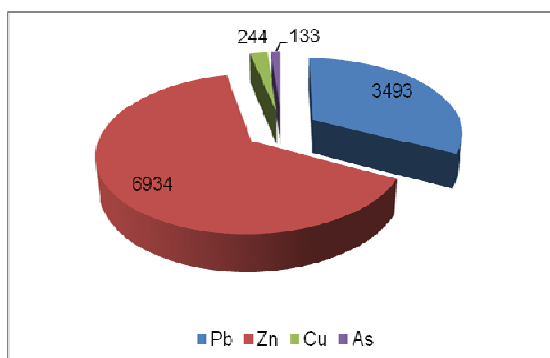
Много већа просечна заступљеност Fe на југоисточном платоу указује на његов континуирано повећан садржај (сл. 116).



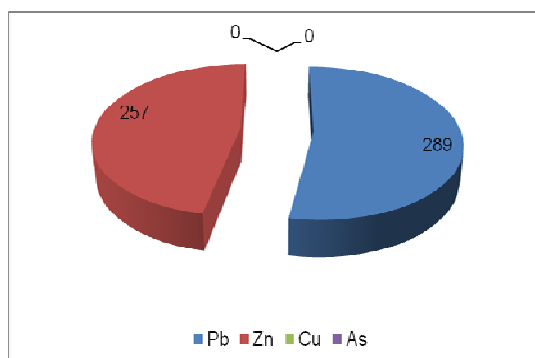
Сл. 116. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Цинк, после Fe, показује највећи максимум, вредност трећег квантила и опсег концентрација. Вредности првог квантила су сличне са вредностима код Pb.

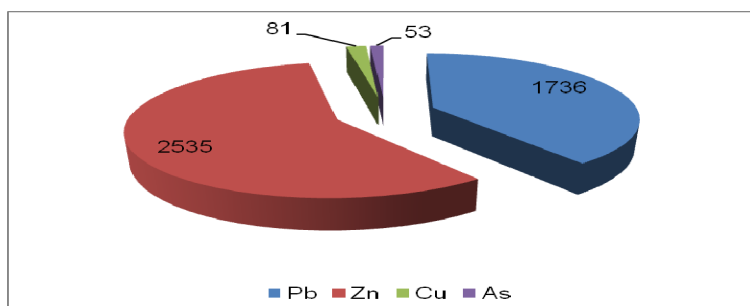
Медијана код Zn је ближа нижим концентрацијама, што указује на њихову већу заступљеност. Овај елемент је доминантан у погледу и максималне и минималне заступљености (сл. 117 и 118). Максималне концентрације остварује на малој брани. У погледу средњих садржаја, такође је доминантан (сл. 119).



Сл. 117. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 118. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 119. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

Олово максимум концентрације постиже у узорцима где и Zn. На малој брани генерално је заступљенији.

Бакар максимум садржаја достиже на истом месту где и Pb и Zn, мада на малој брани има генерални тренд нижих садржаја. У узорку из централног дела југоисточног платоа је испод границе детекције методе.

Арсен се у максималним концентрацијама налази на малој брани. Веома често је у концентрацијама испод границе детекције методе,

### III – 1. 3. 4. Гранулометријске анализе узорака са југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

На југоисточном платоу је најприсутнији добро сортирани алеврит код кога је мода у односу на медијану на страни ситнијих зрна (табела 37). Најзаступљенија фракција је алевритска. Хистограм је унимодалан због квантитативног доминирања алевритске фракције.

Табела 37. Гранулометријске анализе узорака се југоисточног платоа флотацијског јаловишта рудника Грот

	Одредба	Заступљеност фракција	Сортираност	Просечна величина зрна	Мода/ медијана	Најзаступљенија фракција	Хистограм
171	Алеврит	Песковита 0.51%, Алевритска 96.99% Глиновита 2.5 %	Добро ( $S_o=1.348$ )	0.015mm	Ситнија зрна ( $S_k=1.01$ )	Алевритска од 0.005mm (89 %)	Унимодалан

### III – 1. 4. Геохемијске карактеристике падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

Геохемијске карактеристике велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот су утврђене

- рендгенском дифракционом анализом ( $R_{\odot}$ ),
- скенирајућом електронском микроскопијом (SEM) и
- рендгенском флуоресцентном спектрометријом (XRF)
- гранулометријском анализом.

### III – 1. 4.1. Рендгенска дифракциона анализа узорака са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

Анализирани су хомогенизовани узорци који репрезентују више делове велике бране (композити од узорака са евиденционим бројевима 135, 137, 156, 157 и 158) и репрезентативни узорци око камене бране (композити од узорака са евиденционим бројевима 160, 161, 162 и 163)

У обе анализе констатовани су различити квантитативни односи минерала силикатне и карбонатне класе (табела 38).

**Табела 38. Идентификовани минерали (класе) и њихов хемијски састав - репрезентативни узорци са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот**

Идент. минерали	Хемијски састав минерала	Класе минерала
кварц	SiO <sub>2</sub>	силикатне
хлорити	(Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (OH) <sub>8</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	силикатне
лискуни	K(Mg,Fe) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )	силикатне
фелдспати	(K,Na,Ca)Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	силикатне
калцит	CaCO <sub>3</sub>	карбонатне

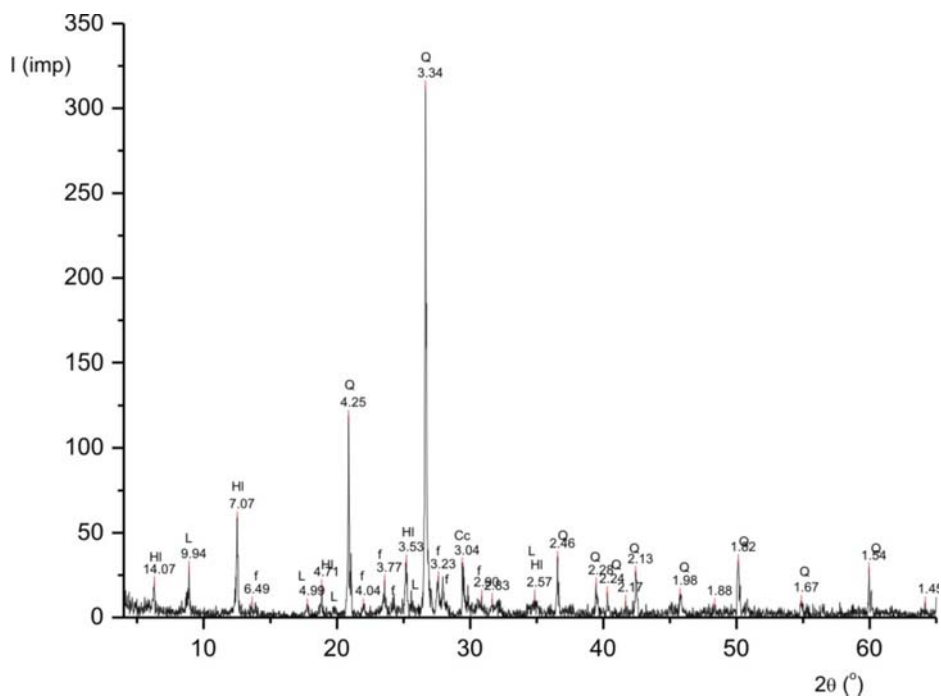
Састав и класе минерала репрезентативног узорка из виших делова велике бране (околина круне велике бране)

Идент. минерали	Хемијски састав минерала	Класе минерала
кварц	SiO <sub>2</sub>	силикатне
хлорити	(Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (OH) <sub>8</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	силикатне
калцит	CaCO <sub>3</sub>	карбонатне
сидерит	FeCO <sub>3</sub>	карбонатне
фелдспати	(K,Na,Ca)Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	силикатне
лискуни	K(Mg,Fe) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )	силикатне

Састав и класе минерала репрезентативног узорка из нижих делова велике бране (околина камене бране)

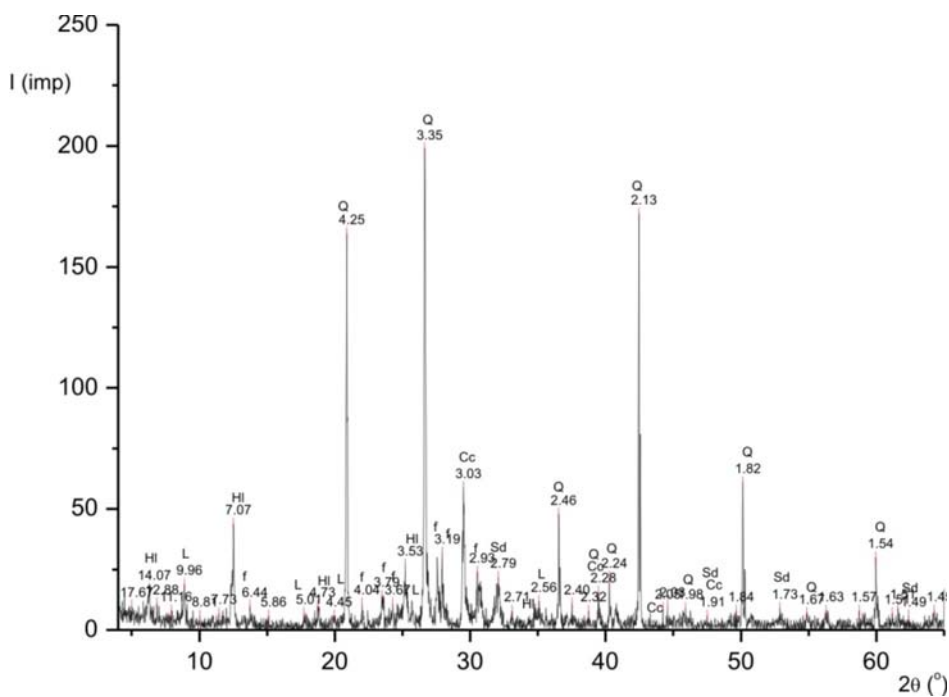
У узорку из виших делова велике бране доминантни минерал је кварц. У квантитативном смислу знатно заостају хлорити и лискуни. Потпуно су подређени фелдспат и калцит (сл. 120).

У репрезентативном узорку из околине камене бране присутне су знатне количине кварца, хлорита и лискуна, а констатоване су и мале количине калцита, сидерита и фелдспата (сл. 121).



Сл. 120. Рендгенски дифрактограм репрезентативног узорка - падина велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот (виши делови)

Легенда: Q - кварц, HI - хлорит, L - лискун, f - фелдспат, Cc - калцит.



Сл. 121. Рендгенски дифрактограм репрезентативног узорка - падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот (околина камене бране)

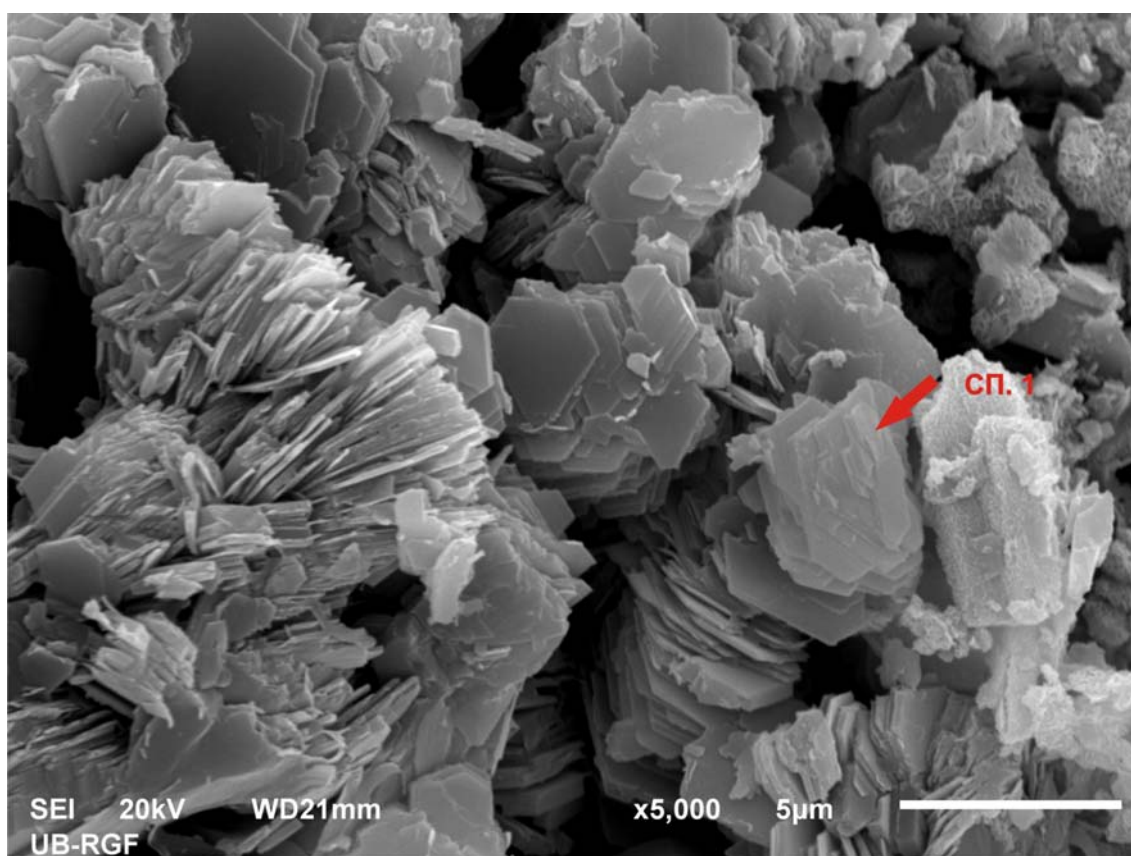
Легенда: Q - кварц, HI - хлорит, L - лискун, f - фелдспат, Cc - калцит, Sd - сидерит.

### III – 1. 4.2. Скенирајућа електронско-микроскопска анализа узорака са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

Анализе су рађене на неполираном узорку који репрезентује просторе око круне бране и агрегату минерала из простора око камене бране.

#### НЕПОЛИРАНИ АГРЕГАТ ИЗ ВИШИХ ДЕЛОВА ВЕЛИКЕ БРАНЕ

У анализираном узорку констатовани су класе силиката листасте структуре, димензија 4 x 4  $\mu\text{m}$  (сл. 122).



Сл. 122. Репрезентативни неполирани узорак - виши делови падине бране флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: СП. 1 силикатна класа

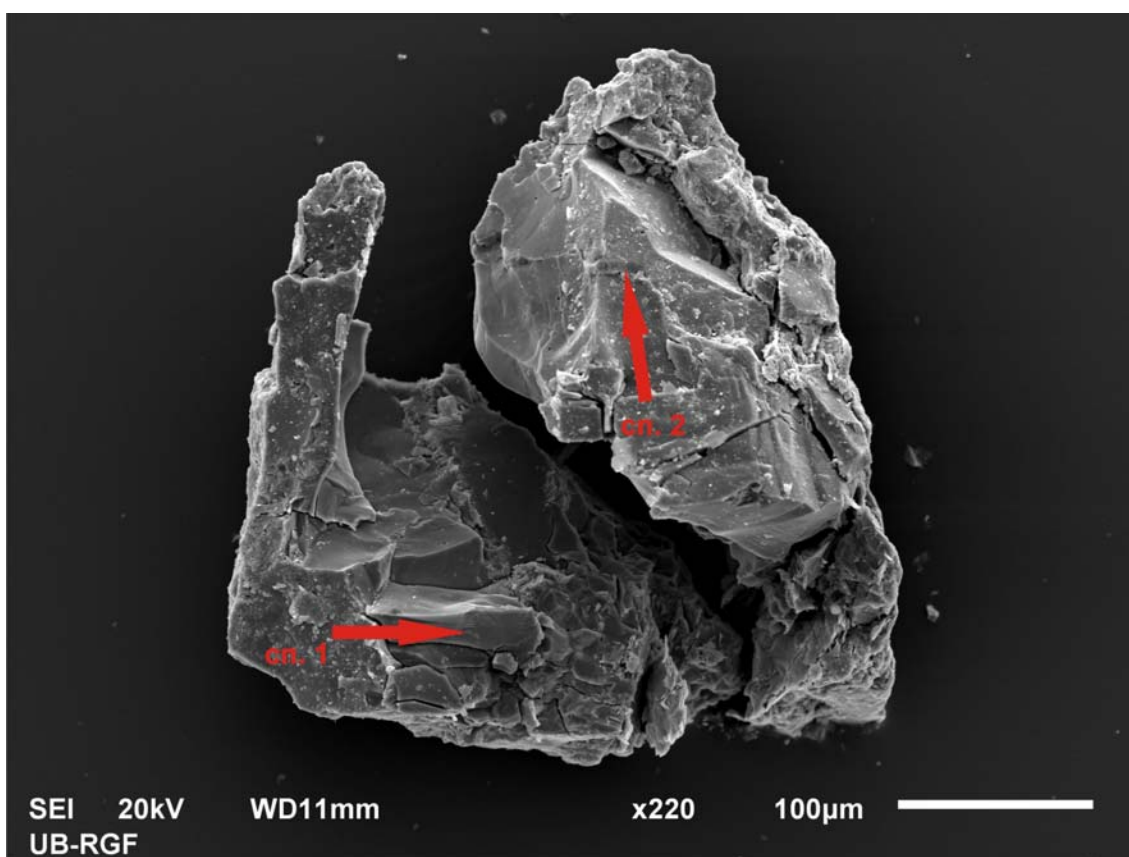
Хемијска анализа зрна из агрегата указала је на силикатне класе минерала (табела 39).

Табела 39. Хемијски састав неполираног репрезентативног узорка - виши делови падине бране флотацијског јаловишта рудника Грот (масени проценти нормализовани на 100 %)

Анализирани елементи						Класе минерала
C	O	Al	Si	Fe	Pb	
9.7	58.4	14.4	15.8	1.1	0.8	силикатне

### НЕПОЛИРАНИ АГРЕГАТ МИНЕРАЛА ИЗ ОКОЛИНЕ КАМЕНЕ БРАНЕ

Узорак који репрезентује простор око камене бране се морфолошки и морфометријски разликује од узорка из околине круне бране. Анализирани класти су димензија 600 x 200  $\mu\text{m}$  (сл. 123). Зрна су издужена у односу 3:1. На зрнима су „налепљене“ ситније фракције.



