

Upravljanje rudarskim otpadom u rudniku “Rudnik”

Anja Zefkić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Upravljanje rudarskim otpadom u rudniku “Rudnik” | Anja Zefkić | | 2023 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007548>

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet



ZAVRŠNI RAD

Osnovne akademske studije

Upravljanje rudarskim otpadom u rudniku "Rudnik"

Student:

Anja Zefkić

R49/19

Mentor:

doc. dr Dragana Nišić

Beograd, 2023

Komisija:

1. Doc. dr Dragana Nišić, mentor

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

2. Prof. dr Aleksandar Cvjetić, član

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

3. Prof. dr Vladimir Milisavljević, član

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Datum odbrane: _____

Izvod

Rudnik "Rudnik" nalazi se u centralnom delu Srbije, odnosno u jugozapadnom delu centralne Šumadije. Teritorijalno pripada opštini Gornji Milanovac i ima povoljan geografski položaj i dobru putnu komunikaciju.

Jalovište flotacije rudnika nalazi se u podnožju istoimene planine, u dolini Zlokućanskog potoka, uzvodno od ušća u Rudnički potok. Na rudniku „Rudnik“ postoje aktivna, „GIN-200“, i napuštena deponija, „Gušavi potok“ na kojima se odlaže generisani rudarski otpad.

U ovom završnom radu koji nosi naziv "Upravljanje rudarskim otpadom u rudniku "Rudnik" " obrađene su karakteristike otpada i principi upravljanja otpadom koji se generiše prilikom eksploatacije, program monitoringa medijuma životne sredine i, na kraju, planovi zatvaranja i upravljanja deponijama posle zatvaranja kako bi se sprečilo zagađenje okruženja. Izvršen je pregled i potencijalnih rizika od udesa uz mere koje će se preduzeti u slučaju udesa i plan zaštite od udesa.

Upravljanje rudarskim otpadom započinje ispitivanjem karakteristika, na osnovu kojih se donosi zaključak da je otpad u pitanju neopasan, zatim primenom koraka hijerarhije upravljanja otpadom i na kraju adekvatnim odlaganjem na za to predviđene i uređene prostore uz primenu neophodnih mera kako ne bi došlo do potencijalnog zagađenja.

Potencijalni udes do kog može doći na odlagalištima je klizanje odloženog materijala koje može dovesti do iniciranja udesa na flotacijskom jalovištu, dok je potencijalni udes na jalovištu pucanje brane broj 9 koja može izazvati poplavni talas. Kako bi se sprečio svaki potencijalni udes predviđene su odgovarajuće mere koje osiguravaju bezbedan i neometan rad rudnika.

Ključne reči: *rudnik "Rudnik", flotacijsko jalovište, brana, udes, otpad*

Abstract

The "Rudnik" mine is located in the central part of Serbia, i.e. in the southwestern part of central Šumadija. Territorially, it belongs to the municipality of Gornji Milanovac and has a favorable geographical position and good road communication.

The flotation tailings of the mine is located at the foot of the mountain of the same name, in the valley of Zlokućanski potok, upstream from the confluence of Rudnički potok. At the "Rudnik" mine, there are an active "GIN-200" and an abandoned landfill, "Gušavi Potok", where generated mining waste is disposed of.

In this final paper entitled "Management of mining waste in the mine "Rudnik"", the characteristics of the waste and the principles of waste management generated during exploitation, the environmental medium monitoring program and, finally, the plans for closure and management of landfills after closure in order to prevent environmental pollution, have been covered. An overview of the potential risks of an accident was carried out along with the measures to be taken in the event of an accident and an accident protection plan.

The management of mining waste begins with an examination of the characteristics, on the basis of which the conclusion was reached that it is non-hazardous waste, followed by the application of the steps of the waste management hierarchy and finally by adequate disposal in designated and arranged areas with the application of the necessary measures in order to prevent potential pollution.

A potential accident that can occur at the landfills is the sliding of the deposited material which can lead to the initiation of an accident at the flotation tailings, while the potential accident at the tailings is the bursting of Dam No. 9 that can cause a flood wave. In order to prevent any potential accident, appropriate measures are foreseen to ensure the safe and smooth operation of the mine.

Key words: *"Rudnik" mine, flotation tailings pond, dam, accident, waste*

Sadržaj

1. UVOD	1
2. LITERATURNI PREGLED	3
2.1 Otpad	3
2.2 Vrste otpada.....	3
2.3 Hijerarhija upravljanja otpadom.....	5
2.4 Principi deponovanja otpada	7
2.5 Rudarski otpad	8
2.5 Plan upravljanja rudarskim otpadom.....	9
2.6 Upravljanje rudarskim otpadom.....	10
2.6.1 Svetska praksa.....	12
2.6.2 Domaća praksa	13
2.7 Karakteristike rudarskog otpada.....	14
2.7.1 Količine rudarskog otpada	14
2.7.2 Krupnoća	15
2.7.3 Hemijski i mineralni sastav	16
2.7.4 Hazardnost.....	17
2.7.5. Samozapaljivost	18
2.8 Klasifikacija deponija rudarskog otpada prema regulativi Republike Srbije.....	18
2.9 Flotacijska jalovina	21
2.9.1 Metode deponovanja flotacijske jalovine.....	22
2.9.1.1 Deponovanje u obliku retke pulpe.....	22
2.9.1.2 Deponovanje zgusnute jalovine.....	24
3.0 ZAKONSKA REGULATIVA	27
3.1 Zakon o zaštiti životne sredine.....	27
3.2 Zakon o upravljanju otpadom	27
3.3 Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima	30
3.4 Uredba o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu	31
4. RUDNIK I FLOTACIJA RUDNIK DOO, RUDNIK.....	32
5. OPIS TEHNOLOŠKOG STANJA NA LEŽIŠTU “RUDNIK”	33
5.1 Rudonosne zone	33
5.2 Otkopavanje rude	35
5.3 Transport i izvoz rude i jalovine.....	35

5.4	Provetravanje jame.....	36
5.5	Odvodnjavanje jame.....	36
5.6	Priprema rude.....	37
5.6.1	Proces drobljenja.....	38
5.6.2	Proces mlevenja i klasiranja.....	38
5.6.3	Proces kondicioniranja.....	39
5.6.4	Ciklus flotiranja minerala olova, bakra i cinka.....	39
5.6.5	Proces zgušnjavanja i proces filtiranja.....	40
5.6.6	Skladištenje, utovar i otprema koncentrata.....	41
5.6.7	Snabdevanje flotacije industrijskom vodom.....	41
6.	KARAKTERISTIKE RUDARSKOG OTPADA.....	41
6.1	Flotacijska jalovina.....	43
6.1.1	Flotacijsko jalovište.....	47
6.2	Nemineralizovani jamski otpad.....	49
6.2.1	Deponovanje nemineralizovanog jamskog otpada.....	53
7.	RIZIK OD UDESA I MERE KOJE ĆE SE PREDUZETI U SLUĀAJU UDESA.....	54
7.1	Procena rizika od rušenja brana.....	55
7.2	Procena posledica usled rušenja brane.....	57
7.2.1	Procena potencijalnih ljudskih ųrtava.....	58
7.2.2	Procena ekonomskih posledica.....	60
7.2.3	Procena ekoloųkih posledica.....	60
7.3	Kategorija posledica.....	61
7.4	Rangiranje rizika.....	61
7.5	Ocena prihvatljivosti rizika.....	62
7.6	Mere kontrole i umanjenja rizika.....	63
7.7	Procena rizika od udesa na odlagaliųtima jamskog otpada.....	64
8.	PLAN ZAųTITE OD UDESA.....	64
8.1	Procena opasnosti.....	65
8.2	Mere prevencije.....	65
8.3	Snage i sredstva za zaųtitu i spasavanje, umanjenje i otklanjanje posledica od udesa.....	67
8.4	Postupanje u sluĀaju udesa.....	68
9.	OPERATIVNI MONITORING PROSTORA GDE SE DEPONUJE RUDARSKI OTPAD.....	70
9.1	Program monitoringa kvaliteta voda.....	70
9.2	Program monitoringa kvaliteta vazduha.....	71
9.2	Program monitoringa buke.....	72

9.4 Program monitoringa zemljišta	73
9.5 Program monitoringa otpada.....	74
9.6 Oskultacija flotacijskog jalovišta	74
10. PLAN ZATVARANJA I UPRAVLJANJA DEPONIJAMA POSLE ZATVARANJA	75
11. ZAKLJUČAK	79
Literatura	81

Spisak tabela

Tabela 2. 1 - Uobičajene vrednosti krupnoća rudarskih otpada i njihovo procenjeno učešće u Srbiji.....	15
Tabela 2. 2 - Opasne karakteristike rudarskog otpada.....	17
Tabela 2. 3 - Učešće opasnog rudarskog otpada u ukupno proizvedenom opasnom otpadu u Srbiji	18
Tabela 6. 1 - Prikaz generisanih vrsta rudarskog otpada na rudniku "Rudnik"	42
Tabela 6. 2 - Hemijski sastav opasnih komponenti	44
Tabela 6. 3 - Rezultati testova izluživanja prema standardu SRPS.EN 12457-2:2008 .	45
Tabela 6. 4 - Indeksni broj flotacijske jalovine i oznake prema listama otpada.....	46
Tabela 6. 5 - Plan upravljanja flotacijskom jalovinom prema hijerarhiji upravljanja otpadom	47
Tabela 6. 6 - Hemijski sastav opasnih komponenti u nemineralizovanoj jamskoj jalovini	50
Tabela 6. 7 - Rezultati testova izluživanja prema standardu SRPS.EN 12457-2:2008	51
Tabela 6. 8 - Indeksni broj nemineralizovane jamske jalovine i oznake prema listama otpada.....	52
Tabela 6. 9 - Plan upravljanja jamskom jalovinom prema hijerarhiji upravljanja otpadom	52
Tabela 10. 1 - Pokrovni sistemi za područja sa umereno vlažnom i vlažnom klimom .	76

Spisak slika

Slika 2. 1 - Opšta klasifikacija deponija rudarskog otpada prema Uredbi	20
Slika 2. 2 - Deponovanje jalovine u obliku retke pulpe	24
Slika 2. 3 - Deponovanje jalovine u obliku zgusnute pulpe	24
Slika 2. 4 - Deponovanje jalovine u obliku paste	25
Slika 2. 5 - Deponovanje jalovine u obliku filter keka	25
Slika 5. 1 - Tehnološka šema flotacijske koncentracije	37
Slika 6. 1 - Lokacije deponija rudarskog otpada	42
Slika 6. 2 - Granulometrijski sastav flotacijske jalovine	43
Slika 6. 3 - Aktuelno stanje flotacijskog jalovišta	48
Slika 6. 4 - Stanje na odlagalištu jamske jalovine GIN -200	53
Slika 6. 5 - Odlagalište Gušavi potok (Google Earth)	54
Slika 7. 1 - Registrovani zemljostresi u okolini Rudnika tokom 2018. godine	56
Slika 7. 2 - Ruta poplavnog talasa	58
Slika 7. 3 - Grejemova metoda za procenu broja potencijalnih ljudskih žrtava	59
Slika 7. 4 - Matrica rizika 5x5	62
Slika 7. 5 - ALARP dijagram	63
Slika 9. 1 - Mesta za uzorkovanje površinskih i otpadnih voda	71
Slika 9. 2 - Merna mesta uzorkovanja vazduha	72
Slika 9. 3 - Merna mesta merenja nivoa buke	72
Slika 9. 4 - Zone uzorkovanja zemljišta	73
Slika 10. 1 - Raspored slojeva pri zatvaranju flotacijskog jalovišta	77
Slika 10. 2 - Prikaz aktivnosti na zatvaranju deponija otpada	78

1. UVOD

Upravljanje otpadom je proces sakupljanja, transporta, obrade ili odlaganja, upravljanja i praćenja otpadnih materija. Hijerarhija upravljanja otpadom jeste redosled prioriteta prilikom procesa upravljanja otpadom u cilju maksimalnog iskorišćenja otpada kroz alternativne procese.

Rudarski otpad, zbog svoje količine i svojih karakteristika, izaziva strah u očima javnosti za okruženje i održivi razvoj. Pored velikog broja korisnih proizvoda koji potiču od rudarstva i koji su neophodni za neometano odvijanje života današnjice, rudarstvo se posmatra isključivo kroz količinu generisanog otpada i probleme odlaganja u skladu sa njegovim karakteristikama.

Uredba o uslovima i postupcima izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu nalaže da operater odlaže i upravlja rudarskim otpadom na osnovu dozvole za upravljanje otpadom izdate od strane ministarstva nadležnog za poslove rudarstva. Dozvola se izdaje u skladu sa planom upravljanja rudarskim otpadom i pratećom dokumentacijom koja definiše vrstu, način upravljanja i izveštavanja, uz druge obaveze po pitanju upravljanja rudarskim otpadom.

U završnom radu obrađuje se upravljanje rudarskim otpadom u rudniku “Rudnik”, počev od opisa ležišta i procesa eksploatacije završno sa planom zatvaranja i upravljanja deponijama nakon zatvaranja. Literaturni deo obuhvata upoznavanje sa osnovnim činjenicama neophodnim za kvalitetno razumevanje obrađene teme. Sadrži informacije o otpadu, njegovom upravljanju i načinima deponovanja, pored navedenog obrađuje i rudarski otpad kroz njegove karakteristike i upravljenje. Izvršen je pregled razlika između domaće i svetske prakse definisanja rudarskog otpada. Na kraju literaturnog dela nalazi se prikaz zakonske regulative značajne za oblast rudarstva i upravljanja otpadom, kao i za oblast životne sredine. U specijalnom delu dat je opis ležišta i eksploatacionog polja uz karakteristike otpada generisanog u samom rudniku. Definisani su načini

nastajanja flotacijske jalovine i nemineralizovane jalovine, kao i proces odlaganja. Vršiti se pregled rizika od mogućih udesa, predviđenih mera u slučaju udesa kao i plana zaštite od udesa. Navodi se program monitoringa za svaki medijum u životnoj sredini, i na kraju je obrađen plan zatvaranja i upravljanja deponijama nakon zatvaranja.

2. LITERATURNI PREGLED

2.1 Otpad

Prema „Zakonu o zaštiti životne sredine Republike Srbije“ otpad predstavlja predmet ili supstancu, čija se kategorizacija vrši prema utvrđenoj klasifikaciji otpada sa kojim vlasnik postupa ili ima obavezu da postupa, odnosno upravlja [1].

Tokom razmatranja klasifikacije materijala kao otpada, kao nečega što je neplanirano za proizvodnju, a proizvedeno je kao „nus-proizvod“, tačnije sporedni proizvod dolazi do problema. Nus-proizvod nedvosmisleno ima ili može imati upotrebnu vrednost i predstavljati sirovinu za drugu industrijsku granu ili proizvođača pa je samim tim njegova klasifikacija problematična [1].

Po kriterijumima Evropske unije u otpad ne spada proizvod koji ispunjava sledeće kriterijume [1]:

- Proizvod čije je dalje korišćenje izvesno,
- Dalje korišćenje je moguće bez bilo kakve dorade,
- Predstavlja integralni deo proizvodnog procesa,
- Dalje korišćenje je zakonom dozvoljeno.

2.2 Vrste otpada

Otpad se deli prema mestu nastanka i karakteristikama [1].

Podela otpada po mestu nastanka je sledeća [1]:

- Otpad iz domaćinstava (kućni otpad),
- Komercijalni otpad,

- Industrijski otpad.

Kućni otpad je generisan u domaćinstvima i glavna karakteristika mu je heterogenost. Njegovo zbrinjavanje u vidu sakupljanja, transporta i deponovanja vrše specijalizovane firme. Deponovanje otpada vrši se na tehnički uređenu i održavanu komunalnu deponiju. U ovu grupu se svrstava i otpad koji je po svojim karakteristikama i sastavu sličan kućnom [1].

Komercijalni otpad nastaje u preduzećima, ustanovama i drugim institucijama koje se u celini ili delimično bave trgovinom, uslugama, kancelarijskim poslovima, sportom, rekreacijom ili zabavom. Sličan je kućnom otpadu po tome što ga karakteriše heterogenost, kao i da prikupljanje, transport i deponovanje komercijalnog otpada vrše posebne komunalne službe [1]. Zajedno, kućni i komercijalni otpad čini komunalni otpad [1].

Industrijski otpad predstavlja otpad proizveden u bilo kojoj industriji ili otpad sa lokacije na kojoj se nalazi industrija, gde se ne ubrajaju jalovina i prateće mineralne sirovine iz rudnika i kamenoloma [2].

U evropskom i srpskom zakonodavstvu definisano je isključenje rudarskog otpada, specifično jalovine i otkrivke, iz industrijskog otpada. Razlog isključenja je najpre različita ekonomska moć otpada, pa zatim i opšta važnost rudarskih kompanija što dovodi do neophodnih razlika u zakonskim normama za tretiranje rudarskog i otpada druge vrste iz drugih industrija [2].

Podela otpada prema karakteristikama je sledeća [2]:

- Opasan ili hazardni otpad,
- Neopasan otpad,
- Inertni otpad.

Opasan otpad predstavlja otpad koji po svom poreklu, sastavu ili koncentraciji opasnih materija može izazvati opasnost po životnu sredinu i zdravlje ljudi, dok uporedo ima

najmanje jednu od opasnih karakteristika. U opasan otpad svrstava se i ambalaža u kojoj je opasan otpad bio ili jeste upakovan [2].

Opasne karakteristike su [2]: eksplozivnost, reaktivnost, zapaljivost, nadražljivost, štetnost, toksičnost, infektivnost, kancerogenost, mutagenost, teratogenost, ekotoksičnost, svojstvo oksidacije, nagrizanja i otpuštanja otrovnih gasova hemijskom reakcijom ili biološkom razgradnjom.

Neopasan otpad je otpad koji ne poseduje karakteristike opasnog otpada [2].

Inertni otpad je otpad koji nije podložan fizičkim, hemijskim ili biološkim promenama i pritom ne utiče nepovoljno na druge materije sa kojima dolazi u kontakt tako da ne može dovesti do zagađenja životne sredine ili ugroženog zdravlja ljudi [2].

Sreće se i podela po agregatnom stanju na tečne, gasovite i čvrste otpade [2].

2.3 Hijerarhija upravljanja otpadom

Proces upravljanja otpadom započinje koracima definisanim hijerarhijom upravljanja otpadom. Kako bi se odredila prihvatljivost ili neprihvatljivost korišćenja otpada za neku upotrebu potrebno je poznavati njegove karakteristike i parametre. Tretman otpada neohpodno je prilagoditi hijerarhiji upravljanja otpadom [1].