Сл. 123. Репрезентативни неполирани узорак, околина камене бране - нижи делови падине бране флотацијског јаловишта рудника Грот.  
Легенда: СП. 1 и СП. 2 силикатне класе минерала



Хемијском анализом утврђено је да зрна припадају силикатним класама минерала (табела 40). У анализи СП. 2 уочене су повећане концентрације О, а јавља се још и Fe и Al.

**Табела 40. Хемијски састав класа минерала репрезентативног неполираног узорку - нижи делови падине велике бране флотацијског јаловишта Грот (масени проценти нормализовани на 100 %).**

Ознака анализа	Анализирани елементи				Класе минерала
	O	Al	Si	Fe	
СП.1	19.8	<г.д.	80.3	<г.д.	силикатне
СП.2	55.1	0.38	43.9	0.7	

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

### **III – 1. 4. 3. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија узорака са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот**

Рендгенске анализе узорака са велике бране рађене су на 9 композитних проба које су формиране од 45 тачкасто прикупљена узорка. Три узорка су из окружења камене бране (композити од узорака са евиденционим бројевима 161, 162 и 163), а преостала 6 са падине (композити од узорака са евиденционим бројевима 135, 137, 156, 157, 158 и 160, табела 4, сл. 25).

Најзаступљенији тешки метали су Fe, Pb, Zn, Cu и As (табела 41).

**Табела 41. Евиденциони бројеви анализа, појединачни садржаји (g/t) и статистички параметри најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот**

Евиденциони бројеви анализа и статистички параметри	Fe	Pb	Zn	Cu	As
163	78,115	1,395	1,581	39	66
162	66,482	1,313	2,170	76	131
161	29,005	661	981	19	<г.д.
160	91,992	1,480	2,610	107	114
158	69,152	4,552	7,705	263	<г.д.
157	31,195	682	610	20	50
156	55,855	1,993	2,222	91	<г.д.
137	50,283	872	1,224	35	
135	46,934	926	1,687	29	
Максимум	91,992	4,552	7,705	263	131
Минимум	29,005	661	610	19	<г.д.
Варијанса	437,651 834	1,460411	4,497022	5,995	2,812
Ср. вредност	57,668	1,542	2,310	76	40
Ст. девијација	20,920	1,209	2,121	77	53
Коефицијент варијације (%)	36	78	92	101	133
Опсег	62,988	3,890	7,095	244	131
Медијана	55,855	1,313	1,687	39	<г.д.
Први квартил	35,130	729	1,042	23	
Трећи квартил	75, 874	1,865	2,513	103	

Легенда: < г. д. испод границе детекције методе

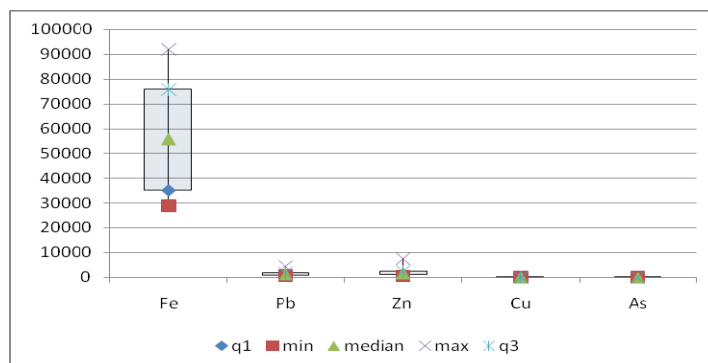
Остали анализирани тешки метали јављају се у концентрацијама које су испод границе детекције методе.

У узорку из близине камене бране утврђене су најниже концентрације Fe, Pb и Cu; у истом узорку Zn је детектован у веома ниским садржајима, а концентрације As су испод границе детекције методе.

Као и у осталим деловима јаловишта Fe је доминантан тешки метал.

На слици 124 приказане су статистички обрађене концентрација најзаступљенијих тешких метала на падини велике бране.

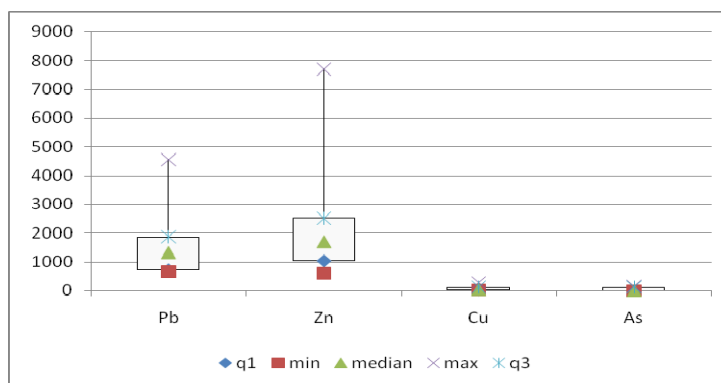
Гвожђе показује највећи опсег концентрација. Високе концентрације Fe у близини камене бране утиче на његов изражен максимум.



Сл. 124. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

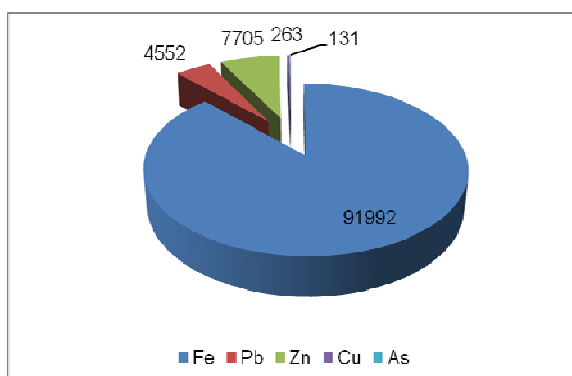
Цинк је следећи по заступљености (сл. 125). Екстремно високе вредности Pb и Zn остварују у истом узорку. Ови елементи имају исту медијану и минималне вредности.

Гвожђе је најобилнији тешки елемент у јаловинском материјалу. Свој максимум остварује око камене бране (табела 41, сл. 25). Концентрације Fe у појединачним узорцима су вишеструко веће од збира максималних садржаја тешких метала на падини велике бране (сл. 126).

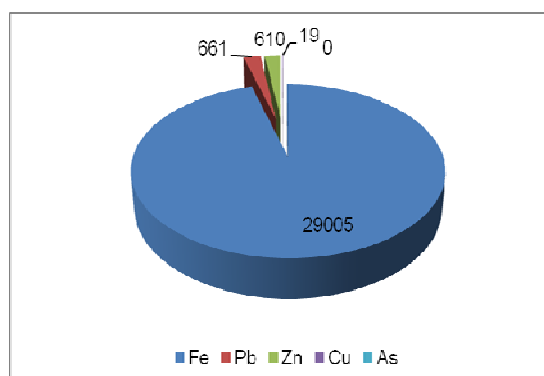


Сл. 125. Box plot дијаграми са графички обрађеним статистичким параметрима најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

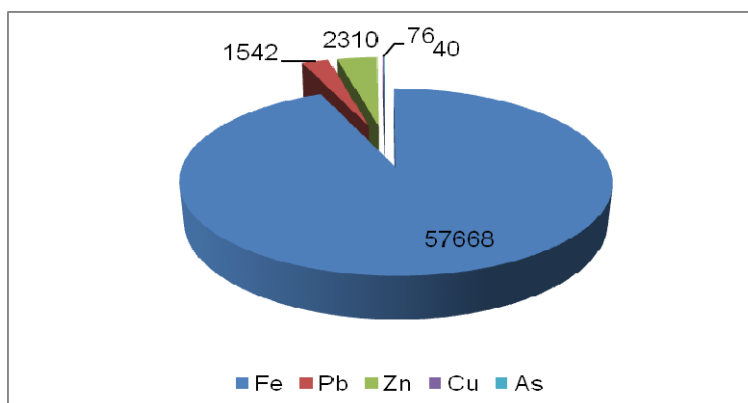
Минималне и средње концентрације Fe су вишеструко веће од збира минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (сл. 127 и 128).



Сл. 126. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 127. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

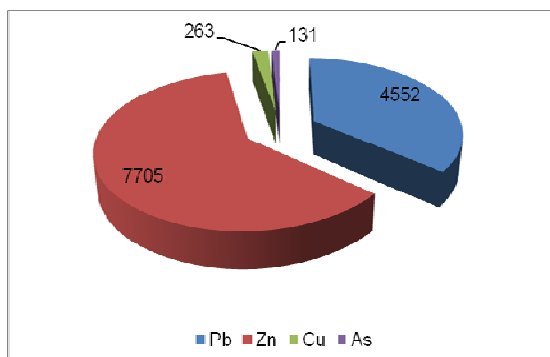


Сл. 128. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

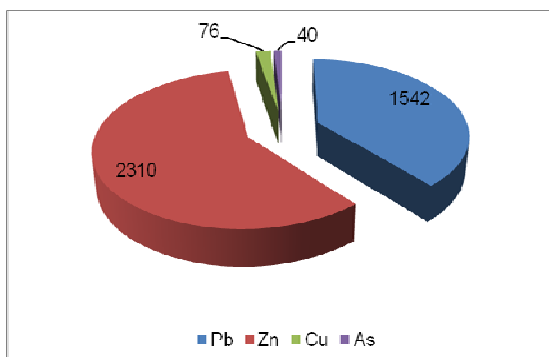
Минималне концентрација Fe у појединачним анализама и његове средње вредности веће су од збира максималних садржаја најзаступљенијих тешких метала на падини велике бране јаловишта, што потврђује константно повећан садржај овог тешког метала.

Цинк је следећи по заступљености (табела 41). Свој максимум остварује у узорку прикупљеном у северозападном делу падине бране. Збир максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала је мањи од ове утврђене

максималне концентрације (сл. 129). Збир средњих концентрација ових тешких метала је мањи од средње концентрације Zn (сл. 130).

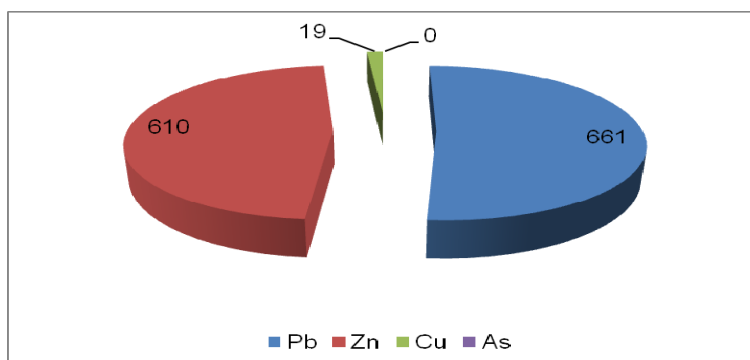


Сл. 129. Дијаграм односа максималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот



Сл. 130. Дијаграм односа средњих концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

Олово се јавља у знатно уједначенијим и нижим концентрацијама од Zn. Највеће и најниже садржаје Pb остварује у истим узорцима као и Zn. Минимална концентрација Pb утврђена у узорку из околине камене бране већа је од збира минималних концентрација осталих тешких елемената (сл. 131).



Сл. 131. Дијаграм односа минималних концентрација најзаступљенијих тешких метала (без Fe) у репрезентативним хомогенизованим узорцима са падине велике бране флотацијског јаловишта рудника Грот

Бакар у истом узорку као и сви анализирани елементи, остварује максималне садржаје. Остале концентрације су вишеструко ниже и уједначене. У

централним деловима падине велике бране овај елемент је у минималним садржајима.

Арсен је испод границе детекције методе у узорцима где Pb и Zn достижу максимум садржаја. Арсен није констатован ни у најјужније прикупљеном узорку, али ни у узорку изнад помоћне бране. Максимални садржаји су блиски онима код бакра,

### III – 1. 4.4. Гранулометријске анализе узорака са падине бране флотацијског јаловишта рудника Грот

Узорци са падине бране су одређени као средње сортиран алевритски песак (табела 42). Код свих узорака мода се у односу на медијану налази на страни крупнијих зрна. Хистограми су унимодални.

Табела 42. Гранулометријске анализе узорака се падине бране флотацијског јаловишта рудника Грот

	Одредба	Заступљеност фракција	Сортираност	Просечна величина зрна	Мода /медијана	Најзаступљенија фракција	Хистограм
157	Алевритски песак	Песковита 79.4 %, Алевритска 19.6 % Глиновита 1.0 %	Средња (So=1.754)	0.141mm	Крупнија зрна (Sk=0.704)	Средњозрни песак од 0.125mm (41.7 %)	унимодалан
158	Алевритски песак	Песковита 83.5 %, Алевритска 16.4 % Глиновита 0.1 %	средње (So=1.672)	0.154mm	крупнија зрна (Sk=0.750)	Средњозрни песак од 0.125mm (41.8 %)	унимодалан
161	Алевритски песак	Песковита 76.2 %, Алевритска 22.8 % Глиновита 1.0 %	Средња (So=1.919)	0.149mm	Крупнија зрна (Sk=1.103)	Средњозрни песак од 0.125mm (40.4 %)	унимодалан
162	Алевритски песак	Песковита 80.4 %, Алевритска 18.1 % Глиновита 1.5 %	Средња (So=1.718)	0.149mm	Крупнија зрна (Sk=0.678)	Средњозрни песак од 0.125mm (40.6 %)	унимодалан

## **III – 2. Животна средина у околини флотацијског јаловишта рудника Грот**

### **III – 2. 1. Воде са флотацијског јаловишта рудника Грот и из његовог окружења**

Порекло вода на јаловишту може да буде различито, мада су оне углавном хидроциклоном допремљене са јаловинским материјалом. Ове воде се делом прихрањују и атмосферским. Утицај атмосферског прихрањивања јаловинских вода на резултате анализа је мали, пошто је узорковање вршено током летњег (сушног) периода (јул месец).

Јаловиште је каналом заштићено од вода из ободног сливног подручја. Унутрашњи систем заштите је дренажни са перфорацијом.

Јаловинске воде преливом одлазе у таложно језеро где се бистре, а затим дренажним системом, и кроз централни колектор одводе ван јаловишта. На овај начин, јаловиште поред објекта за депоновање, служи и за бистрење технолошке воде из процеса флотацијске концентрације.

Воде са јаловишта процеђивањем долазе у контакт са базом. Интензитет мешања зависи од порозности подлоге - стена у бази јаловишта. Није познат инфилтрациони утросак јаловинских вода у стенску масу, обзиром да се не врши билансирање вода. Није познат ни хидрохемијски утицај мешања, пошто није познато нулто стање.

Воде у зависности од порекла и просторног положаја, садрже растворене тешке метале у различитим концентрацијама (табела 43).

На основу просторног положаја издвојене су:

- воде на јаловишту (сл. 26, узорци В 5, В 7 и В 8),
- воде које отичу са јаловишта (сл. 26, узорци В1, В 2 и В 13),

- воде из безименог потока (сл. 26, узорци В 3, В 9, В 10, В 11 и В 12)
- воде из Селишког потока (сл. 26, узорак В 4) и
- изворске воде (сл. 26, узорак В6).

**Табела 43. Концентрације тешких метала у водама са и око јаловишта и њихове и њихове МДК у техничком, природним, за наводњавање, пијаћим и подземним водама (ppm)**

Евид. број анализе и стандарди	Анализирани елементи														
	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Co	Ni	Sb	Sn	As	Hg	Fe			
B1	0.189	1.340	0.008	0.128	0.009	0.021	0.016	0.0009	0.016	0.003	0.0001	2.59			
B2	0.326	0.560	0.009	0.073	0.015	0.01	0.017	0.0020	0.018	0.002	<0.0001	0.78			
B3	0.03	0.720	0.006	0.315	0.013	0.005	0.008	0.0038	0.025	0.005	0.0001	0.41			
B4	0.108	0.910		0.247	0.01	0.011	0.011		0.033	0.004	<г.д.	1.05			
B5	0.194	0.720	0.009	0.231	0.032	0.008	0.016	0.001	0.015	0.003	0.0002	1.83			
B6	0.018	0.013	<г.д.	0.022	0.094	0.002	0.028		<г.д.	0.005	0.001	<0.0001	0.27		
B7	0.858	0.580	0.008	0.188	0.015	0.008	0.017	0.0011	0.015	0.002	0.0001	3.99			
B8	1.063	1.170	0.018	0.56	0.013		0.022	0.0022	0.017	0.001	<0.0001	0.71			
B9	0.03	1.11	0.01	1.07	0.032	0.005	0.015	0.0008	0.013	0.006		0.0001	0.66		
B10	0.011	0.014	0.002	0.006	0.012	0.002	0.016		0.043	0.001	0.0001		0.29		
B11	0.015	1.13	0.01	1.16	0.007	0.005	0.014	0.017	0.021	0.006		0.0001	0.78		
B12	0.022	1.09	0.011	0.96	0.006	0.006	0.014	0.0011			0.021		0.006	0.0001	0.07
B13	0.021	1.11	0.01	0.82	0.005		0.018	0.0014	0.0014	0.07					
1	*	0.1	0.2	0.005	0.05	0.1	0.2	0.05	0.05	0.05	0.001	0.3			
	**		1.0	0.01	0.1		2.0	0.1				1.0			
2	2.0	3.0	0.003	0.01	0.05	-	0.02	0.003	-	0.01	0.001	-			
3	1,3	-	0,005	-	0,1		-	0.06				0.005	0.001	0.001	0.2
4	1.0		0.003	0.01	0.05		0.02	0.005							
5	2	0.1	0.005	0.1	0.5		0.1	-				0.05	0.05	0.0001	-
6	0.1		1.0		0.01		0.5	-							
7	*	0.0013	0.024	0.00006	0.0017		0.0025	0.0007				0.0021	0.00015	0.0072	0.00001
	**	0.075	0.8	0.006	0.075	0.03	0.1	0.075	0.02	0.06	0.0003				

Легенда: <г.д. испод границе детекције методе;

Стандарди:

- 1 Правилник о опасним материјама у водама, \*прва и друга класа вода, \*\*трећа и четврта класа вода. Службени гласник СРС, бр. 31/82.
2. Правилник о хигијенској исправности воде за пиће. Службени лист СРЈ, бр. 42/98.
3. Drinking Water Standards and Health Advisory Tables. United States Environmental Protection Agency (USEPA).
4. Правилник о квалитету и другим захтевима за природну минералну воду, природну изворску воду и стону воду. Службени лист СЦГ, бр. 53/2005.
5. Guidelines for Drinking Water Quality, World Health Organization.
6. Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања. Службени гласник РС, бр. 23/94.
7. Target values and soil remediation intervention values and background concentrations soil/sediment and groundwater for metals. Dutch Target and Intervention Values, 2000 (the New Dutch List).



### **Воде на јаловишту**

Воде су на јаловиште допремљене хидроциклоном, а затим преливом преведене у таложно језеро. Издвојене су воде са северног (узорак В 8), источног (узорак В 7) и југоисточног (узорак В 5) потоњеног дела јаловишта. Ово су највећим делом аутентичне индустријске воде из флотације.

На основу садржаја цинка, кадмијума и олова, воде из северног потоњеног дела јаловишта спадају у трећу и четврту класу, а високи садржаји олова и гвожђа оне са источног и југоисточног сврстава у трећу и четврту класу (табела 43/1).

Воде из северног потоњеног дела јаловишта не могу да буду коришћене за наводњавања због високих концентрација бабра, цинка, кадмијума, олова и гвожђа. Високе концентрације бабра, олова и гвожђа за ове намене искључују воде из југоисточног дела, а само олова и гвожђа из источног потоњеног дела јаловишта (табела 43/6).

Високе концентрације кадмијума, олова, бабра и гвожђа у свим водама на јаловишту представљају ризик по људско здравље (табела 43/4).

### **Воде које отичу са јаловишта**

Ове воде се формирају од процеђених вода са јаловишта (узорак В 1), вода које се делом мешају са онима из десног потока (узорак В 2) и теку ка Селишком потоку (узорак В 13).

Високе концентрације цинка, олова и гвожђа воде из сабирног колектора сврставају у трећу и четврту класу, а у исту класу испред ушћа у Селишки поток садржаји цинка, кадмијума и олова. Концентрације ових метала воде из десне притоке сврстава у прву и другу класу (табела 43/1).

Воде које отичу са јаловишта не могу да се користе за наводњавања због високих концентрација кадмијума, олова, бабра и цинка. Воде из сабирног колектора овој сврси не могу да послуже због констатованих концентрација

бакра, цинка и олова; воде из леве притоке бакра; а непосредно изнад ушћа у Селишки поток кадмијума, олова и цинка (табела 43/6).

Концентрације кадмијума и олова у овим водама могу представљати ризик по људско здравље (табела 43/4).

Воде које отичу са јаловишта ни према једном примењеном стандарду не могу да буду сврстане у пијаће због високих концентрација кадмијума и олова (табела 43/2, 3 и 5).

Воде до централног колектора долазе процеђивањем кроз јаловински материјал. Вредности концентрација бакра, цинка, кадмијума и олова у овим водама су изнад интервентних (табела 43/7). Овако високе концентрације тешких метала представљају ниво изузетно високог ризика.

#### **Воде из безименог потока**

Безимени поток се формира око 100 m западно од Криве Феје и тече према Селишком потоку 300 - 200 m јужно од јаловишта. Воде безименог потока се мешају са два притокама.

Ове воде су сврстане у трећу и четврту класу на основу високих садржаја кадмијума, олова и цинка. У ову класу су на основу високих садржаја олова сврстане и воде пре ушћа у Селишки поток (узорак В 3). Воде из прве леве притоке припадају првој и другој класи (узорак В 10).

Воде из безименог потока не могу да се користе за наводњавања због високих концентрације цинка, кадмијума и олова; а испред ушћа у Селишки поток само због садржаја олова. Овој сврси могу да служе воде из прве леве притоке безименом потоку (табела 43/6).

Концентрације кадмијума, олова и гвожђа утврђене у свим водама, сем оних из прве леве притоке, могу представљати ризик по људско здравље (табела 43/4). У првој левој притоци, проблем за људско здравље представљају високи садржаји гвожђа (узорак В 10).

Ове воде, сем прве леве притоке, не могу да се користе за пиће због високих концентрација кадмијума, гвожђа и олова (табела 43/2, 3 и 5). У првој левој притоци (узорак В 10) концентрације гвожђа су веће од прописаних стандарда Светске Здравствене Организације (табела 43/5).

### **Воде Селишког потока**

Воде у Селишком потоку се формирају спајањем вода са флотацијског јаловишта и безименог потока јужно од њега.

Високе концентрације олова и гвожђа ове воде сврстава у трећу и четврту класу (табела 43/1).

Воде из Селишког потока не могу да се користи за наводњавања због високе концентрације бакра и олова (табела 43/6).

Концентрације кадмијума, олова и гвожђа у води могу представљати ризик по људско здравље (табела 43/4). Због повећаних концентрација истих тешких метала ове воде не могу да се користе као пијаће ни према једном примењеном стандарду (табела 43/2, 3 и 5).

### **Извор**

Извор је североисточно од јаловишта, и хипсометријски је виши.

Ове воде су сврстане у прву класу (табела 43/1). На основу садржаја тешких метала, изворска вода може да се користи за наводњавање (табела 43/6).

Повећане концентрације хрома и никла могу представљати ризик по људско здравље (табела 43/4).

Изворска вода не може да се користи за пиће због високих концентрација олова према домаћим стандардима, олова, хрома и никла према домаћим и стандардима светске здравствене организације и гвожђа према стандардима светске здравствене организације (табела 43/2, 3 и 5).

У изворској води су концентрације хрома у интервентним вредностима, а олово, кобалта, никла и арсена изнад референтних (табела 43/7).

### **III – 2. 2. Земљишта у околини флотацијског јаловишта рудника Грот**

Земљиште се састоји од одломака стена и хумуса који настаје труљењем органске материје биљног порекла. Дебљина земљишта зависи од брзине ерозије, климатског режима и састава стена подлоге. У областима вишег рељефа ерозија је тако брза да не може доћи до распадања стена и образовања земљишта (Грубић и др., 1996).

На особине земљишта утиче присуство тешких метала (нергански утицаји), и бројне органске загађујуће материје ниске биодеградибилности (перзистентни органски полутанти).

Тешки метали воде порекло од матичне стене-супстрата на којме је настало земљиште. У површинским хоризонтима земљишта често се акумулирају они који нису геохемијског, већ антропогеног порекла. У органске токсиканте спадају полициклични ароматични угљоводоници, пилихлоровани бифенили и остаци пестицида и њихових метаболита ([www.eko.vojvodina.gov.rs/zemljišta](http://www.eko.vojvodina.gov.rs/zemljišta)).

Земљишта у околини јаловишта су плитка, као последица специфичне геолошке подлоге, климе и рељефа. Она се углавном примитивно обрађују.

У докторској дисертацији су третирани само утицаји тешких метала на особине земљишта.

Присуство тешких метала у околном земљишту зависи од рударско-прерађивачких активности рудника Грот.

Околна подручја флотацијског јаловишта Грот спадају у она под ризиком, а сама земљишта у контаминираним локацијама у којима је загађивање у току (Службени гласник РС, бр. 88/2010).

Јаловински материјал је веома богат са тешким металима. Утврђивање зависности геохемијских својстава јаловишта и пољопривредног земљишта је веома важно, зато што се земљиште обрађује, а становништво конзумира на њему произведене пољопривредне производе. На овај начин се тешки метали са

јаловишта уводе у ланац исхране. Пољопривредни производи из овог краја се конзумирају и у удаљенијим деловима Србије.

На хемијска својства земљишта у великој мери утиче седиментација минерализоване прашине са јаловишта. Емисија прашине са сувих површина платоа или брана јаловишта врши се под динамичком силом која је подиже, али и обара у зависности од снаге и доминантног правца ветра. Уочена минерализована прашина на површини земљишта указује на рецентна загађивања (Ђокић и Јовановић, 2007).

На основу просторног положаја, земљишта су груписана на она:

- северно и североисточно од јаловишта (сл. 26, узорци 3 1, 3 2, 3 3 и 3 4),
- југоисточно од јаловишта (сл. 26, узорци 3 5, 3 6, 3 7, 3 8 и 3 9) и
- јужно од јаловишта (сл. 26, узорци 3 10, 3 11, 3 12, 3 13 и 3 14).

Садржаји хрома су испод максимално дозвољених и фитотоксичних. Концентрације овог тешког метала генерално су 20-30 ppm. Максимум од 55 ppm достиже у земљишту јужно, најближе јаловишту. Минимална концентрација од 15 ppm локално је констатована северно и јужно од јаловишта (табела 44).

Концентрације кобалта су уједначене - у фитотоксичном опсегу, изнад граничних, а испод ремедијационих. Квантитативни максимум достиже северно, а минимални југоисточно од јаловишта (табела 44).

Концентрације олова су изнад граничних, у опсезима фитотоксичних, сем у најдаље прикупљеним узорцима земљишта јужно од јаловишта. Највеће садржаје олово локално достиже југоисточно од јаловишта (табела 44).

Садржаји цинка су у фитотоксичном опсегу, изнад граничних а испод ремедијационих.

Концентрације никла су испод максимално дозвољених и фитотоксичних. Локално, североисточно од јаловишта (узорак 3 2), концентрације имају граничну вредност (табела 44). Иако је есенцијалан, повећане концентрације никла доводе до посебног облика дерматитиса и рака носне дупљине (Ezeh and Chukwu, 2011).

**Табела 44. Концентрације тешких метала у земљиштима у околини флотацијског јаловишта рудника Грот, максимално дозвољене (граничне и ремедијационе) и фитотоксичне концентрације тешких метала у земљишту**

Евид. број анализе и стандарди		Анализирани елементи												
		Cr	Co	Pb	Zn	Ni	Sb	Sn	Cu	Cd	As	Hg	Fe (%)	W
1.	31	35	45	135	285	30	0.11	233	40	<5	9.5	0.1	2.64	<20
	32	30	40		250	35	0.30	67	20		5.3		2	
	33	25	35	105	260	20	0.1	<г.д.	10		5	2	1.98	
	34	15	45	140	240		0.04	17	20		3.7	0.3	1.8	
	35	25	35	145	320	30	0.14	142	35		5.6	0.1	2.1	
	3 6		40	135	160	20	0.09	<г.д.	5		4.7		2.23	
	3 7	20	35	215	275	15	0.1	317	35		2.22			
	3 8	25		140	285	20	0.11	708			9.6	2.15		
	3 9	25	30	150	275	30	0.13	367	25		5.7	0.2	2.21	
	3 10	20	35	130	165	15	0.08	242	10		0.1	0.3	1.98	
	3 11	55	40	150	485	30	0.11	683	80		26.7		4.91	
	3 12	40	35	85	295	25		500	25		0.2	0.2	2.21	
	3 13	15	40	70	195	20	625	15	1.99					
	3 14	25	35	85	170		0.07	125	5		0.1	0.1	2.13	
2. Уредба о земљишту	*	100	9	85	140	35	3	-	36	0.8	29	0.3	-	
	**	380	240	530	720	210	15	900	190	12	55	10		
3. Фитотоксичне концентрације		75-100	25-50	100-400	70-400	100	5-10	50	60-125	3-8	15-50	0.3-5	-	-

Легенда: <г.д. испод границе детекције методе;

1. Садржаји тешких метала у земљиштима из околине флотацијског јаловишта рудника Гроту,
2. Уредба о програму систематског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације и ремедијационим програмима, граничне (\*) и ремедијационе (\*\*) вредности концентрација опасних и штетних материја у земљишту. Службени гласник РС, бр. 88/2010.
3. Фитотоксичне концентрације тешких метала у површинским земљиштима (Kabata-Pendias&Pendias, 1984)

Концентрације антимона су испод фитотоксичних и максимално дозвољених (табела 44).

Садржаји калаја су углавном изнад фитотоксичних. Локално, јужно од јаловишта, концентрације калаја су испод границе детекције методе и фитотоксичних концентрација (узорци 3 3 и 3 4,).

Садржаји бабра су локално, јужно од јаловишта, у фитотоксичном опсегу и изнад граничних вредности (узорак 3 11). Изнад граничних садржаја јавља се североисточно од јаловишта. У осталим анализама су концентрације ниже од фитотоксичних и максимално дозвољених (табела 44).

Садржаји Cd су у границама фитотоксичних, испод ремедијационих.

Концентрације арсена су локално, јужно, најближе јаловишту, у фитотоксичном опсегу, али мање од граничних (узорак З 11). У осталим земљиштима, садржаји су мањи од максималних и фитотоксичних (табела 44).

Жива се локално северно и јужно у земљишту јавља у концентрацијама које су изнад граничних и фитотоксичних. Ове вредности не достиже у земљишту југоисточно од јаловишта (табела 44).

У свету су, посебно у другој половини XX века, проучавани утицаји Cd, Ni, Pb, Zn, Cu и Mn који су у ланац исхране доспевали са земљиштима из околина техногених јаловишта (Мандић, 2010).

### **III – 2. 3. Квалитет ваздуха из околине флотацијског јаловишта рудника Грот**

Тешки метали се у ваздуху налазе у облику честица (аеросоли) и гасова. Када су у облику аеросола, време задржавања чврсте фазе у ваздуху превасходно зависи од њене величина - што су мање, интервал задржавања ће бити већи. Задржавања већих честица из индустријских и урбаних извора је око 10 сати, али ако се ради о ситнијим честицама које могу доспети и у стратосферу, задржавање може бити и више од године дана. Просечно задржавање у тропосфери је од 6 до 12 дана ([www.wellnessadria.com](http://www.wellnessadria.com)).

Главни извори вештачке, антропогене, емисије тешких метала су фосилна горива, рударски, топионички и ливнички објекти. Тешки метали на природан начин у ваздух доспевају радом вулкана или распадања стена ([www.wellnessadria.com](http://www.wellnessadria.com)).

У околини флотацијског јаловишта рудника Грот анализирано је загађење ваздуха у облику честица (аеросола) које је настало људском активношћу.

Загађења ваздуха са јаловишта настају када је дејство аеродиманичне силе ветра на честице веће од гравитационе силе и адхезије које их држе на

површини платоа или брана (сл. 29). Процеси подизања, емисије, концентрације и имисије зависе од дисперзног састава и облика честица, њеног минералошког и хемијског састава, густине и влажности, величине површине честица и изложености ветру доминантног смера (Ђокић и Јовановић, 2010).

У околини јаловишта у зависности од просторног положаја таложника и временског кумулативног интервала опробавања, утврђена је различита концентрација тешких метала (табела 45, сл. 26).

Највеће концентрације олово достиже у близини флотације у кумулативном интервалу таложења јул-септембар и октобар-децембар (табела 45, сл. 26, таложник Ва 1). У овим временским интервалима његове концентрације превазилазе максимално дозвољене за настањена и рекреативна, али не достижу граничне вредности за настањена подручја (табела 46). На повећане садржаје олова вероватно велики утицај има микро локација таложника.

Кадмијум у близини флотације у кумулативном временском интервалу депоновања јул-септембар достиже концентрације које су веће од граничних за настањена и рекреативна подручја, али су ниже од граничних за настањена подручја (табеле 45 и 46, сл. 26, таложник Ва 1). Локално су садржаји кадмијума испод граница детекције методе.

У кумулативном интервалу таложења октобар-децембар и јул-септембар, у близини флотације, цинк остварује концентрације веће од граничних за настањена, настањена и рекреативна подручја (табеле 45 и 46, сл. 26, таложник Ва 1). Овај тешки метал је присутан у континуитету на свим анализираним локалитетима и кумулативним временским интервалима таложења.

Арсен достиже максимум садржаја ( $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{дан}$ ) североисточно од јаловишта у кумулативном временском интервалу депоновања април-јун (табела 45, сл. 26, таложник Ва 3). На свим микролокацијама у различитим временским интервалима локално је испод границе детекције методе.