Kako bi rad sa i oko otpada bio bezbedan preduslov koji treba ispuniti je prikupljanje informacija o toksičnosti, radioaktivnosti, učešću rastvorljivih soli, efektu površinske degradacije i oksidacije, spontanoj samoupali, precipitaciji rastvorljivih hemikalija i radiaktivnim ili toksičnim gasovima [1].

Koraci u hijerarhiji upravljanja otpadom su sledeći [2]:

- Preventivno smanjenje količine otpada,
- Ponovno korišćenje otpada,

- Reciklaža otpada,
- Sagorevanje i korišćenje energije iz otpada,
- Bezbedno deponovanje.

Izbegavanje generisanja otpada vrši se promenama samog tehnološkog procesa tako da se ili izbegne stvaranje otpada ili da se smanji [2]. Cena otpada mora biti prihvatljiva kako bi se ponovna upotreba isplatila, pri čemu se ovim korakom samo odlaže neizbežni trenutak kada će proizvod postati otpad [1]. Otpad iz jednog procesa može predstavljati sirovinu u drugom procesu i ovim putem ispuniti ponovnu upotrebu [2]. Reciklaža je isplativa isključivo kada je cena preuzimanja otpada za recikliranje niska [1]. Unutar otpada postoji deo koji se može izdvojiti i ponovo biti iskorišćen kao sirovina [2]. Kompostiranje je isplativo ukoliko je sirovina jeftina ili ako se skupljanje plaća drugim aktivnostima čime se rešava više problema [1].

Neki otpadi se mogu sagorevati i tako iskoristiti kao zamena energije dobijene iz primarnih izvora [2]. Insineracija je skupo i ekonomski neodrživo rešenje ako se posmatraju troškovi po jedinici proizvedene energije. Međutim, ukoliko se posmatra kao smanjenje mase otpada što dalje vodi do smanjenja troškova drugih postupaka zbrinjavanja predstavlja prihvatljivo rešenje. Praćena je i troškovima deponovanja pepela koji ostaje nakon završenog procesa [1].

Deponovanje je izuzetno skupo, kao i karakterizacija otpada za deponovanje [1]. Ukoliko je deponovanje jedina opcija zbrinjavanja otpada neophodno je adekvatno deponovanje kako ne bi došlo do zagađenja [2].

Primena hijerarhije upravljanja otpadom podrazumeva preduzimanje mera kojima se postiže najbolji ukupan rezultat za životnu sredinu. Kod posebnih tokova otpada ovo može zahtevati odstupanje od hijerarhije gde je to opravdano životnim ciklusom, uzimajući u obzir ukupne uticaje na nastajanje i upravljanje takvim otpadom [3].

Primenom načela hijerarhije uzimaju se u obzir opšti principi zaštite životne sredine, predostrožnosti i održivosti, tehničke izvodljivosti i ekonomske vrednosti, zaštite

resursa, kao i ukupan uticaj na životnu sredinu, zdravlje ljudi, ekonomski i socijalni uticaji [3].

2.4 Principi deponovanja otpada

Za deponovanje otpada potrebno je formiranje i uređivanje prostora za prihvatanje samog otpada. Otpad se može deponovati u formi u kojoj je na kraju tehnološkog procesa ili se tretira i prevodi u drugi oblik, tačnije oblik podesniji za deponovanje [2].

Prilikom formiranja prostora za deponovanje neophodno je ispoštovati zakonske i tehničke norme, bez narušavanja urbanističkih i socioloških uslova uz prihvatljive cene investicionog i operativnog koštanja. Izdvojeno je sedam osnovnih principa čijim poštovanjem se obezbeđuju uslovi za održivi razvoj. Principi su razvijeni za rudarski i otpad iz postrojenja za pripremu mineralnih sirovina, međutim moguća je i opšta primena [2].

Sedam principa održivog razvoja je [2]:

- Rukovanje otpadom da fizički, prostorno, hemijski i radioaktivno ostane stabilan,
- Prilikom interakcije sa okolinom otpad treba ostati inertan,
- Ukoliko otpad nije inertan treba ga izolovati tako da, praktično, bude inertan,
- Deponovanje mora biti u definisanim granicama i zauzimati minimalnu površnu, na lokaciji male ekološke i društvene vrednosti, u fizičkom i hemijskom obliku koji obezbeđuje ograničenu interakciju sa okruženjem,
- Otpadom treba upravljati tako da zadovoljava ekološke i sociološke uslove na svakoj lokaciji, tačnije da bude prihvatljiv za okruženje,
- Upravljanje otpadom treba biti tako da aktivnosti posle zatvaranja budu minimalne, da operativni troškovi budu minimalni, kao i količina izdvojenog otpada u odnosu na proizvodnu jedinicu,

- Tehnologija upravljanja otpadom trebala bi unaprediti ekološke i sociološke karakteristike, kao i da smanji površinu koju treba zauzeti.

Poštovanje navedenih principa dovodi do prihvatljive deponije, kako za vlasnika i lokalnu administraciju tako i za okruženje [2].

2.5 Rudarski otpad

Tumačenje rudarskog otpada različito je u domaćoj i svetskoj regulativi i praksi [4]. U srpskom Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima definicija rudarskog otpada glasi: “Rudarski otpad je otpad nastao od ekstraktivne industrije, tačnije otpad nastao prilikom geoloških istraživanja, eksploatacije, pripreme i skladištenja mineralnih sirovina, kao i otpad dobijen u procesu pripreme rude koji podrazumeva mehanički, fizički, biološki, toplotni ili hemijski postupak, (izmena dimenzija, separacija i izluživanje, prerada ranije odbačenog otpada), isključujući topljenje, termo procese proizvodnje (osim pečenja krečnjaka) i metalurške procese, kao i naftna isplaka.” [5].

U Katalogu otpada pod grupom 1 vodi se rudarski otpad pod nazivom „Otpadi koji nastaju u istraživanjima, iskopavanjima iz rudnika ili kamenoloma, i fizičkom i hemijskom tretmanu minerala“, a deli se na četiri podgrupe [4]:

- Otpadi od iskopavanja minerala,
- Otpadi od fizičke i hemijske obrade minerala za crnu industriju,
- Otpadi od fizičke i hemijske obrade minerala za obojenu metalurgiju,
- Muljevi nastali bušenjem i drugi otpadi od bušenja.

Prema Katalogu rudarska industrija većinski produkuje neopasni otpad, odnosno jednu vrstu otpada koja se smatra opasnom, i nekoliko vrsta koje su potencijalno opasne. Opasnu vrstu otpada čini jalovina nastala prilikom prerade sulfidnih ruda kako postoje uslovi za formiranje kiselih drenažnih voda. Iako je formiranje kiselih drenažnih voda

moguće i kod sulfidnih jalovina izdvojenih pri preradi ruda obojenih metala one nemaju isti tretman. Prilikom bušenja izdvajaju se muljevi, odnosno iskorišćena isplaka, koja može biti opasna delimično zbog dodatih hemikalija, a delimično zbog mogućeg prisustva nafte [4].

Držalac rudarskog otpada je zapravo proizvođač rudarskog otpada, odnosno privredno društvo ili drugo pravno lice i preduzetnik, koje je u posedu otpada, koje je steklo svojstvo nosioca eksploatacije i/ili nosioca istraživanja [5].

Ministarstvo nadležno za poslove rudarstva, odnosno nadležni pokrajinski organ izdaje dozvolu za upravljanje rudarskim otpadom u skladu sa planom upravljanja otpadom i drugom pratećom dokumentacijom. U dokumentaciji definisana je vrsta, način upravljanja i izveštavanja i preostale obaveze za upravljanje rudarskim otpadom. Na osnovu izdate dozvole vrši se odalaganje i upravljanje rudarskim otpadom [5].

Uredbom o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu (u daljem tekstu: Uredba) definisani su uslovi i postupci izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumi, karakterizacija, klasifikacija i izveštavanje o rudarskom otpadu [5].

2.5 Plan upravljanja rudarskim otpadom

Plan upravljanja rudarskim otpadom operater izrađuje u skladu sa ciljevima [5]:

- sprečavanja ili smanjivanja nastajanja rudarskog otpada i negativnog uticaja na životnu sredinu;
- podsticanja iskorišćenja rudarskog otpada recikliranjem, ponovnom upotrebom ili uklanjanjem takvog otpada kada je to prihvatljivo za životnu sredinu, u skladu sa propisima iz oblasti zaštite životne sredine;

- osiguranja kratkotrajnog i dugotrajnog sigurnog zbrinjavanja rudarskog otpada razmatranjem, posebno u fazi projektovanja, upravljanja deponijama tokom rada i nakon zatvaranja.

Plan upravljanja rudarskim otpadom, između ostalog, sadrži [5]:

- 1) opis prostora na kojem nastaje i gde se planira odlaganje rudarskog otpada;
- 2) program praćenja uticaja na životnu sredinu;
- 3) predlog kategorije deponije;
- 4) karakterizaciju rudarskog otpada;
- 5) opis proizvodnih postupaka kojima se generiše takav otpad i svih daljih postupaka pripreme koji će se primenjivati;
- 6) opis načina na koji odlaganje rudarskog otpada može štetno uticati na životnu sredinu i zdravlje ljudi i preventivne mere kako bi se uticaj na životnu sredinu tokom rada i nakon zatvaranja deponije sveo na minimum;
- 7) mere za sprečavanje pogoršanja stanja voda kao i mere za sprečavanje ili smanjenje zagađenja vazduha i zemljišta u skladu sa odredbama uredbe.

Prema dobijenim podacima od ministarstva nadležnog za poslove rudarstva, odnosno nadležnog pokrajinskog organa, samo jedan operater poseduje Dozvolu za upravljanje rudarskim otpadom [5].

2.6 Upravljanje rudarskim otpadom

Hijerarhija upravljanja otpadom važi i za rudarski otpad, ali njegova masa, krupnoća i sastav upravljanje otpadom svode na poslednji hijerarhijski korak – trajno deponovanje.

Deponije moraju biti velike, zauzimati veliki prostor i visinski nadmašivati okruženje kako su količine generisanog otpada izuzetno velike [4].

Deponije su same po sebi rizični objekti, gde njihovoj inicijalno visokoj rizičnosti doprinose i potencijalno velike posledice usled havarija. Posledice mogu biti direktne, trenutne, koje su momentalno uočljive, i indirektne, čiji je efekat dugoročan i proizilazi iz direktnih posledica [4].

Direktne posledice podrazumevaju veliki broj ljudskih žrtava i narušenost životinjskih ekosistema, zagađenje svih supstrata životne sredine čija rehabilitacija može trajati godinama. Havarije koje su sve učestalije u svetu upućuju na potrebu sistematičnijeg delovanja i vođenja računa o jalovištima. U Srbiji nisu zabeležene havarije sa većim posledicama i žrtvama [4].

Prema Uredbi, jalovišta su klasifikovana na „opasna“ (kategorija „A“) i „neopasna“ (van kategorije „A“). Jalovišta klasifikovana u kategoriji „A“ treba da svoje delovanje, u smislu zaštite okruženja značajno unaprede, a brigu i kontrolu stvarnog stanja da podignu na viši nivo kako bi se sprečilo negativno dejstvo tih jalovišta [4].

Potencijalno rešenje za sprečavanje neželjenih in-situ efekata bila bi obaveza Investitora da deponije potencijalno opasnog otpada hidroizoluju. Kao preventivna mera sprečavanja havarija mogla bi biti zakonom obavezujuća i objektivna procena rizika eksploatacije svake deponije uz identifikaciju scenarija potencijalnih udesa, koja bi doprinela, ako ne potpunom sprečavanju havarija, onda bar boljim reakcijama okoline u datim situacijama [4].

2.6.1 Svetska praksa

U svetskoj praksi pod rudarskim otpadom podrazumeva se sledeće [4]:

Čvrsti otpad [4]:

- Otkrivka: uključuje zemlju i stene uklonjene sa površine, odnosno iznad mineralizacije planirane za otkopavanje. Otkrivka je otpad sa veoma malim potencijalom zagađenja okruženja i odlaže se kao obična nezagađena zemlja. Primenu najčešće nalazi u formiranju vegetacionog sloja pri sanaciji delova kopa ili jalovišta.
- Jalove stene: materijal u kojem je došlo do mineralizacije, ali je koncentracija nedovoljna da bi se slanje na dalju pripremu i preradu, nakon otkopavanja, ekonomski opravdalo. Kada su koncentracije blizu ekonomski opravdanih posebno se odlaže kako bi se kasnije mogle koristiti kao ruda. Ponekad se podvrgava luženju na gomili. Prilikom odlaganja ga treba prekriti slojem zemlje ili deponovati ispod vode kako je ovaj material podložan izdvajanju kiselih drenažnih vodea.
- Jalovina: podrazumeva fino usitnjeni materijal dobijen nakon pripreme mineralne sirovine. Vrlo često se u procesu koncentracije dodaju hemikalije (kao flotacijski reagensi). Najčešće je pomešana sa vodom i odlaže se u posebno uređene prostore.

Otpadne vode [4]:

- Rudničke vode: podrazumevaju vode izdvojene tokom rudarske eksploatacije. Promenljivog su kvaliteta zbog prolaska kroz različite slojeve zemlje i mineralizovane slojeve. Voda rastvara različita jedinjenja, do potpunog zasićenja zemljišta. Prilikom otvaranja jame ili kopa kontinuirano dotiče u formirani slobodni prostor. Kako bi eksploatacija bila moguća potrebna je kontinuirana evakuacija. Iako rudarske aktivnosti nisu uticale na kvalitet kada se pojavi u jami ili kopu zakonom je neophodno prečistiti pre ispuštanja u prirodni recipijent.

Mulj [4]:

- Mulj od tretiranja rudničke vode: prilikom prečišćavanja otpadne vode izdvaja se mulj sa nekoliko procenata veoma sitne čvrste faze. Zbog slabe mineralizacije obično nemaju ekonomsku vrednost, ali mogu biti kontaminirani. Sa ekološkom dozvolom, moguće je odlaganje u podzemne prostorije, mada se obično deponuju sa jalovinom.

Gasovi [4]:

- Prašina: podrazumeva aeroxagađenje česticama prašine koja se izdvaja tokom rudarske eksploatacije ili suvih procesa pripreme mineralnih sirovina, najčešće drobljenja i prosejavanja. Promenljivog su hemijskog i granulometrijskog sastava, vizuelno su lako uočljive i zahtevaju obaranje čvrstih čestica (prečišćavanje) tokom tehnološkog procesa.

2.6.2 Domaća praksa

U srpskoj praksi rudarski otpad obuhvata sledeće [4]:

- Otkrivka: sloj zemlje iznad ekonomski isplativog mineralizovanog sloja koji može biti zagađen,
- Jalovina: otpad nastao u postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina (PMS), obično deponovan na uređena jalovišta,
- Rudničke vode: vode evakuisane prilikom eksploatacije mineralnih sirovina. Upuštaju se u prirodne recipijente direktno bez prečišćavanja ili indirektno, preko jalovišta,
- Otpadna isplaka: zaprljana i kontaminirana isplaka izdvojena u procesu bušenja (istražnog i eksploatacionog) i odlaže se u okruženju.

U domaćoj praksi rudarski otpad je u odnosu na svetsku podelu [4]:

- pojednostavljen u delu da se nezagađena zemlja i površinski slojevi sa slabom mineralizacijom tretiraju kao jedan otpad i zajednički odlažu,
- proširen jer u rudarski otpad spada i otpadna isplaka, iako je isplaka posebno pripremljeni industrijski proizvod koji sadrži različite materijale i hemikalije i koja se dodatno može biti zagaditi prolaskom kroz bušotinu posebno prilikom eksploatacije nafte,
- sužen jer ne tretira muljeve i prašinu kao posebne vrste otpada.

2.7 Karakteristike rudarskog otpada

Osnovne karakteristike rudarskog otpada definisane su količinom, krupnoćom, hemijskim i mineraloškim sastavom, toksičnošću i samozapaljivošću [4].

2.7.1 Količine rudarskog otpada

Analizom rudarskog otpada i potencijala da ugrozi okolinu prvo treba razmotriti količine u odnosu na korisnu supstancu. Karakteristika rudarskog otpada je da količina otpada višestruko nadmašuje količinu korisne supstance, što nije karakteristično za druge industrijske grane ili proizvodne oblasti. Tu prednjače rude plemenitih metala (zlato, srebro, platina), gvožđa i bakra [4].

Rudarski otpad više ne predstavlja kategoriju u statističkom sagledavanju proizvodnje otpada jer svojom masom i procentualnim učešćem u odnosu na ukupno proizvedeni otpad remeti statističke pokazatelje. Zaključak iz navedenog jeste da je osnovni problem vezan za rudarski otpad, njegova količina [4].

2.7.2 Krupnoća

Velika količina otpada male krupnoće nosi probleme fizičkog zagađenja i uticaja rudarskog otpada na životno okruženje. Uobičajene vrednosti krupnoća rudarskog otpada i njihovo procenjeno učešće u Srbiji prikazani su u tabeli 2.1. [4].

Uobičajena krupnoća prikazana je kao krupnoća zrna čije je učešće u prosevu ispod 80%. Krupnoće se kreću u širokom rasponu od 20 μm do 800 mm. Maseno prevladava otkrivka sa površinskih kopova. U slučaju njenog izuzimanja, dominira otpad iz flotacijske koncentracije ruda bakra, olova i cinka. Otkrivka je često zbog svojih karakteristika posmatrana i kao nus-proizvod rudarske eksploatacije, a ne kao otpad. Otkrivka je krupnozrna i retko ugrožava okruženje. Međutim, otpad iz flotacijske koncentracije ruda bakra, olova i cinka, maseno i krupnoćom geotehnički i ekološki ugrožava okruženje, a učešće zrna otpada sitnijih od 1 mm je preko 75%. Sitna zrna ugrožavaju geotehničku stabilnost deponija na kojima su skladištena, ali i okruženje usled lakog razvejavanja. Aerozagađenje se vizuelno lako primećuje i najčešće predstavlja povod za proteste stanovništva iz rudničkog okruženja [4].