**Табела 45. Садржаји тешких метала ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{дан}$ ) у таложницима из околине флотацијског јаловишта рудника Грот**

Тал.	Инт. опр.	Концентрације елемената													
		Pb	Zn	As	Cu	Fe	Hg	Ni	Cr	Co	Sb	Sn	Cd	W	*
Ва 1	I	1	3	<г.д.	7	8	<г.д.	<г.д.	-	-	-	-	-	-	*
		47	75	0.07	25	162	0.09	0.4	<0,2	-	-	0.002	0.4	-	**
	V	10	60	1.3	-	38	25.68	<3	<5	<5	<0.2	0.4	<2	<8	*
		65	344	-	-	361	0.64	0.7	0.5	<0,2	<0.01	0.06	1.1	16	**
	VIII	12	44	0.2	<г.д.	44	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	0.1	<г.д.	<г.д.	<г.д.	*
		205	559		305	830	<0.03	2	1	0.4	<0,2	0,1	2.7	<1	**
	X	1	43	<г.д.	-	113	<г.д.	1	<г.д.	-	<г.д.	-	-	-	*
		188	650	0.3	-	642	<0.03	4	1	-	<0.2	0.1	0.2	-	**
Ва 2	I	1	16	0.8	8	24	0.3	1	-	-	-	-	-	*	
		8	21	0.03	20	154	<0.01	0.1	<0,2	-	-	0.002	0.1	-	**
	V	<7	66	3.0	-	70	5.99	<3	<5	<2	<0.2	<0.3	<2	<8	*
		10	29	-	-	430	0.51	0.2	0.6	<0.2	<0.01	0.04	<0.2	2	**
	VIII	4	116	<г.д.	144	18	<г.д.	<г.д.	2	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	*
		13	35	0.1	334	926	<0.03	1	1	0.3	<0.2	<0,1	<0.2	<1	**
	X	<г.д.	54	<г.д.	-	117	<г.д.	1	<г.д.	-	<г.д.	-	-	-	*
		15	34	0.2	-	565	<0.03	1	1	-	<0.2	0.1	<0.2	-	**
Ва 3	I	1	3	1	<г.д.	8	0.1	0.1	-	-	-	-	-	*	
		3	6	0.02	14	66	<0,01	0.3	<0,2	-	-	0.81	<г.д.	-	**
	V	<7	68	4.3	-	93	0.81	<3	<5	<2	<0.2	<0.3	<2	<8	*
		12	31	-	-	644	0.28	0.9	0.7	<0.2	<0.01	0.04	<0.2	<2	**
	VIII	2	98	0.1	6	37	<г.д.	<г.д.	2	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	*
		15	51	0.2	343	1070	<0.03	1	1	0.4	<0.2	0.1	<0.2	<1	**
	X	<г.д.	56	<г.д.	-	208	<г.д.	2	<г.д.	-	<г.д.	-	-	-	*
		24	69	0.2	-	621	<0.03	1	1	-	<0.2	0.1	<0.2	-	**
Ва 4	I	0.5	29	3	<г.д.	13	<г.д.	<г.д.	-	-	-	-	-	*	
		2	6	0.03	16	138	<0.01	0.5	<0,2	-	-	<0.001	<г.д.	-	**
	V	<7	50	3.5	-	50	0.79	6	<5	<2	<0.2	<0.3	<2	<8	*
		7	18	-	-	471	0.23	0.9	0.5	<0.2	<0.01	0.07	<0.2	<2	**
	VIII	4	61	<г.д.	<г.д.	22	<г.д.	<г.д.	2	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	*
		17	32	0.4	315	1094	<0.03	1	1	0.3	<0.2	<0.1	<0.2	<1	**
	X	<г.д.	38	<г.д.	-	560	<г.д.	4	0.8	-	<г.д.	-	-	-	*
		13	28	0.3	-	758	<0.03	2	1	-	<0.2	<0.1	<0.2	-	**
Ва 5	I	5	37	<г.д.	52	23	<г.д.	1	-	-	-	-	-	*	
		6	14	0.07	55	252	<0,01	1	<0,2	-	-	0.001	0.1	-	**
	V	<7	55	3.2	-	34	0.48	6	<5	<2	<0.2	<0.3	<2	<8	*
		12	28	-	-	431	0.33	0.8	0.7	<0,2	<0.01	0.02	<0.2	5	**
	VIII	6	64	0.1	416	38	<г.д.	<г.д.	2	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	<г.д.	*
		14	28	0.2	325	1186	<0.03	2	1	<0.2	<0.2	0.2	<0.2	<1	**
	X	1	53	<г.д.	-	149	<г.д.	1	<г.д.	-	<г.д.	-	-	-	*
		7	16	0.1	-	483	<0.03	1	1	-	<0.2	<0.1	0.2	-	**

Легенда: <г.д. испод границе детекције методе, - није анализиран, \*растворне компоненте \*\*нерастворне компоненте, Ва 1–Ва 5 просторни положај таложника, I интервал кумулативног таложења композита од три месеца прерачуно на дневну концентрацију јануар-март, V интервал кумулативног таложења композита од три месеца прерачуно на дневну концентрацију април-јун, VIII интервал кумулативног таложења композита од три месеца прерачуно на дневну концентрацију јул-септембар, X интервал кумулативног таложења композита од три месеца прерачуно на дневну концентрацију октобар-децембар

Бакар се у највећим садржајима јавља јужно од јаловишта, у интервалу кумулативног таложења јул-септембар (табела 45, сл. 26, таложник Ва 5). У овом временском интервалу на свим локалитетима јавља се у највећим концентрацијама.

Концентрације гвожђа су веома високе у свим таложницима и временским интервалима опробавања. Највеће концентрације су јужно од јаловишта у интервалу таложења јул-септембар (табела 45, сл. 26, таложник Ва 5).

Жива је присутна у малим садржајима, често испод границе детекције методе. Изузетак је непосредна околина флотације у временском интервалу април-јун (табела 46, сл. 26, узорак Ва 1) када достиже концентрацију  $26.32 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{дан}$  и североисточно од флотације (табела 46, сл. 26, таложник Ва 2,) када је присутна у концентрацији  $6.9 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{дан}$  у узорку.

Никл је у највећим концентрацијама констован у ваздуху северно од јаловишта, у интервалу кумулативног таложења април-јун (табела 46, сл. 26, таложник Ва 5). У свим анализиранм деловима, локално је растворна компонента била испод границе детекције методе.

**Табела 46 Правилник о граничним вредностима, методама мерења имисије, критеријумима за успостављање мерних места и евиденцији података. Службени гласник РС, бр. 54/92.**

	Јединица мере	Време узорковања	Ненастањена и рекреативна подручја	Настањена подручја
Олово	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{дан}$	1 месец	100	250
Кадмијум			2	5
Цинк			200	400
Укупне таложне материје		1 месец	300	450
		1 година	100	200

У свим анализама, сем непосредно из окружења флотације, у временском интервалу јул-септембар, хром се јавља у максималним концентрацијама од  $3 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{дан}$  (узорци Ва 2, Ва 3, Ва 4 и Ва 5, табела 46, сл. 26).

Кобалт, антимон и калај се јављају у ниским концентрацијама које су често испод границе детекције методе (табела 45).

### III – 3. Дискусија

Руде рудника Грот, чијом експлоатацијом, флотацијском прерадом и депоновањем је формирано јаловиште јесу полиметаличне. Њихов веома комплексан минерални састав чине главни рудни минерали-сулфиди Zn, Pb и Fe (галенит, сфалерит, пирит и пиротин) и оксиди Fe (магнетит и хематит). Поред главних рудних минерала, на геохемијске карактеристике јаловишта утичу и споредни рудни минерали као и стене у које су смештени.

На ова својства утичу и егзогени фактори изражени кроз начин припреме руде, транспорт јаловине до јаловишта и реседиментацију депонованог материјала.

**Рендгенским анализама** репрезентативних узорака са флотацијског јаловишта рудника Грот констатовани су минерали силикатне (кварц, фелдспати, лискуни, хлорити), сулфидне (пирит), оксидне (хематит) и карбонатне (калцит, доломит и сидерит) класе минерала (табела 47).

Табела 47. Утврђене класе минерала и минерали на флотацијском јаловиште рудника Грот

Класе минерала	Минерали	Делови јаловишта					
		Велики плато	Јужни плато	Југоисточни плато		Велика брана	
				Плато	Мала брана	Виши делови	Камена брана
Силикатне	Кварц (Q)	+	+	+	+	+	+
	Фелдспати (f)						
	Лискуни (L)						
	Хлорити (Hl)						
Сулфидне	Пирит (Py)	-					
Оксидне	Хематит (He)	+	-	-	-	-	-
Карбонатне	Калцит (Cc)		+	+	+	+	+
	Доломит (d)	-	-		-	-	-
	Сидерит (Sd)	+	-		-	-	+

Легенда: + делови јаловишта у којима су детерминисани минерали, - делови у којима минерали нису одређени

Минерали силикатне класе су присутни у свим деловима јаловишта. Пирит као представник сулфидне класе минерала констатован је на јужном и

југоисточном, а хематит на великом платоу. Од минерала из карбонатне класе калцит је констатован у свим деловима јаловишта, сидерит на великом и југоисточном платоу и великој брани а доломит локално на југоисточном платоу (табела 47).

На основу заступљености идентификованих, на флотацијском јаловишту Грот, класе минерала су присутне са различитим процентним учешћем. На великом платоу минерали силикатне класе су заступљени са 57 %, карбонатне са 29 % а оксидне са 14 %. На јужном платоу силикатне класе минерала су заступљени са 67 %, а карбонатне и сулфидне са по 16.5 %. У долином делу југоисточног платоа најзаступљенији су минерали силикатне класе са 50 %, па карбонатне са 38 % и сулфидне са 12 %. На малој брани најзаступљенија је силикатна са 67 %, па карбонатна и сулфидна класа са по 16.5 %. На великој брани различита је квантитативна заступљеност силикатне и карбонатне класе минерала. У околини круне бране силикатне класе минерала су заступљене са 80 %, а карбонатне са 20 %; у близини камене бране, у нижем делу силикатне класе чине 67 % а карбонатне 33 % (табеле 6, 26, 31 и 38).

Сви наведени минерали су примарно депоновани на круну велике бране, са које су физичким (ручно) путем дистрибуирани на велики плато. Еолски и гравитационо су реседиментовани у друге делове јаловишта (сл. 132).

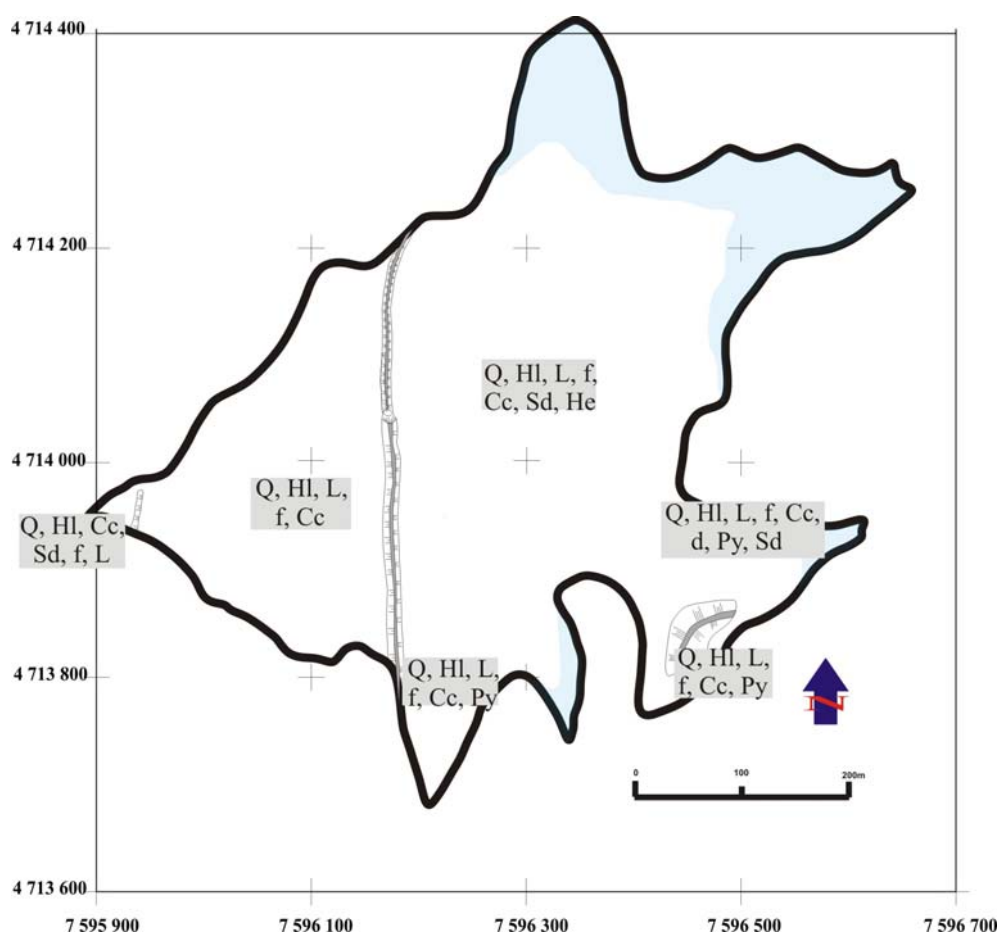
Минерали са великог платоа су еолским путем транспортовани на јужни и југоисточни плато. На сличан начин је вршена њихова локална реседиментација у оквиру делова јаловишта који су местимично и физички преграђени.

Хоризонтална и субхоризонтална морфологија јаловишта допринела је релативној минералошкој квалитативној хомогености.

Гравитационим и делом еолским путем минерали су транспортовани на велику брану. Реседиментација на великој брани вршена је еолским путем.

Гравитациони транспорт материјала је утицао да на великој брани буду заступљени минерали силикатне и карбонатне класе. У даљим, заклоњенијим

деловима око камене бране јавља се сидерит. У вишим деловима око круне бране сидерит изостаје.



Сл. 132. Минерали на деловима јаловишта

Легенда: Q Кварц, Hl хлорити, L лискуни, f фелдспати, Cc калцит, Sd сидерит, He хематит, Py пирит, d доломит.

Припремом руде (дробљење и млевење) и флотацијом формиран су агрегати минерала. Ове асоцијације често генетски различитих минерала присутне су у већини анализа које су рађене **скенирајућим електронским микроскопом**.

Анализе рађене на хомогенизованим репрезентативним гранулометријски најкрупнијим и најситнијим узорцима показале су сличан састав (табела 48). У овим анализама доминирају појединачне минералне класе, а агрегати минерала се

јављају једино у анализи из јужног дела великог платоа и анализи гранулометријски најкрупнијег узорка.

**Табела 48. Врста припреме и гранулација узорка, локалитет и утврђене класе минерала**

Припрема и врста	Локалитет	Гранулација (mm)	Локални део	Класе минерала
Полирани узорак	Велики плато флотацијског јаловишта рудника Грот	<0.1	Северни део	Сулфидне Фосфатне Силикатне Оксидне
			Јужни део	Сулфидне Силикатне Оксидне Оксидне (силикатне)
		>0.8		Сулфидне Фосфатне Силикатне Оксидне (силикатне)

Ветар који је вршио локални транспорт зрна у северном и јужном делу великог платоа није утицао на велике разлику у минералошком погледу. Локалне разлике се огледају у изостајању фосфатне класе минерала у јужним деловима великог платоа, у узорку чија је величина зрна <0.1 mm. Ова (фосфатна) минерална класа је констатована и у узорку крупније гранулације. На основу хемијског састава анализирана класа одговара флуор апатиту (табела 7/СП.3).

У анализама полираног агрегата са јужног платоа видљиви су утицаји индустријске припреме руде (дробљењу, млевењу и третману веома агресивним хемијским агенсима). Ово је било пресудно за формирање агрегата састављеног од зрна генетски различитих минералних класа (табела 49).

У анализама доминирају оксидне класе (оксиди Ti, Mn и Fe, табела 28/СП.2, СП.3 и СП.4). Карбонатне класе у комбинацији са оксидним и фосфатним формирају агрегати кречњака и фелдспата (табела 28/СП.5 и СП.7) и кречњака и апатита (табела 28/СП.6).

**Табела 49. Врста припреме, локалитет и утврђене класе минерала**

Припрема и врста	Локалитет	Класе минерала
Полирани агрегат	Јужни плато флотацијског јаловишта рудника Грот	Оксидне Оксидне (силикатне) Оксидне (сулфидне и силикатне) Карбонатне (оксидне) Карбонатне(фосфатне)

Анализе неполираних узорака различитих величина са великог платоа указују на различиту површинску дистрибуцију класа минерала која зависи од величине зрна (табела 50).

**Табела 50. Врста припреме и гранулација узорка, локалитет и класе минерала**

Припрема и врста	Локалитет	Гранулација (mm)	Класе минерала
Неполирани узорак	Велики плато	<0.1	Сулфидне Сулфидне (оксидне и карбонатне) Фосфатне (карбонатне) Оксидне (силикатне и карбонатне) Карбонатне (фосфатне)
		0.1 – 0.2	Сулфидне Сулфидне (оксидне и силикатне) Оксидне (силикатне) Карбонатне Карбонатне (оксидне) Елементарно Fe
		0.2 – 0.5	Сулфидне (силикатне) Сулфидне (силикатне и оксидне) Оксидне (силикатне) Карбонатне (сулфидне и силикатне) Карбонатне Карбонатне (фосфатне и силикатне)
		0.5 – 0.8	Сулфидне (силикатне и карбонатне) Сулфидне (оксидне) Оксидне (силикатне) Карбонатне (оксидне и силикатне) Карбонатне (оксидне)
		>0.8	Силикатне (оксидне) Карбонатне (оксидне)

У анализама узорака који су у гранулометријском распону <0.1-0.2 mm једино су констатовани минерали, а не минерални агрегати, што указује на слабу везу између зрна у агрегатима. У овим гранулометријском опсезима констатована

су зрна сулфидне класе (пирита?, табела 12/СП.3, табела 14/СП.8) и карбонатне класе минерала (кречњак ?, табела 14/СП.4 и СП.5).

У узорку величине зрна <0.1 mm на великом платоу констатована је фосфатна класа минерала на коју је „налепљена“ карбонатна (табела 12/СП.6). Овај минерални агрегат формира зрно апатита и кречњака.

У ситнијим гранулометријским опсезима констатовано је елементарно Fe (табела 14/СП.7). Елементарно Fe је настало технолошким процесима из магнетита или хематита.

У неполираном гранулометријски крупнијем узорку доминирају агрегати силикатних и оксидних класа минерала. У једној анализи агрегат чини крупније кречњачко зрно на које су „налепљени“ минерали оксидних класа.

Неполирани узорци и агрегати са југоисточног платоа и са падине бране су у хемијском погледу слични (табела 51).

**Табела 51. Врста припреме, локалитет и утврђене класе минерала**

Припрема и врста	Локалитет	Класе минерала	Припрема и врста	Локалитет	Класе минерала
Неполирани узорак	Југоисточни плато	Силикатне (оксидне)	Неполирани узорак	Падина бране	Силикатне
Неполирани агрегат		Силикатне	Неполирани агрегат		Силикатне

У неполираном агрегату минерала доминирају силикатне са више или мање присутним оксидним минералним класама (табеле 32, 33/СП 3-5, 34/СП 1-3, 39, 40/СП1,2)

На геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта Грот највише утичу тешки метали констатовани **рендгенском флуоресцентном спектрометријом** (табела 52).