Tabela 2. 1 -Uobičajene vrednosti krupnoća rudarskih otpada i njihovo procenjeno učešće u Srbiji

Vrsta otpada	Uobičajena krupnoća, d_{80} , mm	Masena zastup-ljenost (procena) %	
		Sa otkrivkom	Bez otkrivke
Otkrivka sa kopova	700-800	65	-
Jalovina iz jame	300-400	5	15
Jal. iz suvih separacija	70-100	2	5
Jal. iz mokrih separacija	15-20	2	5
Flotacijska jalovina	0,050-0,080	25	72
Muljevi	0,020	1	3

2.7.3 Hemijski i mineralni sastav

Hemijska i mineraloška građa rudarskog otpada vezana je za jalovinu iz postrojenja za preradu mineralnih sirovina, gde glavni problem predstavlja pojavljivanje kiselih drenažnih voda. Kisele drenažne vode vezane su za istovremeno delovanje sulfidnog sumpora iz čvrstog otpada, slobodne vode i kiseonika iz vazduha. S obzirom na sveprisutnost vode i kiseonika, pojava kiselih drenažnih voda vezana je za sumpor, koji je prirodni sastojak gotovo svih jalovina, posebno flotacijskih kako je proces flotacijske koncentracije vezan za izdvajanje sulfidnih minerala [4].

U pripremi mineralnih sirovina razdvajanje se uglavnom bazira na razlikama u fizičkim i fizičko-hemijskim karakteristikama u površinskom sloju pojedinih minerala. Karakteristični procesi razdvajanja ne podrazumevanju promene u mineralnom i/ili hemijskom sastavu separisanih proizvoda. U odnosu na polaznu rudu krajnji proizvodi pripreme mineralnih sirovina se razlikuju u masi (kao posledica razdvajanja na više krajnjih proizvoda), krupnoći (drobljenje, mlevenje, peletizacija, briketiranje) i procentualnom učešću korisne supstance (koncentracija) [4].

Ukoliko polazna ruda u sebi sadrži sulfidni sumpor, koji nije vezan za korisnu supstancu, on će se pojaviti u jalovini. Sulfidni sumpor postaje opasan po okruženje kada se proces odlaganja jalovine završi, odnosno kada se jalovište napusti. Izluživanjem sumpora pojavljuju se kisele drenažne vode. Ovaj proces je potpuno prirodan i dešava se pri svakom masovnom manipulisanju sa zemljom i u okruženju mineralnih ležišta i pre nego što rudarska proizvodnja započne [4].

Količina jalovine je izuzetno velika zbog čega je neutralizacija sumpora ili njegovo potpuno izdvajanje iz jalovine, pre deponovanja, najčešće neisplativo. Efikasnija zaštita okruženja vrši se eliminisanjem vode ili kiseonika. Pravilno zatvaranje jalovišta izolovanjem deponije od kiseonika, nanošenjem slojeva inertnog materijala, rešava problem izdvajanja kiselih drenažnih voda [4].

2.7.4 Hazardnost

Otpad može sadržati različite zagađivače koji se u prirodi mogu pojaviti kao posledica nekog akcidenta, prosipanja pri transportu, iscurivanja sa odlagališta, skladišta ili industrijskih objekata. Zagađujuće supstance uglavnom nisu formirane u otpadu već su unesene kada je otpad bio korisni proizvod. Opasne supstance ne treba tražiti u otpadu ako ih nije bilo u korisnom proizvodu. Međutim, kada se otpad nađe u slobodnom i nedovoljno kontrolisanom okruženju, pojedine korisne supstance mogu stvoriti nepoželjna jedinjenja [4].

Rudarski otpad ima uslova da bude u kategoriji opasnog otpada. Posebno flotacijska jalovina, zbog korišćenja hemijskih reagenasa u procesu flotacijske koncentracije. U tabeli 2.2 prikazane su opasne karakteristike rudarskog otpada [4].

Tabela 2. 2 - Opasne karakteristike rudarskog otpada

Vrsta otpada	Sredina u kojoj se manifestuje opasan otpad			Komentar
	Vode	Vazduh	Zemljište	
Nezagadena otkrivka	Ovo je zemlja koja ne sadrži bilo kakve opasne supstance, a ako ih i ima one su tu nastale prirodnim procesima ili potiču od poljoprivrede ili drugih industrijskih delatnosti, a ne od rudarskih aktivnosti			
Mineralizovana otkrivka	Izdvajanje kiselih drenažnih voda	Moguće aerozagađenje	Moguće zagađenje u kontaktu sa kiselim vodama	Po pravilu, nema karakteristike opasnog otpada
Jalovina iz PMS	Opasne supstance u prelivnoj vodi	Aerozagađenje sa plaže jalovišta	Kontakt sa zagađenim vodama ili depozicija čestica	Potencijalno je opasni otpad
Rudničke vode	Kiselost i teški metali mogu biti opasni po vode u okruženju	Nema opasnosti	Moguće zagađenje	Po pravilu su zagađene
Mulj	Moguća kontaminacija	Nema opasnosti	Moguća kontaminacija	Po pravilu je zagađen
Prašina	Nema opasnosti	Ugrožava sve u okruženju	Depozicijom ugrožava zemljište	Može da bude opasan otpad

Učešće opasnog rudarskog otpada u ukupno proizvedenom opasnom otpadu u Srbiji dato je u tabeli 2.3. Mogao bi se doneti zaključak da celokupan opasan otpad u Srbiji proizilazi iz rudarstva, ali stanje je verovatno drugačije kako se otpad koji potencijalno može biti opasan, olako proglašava opasnim [4].

Tabela 2. 3 - Učešće opasnog rudarskog otpada u ukupno proizvedenom opasnom otpadu u Srbiji

Godina	2014.	2015.	2016.
Ukupna količina opasnog otpada, 10 ³ t	13.466	16.545	17.239
Količina rudarskog opasnog otpada, 10 ³ t	13.428	16.483	17.120
Učešće rudarskog otpada, %	99,7	99,6	99,3

2.7.5. Samozapaljivost

Samozapaljivost je karakteristika organskih otpada i prati otpad iz rudnika uglja i postrojenja za pripremu uglja. Usled oksidacije sulfida koji se nalaze u otpadu dolazi do spontanog zagrevanja i samoupale organskih delova otpada [4].

2.8 Klasifikacija deponija rudarskog otpada prema regulativi Republike Srbije

Deponije rudarskog otpada, usled svoje inicijalne rizičnosti, podležu strogim pravilima projektovanja i upravljanja. Neophodno je izvršiti klasifikaciju prema rizičnosti u fazi projektovanja kako bi se znalo kakve mere treba preduzeti, da bi se deponija održavala u stabilnom stanju i sprečio svaki potencijalni udes [6].

Sistemi klasifikacije bazirani na kategorijama posledica usled udesa, poput onih izdatih od strane Kanadskog udruženja za brane (CDA), Australijskog komiteta za visoke brane (ANCOLD) i klasifikacija propisana Globalnim industrijskim standardom za upravljanje otpadom iz ekstraktivne industrije (GISTM) su u širokoj upotrebi [6].

Sistemi klasifikacije prema CDA i GISTM počivaju na istim ili sličnim kategorijama posledica: ljudskim žrtvama, šteti po životnu sredinu, infrastrukturu i ekonomiju, kao i kulturološkoj, sociološkoj šteti i uticaju na ljudsko zdravlje. Predlažu 5 kategorija značajnosti posledica: mala, značajna, velika, veoma velika i ekstremna. Razlika između ove dve klasifikacije je u tome što GISTM sistem pored potencijalnih ljudskih gubitaka razmatra i ukupan broj ljudi koji su u opasnosti u slučaju udesa [6].

Sistem klasifikacije prema ANCOLD-u je drugačije koncipiran jer predlaže dvojaku klasifikaciju kategorija posledica, prema broju ljudi izloženih riziku i prema broju ljudskih žrtava, pri čemu izbor pristupa ostavljen korisniku klasifikacije, uz napomenu da se drugi pristup preporučuje iskusnijim licima, sa predznanjem o metodama procene broja ljudskih žrtava. U oba slučaja se jedan od ova dva parametra razmatra zajedno sa sveukupnom značajnošću štete i gubitaka usled udesa čime se dobija jedna od 6 kategorija značajnosti posledica: veoma mala, mala, značajna, visoka C, visoka B, visoka A i ekstremna. Za razliku od CDA i ANCOLD sistema, ovaj sistem predlaže jednu kategoriju posledica više [6].

Uredbom se držaocu rudarskog otpada nameće zakonska obaveza klasifikacije deponija i predloženi se kriterijumi na osnovu kojih se vrši klasifikacija. Uzima se u obzir celokupni eksploatacioni vek deponije, kao i period nakon zatvaranja. Uredba predlaže dve opšte kategorije deponija: deponije koje pripadaju kategoriji A („rizična“ kategorija) i deponije koje ne pripadaju kategoriji A („nerizična“ kategorija) [6].

Deponija se klasifikuje kao kategorija A ako [6]:

- zbog kvara ili neispravnog rada, na osnovu procene rizika može doći do tehničko-tehnoloških nesreća-udesu, uzimajući u obzir faktore kao što su sadašnja ili buduća veličina, lokacija i uticaj na životnu sredinu;
- ako je otpad klasifikovan kao opasan otpad u skladu sa propisima za upravljanje otpadom iznad određene granične vrednosti;

- ako otpad sadrži supstance ili smeše koje su klasifikovane kao opasne na osnovu propisa za upravljanje otpadom iznad određene granične vrednosti.

Pri klasifikaciji deponije, sva tri kriterijuma treba uvažiti. Kriterijumi opšte klasifikacije deponija rudarskog otpada prema Uredbi prikazani su na slici 2.1. Ukoliko je deponija klasifikovana u kategoriju A prema jednom od tri kriterijuma, nije potrebno razmatrati preostala dva. Međutim, ukoliko deponija niti prema jednom kriterijumu nije potpala u kategoriju A, onda sveukupna klasifikacija deponiju ne svrstava u kategoriju A. Iako je klasifikacija deponije završena ispunjenjem jednog uslova kategorije A, preporučljivo je ispitati i ostale uslove. Samim tim, sud o kategoriji deponije je konačan nakon ispitivanja svih uslova klasifikacije [6].



Slika 2. 1 - Opšta klasifikacija deponija rudarskog otpada prema Uredbi

Cilj klasifikacije je preduzimanje preventivnih mera za bezbedno upravljanje deponijom, a nivo preduzetih mera zavisi od kategorije deponije. Ukoliko je deponija klasifikovana u kategoriju A, držalac otpada je u obavezi da uspostavi interni plan zaštite od udesa na nivou preduzeća [6].

2.9 Flotacijska jalovina

Flotacijska jalovina se tretira kao opasan otpad isključivo kada se dokaže da sadrži opasne supstance, praktično uvek potiče iz prerade ruda za obojenu metalurgiju i može se zaključiti da ne spada u opasan otpad [2].

Jalovinu treba kontinualno izdvajati kao krajnji proizvod procesa pripreme i bezbedno deponovati uz najmanje moguće troškove. Prostor na kome se jalovina deponuje treba urediti tako da ne ugrožava ostale objekte ili okruženje [2].

Ako se na rukovanje sa flotacijskom jalovinom i jalovinom iz drugih postrojenja za pripremu mineralnih sirovina primeni hijerarhija upravljanja otpadom opcije su sledeće: izbegavanje generisanja otpada nije tehnički moguće, dok je smanjenje količine svakodnevnog zadatka. Ponovno korišćenje je moguće, ali najčešće ograničeno na zapunjavanje otkopanih rudarskih prostora uz konstantni problem potencijalnog izluživanja opasnih materija. Recikliranje je moguće, u vrlo ograničenim količinama, dok je kao zamena za primarnu energiju moguće korišćenje ograničenih količina uglavnom iz rudnika uglja. Obradi se retko pribegava, iako je moguće filtriranjem i sušenjem iskoristiti glinovite jalovine. Skladištenje u zatvorenim i izolovanim objektima je moguće samo u otkopanim jamskim prostorijama, te kao najčešće korišćena i najracionalnija opcija ostaje deponovanje u prirodnom okruženju [2].

Karakteristike jalovine iskazuju se preko granulometrijskog, hemijskog i mineralnog sastava, gustine, vlažnosti, vodopropustljivosti i određenih geomehaničkih parametara. Procesi pripreme mineralnih sirovina se ne prilagođavaju jalovini pa je za deponovanje potrebno proces deponovanja prilagoditi obično nepromenljivim karakteristikama jalovine [2].

Po krupnoći jalovina može biti krupnozrna, karakteristično za postupke suve magnetske koncentracije, gravitacijske koncentracije i neke specijalne metode koncentracije i sitnozrna, karakteristično za sve mokre postupke pripreme, posebno za flotacijsku

koncentraciju [2]. U odnosu na učešće vlage/vode jalovina može biti suva, vlažna ili u obliku hidromešavine i pulpe [2].

Flotacijska jalovina se izdvaja iz procesa osnovnog flotiranja monomineralne sirovine ili kroz istu fazu flotiranja poslednje mineralne sirovine kod polimineralne sirovine [2].

2.9.1 Metode deponovanja flotacijske jalovine

U industrijskoj praksi, najveće i najosetljivije deponije su flotacijska jalovišta, posebno posle koncentracije ruda bakra [2].

Deponovanje flotacijske jalovine moguće je u obliku [2]:

- Retke pulpe, maseno učešće čvrste faze 20 do 30%
- Zgusnute pulpe, maseno učešće čvrste faze do 40%
- Guste pulpe ili paste, maseno učešće čvrste faze 60 do 75% i
- Filterskog keka, učešće vlage do 18%

Oblik u kojem se jalovina deponuje ima veliki uticaj na uslove transporta i deponovanja [2].

2.9.1.1 Deponovanje u obliku retke pulpe

Deponovanje u obliku retke pulpe podrazumeva prihvatanje jalovine na izlazu iz kontrolnog flotiranja, transport do mesta istakanja i direktno istakanje u unapred uređen prostor. Koncentracija čvrstog materijala povoljno utiče na prirodno taloženje od mesta istakanja do taložnog jezera, međutim, ovu koncentraciju nije moguće koristiti za istovremenu nadgradnju obodnog nasipa i deponovanje unutar formiranog akumulacionog prostora. Deponovanje se obavlja upotrebom hidrociklona kako bi se

izdvojila potrebna klasa za formiranje obodnih nasipa. Sa aspekta transporta predstavlja najjednostavniju metodu, dok sa aspekta deponovanja i održavanja jalovišta u stabilnom stanju spada u najzahtevnije i najrizičnije. U rudarskoj praksi direktno deponovanje nije učestalo, dok izrada nasipa od jalovine jeste, pa je ova metoda interesantna sa aspekta obrade retke pulpe radi izdvajanja potrebnih klasa krupnoće. Na slici 2.2 prikazan je način deponovanja jalovine u obliku retke pulpe [2].

Obrada jalovine u obliku retke pulpe može se odvijati na dva načina:

- Odvodnjavanje, to jest zgušnjavanje u radijalnim zgušnjivačima do postizanja koncentracije 40-50% čvrste faze i kasnijeg klasiranja odvodnjenog proizvoda u hidrociklonima do odgovarajuće koncentracije za kontrolisanu izgradnju nasipa,
- Istovremeno zgušnjavanje i klasiranje u hidrociklonima do adekvatne koncentracije za kontrolisanu izgradnju nasipa.

Prvi način je kvalitetniji, međutim i skuplji. Zastupljen je u sušnim krajevima u kojima je neophodno sačuvati što više vode s obzirom na njen nedostatak i cenu koja se plaća. Odvodnjavanje se lako kontroliše, ali nije moguće postići veliku gustinu peska kako se većina sitnih klasa, u procesu koncentracije, izdvoji kao jalovina što dovodi do male brzine taloženja i radijalni zgušnjivači retko postižu koncentraciju od 40 ili više procenata. Ovakav način odvodnjavanja povoljno utiče na drugostepeno klasiranje gde se može izdvojiti više mase odgovarajućih karakteristika za izradu nasipa. Drugi način je karakterističan za umereni pojas i delove na kojima nema preteranih problema sa vodom. U ovom slučaju se uslovi rada i rezultati teže kontrolišu i u nasip se može izdvojiti manja količina peska hidrociklona [2].



Slika 2. 2 - Deponovanje jalovine u obliku retke pulpe

2.9.1.2 Deponovanje zgusnute jalovine

Deponovanje u obliku paste ili filterskog keka su relativno novi procesi koji zahtevaju obradu pulpe nakon izlaska iz procesa flotiranja. Obradena pulpa menja konzistenciju što nepovoljno utiče na transport, a povoljno na obezbeđenje statičke i ekološke stabilnosti jalovišta [2].



Slika 2. 3 - Deponovanje jalovine u obliku zgusnute pulpe



Slika 2. 4 - Deponovanje jalovine u obliku paste



Slika 2. 5 - Deponovanje jalovine u obliku filter keka

Za zgušnjavanje flotacijske jalovine koriste se posebno konstruisani zgušnjivači najčešće nazivani zgušnjivači sa dubokim konusom i „pasta“ zgušnjivači. Razlikuju se od klasičnih zgušnjivača po obliku i dimenzijama, dok je bitna novina dodavač reagenasa [2].

U procesu flotacijske koncentracije glinovite primese se prevode u jalovinu, samim tim je teško postići koncentraciju čvrste faze iznad 40%. Pri ovoj koncentraciji transport se obavlja gravitativski ili centrifugalnim muljnim pumpama. Na jalovištu se primenjuju iste metode kao i kod retke hidromešavine, dok je ovde proces jednostavniji kako je količina vode manja. Zgušnjavanjem se deo vode sigurno vraća u proces, a gubici su

minimalni jer nema isparavanja uz to da se voda ne zadržava u porama deponovane jalovine [2].

Duboki „pasta“ zgušnjivači su karakterisani velikim nagibom konusa i velikom visinom u odnosu na prečnik, gde je najčešće zastupljen odnos 2:1. Visina muljevitog sloja je relativno visoka dok je vreme zadržavanja i zapremina mulja relativno niska što omogućuje postizanje maksimalnih koncentracija. Ovi zgušnjivači su sposobni za proizvodnji uniformne, netaložne pulpe maksimalne gustine, odnosno konzistencije uobičajene za paste. Važan deo su grabulje čija je osnovna namena potpomaganje kretanja istaloženih zrna ka otvoru za pražnjenje peska [2].

Osnovna prednost plitkih „pasta“ zgušnjivača je dodavanje flokulanata kojima se ubrzava proces taloženja i koji obezbeđuju znatno veće koncentracije čvrste faze u peščanoj frakciji nego pri prirodnom taloženju. Geotehničke karakteristike deponovane mase su veoma loše, pa su paste prilagođene za deponovanje u geotehnički potpuno uređene deponije sa definisanim obodnim nasipima. Ovo je skup proces, posebno kada se u fazi zgušnjavanja ne koriste flokulanti jer je za velike kapacitete neophodna velika taložna površina. Ako se koriste flokulanti tada ni filtriranje ne može da poboljša geotehničke karakteristike deponovane mase uprkos značajnom smanjenju vlažnosti. Za filtriranje se najčešće koriste filter prese, nakon čega je učešće vlage u jalovini ispod 20% [2].