Најзаступљенији тешки метал је Fe. На великом платоу следеће по заступљености је Pb, а на осталим деловима јаловишта Zn. Следећи по заступљености су Cu и As. На великом платоу су констатовани још Sn, Co, Cr, W и Hg, а испод границе детекције су Mo, Sb и Cd. На јужном платоу у једном



узорку је констатована Hg, а на југоисточном и Мо. Елементи Sn, Co, Cr, W, Mo, Sb и Cd су испод границе детекције методе на целом јаловишту (табела 52).

**Табела 52. Квалитативна присутност и квантитативни односи тешких метала на флотацијском јаловишту рудника Грот**

Делови јаловишта	Квантитативни односи елемената	Елементи у концентрацијама испод границе детекције методе
Велики плато	Fe>Pb>Zn>Cu>As>Sn>Co>Cr>W>Hg	Mo, Sb, Cd
Јужни плато	Fe>Zn>Pb>Cu>As±Hg	Mo, Co, Cr, Sn, W, Sb, Cd
Југоисточни плато	Fe>Zn>Pb>Cu>As±Hg, Mo	Co, Cr, Sn, W, Sb, Cd
Падина бране	Fe>Zn>Pb>Cu>As	Mo, Hg, Co, Cr, Sn, W, Sb, Cd
Генерално	Fe>Pb>Zn>Cu>As>Sn>Co>Cr>W>Hg	Mo, Sb, Cd

Већи део (око 98 %) јаловинског материјала налази се у стању биолошког вакуума. Локално је констатован подбел (*Tussilago farfara*) а у деловима под водом трска (*Phragmites australis*) (сл. 133 и 134).



Сл. 133. Подбел на флотацијском јаловишту рудника Грот



Сл. 134. Трска на флотацијском јаловишту рудника Грот

На основу удела у биолошким функцијама, на флотацијском јаловишту су констатовани есенцијални, вероватно есенцијални, токсични и елементи чија улога у животним функцијама биљака и животиња није позната (табела 53).

**Табела 53. Тешки метали констатовани на флотацијском јаловишту рудника Грот и њихов удео у биолошким функцијама (Јовић и Јовановић, 2004)**

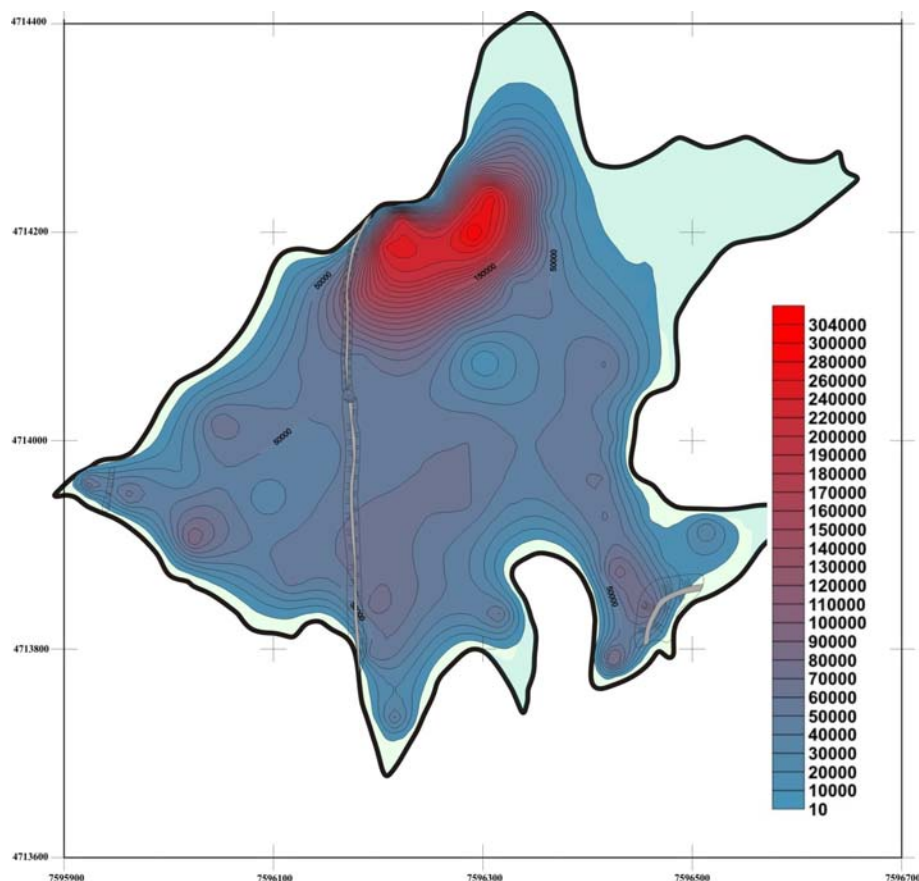
Есенцијални елементи	Вероватно есенцијални елементи	Токсични елементи	Елемент чија биолошка улога није позната
Fe, Zn, Cu, Mo, Co, Cr	Sn	Pb, As, Hg, Cd	Sb

Присуство тешких метала је везано за руду, а квантитативни односи за њену технолошку обраду и егзогене факторе, пре свих доминантне правце дувања ветрова.

Јаловински материјал се налази у стању биолошког вакуума или је на површини констатована скромна вегетација, иако у најзаступљеније елементе спадају есенцијални Fe, Zn и Cu (табеле 52, 53).

**Гвожђе** је најзаступљенији елемент у Земљи као планети. Према присутности у Земљиној кори је на четвртом месту, са средњим садржајем од 4.1 %. Карактерише се халкофилним и литофилним својствима. У Земљиној кори је заступљено кроз сулфидне-пирит ( $\text{FeS}_2$ ), халкопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ) и арсенопирит ( $\text{FeAsS}$ ); оксидне-магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) и хематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); хидроксидне-гетит ( $\text{FeOOH}$ ); карбонатне-сидерит ( $\text{FeCO}_3$ ) и силикатне минерале-оливин, пироксени, хлорит (Јовић, 2004). У руди рудника Грот кроз главне или споредне рудне минерале, присутне су све минералне фазе (сем хидроксидне и силикатне) у којима се Fe јавља у Земљиној кори.

Гвожђе је најзаступљеније у свим деловима јаловишта. Концентрације нису уједначене у појединачним деловима јаловишта. Екстремно високе садржаје достиже у северним деловима великог платоа (сл. 135).



Сл. 135. Дистрибуција Fe на површини флотацијског јаловишта рудника Грот.  
Легенда: концентрације гвожђа у ppm

У овим деловима у два локалитета показује екстремно високе концентрације, што указује да је овде депонована јаловина била веома богата са Fe. Овај елемент локално на јужном и југоисточном платоу остварује садржаје веће од типичних за Pb-Zn руду (табела 54, Драшкић, 1986). У осталим деловима његови садржаји су нижи од типичних за руду (табеле 23, 29, 35 и 41).

**Табела 54. Концентрације Fe у типичној Pb-Zn руди и у деловима јаловишта рудника Грот (дорађено из Драшкић, 1986)**

Садржај Fe у типичној Pb-Zn руди рудника Грот (%)	Садржај Fe на великом платоу (ppm)	Садржај Fe на јужном платоу (ppm)	Садржај Fe на југоисточном платоу (ppm)	Садржај Fe на падини бране (ppm)	Садржај Fe на јаловишту рудника Грот (ppm)
10-11	304,352-9,029	116,914-46,432	101,140-7,013	91,992-29,005	304,352-7,013

У јаловини су повећане концентрације Fe везане за утврђену сулфидну, оксидну и карбонатну фазу (табеле 6, 26, 31 и 38).

Максимални садржаји Fe на великом платоу везани су за халкопирит, маркасит и хематит. Ови минерали су рендгенским анализама констатовани на великом платоу. На јужном и југоисточном платоу носиоци Fe су пирит и делом сидерит. Сидерит је носилац Fe на великој брани, у близини камене бране.

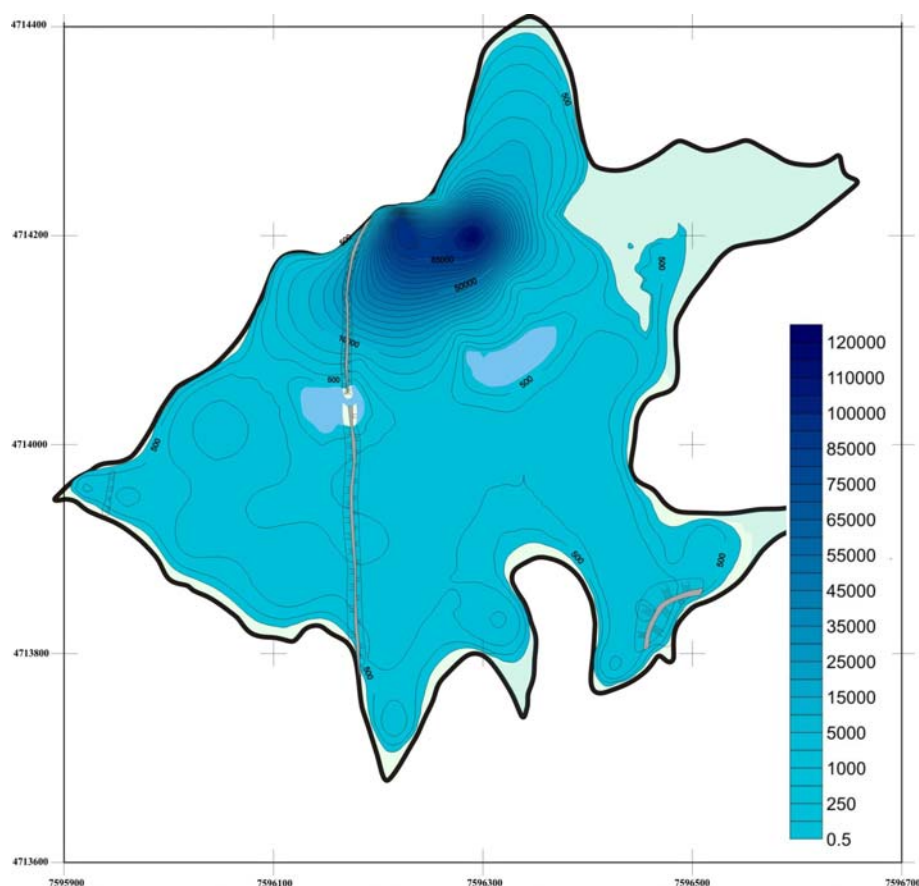
**Олово** је најзастуљенији од свих токсичних метала. Овај елемент има изражен халкофилни карактер, па је везан за сулфидне минерале, најчешће галенит (PbS). Средња концентрација Pb у Земљиној кори је 14 ppm (Јовић, 2004).

Олово је најтоксичнији елемент у јаловини. Његови повећани садржаји највероватније одређују фитотоксична својства јаловине.

Овај елемент екстремно високе концентрације остварује у северним деловима великог платоа где се максимално концентрише и Fe (сл. 136).

Зона максималне концентрације Pb је ужа од оне код Fe. Највећи садржаји у зонама максималних концентрација ближи су код Pb него код Fe. У централним деловима великог платоа и на круни бране Pb се јавља у најмањим садржајима.

Садржаји Pb у узорцима са површине јаловишта су једино и локално на великом платоу већи од уобичајеног садржаја метала (Pb+Zn) у олово-цинковим рудама које се данас налазе у експлоатацији (5-10 %). Концентрације Pb у јаловини су често вишеструко мање и од његовог садржаја у типичној Pb-Zn руди рудника Благодат (табела 55, Драшкић, 1986).



Сл. 136. Дистрибуција Pb на површини флотацијског јаловишта рудника Грот  
Легенда: концентрације олова у ppm

Табела 55. Концентрације Pb у типичној Pb-Zn руди и у деловима јаловишта рудника Грот  
(дорађено из Драшкић, 1986)

Садржај Pb у типичној Pb-Zn руди рудника Грот (%)	Садржај Pb на великом платоу (ppm)	Садржај Pb на јужном платоу (ppm)	Садржај Pb на југоисточном платоу (ppm)	Садржај Pb на падини бране (ppm)	Садржај Pb на јаловишту рудника Грот (ppm)
2.5-3	127,822-340	3,362-936	3,493-289	4,552-661	127,822-289

Олово се у северним деловима великог платоа локално јавља у вишеструко вишим концентрацијама од оних у јаловишту у Велесу, а у осталим деловима су садржаји знатно нижи (табела 59).

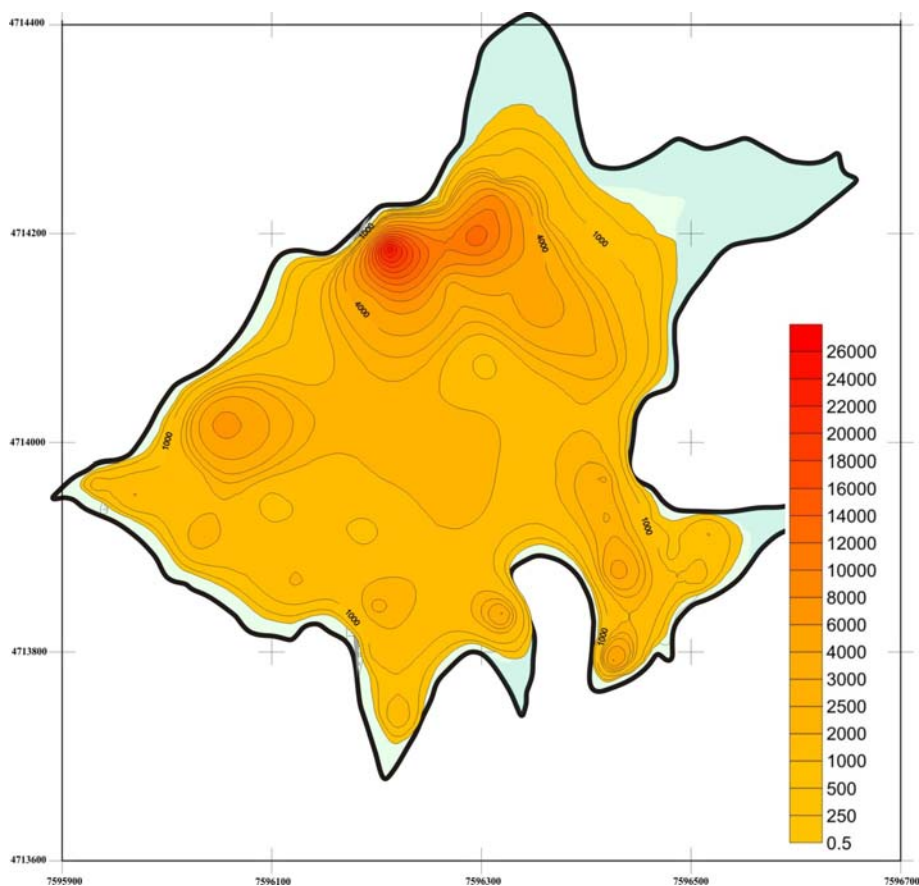
Рудни минерал Pb галенит није рендгенским анализама констатован на јаловишту. У северним деловима великог платоа Pb је било присутно у овде депонованој јаловини. Развејавања Pb у друге делове јаловишта везано је за егзогени геохемијски циклус и за минерале глина који га адсорбују из система. Глине обогаћене са Pb бивају кретане ветровима. Минерали глина су од примењених метода једино рендгенским анализама констатовани на великом платоу.

**Цинк** се одликује халкофилним карактером. У природи се јавља у облику сулфида-сфалерита (ZnS). Овај минерал спада у главне рудне минерале рудника Грот. Просечан садржај Zn у Земљиној кори је 75 ppm (Јовић, 2004).

Овај метал се концентрише у северним деловима великог платоа, у зонама у којима максималне садржаје остварују Fe и Pb (сл. 137). Разлог је његово примарно присуство у овде одложеној јаловини. Локално се у појединачним узорцима у повећаним садржајима јавља на јужном, југоисточном платоу и на падини бране. Разлог повећаних концентрација Zn јесте његова особина да се адсорбује на минералима глина. Садржаји Zn у глиновитим минералима варира од 33 до 1,600 ppm (Јовић, 2000). Његове концентрације на јаловишту увелико превазилазе ове вредности.

У јаловини су концентрације овог метала вишеструко веће од оних из Земљине коре. Веома често садржаји у појединим деловима јаловишта превазилазе оне из типичних руда у руднику Грот (табела 56, Драшкић, 1986).

Концентрације Zn у флотацијској јаловини рудника Грот су у свим деловима вишеструко ниже него у јаловишту рудника у Велесу (табела 59).