Moguće je zajedničko deponovanje krupnozrne jalovine (otkrivke) i sitnozrne flotacijske jalovine gde geotehničku stabilnost daju komadi otkrivke, a sitnozrna flokulisana jalovina zauzima međuprostore i ne narušava značajno stabilnost objekta. Za primenu ovog postupka neophodno je da masa krupnozrne jalovine bude minimalno 4, a optimalno 8 puta veća od mase sitnozrne jalovine [2].

Za sitnozrni materijal, kao što je flotacijska jalovina, primenjuje se i zgušnjavanje u geocevima. U upotrebi su posebni kontejneri izrađeni od filter platna koji se prazni donose do mesta deponovanje gde se pune retkom pulpom i istovremeno kroz filter platno ističe

voda. Nakon potpunog punjenja, donose se novi kontejneri i postavljaju na prethodne gde se zbog mase gornjih kontejnera dodatno prazni slobodna voda i u geo-cevima ostaje jalovina masene gustine iznad 60% čvrstog [2].

3.0 ZAKONSKA REGULATIVA

3.1 Zakon o zaštiti životne sredine

Osnovni zakon koji uređuje oblast rukovanja i deponovanja otpadom je „Zakon o zaštiti životne sredine“. Na osnovu člana 10 ovog zakona upravljanje otpadom spada u kategoriju „održivog upravljanja prirodnim vrednostima i zaštitu životne sredine“ [7].

U poglavlju „Upravljanje otpadom“, član 30, stoji: „Upravljanje otpadom sprovodi se po propisnim uslovima i merama postupanja sa otpadom u okviru sistema sakupljanja, transporta, tretmana i odlaganja otpada, uključujući i nadzor nad tim aktivnostima i brigu o postrojenjima za upravljanje otpadom posle njihovog zatvaranja“ [7].

Vlasnik otpada je dužan da preduzme mere upravljanja otpadom u cilju sprečavanja ili smanjenja nastajanja, ponovnu upotrebu i reciklažu otpada, izdvajanje sekundarnih sirovina i korišćenje otpada kao energenata, odnosno odlaganje otpada [7].

3.2 Zakon o upravljanju otpadom

Drugi izuzetno bitan zakon koji se bavi problematikom tretiranja otpadom je „Zakon o upravljanju otpadom“.

Članom 1 uređuju se: vrste i klasifikacija otpada; planiranje upravljanja otpadom; subjekti upravljanja otpadom; upravljanje posebnim tokovima otpada; uslovi i postupak

izdavanja dozvola; prekogranično kretanje otpada; izveštavanje o otpadu i baza podataka; finansiranje upravljanja otpadom; nadzor, kao i druga pitanja od značaja za upravljanje otpadom. Upravljanje otpadom predstavlja delatnost od opšteg interesa [3].

Cilj ovog zakona jeste da se obezbede i osiguraju uslovi za [3]:

1. Upravljanje otpadom na način kojim se ne ugrožava zdravlje ljudi i životna sredina,
2. Prevenciju nastajanja otpada, posebno razvojem čistijih tehnologija i racionalnim korišćenjem prirodnih bogatstava, kao i otklanjanje opasnosti od njegovog štetnog dejstva na zdravlje ljudi i životnu sredinu,
3. Ponovo iskorišćenje i reciklažu otpada, izdvajanje sekundarnih sirovina iz otpada i korišćenje otpada kao energenata,
4. Razvoj postupaka i metoda za odlaganje otpada,
5. Sanaciju neuređenih odlagališta otpada,
6. Praćenje stanja postojećih i novoformiranih odlagališta otpada,
7. Razvijanje svesti o upravljanju otpadom.

Upravljanje otpadom zasnovano je na sledećim načelima [3]:

1. Načelo izbora najoptimalnije opcije za životnu sredinu

Izbor najoptimalnije opcije za životnu sredinu je proces donošenja odluka koji obuhvata zaštitu i očuvanje životne sredine. Primena izbora najoptimalnije opcije za životnu sredinu ustanovljava opciju ili kombinaciju opcija koje daju maksimalnu dobit ili minimalnu štetu za životnu sredinu u celini, uz prihvatljive troškove i profitabilnost, kako dugoročno, tako i kratkoročno.

1. a) Načelo samodovoljnosti

Primena načela samodovoljnosti podrazumeva uspostavljanje mreže postrojenja za ponovno iskorišćenje i odlaganje mešanog komunalnog otpada sakupljenog iz domaćinstava, uključujući sakupljanje ove vrste otpada koji nastaje kod drugih

proizvođača otpada. Mreža postrojenja treba da bude projektovana tako da omogući Republici Srbiji ostvarivanje načela samodovoljnosti u odlaganju otpada, kao i u ponovnom iskorišćenju otpada, uzimajući u obzir geografske karakteristike regiona i potrebu za posebnim postrojenjima za pojedine vrste otpada. Ova mreža treba da omogući odlaganje ili ponovno iskorišćenje otpada u jednom od najbližih odgovarajućih postrojenja, najprimerenijim metodama i tehnologijama, kako bi se osigurao visok nivo zaštite životne sredine i javnog zdravlja.

2. Načelo blizine i regionalnog pristupa upravljanju otpadom

Otpad se tretira ili odlaže što je moguće bliže mestu njegovog nastajanja, odnosno u regionu u kojem je proizveden kako bi se u toku transporta otpada izbegle neželjene posledice na životnu sredinu. Izbor lokacije postrojenja za tretman odnosno ponovno iskorišćenje ili odlaganje otpada vrši se u zavisnosti od lokalnih uslova i okolnosti, vrste otpada, njegove zapremine, načina transporta i odlaganja, ekonomske opravdanosti, kao i od mogućeg uticaja na životnu sredinu. Regionalno upravljanje otpadom obezbeđuje se razvojem i primenom regionalnih strateških planova zasnovanih na evropskom zakonodavstvu i nacionalnoj politici.

3. Načelo hijerarhije upravljanja otpadom

Hijerarhija upravljanja otpadom predstavlja redosled prioriteta u praksi upravljanja otpadom i primenjuje se kao prioritetan redosled u prevenciji i upravljanju otpadom, propisima i politikama:

- prevencija
- priprema za ponovnu upotrebu;
- reciklaža;
- ostale operacije ponovnog iskorišćenja (ponovno iskorišćenje u cilju dobijanja energije i dr.);

- odlaganje.

Primenom hijerarhije otpada preduzimaju se mere kojima se podstiču rešenja kojima se postiže najbolji ukupan rezultat za životnu sredinu što može zahtevati kod posebnih tokova otpada odstupanje od hijerarhije gde je to opravdano životnim ciklusom, uzimajući u obzir ukupne uticaje na nastajanje i upravljanje takvim otpadom.

4. Načelo odgovornosti

Proizvođači, uvoznici, distributeri i prodavci proizvoda koji utiču na porast količine otpada odgovorni su za otpad koji nastaje usled njihovih aktivnosti. Proizvođač snosi najveću odgovornost jer utiče na sastav i osobine proizvoda i njegove ambalaže. Proizvođač je obavezan da brine o smanjenju nastajanja otpada, razvoju proizvoda koji su reciklabilni, razvoju tržišta za ponovno korišćenje i reciklažu svojih proizvoda

5. Načelo “zagađivač plaća”

Zagađivač mora da snosi pune troškove posledica svojih aktivnosti. Troškovi nastajanja, tretmana odnosno ponovnog iskorišćenja i odlaganja otpada moraju biti uključeni u cenu proizvoda.

3.3 Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima

Članom 1, definisane su mere i aktivnosti mineralne politike i način njenog ostvarivanja, politike razvoja geoloških istraživanja i rudarstva, uslovi i način izvođenja geoloških istraživanja mineralnih i drugih geoloških resursa, istraživanja geološke sredine, kao i geološka istraživanja radi prostornog i urbanističkog planiranja, projektovanja, izgradnje objekata i sanacije i rekultivacije terena, način klasifikacije resursa i rezervi mineralnih sirovina i podzemnih voda i geotermalnih resursa, eksploatacija rezervi mineralnih sirovina i drugih geoloških resursa, izgradnja, korišćenje i održavanje rudarskih objekata, postrojenja, mašina i uređaja, izvođenje rudarskih radova, upravljanje

rudarskim otpadom, postupci sanacije i rekultivacije napuštenih rudarskih objekata, kao i nadzor nad sprovođenjem ovog zakona [8].

U članu 4 “Uslovi i javni interes” definisani su mineralni resursi odnosno mineralno sirovine od strateškog značaja za Republiku Srbiju, a to su [8]:

- 1) nafta i prirodni gas;
- 2) ugalj;
- 3) rude bakra i zlata;
- 4) rude olova i cinka;
- 5) rude bora i litijuma;
- 6) uljni glinci (uljni škriljci, odnosno šejlovi);
- 7) druge mineralne sirovine, određene posebnim aktom Vlade na predlog ministarstva nadležnog za poslove geoloških istraživanja i/ili za poslove rudarstva.

3.4 Uredba o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu

U članu 3, definisano je da operater odlaže i upravlja rudarskim otpadom na osnovu dozvole za upravljanje otpadom izdatom od strane ministarstva nadležnog za poslove rudarstva, odnosno nadležnog pokrajinskog organa. Izdavanje dozvole vrši se u skladu sa planom upravljanja otpadom i pratećom dokumentacijom kojom operater dalje definiše vrstu, način upravljanja i izveštavanja, kao i druge obaveze po pitanju upravljanja rudarskim otpadom.

U članu 4 navedeni su podaci koje sadrži dozvola, to su sledeći podaci:

- 1) kategorija deponije;
- 2) vrsta i karakter rudarskog otpada koji će se odlagati;
- 3) okvirna količina rudarskog otpada u m³, koji će biti odlagan na deponiji;
- 4) način odlaganja rudarskog otpada i metodama kontrole sastava rudarskog otpada;
- 5) postupak nadzora rada i održavanja deponije;
- 6) izveštavanje nadležnog organa o radu deponije;
- 7) uslovi koje operater mora ispuniti da bi se moglo pristupiti postupku zatvaranja deponije, kao i o sprečavanju štetnog uticaja deponije na životnu sredinu nakon zatvaranja;
- 8) rok u kojem operater mora nadležnom organu pri zatvaranju deponije dostaviti dokumentaciju u skladu sa odredbama ove uredbe;
- 9) plan upravljanja otpadom.

Član 8 definiše sadržaj zahteva za izdavanje dozvola. Zahtev za izdavanje dozvole sadrži podatke o podnosiocu zahteva, predlog prostora za deponiju i podatke o rudarskom i/ili geološkom projektu na osnovu kojeg se izvode radovi na odlaganju rudarskog otpada. Uz zahtev je neophodno dostaviti i plan upravljanja rudarskim otpadom, odgovarajući akt iz oblasti zaštite životne sredine i odobrenje nosioca eksploatacije i/ili nosioca istraživanja.

4. RUDNIK I FLOTACIJA RUDNIK DOO, RUDNIK

Privredno društvo Rudnik i flotacija Rudnik doo nalaze se u mestu Rudnik, u opštini Gornji Milanovac, u Moravičkom okrugu. Varošica Rudnik i spoljni objekti rudnika

“Rudnik” nalaze se između 500 i 725 m nadmorske visine, na 44° 08' severne širine i 20° 30' istočne dužine. Doo Rudnik, zajedno sa flotacijom “Rudnik” vrši eksploataciju rude iz polimetaličnog ležišta Rudnik. Polimetalično ležište rudnika nalazi se u centralnom delu Srbije, specifično jugozapadnom delu centralne Šumadije i izgrađeno je od preko 90 rudnih tela koja zauzimaju prostor od 3 km po dužini i preko 1.5 km po širini. Odobreno eksploataciono polje sa istražnim prostorom, u okviru kojih se vrši eksploatacija i istraživanje nalaze se većinski na teritoriji opštine Gornji Milanovac, a manjim delom na teritoriji opština Topola, Kragujevac i Knić.

Stari površinski i podzemni nalazi rudarske aktivnosti ukazuju na to da je rudarstvo bilo razvijeno još u starom veku. U periodu od XI do XV veka, kao i u periodu turske vlasti, Rudnik je bio značajan trgovinski centar srednjevekovne Srbije.

Rudnik se bavi eksploatacijom i preradom ruda bakra, cinka, olova i srebra gde se kao finalni proizvodi dobijaju koncentracije olova sa srebrom, cinka i bakra sa srebrom.

5. OPIS TEHNOLOŠKOG STANJA NA LEŽIŠTU “RUDNIK”

5.1 Rudonosne zone

Ležište “Rudnik” podeljeno je na nekoliko zona imenovanim po karakterističnim nazivima za taj deo površine terena.

Rudonosna zona “Prlovi-Kačamorka” nalazi se na krajnjem severozapadu, za rudna tela ove zone karakterističan je visok sadržaj olova i cinka, ali i izražena postrudna tektonika koja otežava uslove eksploatacije. Za otkopavanje je ostalo 6 rudnih tela.

Jugoistočno nalazi se rudonosna zona “Jezero” čija rudna tela karakteriše visok sadržaj bakra i srebra zajedno sa niskim sadržajem olova i cinka kao i složena morfologija. Skoro su u potpunosti otkopana sva rudna tela.

U severnom delu centralnog područja ležišta nalazi se rudonosna zona “Azna” čija su rudna tela specifična po mestu deponovanja i subvertikalnom položaju u prostoru. Ruda je bogata bakrom i srebrom, a sadrži simboličan sadržaj olova i cinka.

Po istoimenom visu na planini Rudnik imenovana je rudonosna zona „Mali Šturac“ koju karakterišu bogata i po količini rude značajna rudna tela. Preostala dva manja rudna tela za otkopavanje.

U centralnom delu ležišta „Rudnik“ nalazi se rudonosna zona „Nova jama“. Karakteristična je po pseudeoslojevitim do sočivastim rudnim telima odlikovanim blagim padom, raslojavanjem i relativno visokim sadržajem materijala, kao i kod zone „Mali Šturac“ ostala su dva neotkopana rudna tela.

Rudonosna zona „Srednji Šturac“ nalazi se u severoistočnom delu ležišta i prostorno predstavlja najveću zonu. Odlikovana je većim brojem rudnih tela sa horizontalnim zaleganjem u prostoru relativno male debljine i visokog sadržaja osnovnih metala.

Rudonosna zona „Gušavi potok“, u jugoistočnom delu ležišta, sačinjena je od rudnih tela koja su sa obe strane ograničena kvarclatitskim dajkovima. Otkopana rudna tela su dugi niz godina bili nosioci metala u toku eksploatacije ležišta, po količini rude i kvalitetu i predstavljaju četvrtinu do sada otkopanih rezervi Rudnika.

Jugoistočno od zone „Gušavi potok“ nalazi se rudonosna zona „Lom-Pećine“ čija su rudna tela manjih dimenzija i pretežno u obliku izduženih sočiva, ređe pseudoslojevita, promenljivog pravca pružanja.

Na krajnjem jugoistoku ležišta Rudnik stoji rudonosna zona „Bezdan“ okarakterisana žičnim rudnim telima, međutim trenutno nije posebno interesantna za istraživanje kako su rudne žice malih debljina (2-30 cm).

Na osnovu Pravilnika o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima sva rudna tela polimetaličnog ležišta “Rudnik” svrstana su u treću, rudna tela horizontalnog preseka između 500 i 1.000 m², i četvrtu grupu, rudna tela preseka manjeg od 500 m².

5.2 Otkopavanje rude

U prethodnih 15 godina u rudniku “Rudnik” skoro isključivo je primenjivana metoda frontalnog otkopavanja odozgo na dole sa otvorenim otkopima (komorno-stubna metoda), kojom je do sada otkopano približno 75% od ukupne količine ruda.

Metoda frontalnog otkopavanja odozgo na dole sa otvorenim otkopima ne zahteva visok stepen izraženosti rudnih tela i postoji mogućnost prilagoditi je promenama morfologije rudnih tela. Same promene rudnih tela retko zahtevaju dodatne pripremne radove, a nikada ne uslovljavaju promenu tehnološkog postupka otkopavanja. Korišćena je samohodna mehanizacija, na dizel pogon, koja kompenzuje značajne promene kontura rudnih tela.

5.3 Transport i izvoz rude i jalovine

Transport rude sa otkopa do rudnih sipki kao i transport jalovine sa otkopa ili pripremnih radilišta do odlagališta za odlaganje jalovog materijala, vrši se pojedinačno utovarivačima na dizel pogon ili u kombinaciji sa jamskim kamionima. U okviru rudnih tela, tačnije od otkopa do rudnih sipki, transport rude ili jalovine se vrši i utovarno-transportnim mašinama na komprimovani vazduh.

Transport i izvoz rude i jalovine vrši se sa sledećih horizonata: 720 m ($\pm 0,00$ m), 672 m (-50 m), 572 m (-150 m) i glavnog izvodnog hodnika (GIH) i glavnog izvoznog niskopa (GIN) na horizontu -200 m.

5.4 Provetranje jame

Jama rudnika „Rudnik“ je podeljena na sledeće produktivne zone, to jest revire:

1. Revir „Prlovi“ – krajnji severozapadni deo rudne zone,
2. Reviri „Jezero“, „Mali do“, i „Nova jama“ – centralni deo rudne zone i
3. Reviri „Gušavi potok“ i „Lom pećine“ – krajnje jugoistočni deo rudne zone.

Rudno ležište rudnika „Rudnik“ otvoreno je potkopom i podeljeno u četiri osnovna horizonta i to:

1. Horizont 775 m – gornja jama
2. Horizont 720 m – nivo ± 0
3. Horizont 672 m – nivo -50
4. Horizont 572 m – nivo -150

Prolazno-ventilacioni uskopi, rudne sipke, slepa okna i servisne rampe povezuju horizonte.