Сл. 137. Дистрибуција Zn на површини флотацијског јаловишта рудника Грот  
 Легенда: концентрације цинка у ppm

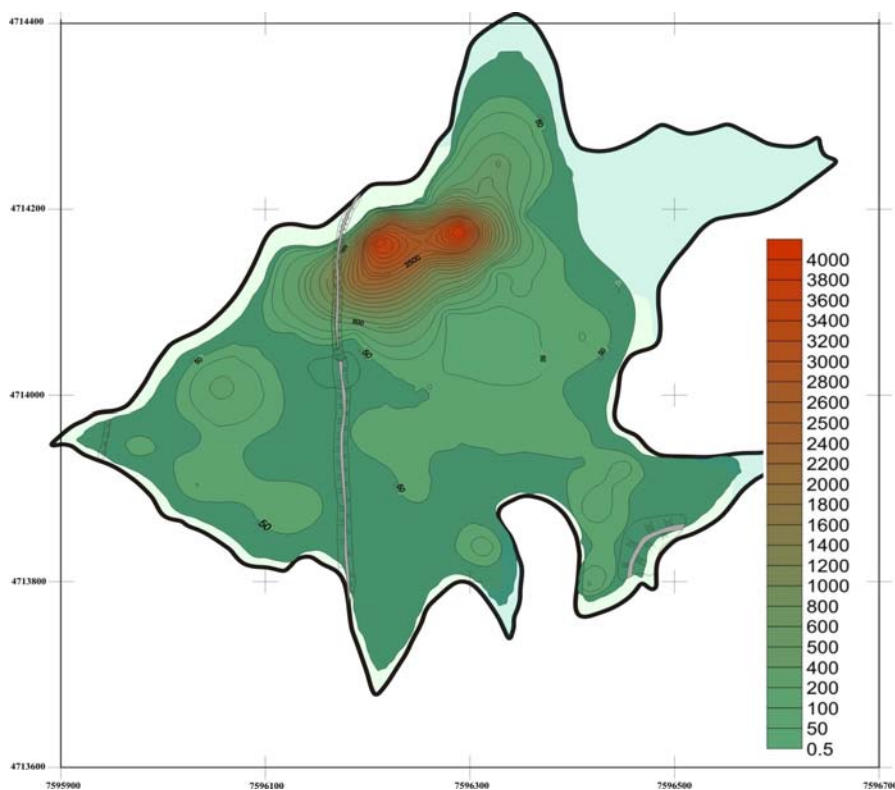
Табела 56. Концентрације Zn у типичној Pb-Zn руди и у деловима јаловишта рудника Грот  
 (дорађено из Драшкић, 1986)

Садржај Zn у типичној Pb-Zn руда рудника Грот (%)	Садржај Zn на великом платоу (ppm)	Садржај Zn на јужном платоу (ppm)	Садржај Zn на југоисточном платоу (ppm)	Садржај Zn на падини бране (ppm)	Садржај Zn на јаловишту рудника Грот (ppm)
2.3-3	26,480-551	4,801-1,511	6,934-257	7,705-610	26,480-257

Подудараче делова јаловишта у којима се максимално концентришу Zn и Fe указује да се Zn везује за оксиде и хидроксиде Fe.

**Бакар** се одликује сидерофилним и халкофилним карактером. У Земљиној кори присутан је као сулфид-халкозин, ковелин (CuS) и халкопирит (CuFeS<sub>2</sub>). Средњи садржај у Земљиној кори је 55 ppm (Јовић, 2004).

Бакар максимум концентрације остварује у северним деловима великог платоа где су у два локалитета његове концентрације екстремно високе (сл. 138).



Сл. 138. Дистрибуција Си на површини флотацијског јаловишта рудника Грот.

Легенда: концентрације бакра у ppm

Ови екстремни садржаји су везани за халкопирит који је једино констатован у овим деловима великог платоа. Садржаји Си су, без ових екстремних вредности, нижи од његовог средњег садржаја у типичној Pb-Zn руди у руднику Благодат (табела 57, Драшкић, 1986).

Табела 57. Концентрације Си у типичној Pb-Zn руди и у деловима јаловишта рудника Грот (дорађено из Драшкић, 1986)

Садржај Си у типичној Pb-Zn руди рудника Грот (%)	Садржај Си на великом платоу (ppm)	Садржај Си на јужном платоу (ppm)	Садржај Си на југоисточном платоу (ppm)	Садржај Си на падини бране (ppm)	Садржај Си на јаловишту рудника Грот (ppm)
0.1-0.23	4,389-24	156-19	244- <г.д.	263-19	4,389- <г.д.

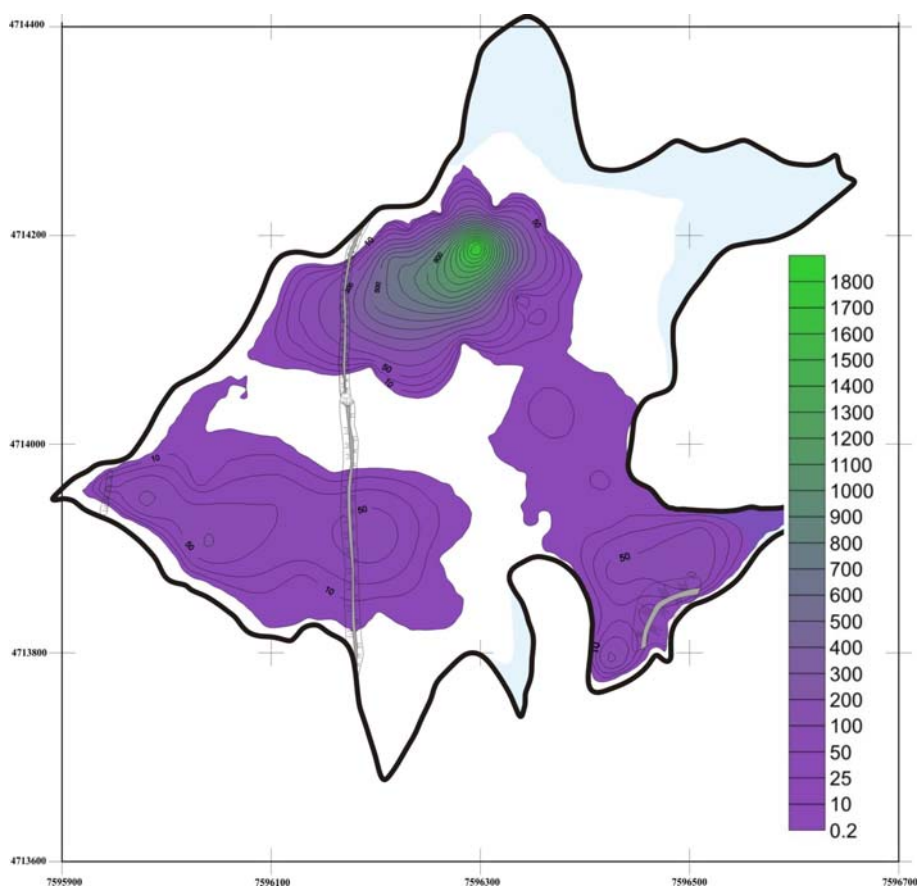


На флотацијском јаловишту рудника Грот Си не достиже концентрације утврђене у јаловини рудника у Велесу (табела 59).

Присуство Си на северним деловима великог платоа је везано за овде депоновану јаловину. Његова дистрибуција и локална нагомилавања на великом платоу су везана за развејавања и таложења минерала глина које су на површини адсорбовале Си.

**Арсен** је халкофилни елемент и у природи се јавља у сулфидима-арсенопирит ( $\text{FeAsS}$ ), реалгар ( $\text{AsS}$ ) и аурипигмент ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ). Његов средњи садржај у Земљиној кори је 1.5 ppm. У руди се јавља као споредни рудни минерал арсенопирит.

Локално, на великом платоу концентрације As су веће од оних из типичне Pb-Zn руде (табела 58, сл. 139).



Сл. 139. Дистрибуција As на површини флотацијског јаловишта рудника Грот  
Легенда: концентрације у ppm

У осталим деловима његов садржај је много нижи од типичног за руде рудника Грот (табела 58, Драшкић, 1986).

**Табела 58. Концентрације As у типичној Pb-Zn руди и у деловима јаловишта рудника Грот (дорађено из Драшкић, 1986)**

Садржај As у типичној Pb-Zn руда рудника Грот (%)	Садржај As на великом платоу (ppm)	Садржај As на јужном платоу (ppm)	Садржај As на југоисточном платоу (ppm)	Садржај As на падини бране (ppm)	Садржај As на јаловишту рудника Грот (ppm)
0.15	1,944- <г.д	88- <г.д	133- <г.д	131- <г.д	1,944- <г.д

Присуство As у јаловини указује на присуство арсенопирит у руди.

Арсен је токсичан елемент. Вишеструко ниже концентрације од утврђених на великом платоу фаталне су за живи свет.

На геохемијске карактеристике утичу и други тешки метали који су констатовани у јаловинском материјалу рудника Грот.

Концентрације **живе** је у Земљиној кори 50 ppb (Јовић, 2004). Локално, у три анализе на великом и у по једној на јужном и југоисточном платоу овај елемент је констатован у значајно већим садржајима (од 5 до 9 ppm). За концентровање и дистрибуцију Hg на јаловишту главни механизам је њена адсорпција на минералима глине и еолска реседиментација.

Концентрације **молибдена** су у Земљиној кори 1.5 ppm, на јаловишту су локално вишеструко веће (Јовић, 2004). У узорку из северозападног дела великог платоа достиже 4 ppm. Сматра се да је присутан као примеса у халкопириту који се јавља као примеса рудама Cu (Јовић, 2004).

**Кобалт** је присутан у Земљи у концентрацији 0.1 %, а у Земљиној кори 30 ppm (Јовић, 2004). Повећане концентрације на великом платоу везане су за технолошки поступак прераде руде. Постоји мало доказа о канцерогености једињења овог тешког метала који свој токсични ефект испољава на кожи, нервном, респираторном и ендокрином систему. Према ранг листи опасних супстанци, Co је на 50 месту (Мандић, 2010).

**Хром** се у Земљиној кори јавља у концентрацији 100 ppm (Јовић, 2004). У деловима великог платоа, где је констатован, јавља се у мањим садржајима него у Земљиној кори.

Овај тешки метал свој токсични ефект остварује у бубрезима, јетри, кожи, нервном и респираторном систему. Према ранг листи опасних супстанци, налази се на 77 месту (Мандић, 2010).

**Калај** је заступљен са 2 ppm у Земљиној кори (Јовић, 2004). Локално присуство у садржајима и до 750 ppm на површини великог платоа везано је за технолошки поступак припреме руде.

**Волфрам** је у Земљиној кори присутан у садржајима 1.5 ppm (Јовић, 2004). Локално присуство од 100 ppm је везано за антропогено обогаћење. Овај елемент нема никакву биолошку функцију, умерено је токсичан и иритира очи [www.pse.pbf.hr/elementi/index](http://www.pse.pbf.hr/elementi/index).

Људи долазе у контакт са тешким металима преко воде, ваздуха и хране. При нормалним условима постоје три начина уласка тешких метала у организам: кожа, гастро-интестинални и респираторни тракт ([www.wellnessadria.com](http://www.wellnessadria.com)).

Јаловиште рудника Грот има негативни утицај на воду, земљиште и ваздух у његовој непосредној околини.

Евидентна је повезаност хемијског састава вода са јаловишта са онима из околине. Једнозначно утврђивања правца контаминације тешких метала из вода са јаловишта би имало смисла само уколико би за сваку конкретну локацију узели у обзир њене специфичности као што су: квантитативно-квалитативне катактеристике, геолошко-структурне односе, хидрогеолошке услове, геоморфолошке и друге факторе (Никић и др., 2006).

Утицај јаловинских на изворске, хипсометријски више воде није велики. Ипак, ни анализирана изворска вода не може да се користи као пијаћа због високих садржаја олова, хрома и никла (табела 43).

Воде на јаловишту су сврстане у трећу и четврту класу због концентрација цинка, кадмијума и олова (табела 43). Ове воде су хидроциклоном допремљене на јаловиште, па је и порекло тешких метала у њима везано за руду и технологију њене припреме и прераде.

Концентрације тешких метала у испусту централног колектора су веће од интервентних, у вредностима када је неопходно предузимања мера за заустављање загађивања и даље деградације животне средине (табела 43). Ове воде се не филтрирају.

У водама Селишког и безименог потока констатовани су Cu, Pb, Zn и Cd у концентрацијама које искључују примену ових вода за наводњавање, а представљају и опасност за људско здравље. Ови тешки метали су пореклом из вода са јаловишта које се процеђују кроз јаловински материјал, и/или преко централног колектора, нефилтриране и/или преко вода које отичу са јаловишта уводе у безимени и Селишки поток.

Воде Селишког и безименог потока не могу да се користе за пиће због високих концентрација Cd, Pb и Fe. Изузетак је прва лева притока безименог потока која тече ка јаловишту и није под његовим утицајем (табела 43).

Тешки метали се тешко издвајају из вода природним системима, па се у највећој мери обогаћују у минералној и органској материји. Токсични метали се везују за седименте са дна водених токова, одакле се лако могу одвојити и поново укључити у биолошки ланац (Јовић и Јовановић, 2004).

Тешки метали констатовани у високим садржајима у водама спадају у токсичне и непожељне (Јовић и Јовановић, 2004). Поједини лекари проучавају везу повећаних садржаја тешких метала са кардиоваскуларним болестима и болести дијализна енцефалопатију (*dialysis encephalopathy*) (Јовић и Јовановић, 2004).

Минерализована прашина која се еолским путем разноси са платоа и брана јаловишта на земљиште у околини, главни је извор његовог загађења. Ово је други начин на који се тешки метали са јаловишта уводе у ланац исхране.

Гвожђе је континуирано и у великим концентрацијама присутно у земљишту (табела 44). Иако спада у есенцијалне елементе, постоје докази о канцерогености његових једињења. Гвожђе испољава токсични ефект у јетри, респираторном, ендокрином, нервном и кардиоваскуларном систему. Недостатак гвожђа доводи до анемије, а превисоке концентрације до обољења хемокроматозе (Мандић, 2010).

Олово се у земљишту концентрише у фитотоксичном опсегу, изнад граничних, а испод ремедијационих садржаја (табела 44). Спада у најинертније и најтоксичније тешке метале. Највеће концентрације остварује у првих 5 cm земљишта, где је највећа концентрација органске материје. Релативно је нерастворљиво, па је и недоступно за биљке (Јовић и Јовановић, 2004). Новијим истраживањима није доказан његов фитотоксичан утицај, а олово није део ни једне познате функције у људском телу (Ezeh et. al., 2011). Повећане концентрације доводе до ометања у функцији хемоглобина, што као последицу има анемију, али доводе и до трајног оштећења функција мозга и бубрега (Ezeh и Chukwu, 2011). Вишак олова доводи до плумбизма-болести која је позната још из античког доба, до можданих поремећаја, менталног дефицита и проблематичног понашања. Производ дуготрајног тровања оловом јесте нефритис (Јовић и Јовановић, 2004).

Концентрацију олова на Гренланду су око 200 пута повећану у односу на 80-ту године п. не.

Олово је човек користио још у далекој прошлости. Пре 2,000 г. п. н.е. се користило при добијању сребра, а 200. г. п. н. е. Discorides сматрао да оно „чини да се губи памет“. Хипокрит је 370. г. п. н. е. описао стомачне колике код особа које су копале руду.

Према ранг листи опасних супстанци, олово је на другом месту, а припада и другој групи хуманих канцерогена (Мандић, 2010, [www.supra.pharmacy.bg.ac.rs](http://www.supra.pharmacy.bg.ac.rs)).

Цинк се концентрише у фитотоксичном опсегу, изнад граничних, а испод ремедијационих садржаја (табела 44).

Спада у есенцијалне елементе који учествују у бројним физиолошким реакцијама. Велики је опсег измеђе нормалних и оних концентрација које могу проузроковати штетне ефекте. Токсичне концентрације цинка зависе од његове интеракције са гвожђем, бакром и калцијумом. Симптоми тровања цинком код човека су мучнина, стомачне сметње, укоченост, болови у мишићима, врату, леђима и вртоглавица, а код животиња диареја, повраћања, успорени раст, анемија, унутрашње крварење, артритис и рађање слабо виталних младунаца ([www.wellnessadria.com](http://www.wellnessadria.com)).

Концентрације бабра су локално у фитотоксичном и изнад граничних вредности (табела 44). Овај метал је есенцијалан за биљке због учешћа у метаболизму и различитим физиолошким процесима. Веома често је у дефициту, али показује и токсични ефекат на бубрезима и кожи (Јовић, 2000). Бакар се најбоље ресорбује као сулфат око 5-10 %. Код животиња се тровање бакром испољава као смањење узимања хране и раста, жутица, анемија, некроза јетре, атрофија мишића и некад угинућа. Код људи тровања су ретка јер бакар и његове соли унете орално изазивају повраћање ([www.wellnessadria.com](http://www.wellnessadria.com)).

Према ранг листи опасних супстанци заузима 133. место (Мандић, 2010).

Садржаји арсена су локално у фитотоксичном опсегу, али и мањи од граничних (табела 44). Овај тешки метал токсични ефект остварује у јетри, кожи, нервном, респираторном и ендокрином систему. Нарушавањем рада крвотока и нервних процеса јављају се патолошке промене у јетри, срцу, цревима, бубрезима, кожи, ноктима а и многим другим органима (Марковић и др., 2007). Код хроничних тровања људи долази до опадања косе, главобоље, збуњености, дремљивости и парализе, а могућа је и појава канцера ([www.wellnessadria.com](http://www.wellnessadria.com)). Новија истраживања потврђују канцерогеност једињења арсена

У прошлости се арсен користио као лек и као отров. Спомиње се у радовима Плинија старијег и Теофрастуса из Ербе. У Египту се користио за украшавања гробница.

Према ранг листи опасних супстанци је на првом месту (Мандић, 2010).

Антимон се јавља испод граничних и фитотоксичних концентрација (табела 44).

Антимонова медицинска дејства су коришћена од давнина као „вечне пилуле“. У новијој прошлости се користио због пургативног ефекта код стомачних тегоба. Позната су тровања антимоном која се манифестују иритацијом горњих и доњих дисајних путева и езофаго-гастроинестиналног тракта, хемолитичним и хеморалгичним синдромом респираторног дигестивног и уринарног тракта ([www.nmw.co.rs/антимон](http://www.nmw.co.rs/антимон)).

Садржаји кобалта су уједначени у фитотоксичном опсегу (табела 44). Мишљења о есенцијалности кобалта су подељена. Има доказа да поспешује раст неких виших биљака, (Јовић, 2000). Највеће концентрације кобалта су везане за дубље делове земљишта, а у површинским слојевима је мање заступљен.

Кобалт, поред гвожђа, бакра и ванадијума, улази у нормалан састав хемоглобина и учествује у стварању елемената крви. Вишак кобалта се концентрише у јетри, бубрезима и костима. Суфицит кобалта може довести до увећања тироидне жлезде ([www.vitaminologija.com/kobalt](http://www.vitaminologija.com/kobalt)).

Концентрације хрома су испод максимално дозвољених и фитотоксичних (табела 44). Критичне концентрације токсичне за биљке углавном зависе од њене врсте.

Овај тешки метал је везан за крупније фракције земљишта. При површинском распадању се концентрише у глинама. Његово понашање у земљишту зависи од рН и редокс потенцијала (Јовић, 2000).

Садржаји никла су испод максимално дозвољених и фитотоксичних (табела 44).

Овај елемент показује повољан ефект на раст биљака, али његова есенцијалност није доказана. Никл не показује правилност у заступљености у профилу, већ његово узимање од биљака зависи од укупног садржаја у земљишту, удела на измењивим позицијама и од рН земљишта (Јовић, 2000).

Жива се локално јавља у концентрацијама које су изнад граничних и фитотоксичних (табела 44).

Овај тешки метал свој токсични ефект испољава у бубрезима и у нервном и респираторном систему. Према ранг листи опасних супстанци налази се на трећем месту (Мандић, 2010).

Садржаји кадмијума су у границама фитотоксичних, али и испод ремедијационих (табела 44).

Кадмијум је веома токсичан. Лако се адсорбује на површини глинених минерала, а веома је присутан и у морским плодовима. Његове и мале концентрације фатално утичу на земљиште и укупну биолошку активност. Штетност се огледа у замени цинка у ензимима. Кадмијум се депонује у бубрезима и јетри (Ezeh и Chukwa, 2011).

Тровања кадмијумом доводе до болних скелетних деформација које некада имају леталан исход. Инкубациони период траје 5-10, у неким случајевима чак 30 година. Повећане концентрације доводе до промене у метаболизму и омекшавања костију, које могу утицати да се смањи висина тела до 30 cm (Јовић и Јовановић, 2004).

Концентрације калаја су углавном изнад фитотоксичних, а локално и изнад ремедијационих (табела 44). Калај и његова једињења се слабо апсорбују у гастроинтестиналном тракту, не акумулирају се у ткиву и лако се избацују. Нема доказа о есенцијалности, али ни о негативном дејству након хроничног излагања ([www.nmw.co.rs/nmw/калај](http://www.nmw.co.rs/nmw/калај)).

Волфрам се јавља у малим садржајима. Овај елемент нема никакву биолошку улогу, ниско је токсичан. Волфрам иритира очи ([www.pse.pbf.hr/elementi/index](http://www.pse.pbf.hr/elementi/index))



Тешки метали могу развејавањем са јаловишта бити транспортовани у околину. За ресорпцију тешких метала из ваздуха најзначајни је унос преко респираторног тракта. За живу је карактеристично уношење инхалацијом у облику аеросола или паре, где важну функцију има величина честица. Честице испод 5µм доспевају у плућа где се апсорбују у крвоток. У плућима се одвија ресорпција тешких метала. Тешки метали се могу ресорбовати и у гастроинтестинални тракт преко респираторне слузокоже, приликом гутања инхалираних честица. Ресорпција преко коже се одвија преласком тешког метала из ваздуха на кожу и проласком кроз епидермис или кроз фоликуле корена длаке или канала лојне жлезде. Кожа не представља погодан пут за ресорпцију тешких метала, осим ако је оштећена или ако на кожи постоје ране ([www.wellnessadria.com](http://www.wellnessadria.com)).

Највећи утицај на повећану концентрацију олова, цинка и кадмијума у ваздуху има близина флотацијског постројења - у његовој близини констатоване су највеће концентрације тешких метала. У квантитативном смислу за олово и кадмијум, делом и за цинк има утицај временског интервала кумулативног таложења који је за ове елементе јул-септембар (табела 45, сл. 26). У овом временском интервалу је највећи интензитет загађивања специфичним материјама, зато што је дејство аеродинамичких сила ветра најизраженије. У овом подручју у кумулативном временском интервалу садржаји олова и кадмијума су већи од граничних вредности за ненастањена и рекреативна подручја, а садржаји цинка и од настањених (табела 46).

У близини постројења за флотацијску концентрацију руде, североисточно од њега, утврђене су повећане концентрације живе (табела 45, сл. 26.).

Северно од јаловишта констатоване су највеће концентрације никла, а североисточно арсена (табела 45, сл. 26).

Јужно од јаловишта, у временским интервалима јул-септембар, се у највећим концентрацијама јавља бакар и гвожђе (табела 45).

Негативни утицаји техногеног јаловинског материјала на медије животне средине се веома проучавају у земаљама у окружења. У суседној Македонији највећа и перманентна токсикација животне средине се врши са депонија преосталих након експлоатације Pb-Zn руда на локацијама Тораница, Сасе, Злетово и Бучим. У непосредној близини јаловишта у Бучиму подигнути су виногради (Alderton, 2010).

Анализе јаловинског материјала Pb-Zn рудника у Велесу показале су да је у периоду његовог рада од 1975. до 2003. године у животну средину емитовано око 970 t Cd, 47 000 t Pb, 62 000 t Zn и 120 000 t S (Стафилов и др., 2010).

У табели 59 су приказане средње вредности концентрације тешких метала на овом и јаловишту рудника Грот.

**Табела 59. Концентрације неких тешких метала (у ppm) у јаловишту Pb-Zn рудника у Велесу (Стафилов и др., 2010) и њихов средњи састав у јаловишту рудника Грот (Ђокић и др., 2011)**

	Pb	Zn	Cd	Cu	Sb	As	Sn
Средња вредност концентрације у јаловишту Велес	11,500	78,928	11	7,028	≈2	≈0.5	<0.8
Средња вредност концентрације у јаловишту Грот	5,957	2,914	<г.д.	212	<г.д.	67	14

У јаловинском материјалу рудника Велес утврђене су много веће концентрације већине тешких метала. Ово је последица технологије прерада којом је велика количина тешких метала депонована као јаловина. Повећан садржај As у јаловишту рудника Грот настаје услед већег присуства арсенопирита у руди.

### III – 4. Закључак

Јаловиште рудника Грот је флотацијска депонија формирана на највишој надморској висини у Републици Србији. Настала је преграђивањем Селишког потока, тако да у морфолошки припада долинском типу.

Геохемијске карактеристике јаловишта зависе од састава експлоатисаних рудних тела, концентрације метала на улазу у флотацију, и искоришћења у процесу флотације.

Материјал је од флотације до јаловишта транспортован хидроциклоном на јужни, централни и северни део велике бране. Дужина транспорта, у зависности места одлагања, износи 1,300-1,500 m.

Геоморфологија околине Селишког потока је главни фактор формирања великог, јужног и југоисточног платоа и велике (иницијалне) бране. Потребе физичке заштите објеката из околине од јаловинског материјала довеле су до формирање мале и камене бране.

Руде рудника Грот нису у хронолошком и просторном континуитету екстраховане, припремљене и флотацијски прерађене, што за последицу има различити минералоски, па самим тим и хемијски састав делова јаловишта. Ово је условило да су и њихове геохемијске карактеристике различите.

Реседиментација јаловинског материјала у хоризонталном смислу обављана је на великом, јужном и југоисточном платоу, а у вертикалном од круне велике бране ка каменој брани и централном колектору. На великом платоу, посебно у зони око круне бране, уочени су трагови таласања. На падини велике бране констатовани су трагови који указују на течења материјала под утицајем гравитационе силе.

Главни агенс хоризонталне реседиментација је ветар чији је утицај најизраженији у летњим месецима када је и кохезиона сила која држи класте при површини јаловишта најслабија, односно када је површина јаловишта сува. Не

постоје подаци релевантних хидрометеоролошких станица које би указивали на доминантне правце ветрова. На основу концентрисања тешких метала на земљишту закључак је да су доминантни правци ка северу.

Рендгенским анализама хомогенизованих узорака који репрезентују јаловиште констатовани су: кварц, минерали глина, фелдспати, лискуни, хлорит, халкопирит, маркасит, пирит, хематит, брукит, калцит, доломит и сидерит.

Круна велике бране и велико плато су терминални у погледу депоновања јаловинског материјала. Услед хоризонталне и вертикалне реседиментације, на великом платоу нису констатовани лискуни, хлорит, пирит, калцит, доломит и сидерит.

Анализе репрезентативних узорака на скенирајућем електронском микроскопу указале су да је њихова флотацијска припрема (дробљење, млевење и третман хемијским реагенсима), али и транспорт хидроциклоном, углавном оставио трагове у виду нагриженост ивица и/или изломљеност зрна.

У полираним и неполираним агрегатима констатоване су следеће класе минерала: сулфидна, фосфатна, силикатна, оксидна, карбонатна и елементарно Fe. У току флотацијске припреме руда, „слепљивања“ различитих класа утицале су на формирање комбинација и генетски различитих минерала. На тај начин утврђено је присуство сулфидне (оксидне) и сулфидне (силикатне) класе, силикатне (оксидна) и оксидне (силикатна) класе, карбонатне (оксидне), карбонатне (фосфатне) и фосфатне (карбонатне) класе минерала. Такође, овом методом констатовани су агрегати које обједињују више класа минерала: сулфидна (оксидно-карбонатна), сулфидна (оксидно-силикатна) и сулфидна (силикатно-карбонатна), оксидна (силикатно-карбонатна) и оксидна (сулфидно-силикатна) и карбонатна (фосфатно-силикатна) и карбонатна (оксидно-силикатна) класа минерала. Једино су у ситнијим узорцима констатовани класти, а не агрегати минерала, што упућује на слаби интензитет везе остварен између технолошких агрегата.

Рендгенском флуоресцентном спектрометријом утврђена су веома изражена варирања концентрација тешких метала у различитим деловима јаловишта. Стање биолошког вакуума на јаловишту одређују, пре свих, концентрације Pb, As и Hg које су изнад фитотоксичних. Такође, овом стању доприносе и локално веома високи садржаји Fe, Zn и Cu. Тешки метали се највише концентришу у северним деловима великог платоа као последица њиховог примарног присуство у јаловини. Расејавања у остале делове великог платоа и јаловишта уопште су везана за особину њихове адсорпције на минералима глина и каснији транспорт под еолским утицајем.

Рудник Грот представља једину компанију у којој посао може да нађе становништво једне од најнеразвијенијих општина у Србији. Рудник је последњих година успешно спровео власничку трансформацију тако да је у приватном власништву.

Флотацијско јаловиште рудника Грот представља једини извор загађења у овим пределима који имају статус јединствених природних лепота.

Флотацијски материјал депонован у долину Селишког потока врши перманентну токсикацију пољопривредног земљишта.

Перколацијама воде из таложног језера и њеним увођењем у Селишки поток угрожене су воде из непосредне околине, али и оне географски удаљене.

Развејавање материјала са јаловишта, посебно у летњим месецима, највише утиче на аерозагађење Криве Феје. Ови штетни утицаји су евидентирани и много даље.

Јаловиште је активно и на њему се обавља перманентно депоновање јаловине, тако да је немогуће санирање конзервирањем.

Препорука је перманентано квашење великог, јужног и југоисточног платоа уз мониторинг ваздуха и вода из околине и контрола састава земљишта из његове околине.

### III – 5. Литература

Alderton D. (2010): Mining and pollution in Macedonia. Workshop Microanalytical techniques in applied Earth sciences. RESTCA. Serbian Academy of Sciences and Arts, Beograd (саопштење).

Алексић В., Каленић М. (1961): Претходни резултати испитивања неких формација кристаластих шкриљаца ниског ступња метаморфизма у Србији. Гласник природњачког музеја у Београду, серија А, књ. 14-15, Београд, 125-136.

Алексић В., Каленић М. (1966): Основне црте седиментације, магматизма и тектонског развића централне и источне Србије. Реферати VI саветовања геолога Југославије, део I, Охрид, 96-130.

Бабич Д. (2003): Минералогија. Ауторско издање, Београд, 432 стр.

Бабовић М., Роглић Ч., Аврамовић В., Марић С. (1977): ОГК СФРЈ 1:100,000. Тумач за лист Трговиште са Радомиром. Савезни геолошки завод, Београд, 58 стр.

Бабовић М., Цветковић Д. (1976): ОГК СФРЈ 1:100,000, лист Трговиште са Радомиром. Савезни геолошки завод, Београд.

Белев М. (1966): О кристалических серијах низких ступенеј метаморфизма в југозападној Болгариј, во источној Македонији и југовосточној Србији. Реферати VI саветовања геолога Југославије, део I, Охрид, 131-142.

Воје А. (1836): Esquisse geologique de la Turquie d'la d' Europe. Геолошки анали Балканског полуострва, књига 3. Београд, 1891, преведено на српски (наведено из тумача за ОГК СФРЈ 1:100,000 лист Трговиште са Радомиром).

Bončev E. (1958): Ueber die tektonische ausbildung der kraištiden (Kraištiden lineament). Geologie, 7, 3-6, Berlin, 237-860.

Бончев Е., Карађулева Ј., Костадинов В., Манолов З., Каменова Ј., Динков Е., Манолова Р. (1960): Основи за тектониката на краиштето и прилежаште му земи. Трудове врху геологијата на Блгарија, сер. стратиграфија и тектоника, књ. II, Софија, (наведено из тумача за ОГК СФРЈ 1:100,000 лист Трговиште са Радомиром).

Boyadžiev S., Zagorčev I., Zidarov N., Harkovska A. (1966): Notes on the geology of the country between the Struma river and the Yugoslav-Bulgarian frontier, Реферати VI саветовања геолога Југославије, део I, Охрид, 148-175.

Breitkreuz Cristeph, Drebenstedt Carlsen (2009): Sustainable Mining and Environment-a German-Latin American Perspective. Freiburger Forscunsshefte. Herausgegeben vom Redtor der TU Bergakademie Freiberg.C523.Geowissenenchaften. Technische Universitat Bergakademie Freiberg, Freiberg, 101 стр.

Ванков Л. (1900): Геологически изучвания на погранична местнос на запад од Трн- Кјустендил. Сборник нар. умотворениа, књ. XVI, део III, Софиа, (наведено из тумача за ОГК СФРЈ 1:100,000 лист Трговиште са Радомиром).

Васковић Н. (1997): Петрологија контактено метаморфних стена око гранитоидног масива Сурдулице. Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 458-485.

Vos W. De, Batista M.J., Demetriades A., Duris M., Lexa J., Lis J., Marsina K., O'Connor P.J. (2011): Metallogenic Mineral Provinces and World Class Ore Deposits in Europe. PDF version. A contribution to IUGS/IAGC Global Geochemical Baselines. EuroGeoSurveys. FOREGS, online, (15.03 2012).

Gleisner M. (2005): Quantification of mineral weathering rates in sulfidic mine tailings under water-saturated conditions. A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Biogeochemistry. Department of Geology and Geochemistry Stockholm University, Sweden, 29.

Грубић А., Обрадовић Ј., Васић Н. (1996): Седиментологија. Универзитет у Београду, Београд, 414 стр.

Diehl S. и Kathleen S. S. (2003): Mining Wastes Overview. Billings Symposium/ASMR Annual Meeting, Assessing the Toxicity Potential of Mine-Waste Piles Workshop U.S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey (презентација).

Димитријевић М. (1958): Геолошки састав и структура бујановачког гранитског масива. Расправе Завода за геолошка и геофизичка истраживања, Београд, 148 стр.

Димитријевић М. (1959): Основне карактеристике стуба Српско-македонске масе. Симпозијум СГД, Београд, (наведено из тумача за ОГК СФРЈ 1:100,000 лист Трговиште са Радомиром).

Dimitrijević M. (1963): Sur l'age du metamorphisme et des plissements dans la masse Serbo-macedonienne. Саопштење на конгресу КБА. Краков, (наведено из тумача за ОГК СФРЈ 1:100,000 лист Трговиште са Радомиром).

Dimitrijević M. (1967): Some problems of crystalline schists in the Serbo-Macedonian massif. Том II, Реферати VIII конгреса геолога, Београд, 59-65.

Димитрова Е., Вергилов В. (1966): О метаморфизме власинско-осоговског комплекса в југозападној Болгарији. Реферати VI саветовања геолога Југославије, део II, Охрид, 39-59.

Динић Ј. (1925): Распрострањење пчињског угљеног базена. Записници Српског геолошког друштва за 1923, Београд, 26-27.

Драшкић Д. (1986): Индустриска примена припреме минералних сировина. Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 293 стр.



Ђокић Б. В., Јелисавац-Симић Ј., Симић Ђ. (2005): *Geokološke karakteristike Kosmaja*. Посебно тематско издање. Конференција Животна средина и људско здравље са међународним учешћем, под покровитељством Министарства науке и заштите животне средине Републике Србије, Друштво за ширење и примену науке и праксе у заштити животне средине Србије и Црне Горе „Ecologica”, Факултет за физичку хемију, Привредна комора Србије, Привредна комора Београда, Савез инжењера Србије и Црне Горе, Београд, 61-68.

Ђокић Б. В., Јовановић М. (2006): Пројекат „Катастар јаловишта техногених минералних сировина Републике Србије са проценом ризика извора и капацитета животне средине“. Фонд Министарства животне средине и просторног планирања, Београд.

Ђокић Б. В., Јовановић М. (2007-2009): Анекси пројекта „Катастар јаловишта техногених минералних сировина Републике Србије са проценом ризика извора и капацитета животне средине“. Фонд Министарства животне средине и просторног планирања, Београд.

Ђокић Б. В., Јовановић М. (2007): Јаловишта Благодата-потреба за успостављањем искрених односа природе и човека. Зборник радова, II симпозијум „Рециклажне технологије и одрживи развој“ са међународним учешћем, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, Катедра за минералне и рециклажне технологије, Сокобања, 68-75.

Ђокић Б. В., Јовановић М. (2008): Флотацијско јаловиште Крива Феја. Зборник радова, III симпозијум „Рециклажне технологије и одрживи развој“ са међународним учешћем, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, Катедра за минералне и рециклажне технологије, Сокобања, 263-270.

Ђокић В. В., Танчић П., Јовановић М. (2009): Geochemistry and mineralogy of the Grot flotation tailings dump. XIII international eco-conference<sup>®</sup>, Environmental protection of urban and suburban settlements, Ecological Movement of the City of Novi Sad. University of Novi Sad, University of Beograd, International Independent University of Environmental and Political Sciences Moscow, Institute of field and vegetable crops Novi Sad, Legambiente d'Italia (National Environmental Organization), Novi Sad, 261-269.