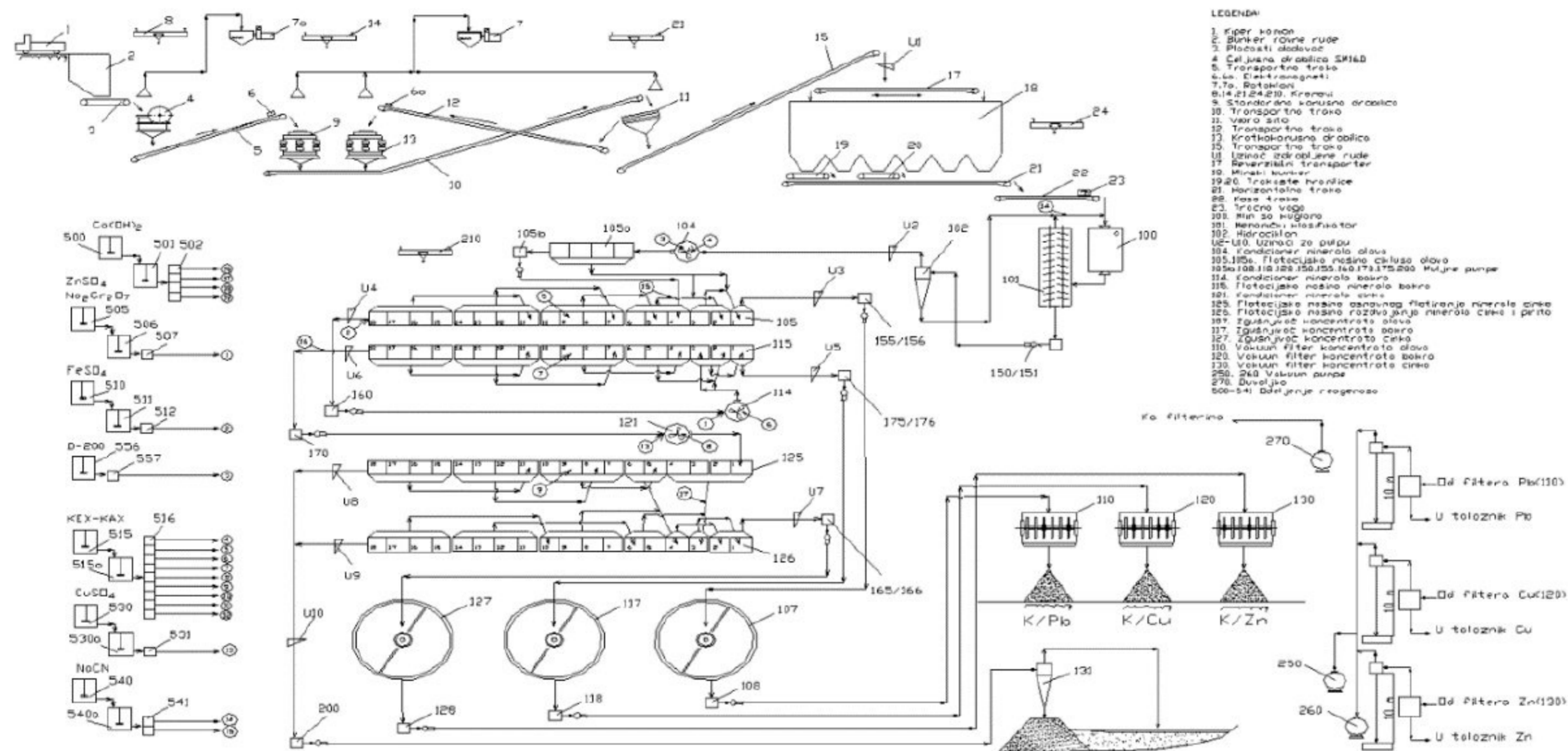
5.5 Odvodnjavanje jame

Odvodnjavanje jame rudnika „Rudnik“ se vrši pretežno gravitaciono, osim jamskih prostorija koje se izrađuju naniže, i pojedinih otkopa, a odvodnjavanje se vrši korišćenjem odgovarajućih pumpi.

Jama ima četiri osnovna horizonta odvodnjavanja: H 720 m ($\pm 0,00$ m), H 672 m (-50 m), H 572 m (-150 m), GIN-200 kao i jamu Bezdan. Sva četiri horizonta opremljena su sabirnicima u koje se ulivaju vode iz jamskih objekata i druge podzemne vode presečene jamskim radovima, takođe su svi horizonti opremljeni sistemom kanala kojima se prikupljena voda sprovodi na površinu.

5.6 Priprema rude

Ruda prolazi kroz različite procese pripreme mineralne sirovine kako bi se dostigao krajnji željeni proizvod. Tehnološka šema flotacijske koncentracije prikazana je na slici 5.1.



Slika 5. 1 - Tehnološka šema flotacijske koncentracije

5.6.1 Proces drobljenja

Rovna ruda gornje granične krupnoće od 450 mm se transportuje kamionima do primarnog bunkera koji je sastavni deo objekta primarnog drobljenja. Od primarnog bunkera do drobilice za primarno drobljenje, ruda se transportuje pločastim dodavačem koji pored transporta vrši i funkciju ravnomernog doziranja rude u čeljusnu drobilicu.

Primarno drobljenje vrši se čeljusnom drobilicom sa jednom rasponom pločom. Do sekundarne, konusne drobilice, transport rude vrši se transportnom trakom. Nakon završenog sekundarnog drobljenja, ruda se transportnom trakom transportuje do vibracionog sita gde se zatim nadrešetni proizvod vibro sita vraća na tercijalno drobljenje koje se obavlja u konusnoj drobilici za treći stepen drobljenja. Proizvod tercijalnog drobljenja se transportnom trakom transportuje na vibraciono sito.

Na vibracionom situ sa dve prosevne površine vrši se prosejavanje usitnjene rude. Podrešetni proizvod transportuje se, transportnom trakom, do reverzibilnog pokretnog čija je uloga raspoređivanje rude po bunkeru definitivno izdrobljene rude što je ujedno i završni deo procesa drobljenja u flotaciji rudnika „Rudnik“.

5.6.2 Proces mlevenja i klasiranja

Proces mlevenja započinje transportom rude iz bunkera definitivno izdrobljene rude, transportnom trakom do trake koja služi kao dodavač rude u mlin. Ruda se neprekidno dodaje kroz jedan od rukavaca, dok se kroz drugi rukavac vrši pražnjenje proizvoda mlevenja.

Mlin radi u zatvorenom ciklusu sa dvospirlanim klasifikatorom i hidrociklonom. Gustina preliva klasifikatora kreće se oko 50 % čvrstog i reguliše se dodavanjem sveže vode na izlazu iz mlina, uz pomoć ventila. Gustina preliva hidrociklona je oko 45-48 % čvrstog,

i klase -0,074 mm, dalje odlazi u proces flotiranja minerala olova. Gustina pulpe u mlinu iznosi oko 78 % čvrstog i reguliše se preko ventila za dodavanje sveže vode na ulazu u mlin.

U klasifikatoru, krupna frakcija se taloži na dnu korita i zatim je spirala potiskuje ka gornjem kraju korita. Peščana frakcija iz korita se vraća u mlin. Preliv klasifikatora obično sadrži 40-50 % čvrstog, klase krupnoće -0,074 mm i odlazi u hidrociklon na dodatno klasiranje. Snabdevanje hidrociklona pulpom vrši se odgovarajućom pumpom koja obezbeđuje neophodan pritisak pulpe na ulazu.

5.6.3 Proces kondicioniranja

Preliv hidrociklona odlazi na kondicioniranje, a kasnije u flotacijsku koncentraciju. Odgovarajući flotacijski reagensi se dodaju u kondicionere, u zavisnosti od željenog metala. Koriste se tri kondicionera, za kondicioniranje pulpe za flotiranje minerala olova, bakra i cinka.

5.6.4 Ciklus flotiranja minerala olova, bakra i cinka

Preliv hidrociklona ide u kondicioner minerala olova gde se pulpa priprema za flotiranje minerala olova. Ciklus flotacijske koncentracije minerala olova odvija se kroz 22 flotacijske ćelije sa dvostepenim prečišćavanjem grubog koncentrata, proizvod grubog flotiranja ide na trostepeno kontrolno flotiranje minerala olova. Definitivni koncentrat olova se muljnom pumpom šalje u zgušnjivač koncentrata olova.

Otok flotiranja minerala olova odvodi se centrifugalnom pumpom na kondicioniranje, tačnije pripremu za flotaciju minerala bakra. Flotacijska koncentracija minerala bakra

vrši se kroz 18 flotacijskih ćelija. Pulpa iz kondicionera gravitacijski odlazi u flotacijsku mašinu na grubo i kontrolno flotiranje. Grubi koncentrat bakra se transportuje na prečišćavanje u prvu ćeliju flotacijske mašine koja daje definitivni koncentrat bakra. Otok grubog flotiranja ide na četiri kontrolna flotiranja. Definitivni koncentrat bakra se muljnom pumpom šalje u zgušnjivač koncentrata bakra.

Otok flotiranja minerala bakra šalje se centrifugalnom muljnom pumpom u kondicioner gde se vrši priprema pulpe za flotiranje minerala cinka. Grubo i kontrolno flotiranje minerala cinka vrši se kroz 18 flotacijskih ćelija. Grubi koncentrat se gravitacijski transportuje na višestepeno prečišćavanje, dok se kontrolni koncentrat gravitacijski transportuje u ciklus grubog flotiranja. Tehnološki proces prečišćavanja grubog koncentrata cinka je otvoren, otok trećeg kontrolnog flotiranja i otok poslednjeg prečišćavanja spajaju i čine definitivnu jalovinu. Jalovina se uzimačima uzoraka šalje na jalovište, dok se definitivni koncentrat cinka centrifugalnom muljnom pumpom transportuje na zgušnjavanje.

5.6.5 Proces zgušnjavanja i proces filtiranja

Koristi se zgušnjivač sa centralnim pogonom grabulja. Nakon zgušnjavanja pulpa odlazi na filtiranje nakon čega se dobijaju koncentрати sledećih kvaliteta:

- koncentrat olova sa 70–73% Pb, 1300–2000 g/t Ag
- koncentrat bakra sa 18–22% Cu i oko 600 g/t Ag
- koncentrat cinka sa oko 47,5%.

5.6.6 Skladištenje, utovar i otprema koncentrata

Koncentrat se skladišti u betonskim bunkerima koji se nalaze ispod svakog filtera. Utovar sva tri koncentrata vrši se utovarivačem u kamione kojima se vrši otprema.


5.6.7 Snabdevanje flotacije industrijskom vodom

Flotacijsko postrojenje snabdeva se industrijskom vodom iz jame i povratnom vodom sa jalovišta. Voda iz jame dovodi se gravitacijski, dok se povratna voda iz jezera jalovišta transportuje cevovodom koji je povezan sa potapajućom pumpom. Ukoliko je potrebna dodatna količina vode ili dođe do havarije potapajuće pumpe postoji drugi cevovod povezan na stacionarnu pumpu.

6. KARAKTERISTIKE RUDARSKOG OTPADA

Prilikom tehnološkog procesa podzemnog otkopavanja rude i flotacijske koncentracije korisnih minerala generišu se dve vrste otpada različite po fizičkim, hemijskim, mineraloškim i toksikološkim karakteristikama. Prikaz vrsta rudarskog otpada na rudniku “Rudnik” dat je u tabeli 6.1.

Tabela 6. 1 - Prikaz generisanih vrsta rudarskog otpada na rudniku "Rudnik"

Naziv / indeksni broj	Mesto generisanja	Osnovne karakteristike	Status deponije	Izgled otpada (foto)
Flotacijska jalovina 01 04 99	U procesu flotacijske koncentracije ovaj otpad se generiše kao jalovi sa slabom, zaostalom, koncentracijom korisnih minerala. Izdvaja se u obliku pulpe niske koncentracije podesne za transport.	Veoma sitan materijal koji je prošao sve stadijume fizičke prerade. Po hemijskom i mineraloškom sastavu je sličan ulaznoj rudi, ali sa bitnom izmenom jer su uklonjeni korisni minerali.	Aktivno jalovište	
Jamski otpad bez mineralizacije 01 01 02	Ovaj otpad nastaje u procesu pripremnih rudarskih i građevinskih radova na infrastrukturi u jami (radilišta).	Krupnozrni materijal dobijen miniranjem i kopanjem bez učešća mineralnih komponenti. U ovom otpadu nema mineralizacije.	Aktivna deponija „GIN-200“ Napuštena deponija „Gušavi potok“	

Predviđeni su uređeni prostori za prihvatanje svih vrsta rudarskog otpada, prikazani su na slici 6.1.



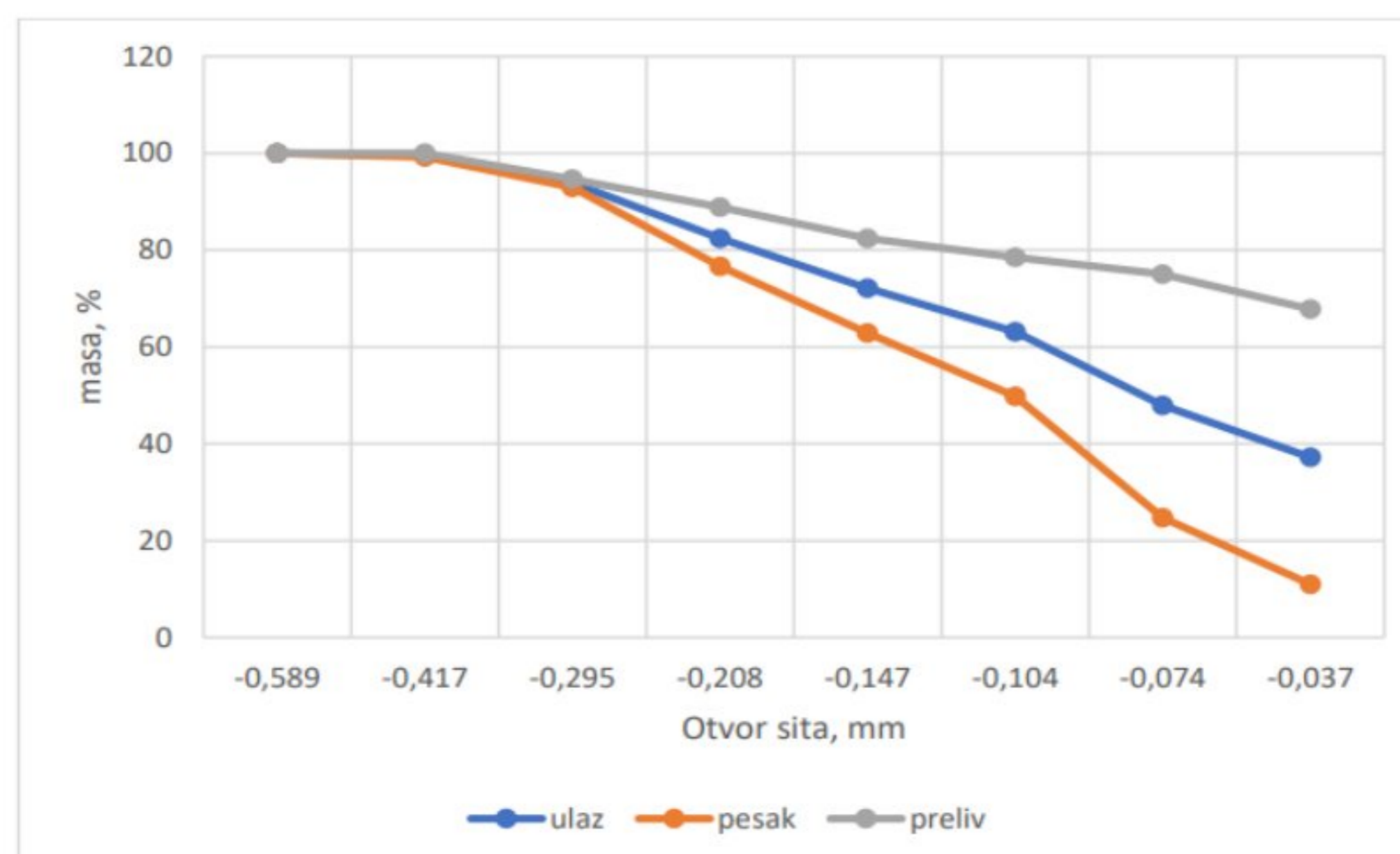
Slika 6. 1 - Lokacije deponija rudarskog otpada

6.1 Flotacijska jalovina

Flotacijska jalovina jeste vrsta otpada nastala u procesu flotacijske koncentracije korisnih sulfidnih minerala olova, cinka i bakra, pri čemu se kao korisni prateći mineral izdvaja srebro.

Flotiranje se vrši nakon usitnjavanja, koje obuhvata drobljenje i mlevenje, kako bi došlo do raskidanja prirodnih veza između korisnih i nekorisnih minerala. Usitnjena ruda se uvodi u flotacijske ćelije gde se sredina uređuje dodavanjem reagenasa i vazduha. Sulfidni minerali postaju hidrofobni, vezuju se za vazdušne mehuriće i tako predstavljaju proizvod čija je gustina manja od gustine sredine što omogućava mineralima da isplivaju na površinu u vidu mineralizovane pene, koja se kontinuirano izdvaja kao koristan proizvod. Hidrofilna mineralna zrna padaju na dno reaktora i dalje se odvođe u proces dodatnog prečišćavanja.

Po krupnoći flotacijska jalovina je sitna sa visokim učešćem referentne klase u ulazu, $-0,074+0$ mm, tačnije učešćem od 63% što govori o finom otvaranju rude i intmnoj vezi između korisnih i nekorisnih minerala. Za rudnike olova i cinka ovo predstavlja uobičajenu krupnoću otvaranja. Granulometrijski sastav flotacijske jalovine prikazan je na slici 6.2.



Slika 6. 2 - Granulometrijski sastav flotacijske jalovine

Silikatna analiza pokazuje da u jalovini prevladava SiO_2 , dok je značajno i učešće oksida gvožđa, kalcijuma i aluminijuma. Hemijski sastav deponovane jalovine prikazan je kroz učešće makro i mikroelemenata. Po hemijskom i mineraloškom sastavu jalovina predstavlja tipičnu silikatnu jalovinu sa prevladavajućim učešćem aluminijuma, silicijuma i kalcijuma. Kvarc je nosilac silicijuma, vrlo postojan i poželjan element u flotacijskoj jalovini, dok se aluminijum vezuje za ortoklas, klinohor i muskovit, a kalcijum za kalcit i tremolit. Prisustvo kalcita je važno za sprečavanje pojave kiselih drenažnih voda kako je najčešći i najreaktivniji mineral. Kvarc je potpuno inertan, dok je reakcija ortoklasa, a posebno muskovita vrlo spora i slabo utiče na neutralizaciju kiselih generatora.

Hemijski sastav opasnih komponenti prikazuje se kroz ukupan iznos veoma toksičnih i ukupan iznos opasnih komponenti. Ispitivala se sveža flotacijska jalovina, što zapravo predstavlja otpad iz ciklona, zatim jalovina sa krupe nasipa, tačnije otpad sa bedema i jalovina sa kosine nasipa, zapravo otpad nastao na kosinama. Rezultati učešća vrlo toksičnih i opasnih elemenata prikazani su u tabeli 6.2 i daleko su ispod graničnih vrednosti.

Tabela 6. 2 - Hemijski sastav opasnih komponenti

Element	Flotacijska jalovina			Granične vrednosti
	Sveža	Kruna nasipa	kosina nasipa	
Arsen, As	0,48334	0,3989	0,25861	3%
Nikl, Ni	0,01527	0,01895	0,02159	
Kadmijum, Cd	0,00364	0,00256	0,00168	
Ukupno veoma toksičnih:	0,50225	0,42041	0,28188	
Bakar, Cu	0,10761	0,15584	0,02623	25%
Vanadijum, V	0,00394	0,00291	0,00313	
Molibden, Mo	0,00023	0,00015	0,00020	
Olovo, Pb	0,09397	0,06875	0,14085	
Hrom, Cr	0,03203	0,02783	0,03944	
Cink, Zn	0,39718	0,2756	0,17851	
Kobalt, Co	0,00454	0,0038	0,00312	
Ukupno opasnih:	0,54553	0,46613	0,39148	

Na deponovani materijal deluju različiti medijumi koji mogu dovesti do rastvaranja pojedinih minerala prisutnih u jalovini, sam proces rastvaranja naziva se izluživanje. Ukoliko je kiselinski potencijal materijala iznad neutralizacionog može doći do prirodnog izluživanja. Testovi izluživanja rađeni su na dva načina u Institutu za rudarstvo i metalurgiju. Prvi rezultati su dobijeni ispitivanjima saglasno srpskom standardu SRPS.EN 12457-2:2008, razvijenom na bazi evropskih normi, a drugi na bazi procedure za TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) američke agencije EPA. Srpski standard propisuje različite vrednosti za različite vrste otpada koje su prikazane u tabeli 6.3. Urađeni opiti, na tri analizirana uzorka koji se razlikuju u krupnoći i “starosti”, pokazuju da je nivo izluživanja ispod referentnih vrednosti standarda po kojima su testovi izvođeni. Zaključak je da se jalovina može klasifikovati u neopasan otpad.

Tabela 6. 3 - Rezultati testova izluživanja prema standardu SRPS.EN 12457-2:2008

	Jed. mere	Flotacijska jalovina			Referentne vrednosti za ... otpad		
		Sveža jalovina	Jalovina sa krune nasipa	Jalovina sa kosine nasipa	Neopasni	Opasni	Inertni
pH	-	7,66	7,21	7,34	6-13	-	-
Antimon, Sb	mg/kg dm	<0,11	<0,11	<0,11	0,7	5	0,06
Arsen, As	mg/kg dm	0,97	<0,20	<0,20	2	25	0,5
Barijum, Ba	mg/kg dm	<0,09	<0,09	<0,09	100	300	20
Bakar, Cu	mg/kg dm	<0,05	<0,05	<0,05	50	100	2
Kadmijum, Cd	mg/kg dm	<0,08	<0,08	<0,08	1	5	0,04
Molibden, Mo	mg/kg dm	<0,07	<0,07	<0,07	10	30	0,5
Nikal, Ni	mg/kg dm	<0,07	1,2	0,33	10	50	0,4
Olovo, Pb	mg/kg dm	<0,20	<0,20	<0,20	10	40	0,5
Selen, Se	mg/kg dm	<0,33	<0,33	<0,33	0,5	7	0,1
Hrom, Cr	mg/kg dm	<0,05	<0,05	<0,05	10	70	0,5
Cink, Zn	mg/kg dm	<0,05	0,65	0,58	50	200	4
Živa, Hg	mg/kg dm	<0,005	<0,005	<0,005	0,2	2	0,01
Hloridi, Cl ⁻	mg/kg dm	56	17	147	15.000	25.000	800
Fluoridi, F ⁻	mg/kg dm	2,9	7,2	6,2	150	500	10
Sulfati, SO ₄ ²⁻	mg/kg dm	650	7.400	4.725	20.000	50.000	1.000

Flotacijska jalovina je mešavina mineralnih sirovina od kojih se neke teže rastvaraju i odlikuju proizvodnjom kiselina (izražen kiselinski potencijal) i onih koje se odlikuju potrošnjom tih kiselina (izražen neutralizacioni potencijal). Na osnovu rezultata ispitivanja kiselinskog i neutralizacionog potencijala flotacijske jalovine dolazi se do zaključka izvedenog na osnovu odnosa neutralizacionog, kiselinskog i neto neutralizacionog potencijala iskazanog preko proizvodnje jona vodonika da postoji

teorijska mogućnost pojave kiselih drenažnih voda i da je potrebno preduzeti sve preventivne mere. Pojava kiselih drenažnih voda nije izvesna s obzirom na različitu brzinu rastvaranja pratećih stena i mogućnost delovanja na sprečavanju zakiseljavanja.

Klasifikacijom otpada u odgovarajuću grupu i definisanjem brojeva sa lista određuje se karakter otpada (opasan/ neopasan/ inertan). Na osnovu izvedenih ispitivanja flotacijska jalovina se svrstava u neopasan otpad, klasifikacija prema katalogu i listama otpada prikazana je u tabeli 6.4.

Tabela 6. 4 - Indeksni broj flotacijske jalovine i oznake prema listama otpada

Otpad	Indeksni broj prema Katalogu otpada	Liste otpada					Klasifikacija otpada
		Q Kategorija otpada	C Komponente otpada koje ga čine opasnim	Y Otpadi prema prirodi ili aktivnosti kojom se stvaraju	H Karakteristike otpada koje ga čine opasnim	D/R Operacija odlaganja / operacija ponovnog korišćenja	
Flotacijska jalovina	01 04 99	Q11	-	-	-	D1/-	Neopasni otpad
Grupa	01 - Rudarstvo	Ostaci od ekstrakcije i prerade sirovina (npr. otpad iz rudarstva, naftne isplake i dr.)				Deponovanje otpada u zemljište ili na zemljište (npr. deponije i dr.)	
Podgrupa	04 - Otpadi iz fizičke i hemijske obrade minerala za obojenu industriju						
Kod	99 - Otpadi koji nisu drugačije specificirani						

Godišnje je na flotacijsko jalovište potrebno odložiti oko 270.000 t jalovine što predstavlja zantnu količinu otpada i zahteva preduzimanje svih mera opreza i stabilne eksploatacije jalovišta.

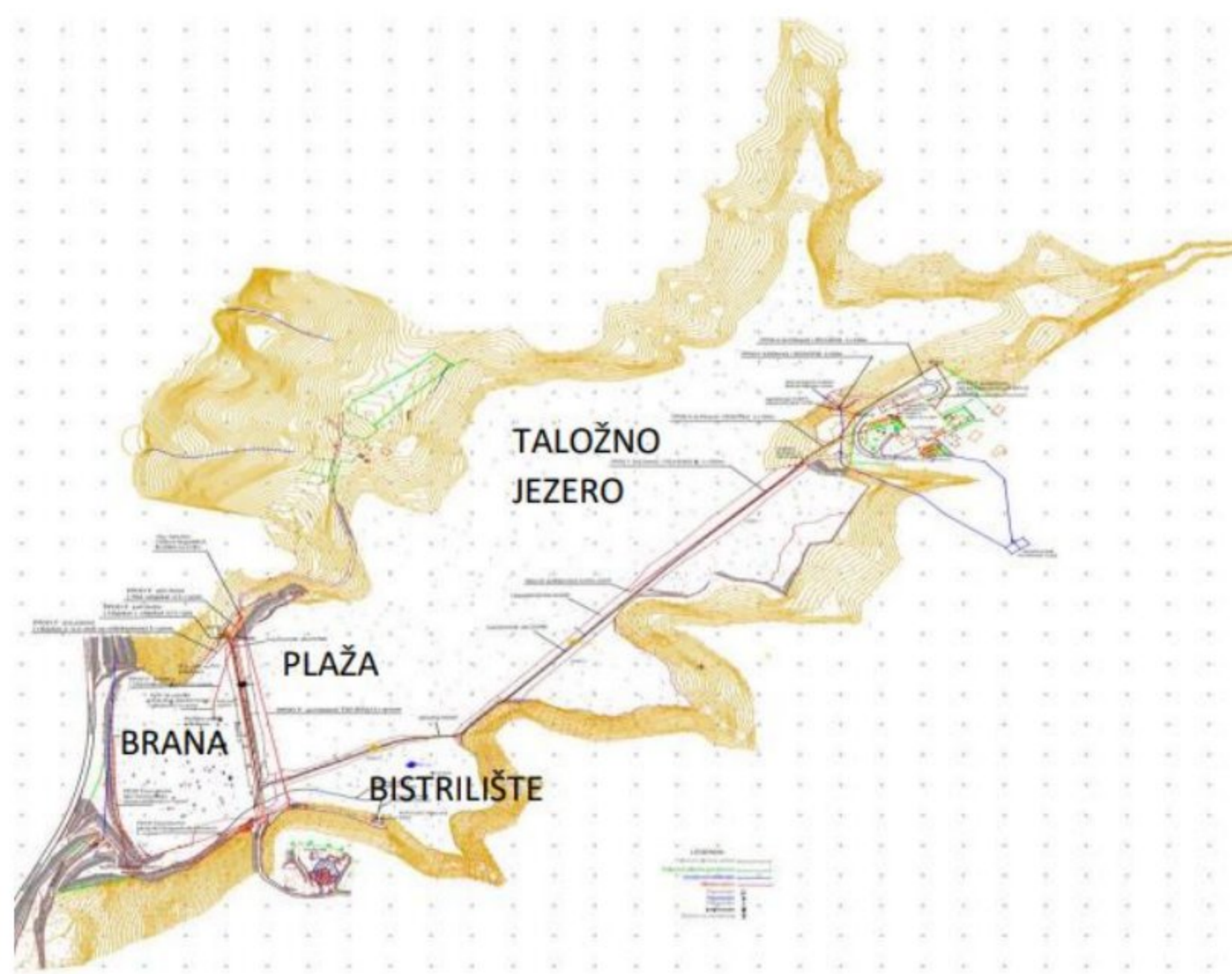
Plan upravljanja otpadom prema hijerarhiji upravljanja otpadom prikazan je u tabeli 6.5.

Tabela 6. 5 - Plan upravljanja flotacijskom jalovinom prema hijerarhiji upravljanja otpadom

Koraci u hijerarhiji	Mere smanjenja količine otpada	Obrazloženje	Lica zadužena za realizaciju	Period internog izveštavanja
Sprečiti proizvodnju otpada	Povećanje iskorišćenja je svakodnevna obaveza Rudnika	Ne može se izbeći generisanja flotacijske jalovine jer je učešće korisne supstance znatno podređeno u odnosu na ukupnu rudu. Ne može se proceniti količina otpada koja se godišnje može smanjiti unapređenjem tehnološkog procesa, discipline i tehnološkog znanja.	Upravnik Flotacije Glavni inženjer za PMS Smenski inženjeri	Svakodnevno usmeno izveštavanje Mesečno bilansiranje i analiza postignutih rezultata
Ponovna upotreba	Nije primenljivo	Veoma sitna jalovina obično nema drugu upotrebu.	Rukovodilac postrojenja za pripremu zasipa	Godišnji izveštaj
Reciklaža	Nije primenljivo	-	-	
Kompostiranje / sagorevanje	Nije primenljivo	Sve komponente su neorganske, negorive, nekompostabilne	-	
Odlaganje	Koristi se	Privremeno skladištenje flotacijske jalovine se ne primenjuje tako da se sve planirane količine odmah trajno deponuju.	Rukovodilac flotacijskog jalovišta	

6.1.1 Flotacijsko jalovište

Jalovište flotacije rudnika “Rudnik” nalazi se u podnožju istoimene planine, u dolini Zlokućanskog potoka, uzvodno od ušća u Rudnički potok. Na potoku je tokom godina formirano 9 jalovišnih brana sa deponijama flotacijske jalovine, od kojih je prva izgrađena 1953. godine kada je flotacija počela sa radom. Flotacijsko jalovište predstavlja brdski tip jalovišta koje se nadvišava nastupnom metodom. Celokupna dužina jalovišta je oko 1 km, dok brana broj 9 predstavlja poslednju u nizu i nalazi se neposredno pred ušćem Zlokućanskog u Rudnički potok. Tek nakon izgradnje brana broj 9 je bila viša od brane broj 8 za 2 m. Godine 1979. Urađen je projekat prvog nadvišenja brane broj 9 za 8,0 m do kote 478,00 m, dok je 1985. godine završen projekat nadvišenja brane do konačne kote od 495,00 m. Aktuelno stanje flotacijskog jalovišta prikazano je na slici 6.3.



Slika 6. 3 - Aktuelno stanje flotacijskog jalovišta

Flotacijsko jalovište sastoji se od brane, nožice brane, evakuacionih organa, kolektora Rudničkog potoka. Osnovnu stenu brane čine donjokredni sedimenti, peskoviti laporci, glinci, i ređe, glinoviti peščari. Vodopropustljivost stene je neznatna, izuzev na desnom boku, gde je nešto veća. Takođe, propustljivost je nešto veća u gornjim slojevima brane kako tu zonu čine sitnozrni praškasti peskovi, zatim sledeću zonu čine prašinasti materijali i najdublju zonu odlikuju glinovite prašine. Brana je izgrađena od flotacijske jalovine, refuliranjem sa upotrebom ili bez upotrebe hidrociklona. Kroz nasipe je sproveden betonski kolektor, koji je inače izgrađen duž celog jalovišta. Postavljen je uglavnom po dnu korita Zlokućanskog potoka, čiji pad i prati. Nožica brane predstavlja nasip trapezastog oblika od valjanog kamenog materijala, na strani ka brani nalazi se sloj filtarske zaštite, debljine 1,5 m, dok je kosina ka Ibarskoj magistrali oblagana ručno slaganim kamenom. Voda se iz tela brane drenira kroz filtarski sloj i odvodi do betonskog kolektora Rudničkog potoka kroz drenažni tepih postavljen ispod tela nasipa. Evakuacione organe čine stari i novi kolektor. Stari kolektor je položen po dnu jalovišta i služio je za evakuaciju vode tokom I i II faze igradnje brane broj 9, trenutno je zatvoren betonskim čepom, a evakuacija vode vrši se novim kolektorom koji je postavljen po levoj strani jalovišta i služi za evakuaciju svih voda koje se slivaju u jalovište. Vode

Rudničkog potoka provode se ispod nožice brane putem armirano-betonskog kolektora. Definitivna jalovina iz flotacijskog pogona odlazi gravitacijski preko cevovoda do pumpne stanice jalovine ispod platoa flotacije. Putem ove pumpe i pulpovoda izgrađen od tvrdog polietilena jalovina se transportuje do krajnje tačke na kojoj se vrši ispuštanje. Iz pumpne stanice jalovine obezbeđen je sigurnosni/havarijski ispust do samog jalovišta kako bi se u slučaju nepredviđenih okolnosti moglo izvršiti istakanje jalovine. U skladu sa Analizom rizika flotacijsko jalovište je svrstano u „kategorije A“ jer bi njegovo rušenje bitno ugrozilo živote i imanja.

6.2 Nemineralizovani jamski otpad

Jamski otpad nastaje uporedo sa eksploatacijom rude. Glavni izvozni niskop (GIN-200) i Glavni izvozni hodnik (GIH) nalaze se približno na koti 515, po pružanju ležišta orijentisani su prema jugoistoku i severozapadu.

Detaljnim istraživanjem u predelu Nova jama utvrđeno je veliko rudno telo GP dužine oko 500 m čija je procena rude približno 800 hiljada tona. Lokacija rudnog tela je ispod horizonta -150 i povezano je sa horizontom GIN -200 putem pristupne rampe. Preko pristupne rampe vršice se transport rude sa rudnog tela preko GIH-a jugoistok i GIN-a na površinu, do platoa za rudu.

Izrada GIN-a započeta je avgusta 2019., ukupna dužina je oko 1100 m i pored njega je urađen GIH prema jugoistoku oko 400 m i severozapadu oko 200 m. Izrada GIH-a nastavlja se ka severozapadu i jugoistoku, u pravcu jugoistoka planira se spajanje GIH -200 sa Bezdanom. Ove rudarske prostorije služiće za dalja jamska ispitivanja i pristup rudnom telu GP.

Iz GIN-a prema severozapadu i jugoistoku se izrađuju Smerni istražni hodnici, SIH-1 i SIH-2, koji će služiti kao osnova za detaljno istraživanje rude.

Urađena su dva vodosabirnika za prikupljanje jamske vode koja se potom izbacuje na površinu pumpama. Uz vodosabirnik izrađena je i komora gde je postavljena nova trafo stanica.

U produžetku platoa za rudu, na površini terena, nalazi se depo za odlaganje jalovine dobijene pri izradi GIN-a i GIH-a jugoistok i severozapad, kao i pri izradi ostalih rudarskih prostorija.

Kao i kod flotacijske jalovine, rezultat učešća opasnih i veoma toksičnih komponenata prikazan je preko ukupno veoma toksičnih i ukupno opasnih komponenata i pokazuje da je učešće daleko ispod graničnih vrednosti. Rezultati su prikazani u tabeli 6.6.

Tabela 6. 6 - Hemijski sastav opasnih komponenti u nemineralizovanoj jamskoj jalovini

Element	Jamski otpad bez mineralizacije		Granične vrednosti
	GIN 200	Gušavi potok	
Arsen, As	0.03166	0.01675	3%
Nikl, Ni	0.087	0,03045	
Kadmijum, Cd	<0.00002	<0,00002	
Ukupno veoma toksičnih:	0.11866	0,0472	
Bakar, Cu	0.00669	0,00466	25%
Vanadijum, V	0.00609	0,00823	
Molibden, Mo	<0.00001	0,0001	
Olovo, Pb	0.00086	0,00193	
Hrom, Cr	0.11567	0,05514	
Cink, Zn	0.00039	0,00294	
Kobalt, Co	0.000432	0,00259	
Ukupno opasnih:	0.130132	0,07559	

U Institutu za rudarstvo i metalurgiju rađena su dva testa izluživanja, jedan po srpskom standardu SRPS.EN 12457-2:2008, dok je drugi po američkoj proceduri za TCLP američke agencije EPA, kao što je urađeno sa flotacijskom jalovinom. Rezultati ispitivanja, na osnovu obe primenjene metode, pokazuju veoma nizak stepen izluživanja kako su vrednosti parametara daleko ispod referentnih za neopasni otpad, izuzetak je koncentracija arsena prema evropskoj metodologiji koja premašuje vrednosti za neopasan otpad. Rezultati su prikazani u tabeli 6.7.