Ђокић В. В., Јовановић М. (2009): Tehnogenic waste dumps of metal mines in Serbia. Work shop: Applied Environmental Geochemistry-Antropogenic impact on the human environment in the SE Europe. RESTCA. Geological Survey of Slovenia, Ljubljana, 36-38.

Ђокић В. В., Јовановић М. (2010): Флотацијско јаловиште Злокућански поток. Workshop Microanalytical techniques in applied Earth sciences. RESTCA. Serbian Academy of Sciences and Arts. Београд, (саопштење).

Ђокић В. В., Јовић В., Јовановић М., Тирић А., Јовановић Д. (2011): Geochemical behaviour of some heavy metals of the Grot flotation tailing, Southeast Serbia. Environmental Earth Sciences. DOI 10.1007/s12665-011-1303-6, online, (15.03 2012).

Ђорђевић Ж. (1962): Појаве гвоздене руде у области Власине. Фонд Геозавода, Београд, 22 стр.

Ezeh, H.N., Chukwu E. (2011): Small scale mining and heavy metals pollution of agricultural soils: The case of Ishiagu Mining District, South Eastern Nigeria. Full Length Research Paper. Journal of Geology and Mining Research, Vol 3(4), 87-104.

Жујовић Ј. (1893): Геологија Србије, I део. Топографска геологија, - Б. VI+334. Српска краљевска академија, Београд, (наведено из тумача за ОГК СФРЈ 1:100,000 лист Трговиште са Радомиром).

Илић М. (1939): Резултати претходних петрографских истраживања на листу Врање. Годишњак Геолошког института за 1938, Београд, 75-78.

Илић М. (1940): Међусобни односи еруптива околине Сурдулице. Записници СГД за 1939. годину, Београд, 13-15.

Илић М. (1950): Металогенеза Сурдуличког еруптивног масива. Записници СГД за 1948. годину, Београд, 3-7.

Илић М. (1954): Магматске стене околине Сурдулице и њихов однос према молибденским лежиштима ове области, Весник Завода за геолошка и геофизичка истраживања, књига XI, Београд, 127-197.

Јанковић С. (1990): Рудна лежишта Србије. Регионални металогенетски положај, средине стварања и типови лежишта. Републички друштвени фонд за геолошка истраживања, Катедра економске геологије, Рударско-геолошки факултет, Београд, 760 стр.

Јанковић С., Јеленковић Р., Вујић С. (2003): Минерални ресурси и прогноза потенцијалности металних и неметалних минералних сировина Србије и Црне Горе на крају XX века. Инжењерска академија Србије и Црне Горе, Одељење рударских и геолошких наука, Београд, 9, 131-156, 316-329, 539-543.

Јовић В. (2000): Површинско распадање вулканских стена у Србији. Савремена администрација, Београд, 217-276.

Јовић В., Јовановић Ј. (2004): Геохемијске основе еколошког менаџмента. Друштво за ширење и примену науке и праксе у заштити животне средине Србије и Црне Горе „Ecologica”, Београд, 216 стр.

Kabata-Pendias A., Pendias H. (1984): Trace Elements in Soils and Plants. CRC. Press. Boca Raton.

Камберовић Ж., Радовић Н., Кораћ М., Јовановић М. (2007): Стратегија увођења чистије производње у металургију Републике Србије. Зборник радова, II симпозијум „Рециклажне технологије и одрживи развој“ са међународним учешћем, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, Катедра за минералне и рециклажне технологије, Сокобања, 284-291.

Мандић Љ.: Тешки метали од хране до токсичних ефеката. Могу ли тешки метали бити и добри и лоши за људско здравље? (презентација).

Марковић Д., Пацић И., Петковић С., Урошевић Д. (2007): Арсен у животној средини и могућност смањења његовог штетног утицаја. Зборник радова. II симпозијум „Рециклажне технологије и одрживи развој“ са међународним учешћем, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, Катедра за минералне и рециклажне технологије, Сокобања, 292-299.

Mendoza O. T., Yta M., Tovar M. R., Almazan A. D., Mundo N. F., Gutierrez C. D (2005): Mineralogy and geochemistry of sulfide-bearing tailings from silver mines in Taxco, Mexico area to evaluate their potential environmental impact. *Geofisica Internacional*, Vol. 44, num. I, 49-64.

Мијатовић П. (2006): Елаборат о резервама олова и цинка рудника Грот-Врање (Ђавоља воденица 2, Вучково лежиште, Језериште). Фонд стручне документације, Геолошки институт Србије, Београд, 7-20, 28-37, 58-63.

Милић М. (1988): Утицај рН пулпе на селективно флотирање минерала олова на узорку руде лежишта Благодат. Дипломски рад, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд.

Милојевић Н., Лукић Т., Игрутиновић Д., Коматина М., Милојевић-Крамжар Д., Милојевић Н., Палавистрић Љ., Филиповић Б., Чубриловић П. (1976): Геологија Србије, хидрогеологија, књига VIII-1. Завод за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Београд, 79, 82, 83, 103.

Mladenova V., Zlatev Z. (2004): Geochemical characteristic of Goliam Bukovets mine tailings impoundment, Chipovtsi mining area, NW Bulgaria. Review of the Bulgarian Geological Society, vol 65, part 1-3, 141-150.

Monthel J., Vadala P., Leistel J. M., Cottard F. with the collaboration of Ilić M., Strumberger A., Tosovic R., Stepanovic A. (2002): Mineral deposits and mining districts of Serbia. Compilation map and GIS databases. Ministry of Mining and Energy. Geoinstitut, BRGM/RC-51448-FR, 53 стр.

Никић З., Видовић М., Надеждић М. (2006): Ризик геосредине сливног подручја хидроакмулације „Грлиште“ на квалитет ујезерене воде. Зборник радова 35. годишње конференције о актуелним проблемима коришћења и заштите вода. Југословенско друштво за заштиту вода и друштво за заштиту вода Србије у сарадњи са Институтом за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд. Златибор, 379-384.

Новковић Д., Пејчић М., Радовић В., Стајевић Б., Радосављевић С., Павловић А., Ранђеловић О., Златановић Г. (1993-1997): Извештај по Пројекату основних геолошких истраживања у рудном пољу Благодат-Анекс и Синтеза основних геолошких истраживања у рудном пољу Благодат. Извештај. Друштвено предузеће за геолошка истраживања, експлоатацију, припрему и промет минералних сировина Геозавод ИМС, Београд, 1-45.

Павловић С. (1957): Петролошко-минералозна студија терена Сурдулице. Фонд Грота, Врање, 179 стр.

Павловић П. (1967): Проблема метаморфических доордовикских пород в низовиах и Љубатској реки недалеко од города Босиљграда. VIII конгрес КБГА, том II, Београд, (наведено из тумача за ОГК СФРЈ 1:100,000 лист Трговиште са Радомиром).

Петковић К. (1936): Појаве оловних руда у околини села Лука и Караманица северно од Криве Паланке. Гласник Скопског научног друштва, књ. XVIII, св. 5, посебни отисак-сепарат, Скопље, 1-8.

Петровић Б. (1965): Структура кристаласог комплекса Власине на ширем подручју Црне траве. Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет. Београд.

Ракић Н., Симић Д. (2008): Елаборат о резервама олова и цинка у лежишту Благодат (Ревир: Баре, Ђавоља воденица, Вучково и Ђавоља воденица II). Јантар група, Београд, 35, 67-69, 74-84, 159-163.

Rukezo G. (2003): Drainage geochemistry of the Racska-Lahoca mining area, Matra mountains-Hungary. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enchede, The Netherlands, 143 стр.

Sexsmith L., Wagner K. (2004): Geochemical Characterization of Tailings Marlin Project, Guatemala. Montana Exploradora de Guatemala S.A. SRK Consulting. Marlin Engineering and Consulting LLC, USA, 55 стр.

Симић М. (2001): Металогенија зоне Мачкатица-Благодат-Караманица. Посебна издања Геоинститута, књига 28, Београд, 335 стр.

Смејкал С. (1957): Оловно-цинкано лежиште Благодат. Весник Завода за геолошка и геофизичка истраживања НРС, XIV, Београд, 51-67.

Стевановић Б., Кнежић Л., Чикарић С., Попов-Илић Г., Караман Г., Недовић Б., Тодић Д., Вукасовић В., Вујошевић М., Стојановић Б., Божовић Б., Мијовић Д., Ангелус Ј., Пантовић М., Стефановић Ћ. (2003): Енциклопедија животна средина и одрживи развој-књига тачних одговора. ECOLIBRI. Завод за уџбенике и наставна средства. Српско Сарајево 459 стр.

Tkatcheva V., Holopainen I. J., Hyvarinen (2000): Heavy metals in perch (*Perca fluviatilis*) from the Kostomuksha region (North-western Karelia, Russia). *Boreal Environment research* 5, Helsinki, 209-220.

Toula F. (1883): Geologische untersuchungen in westlichen theile des Balkan und Angrenzenden Gebieten. 10. Von Pirot nach Sofia aut die Vitosa uber Pernik nach Trn und uber Stol nach Pirot. *Sitzungsberichte Akad. Wiss.* Bd 88 1279-1346.

Hancock P., Skinner B.J. (2000): Metallogenic provinces. *The Oxford Companion to the Earth*, online.

Џвијић Ј. (1911): Основе за географију и геологију Македоније и Старе Србије. Српска краљевска академија, књ. 3, Београд, 689-1271.

Conde Bueno P., Bellido E., Martin Rubi J. A. , Jimeney B. (2009): Concentration and spatial variability of mercury and other heavy metals in surface soil samples of periurban waste mine tailing along a transect in the Almaden mining district (Spain). *Environmental Geology* 56:815-524, DOI:10.1007/s00254-007-1182-z, online.

Nishikawa Y. (2008): The Study on Master Plan for Promotion of Mining Industry in Republic of Serbia. Final Report. Japan International Cooperation Agency Economic Development Department. Beograd, 308 стр.

Wade C., Dold B. и Fontbote (2006): Geochemistry and mineralogy of the Quilacocha tailings impoundment from the polymetallic Zn-Pb (Ag-Bi-Cu) deposit cerro de Pasco, Peru. American Society of Mining and Reclamation (ASMR), Lexington, 2199-2206.

\*

Опис шеме технолошког поступка флотацијске концентрације руде рудника Грот (2006): Интерно, Крива Феја, 5 стр.

Уверење о утврђивању карактера отпада. УВк бр. 016/07 (2007): Институт ИМС ад. Београд, 5 стр.

#### **Неперсонализована литература**

Appliedgeochemists/rio tinto доступно на [http://www.appliedgeochemists.org/rio tinto](http://www.appliedgeochemists.org/rio_tinto) (15.03 2012).

Антимон доступно на <http://www.nmw.co.rs/nmw/index.php/antimon> (15.03 2012).

Благодатни огањ доступно на <http://www.spc.rs/sr/blagodatni.oganj> (15.03 2012).

Витаминологија/ кобалт доступно на <http://www.vitaminologija.com/kobalt> (15.03 2012).

Волфрам доступно на <http://www.pse.pbf.hr/elementi/index> (15.03 2012).

Environmental Activites in Uranium Mining and Milling: joint report (1999) доступно на <http://www.International Atomic Energy Agency> (15.03 2012).



Заштићена природна добра у Србији, карта 1:300,000, доступно на <http://www.natureprotection.org.rs> (15.03 2012).

Zemljiste pdf free ebook доступно на <http://www.eko.vojvodina.gov.rs> (15.03 2012).

Kutna hora mining district доступно на [http:// www.books.google.rs/kutna hora mining district](http://www.books.google.rs/kutna_hora_mining_district) (15.03 2012).

Maps of world (2012) доступно на <http://www.mapsofworld.com> (15.03 2012).

Pribram доступно на [http://www.tailingsdump in Pribram area/pictures](http://www.tailingsdump_in_Pribram_area/pictures) (15.03 2012).

Тешки метали у ваздуху и њихов утицај на околину доступно на <http://www.wellnessadria.com/> (15.03 2012).

Тешки метали - неоргански контаминанти доступно на <http://www.supa.pharmacy.bg.ac.rs/assets/4176> (15.03 2012).

The post-war history of Czechoslovak uranium from Jachymov (Joachimsthal) Summary of the Czech text 43-48 доступно на <http://www.geology.cz/spec-papers/obsah/no9/9-Sumary.pdf> (15.03 2012).

History of New Almaden/New Almaden доступно на <http://www.historysanjose.org/newalmaden.index> (15.03 2012).

## Правилници и стандарди

Guidelines for Drinking-Water Quality-World Health Organization доступно на <http://www.who.int/water-sanitation-health/dwq/GDWQ2004web.pdf> (15.03 2012).

Drinking Water Standards and Health Advisory Tables. United States Environmental Protection Agency (USEPA) 2009 доступно на <http://www.epa.gov/action/advisories/drinking/drinking-index.cfm> (15.03 2012).

Drinking water standards (2009) доступно на <http://www.lenntech.com/applications/drinking/standards/drinking-water-standards.html> (15.03 2012).

Југословенски стандард са обавезном применом. Геолошке ознаке и симболи, симболи за минерале. JUS В.А4.057, Југословенски завод за стандардизацију (1996): Службени лист СФРЈ бр. 9/1966.

Правилник о опасним материјама у водама. Службени гласник СРС, бр. 31/82.

Правилник о граничним вредностима, методама мерења имисије, критеријумима за успостављање мерних места и евиденцији података. Службени гласник РС, бр. 54/92.

Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања. Службени гласник РС, бр. 23/94.

Правилник о начину поступања са отпаcima који имају својства опасних материја. Службени гласник РС, бр. 12/95.

Правилник о хигијенској исправности воде за пиће. Службени лист СРЈ, бр. 42/98.

Правилник о границама радиоактивне контаминације животне средине и о начину спровођења деконтаминације. Службени лист СРЈ, бр. 9/99.

Правилник о квалитету и другим захтевима за природну минералну воду, природну изворску воду и стону воду. Службени лист СЦГ, бр. 53/2005.

Ремедијационе вредности концентрација опасних и штетних материја и вредности које могу указати на значајну контаминацију подземних вода. Уредба о програму систематског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологије за израду ремедијационих програма. Службени гласник РС, бр. 88/2011.

Target values and soil remediation intervention values and background concentrations soil/sediment and groundwater for metals. Dutch Target and Intervention Values, 2000 (the New Dutch List). доступно на <http://www.Esdat.net/EnvironmentalStandards/Dutch/annexStandards.pdf> (15.03 2012).

Уредба о програму систематског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације и ремедијационим програмима. Службени гласник РС, бр. 88/2010.

Commission of the European communities (2003): Proposal for a Directive of the European parliament and of the council on the management of waste from extractive industries. Presented by the Commission, 319, final, Brussels 56 p.



## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Потписани **Божидар В. Ђокић**

Број уписа **281**

### ИЗЈАВЉУЈЕМ

Да је докторска дисертација под насловом

### **„ГЕОХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ФЛОТАЦИЈСКОГ ЈАЛОВИШТА РУДНИКА ГРОТ (ЈУГОИСТОЧНА СРБИЈА)“**

-резултат сопственог истраживачког рада,

-да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,

-да су резултати коректно наведени,

-да нисам користио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 14.05 2012

-----

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

Име и презиме аутора **Божидар В. Ђокић**

Број уписа **281**

Студијски програм **геологија**

Наслов рада **„Геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта  
рудника Грот (југоисточна Србија)“**

Ментор **др Видојко Јовић**

Потписани **Божидар В. Ђокић**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

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

Ови лични подаци могу да се објаве на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду 14.05.2012

-----

## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом **„Геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта рудника Грот (Југоисточна Србија)“**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Ауторство

**2. Ауторство – некомерцијално**

3. Ауторство-некомерцијално-без прераде

4. Ауторство-некомерцијално-делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство-делити под истим условима

(молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци)

Потпис докторанда

У Београду, 14.05. 2012

-----

## БИОГРАФИЈА АУТОРА

Мр Божидар В. Ђокић је рођен 7.01.1966. године у Подгорици (Титоград). Основну и средњу школу, гимназију „Слободан Шкеровић“ завршио је у истом граду. Школске 1984/85 године уписује Рударско-геолошки факултет у Београду, одсек геолошки, смер петрологије и геохемије. Дипломирао је 1993. године са радом „Силицијске конкреције тријаса, јуре и креде Будва зоне“.

Прво запослење остварује (1994) у предузећу „Колубара-Струганик“.

Године 1995. запошљава се у „Геозаводу-ГЕМИНИ“ - Београд.

У овој фирми се као сарадник на пројектима бавио истраживањима кварцита у Српско-македонској маси и пирокластичних и вулканокластичних стена Тимочке еруптивне области.

Положио је (1998) стручни испит са темом „Петролошка истраживања апатита у камбријумским кварцитима Српско-македонске масе“.

У наставку професионалне каријере, као пројектант, се бавио истраживањима камбријумских кварцита Српско-македонске масе, биокластичних кречњака у подручју Видровац-Рајац, потенцијалношћу евапоритских седимената Србије и истраживањима доњотријаских кварцних пешчара близначке антиклинале.

Последипломске студије завршава (2007) на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду магистарским радом „Петролошке карактеристике камбријумских кварцита западних падина јагодинског Црног врха и Видојевице“.

Резултате истраживања кандидат мр Божидар В. Ђокић је презентовао на бројним скуповима и конференцијама. Рад публикован у часопису са SCI листе (2011) третира проблематику јаловишта рудника Грот.

Božidar V. Đokić, Vidojko Jović, Milun Jovanović, Aleksandra Ćirić, Dragan Jovanović (2011): Geochemical behaviour of some heavy metals of the Grot flotation tailing, Southeast serbia. Environmental Earth Sc. DOI 10.1007/s12665-011-1303-6 (2011).