Tabela 6. 7 - Rezultati testova izluživanja prema standardu SRPS.EN 12457-2:2008

	Jed. mere	Uzorak nemineralizovanog otpada, %		Referentne vrednosti za	
		GIN 200	Gušavi potok	neopasni otpad	opasni otpad
pH		9.07	8.80	6-13	-
Antimon, Sb	mg/kg dm	<0.11	<0.11	0,7	5
Arsen, As	mg/kg dm	10.9	10.5	2	25
Barijum, Ba	mg/kg dm	<0.09	<0.09	100	300
Bakar, Cu	mg/kg dm	0.51	<0.05	50	100
Kadmijum, Cd	mg/kg dm	<0.08	<0.08	1	5
Molibden, Mo	mg/kg dm	<0.07	<0.07	10	30
Nikal, Ni	mg/kg dm	<0.07	<0.07	10	50
Olovo, Pb	mg/kg dm	<0.20	<0.20	10	40
Selen, Se	mg/kg dm	<0.33	<0.33	0,5	7
Hrom, Cr	mg/kg dm	0.05	<0.05	10	70
Cink, Zn	mg/kg dm	<0.05	<0.05	50	200
Živa, Hg	mg/kg dm	<0.005	<0.005	0,2	2
Hloridi, Cl ⁻	mg/kg dm	223	281	15.000	25.000
Fluoridi, F ⁻	mg/kg dm	2.9	4.3	150	500
Sulfati, SO ₄ ²⁻	mg/kg dm	160	90	20.000	50.000

Zanimljivo je da je poreklo arsena nepoznato kako se u mineraloškoj analizi ne nalazi nijedan mineral koji u svom sastavu ima arsen. U mineraloškom sastavu se vidi značajna razlika sveže jamske jalovine i jalovine koja je davno odložena, pretpostavka je da je razlika posledica otkopavanja različitih delova ležišta, a ne vremena na deponiji.

Rezultati ispitivanja kiselinskog i neutralizacionog potencijala nemineralizovane jamske jalovine pokazuju da postoje uslovi da se formiraju drenažne kisele vode, ali su neophodna dodatna ispitivanja kako ne postoje čvrsti dokazi.

Na osnovu klasifikacije otpada putem indeksnog broja i broja i šest lista i na osnovu ispitivanja nemineralizovana jamska jalovina spada u neopasan otpad. Klasifikacija je prikazana u tabeli 6.8.

Tabela 6. 8 - Indeksni broj nemineralizovane jamske jalovine i oznake prema listama otpada

Otpad	Indeksni broj prema Katalogu otpada	Liste otpada					Klasifikacija otpada
		Q Kategorija otpada	C Komponente otpada koje ga čine opasnim	Y Otpadi prema prirodi ili aktivnosti kojom se stvaraju	H Karakteristike otpada koje ga čine opasnim	D/R Operacija odlaganja / operacija ponovnog korišćenja	
Nemineralizovana jamska jalovina	01 01 02	Q16	-	-	-	D1/-	Neopasni otpad
Grupa	01 - Rudarstvo	Bilo koji drugi materijali, materije ili proizvodi koji nisu obuhvaćeni u gore navedenim kategorijama				Deponovanje otpada u zemljište ili na zemljište (npr. deponije i dr.)	
Podgrupa	01 – otpad od iskopavanja minerala						
Kod	02 - otpad od iskopavanja minerala za obojenu metalurgiju						

Godišnje količine izdvojene jalovine se izdvajaju u zavisnosti od faze radova u jami. Plan upravljanja otpadom prema hijerarhiji upravljanja otpadom prikazan je u tabeli 6.3.

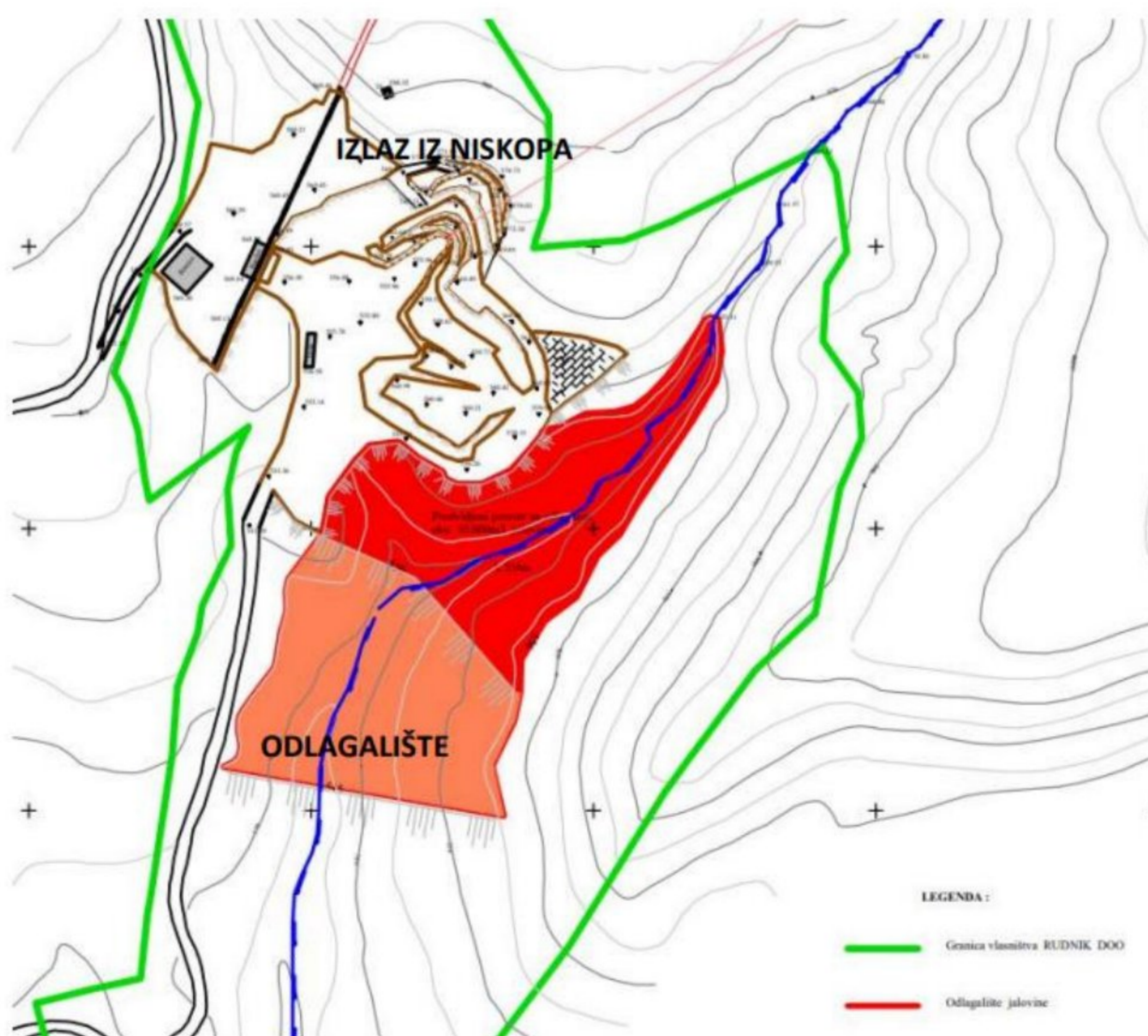
Tabela 6. 9 - Plan upravljanja jamskom jalovinom prema hijerarhiji upravljanja otpadom

Koraci u hijerarhiji	Mere smanjenja količine otpada	Obrazloženje	Lica zadužena za realizaciju	Period internog izveštavanja
Ne proizvesti otpada	Selektivna eksploatacija je svakodnevna obaveza Rudnika	Ne može se izbeći generisanja ove jalovine jer je neophodno uspostaviti infrastrukturu potrebnu za eksploataciju rude. Stalno treba vršiti optimizaciju veličine objekata koji se grade kako bi količina ovoga otpada bila što manja.	Upravnik Jame Glavni inženjer Smenski inženjeri	Svakodnevno usmeno izveštavanje Mesečno bilansiranje i analiza postignutih rezultata
Ponovna upotreba	Planiran je plasman ove jalovine za putogradnju	Ispitivanja su pokazala da je ova jalovina podesna za ugradnju u donji postroj na putevima. Prve količine sa napuštene lokacije Gušavi potok su plasirane za izradu pristupne saobraćajnice od Gornjeg Milanovca do autoputa „Miloš Veliki“	Upravnik Jame	Godišnji izveštaj
Reciklaža	Nije primenljivo	-	-	
Kompostiranje / saganje	Nije primenljivo	Sve komponente su neorganske, negorive, nekompostabilne	-	
Odlaganje	Primenljivo	Jalovina se privremeno odlaže dok se ne nađe kupac koji će je korisno upotrebiti.	Upravnik Jame	

6.2.1 Deponovanje nemineralizovanog jamskog otpada

Jalova mineralna sirovina može se koristiti kao zasipni materijal, i tako u ležišta iz kojih je ruda izvađena zasuti. Na Rudniku je predviđeno gravitacijsko popunjavanje praznog otkopanog prostora zasipnim materijalom koji će se gravitacijski spustiti na dno otkopanog prostora i tako postepeno popunjavati. Višak jalovog materijala će se izvoziti i odlagati na spoljašnje deponije.

Na rudniku „Rudnik“ postoje aktivna, „GIN-200“, i napuštena deponija, „Gušavi potok“. GIN-200 je rudarsko odlagalište u dolini Cvetića potoka putem kojeg se slivne vode usmeravaju u flotacijsko jalovište, jalovina se dovozi kamionima do najviše kote, gde se kipa i povremeno buldozerima razgrće na formiranu kosinu. Na slici 6.3 prikazano je stanje odlagalište jamske jalovine GIN -200.



Slika 6. 4 - Stanje na odlagalištu jamske jalovine GIN -200

Identičan sistem formiranja odlagališa primenjen je i na lokaciji „Gušavi potok“, u dolini Krasojevačke reke. Deponovano je oko 250.000 t jalovine i punjenje ove deponije je završeno. Materijal se dalje plasira putarskim preduzećima kao podloga čime se planira potpuno čišćenje zauzetog prostora. U skladu sa rezultatima ispitivanja jamskog otpada i procesu zbrinjavanja, oba prostora za deponovanje spadaju “van kategorije A” jer ne ugrožavaju živote radnika i nemaju negativan uticaj na životnu sredinu. Odlagalište „Gušavi potok“ prikazano je na slici 6.4.



Slika 6. 5 - Odlagalište Gušavi potok (Google Earth)

7. RIZIK OD UDESA I MERE KOJE ĆE SE PREDUZETI U SLUČAJU UDESA

U okruženju jalovišta nalaze se poljoprivredna zemljišta, livade, njive, voćnjaci i šumsko zemljište na strmim terenima pored vodotokova. U neposrednoj blizini nalazi se oko desetak domaćinstava sa približno trideset domaćinstava i radničko naselje za privremeni boravak radnika. U okolini jalovišta nema kulturnih dobara, zaštićenih područja, niti područja ili prirodnih oblika visoke ambijentalne vrednosti.

Od površinskih tokova u širem okruženju, pored Zlokućanskog i Rudničkog potoka, nalaze se reka Gruža koja izvire na južnim padinama Rudnika i reka Kamenica koja nastaje na južnim padinama Divčibara. Geološki sastav područja ne omogućava veće akumulacije i stvaranje većih izdani podzemnih voda. U dolini Rudničkog potoka, na približno 2 m dubine utvrđene su izdani podzemnih voda koje su u direktnoj hidrauličkoj vezi potokom.

7.1 Procena rizika od rušenja brana

Procena rizika od rušenja brane flotacijskog jalovišta vrši se kako bi se na osnovu izlaznih podataka omogućilo realno i praktično klasifikovanje jalovišta. Sama procena vršiće se primenom FMEA tehnike uz matricu rizika za analizu rizika i ALARP pristupa za vrednovanje rizika. Rizik se procenjuje kao funkcija verovatnoće potencijalnog udesa i posledica koje proističu iz udesa. Potencijalni udesi biće modelirani prema najgorem mogućem scenariju koji podrazumeva rušenje brane broj 9 i isticanja deponovane jalovine, a težina posledica analiziraće se na osnovu potencijalnih ljudskih žrtava, ekoloških i ekonomskih posledica.

Analiziraće se sledeći slučajevi udesa:

- udes u slučaju statičke nestabilnosti,
- udes u slučaju dinamičkog opterećenja, i
- udes u slučaju priliva velike količine atmosferskih padavina – prelivanje.

Iskustveno, objekti poput jalovišta najčešće pripadaju 1. kategoriji objekata, tačnije “građevine koje su projektovane, izgrađene i kojim se upravlja na najboljem mogućem nivou, generalno, građevine iz ove kategorije imaju veoma značajne potencijalne posledice”. Međutim brane izgrađene nastupnom metodom, zbog sklonosti likvefakciji, što statičkoj, što dinamičkoj, apriori se svrstavaju u nižu kategoriju, tačnije, u 2.

kategoriju, koja podrazumeva “građevine koje su projektovane, izgrađene i kojim se upravlja po standardnim inženjerskim procedurama, u ovu kategoriju spadaju prosečne građevine”. Za branu broj 9 dobijena je “veoma mala” godišnja verovatnoća udesa usled statičkog i dinamičkog opterećenja sa težinskim faktorom 2, što predstavlja 1 udes u 100.000 godina.

Za procenu godišnje verovatnoće udesa u slučaju dinamičkog opterećenja, pri upotrebi semi-empirijske metode potrebno je procenjenju verovatnoću pomnožiti sa godišnjom verovatnoćom povratnog perioda. Za povratni period od 200 godina realna godišnja verovatnoća udesa usled dinamičkog opterećenja iznosi 1 udes u 1000 godina što se tumači kao “velika” verovatnoća. U radijusu od 30 km od jalovišta, u toku 2018. godine, registrovano je 149 seizmičkih događaja od kojih su maksimalne magnitude zemljotresa bile od 2 do 3 stepena Rihterove skale. Registrovani zemljotresi u okolini Rudnika tokom 2018. godine prikazani su na slici 7.1.



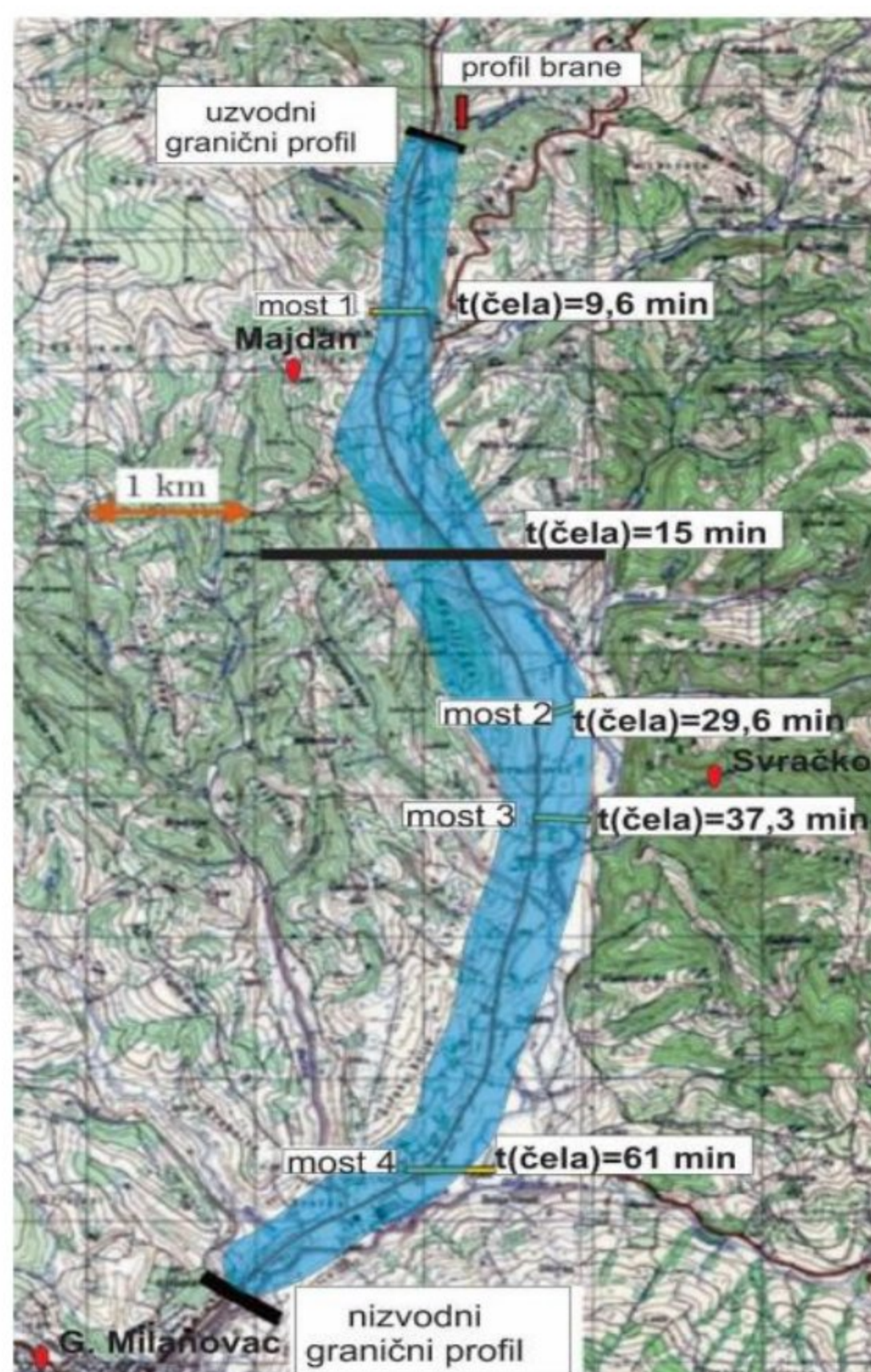
Slika 7. 1 - Registrovani zemljotresi u okolini Rudnika tokom 2018. Godine

Za prognoziranja udesa usled priliva velike količine padavina, to jest preliivanja preko krune brane, neophodno je poređenje potencijalne količine vode koja bi se sa slivnog područja slila u jalovište i raspoloživu slobodnu zapreminu jalovišta u trenutku udesa. Čak i u najgorem mogućem scenariju, koji podrazumeva da u trenutku obilnih padavina

organi za evakuaciju vode na jalovištu ne rade, slobodna zapremina jalovišta može da prihvati zapreminu poplavnog talasa povratnog perioda 1000 godina.

7.2 Procena posledica usled rušenja brane

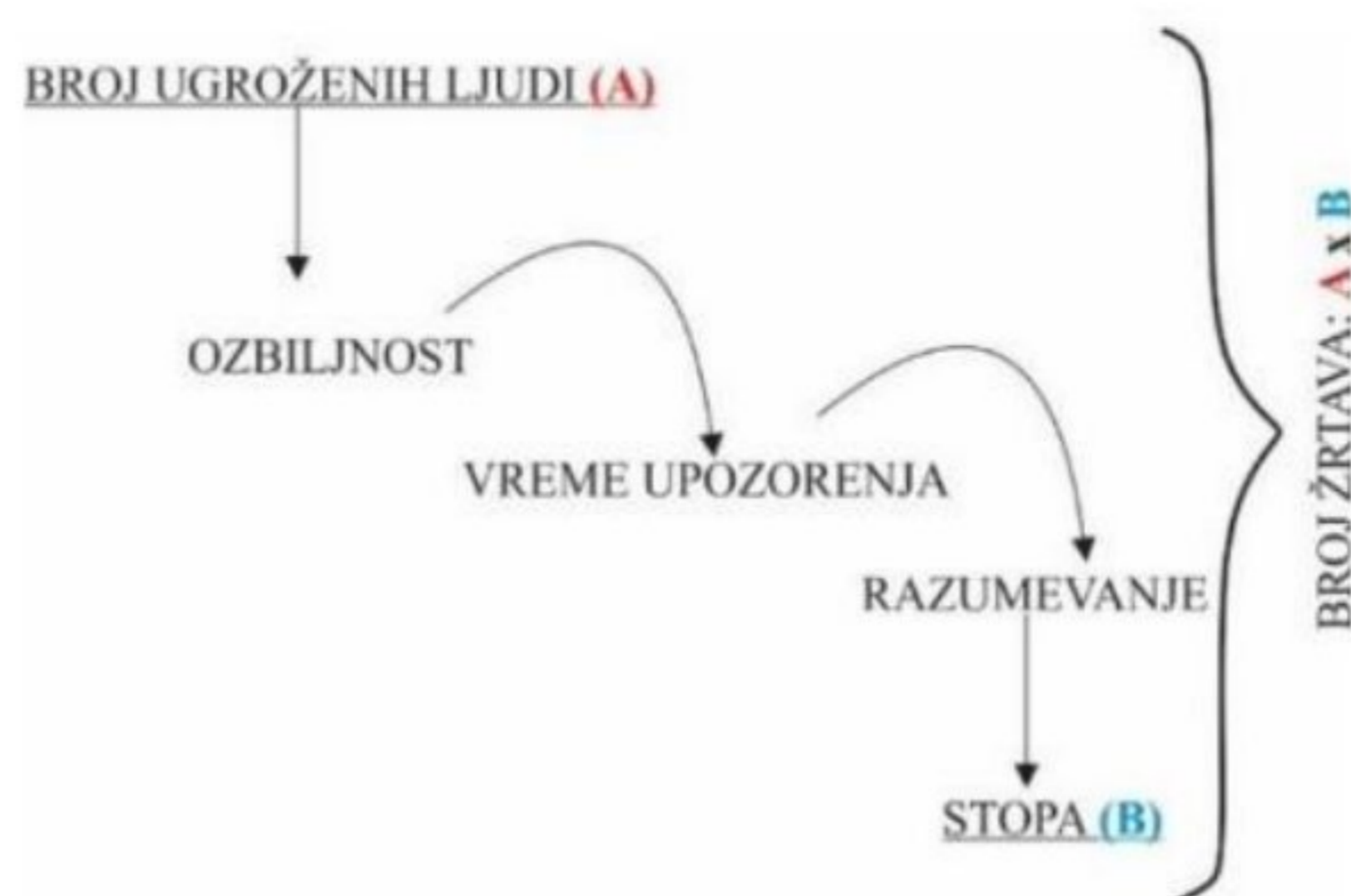
Za adekvatnu procenu posledica neophodno je sagledavanje razmera poplavnog talasa koji bi se formirao kada bi došlo do rušenja brane. Analiziran je najnepovoljniji scenario koji podrazumeva da su objekti za evakuaciju vode van funkcije, sa delimičnim prolomom brane pri čemu se formira breša pravougaonog oblika u brani širine 40 m i linearno promeljive visine. Proces razrade breše traje 5-10 min posle čega bi voda iz jalovišta oticala kroz otvor u telu brane dimenzija 40x10 m. U analizi proboja brane broj 9 zaključeno je da bi potencijalno bilo ugroženo usko područje nizvodno od brane, duž reke Despotovice do Gornjeg Milanovca; celokupno pražnjenje jalovišta trajalo bi 3,5 h, a intenzivno pražnjenje trajalo bi 15 min; prosečna brzina kretanja talsa bila bi 9 km/h što znači da bi do Gornjeg Milanovca stigao za 74 min; maksimalna dubina plavljenja bila bi 5,12 m; okvirna plava zona bi se prostirala do 10 km nizvodno od jalovišta. Ruta poplavnog talasa prikana je na slici 7.2.



Slika 7. 2 - Ruta poplavnog talasa

7.2.1 Procena potencijalnih ljudskih žrtava

Za procenu broja ljudskih žrtava koristi se Grejemova metoda zasnovana na fiksnim stopama smrtnosti i pretpostavci da će doći do formiranja poplavnog talasa usled udesa. U proceni stope smrtnosti učestvuju tri parametra: ozbiljnost poplave (mala, srednja, velika), vreme upozorenja (adekvatno upozorenje, neka vrsta upozorenja, bez upozorenja) i razumevanje ozbiljnosti poplave (potpuno razumevanje, nepotpuno razumevanje). Na slici 7.3 prikazana je metodologija procene broja žrtava na osnovu parametara koji se uzimaju u obzir prema Grejemovoj metodi.



Slika 7. 3 - Grejemova metoda za procenu broja potencijalnih ljudskih žrtava

Ukoliko se kao prioritetni parametar posmatra „vreme upozorenja“ kao osnov procene da li bi bilo dovoljno vremena za evakuaciju zatočenog stanovništva, na osnovu rute i procenjene dubine talasa može se zaključiti da će 10 stambenih objekata biti direktno zahvaćeno talasom. U neposredno ugroženo ljudstvo treba ubrojiti i zaposlene na jalovištu, pa bi broj ukupno ugroženih lica iznosio 33, bez uzimanja u obzir ljudi u vozilima koja bi se zatekla na putevima u trenutku udesa. Prema Grejemovoj metodi, ozbiljnost poplave se može oceniti kao srednja, međutim ako se uzme u obzir da do prvih stambenih objekata talas stiže za 9 min, može se usvojiti da nije moguće izdati adekvatno upozorenje ugroženom ljudstvu. U ovom slučaju se razumevanje ozbiljnosti poplave ne razmatra. U skladu sa ovako usvojenim ulaznim parametrima prosečna stopa smrtnosti je 0,15.

Primenom usvojene stope smrtnosti na broj ugroženih lica dobije se da bi se u slučaju kretanja talasa predviđenom rutom u proseku bilo pet žrtava. Pored žrtava sa smrtnim ishodom, bilo bi i povreda ugroženih ljudi u lakšem ili težem obliku. Ova procena opasnosti po ljudske živote svrstava flotacijsko jalovište rudnika “Rudnik” u kategoriju A, bez razmatranja preostalih indikatora.

7.2.2 Procena ekonomskih posledica

Ekonomske posledice usled rušenja brane bile bi najpre na teret rudnika, rad bi neko vreme bio obustavljen, a potom i na teret okolnog stanovništva čije bi kuće i saobraćajnice bile zahvaćene poplavnim talasom. Ovako posmatrane posledice se mogu se svrstati kao „značajne“. Rudnik bi ostao bez jalovišta, elektroenergetski objekti i instalacije za potrebe rudnika bili bi poplavljeni, stambeni objekti, magistralni putevi i mostovi na procenjenoj ruti bili bi oštećeni. Troškovi sanacije i čišćenje terena prekrivenog izlivenom jalovinom bili bi značajni.

7.2.3 Procena ekoloških posledica

Rudarenje u rudniku „Rudnik“ doprinelo je remećenju kvaliteta životne sredine u okolini jalovišta. Svi ugroženi medijumi životne sredine su u korelaciji, narušavanje kvaliteta jednog nužno dovodi do narušavanja kvaliteta drugog.

Najnovije analize kvaliteta površinskih reka pokazuju da u rekama postoji povećana koncentracija teških meta poput arsena, mangana kao i sulfata i sulfida. Efekti eventualnog rušenja brane bili bi široko rasprostranjeni i kvalitet vodotokova bio bi ugrožen, dok se sa sigurnošću može reći da bi posledice bile uočljive kod lokalnih vodotokova kuda bi se kretao poplavni talas što bi dovelo do upitne klase kvaliteta voda.

Narušavanje zemljišta bilo bi lokalno, u priobalju reka čijim se koritima kretao poplavni talas. Narušavanje pejzaža, takođe je ograničeno na rutu kretanja talasa.

Aerozagađenje bi se najvećim delom odvijalo u vidu dispergovanja sitnih frakcija otpada sa suvih, skorelih površina i distribucije pod uticajem vetra. Trenutnih efekata po izlivanju hidromešavine ne bi bilo, ali bi nakon izvesnog vremena prilikom sušenja izliveno mase došlo do razvejavanja sitnih frakcija.

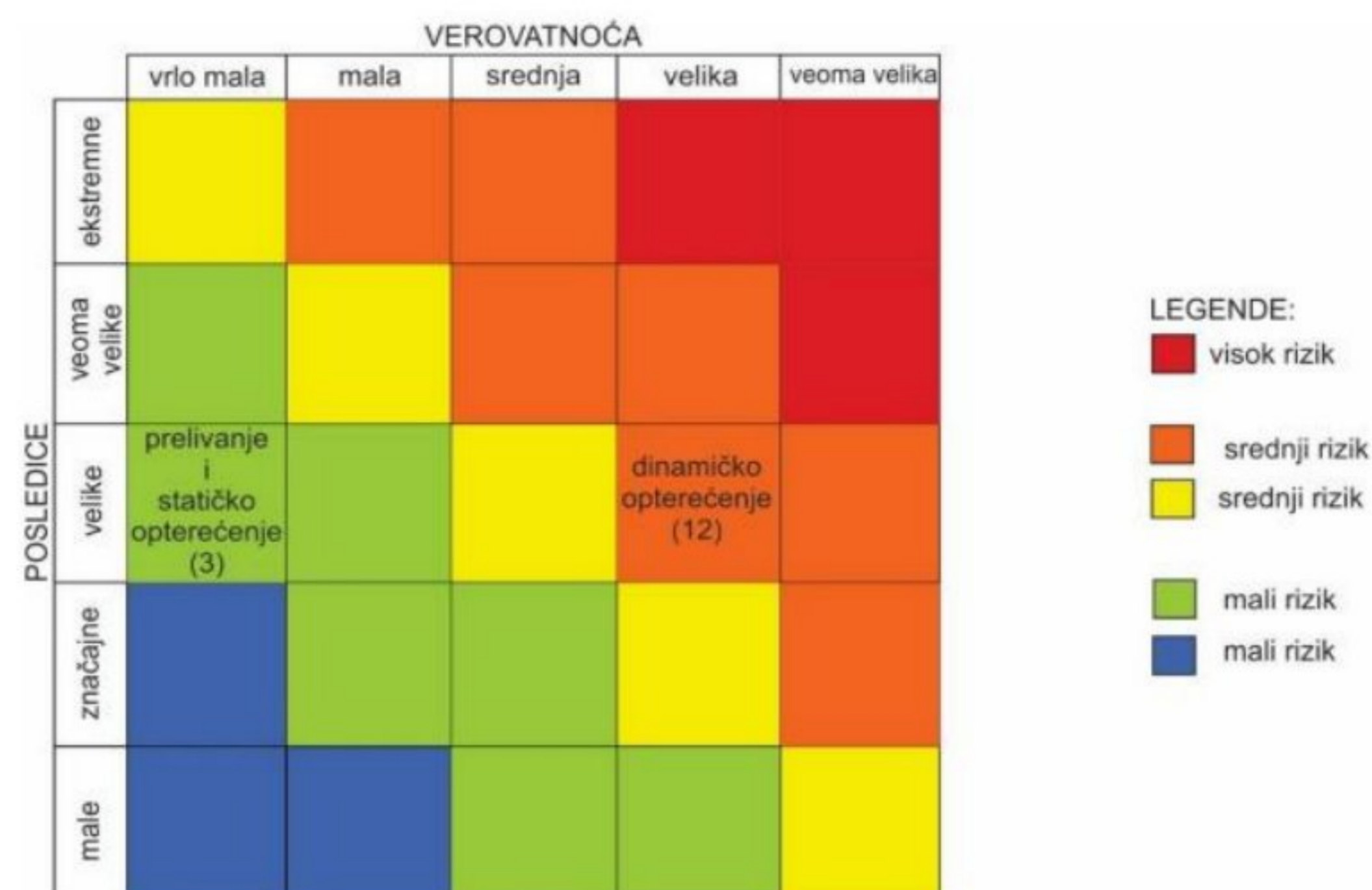
Ekološke posledice svrstavaju se u „značajne“, samim tim flotacijsko jalovište rudnika „Rudnik“ spada u kategoriju A prema uticaju na životnu sredinu.

7.3 Kategorija posledica

Kako bi se procenile kategorije posledica korišćen je Globalni industrijski standard za upravljanje jalovinom – GISTM. GISTM predlaže sublimaciju nekoliko pojedinačnih grupa posledica analiziranih za pojedine slučajeve kako bi se dobila jednoznačna kategorija posledica. U slučaju preloma brane posledice u proseku spadaju u “veliku” kategoriju.

7.4 Rangiranje rizika

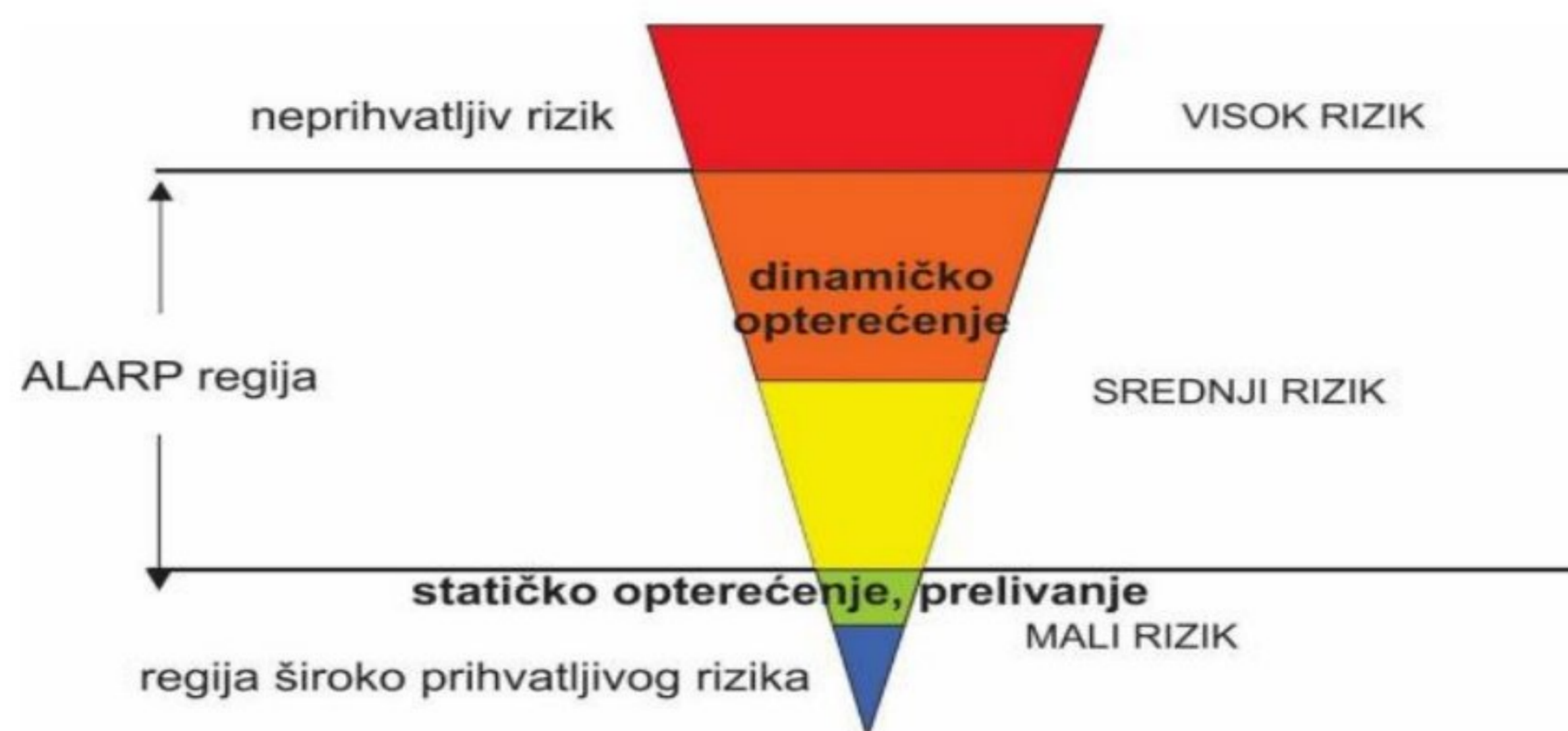
Za potrebu procene rizika korišćena je matrica oblika 5x5, zasnovana na rangu rizika kao funkciji verovatnoće udesa i težine posledice. Razmatrana su tri scenarija udesa koji su dali različite verovatnoće manifestovanja odakle je proisteklo i više rangova rizika. Prema datoj matrici rizika, rizik od rušenja brane br. 9 se kreće od „malog“, u slučaju udesa usled statičkog opterećenja i preliivanja (rang 3) do „srednjeg“, u slučaju udesa usled dinamičkog opterećenja (rang 12). Korišćena matrica prikazana je na slici 7.4.



Slika 7. 4 - Matrica rizika 5x5

7.5 Ocena prihvatljivosti rizika

Rizik je uvek prisutan, menja se samo njegova prihvatljivost. Primenom ocene prihvatljivosti rizika prema ALARP principu (As Low As Reasonably Practicable) dobija se da je maksimalni rizik od rušenja brane u zoni „tolerantnog, ali neprihvatljivog rizika“. Na slici 7.5 prikazan je ALARP dijagram. U budućem periodu rizik od rušenja brane trebalo ponovo proceniti u skladu sa zatečenim stanjem. Posebno treba posvetiti pažnju scenariju udesa usled likvefakcije na osnovu koje se modelira poplavni talas i karakteristikama poplavnog talasa, najpre količini isteklog materijala i pređenom rastojanju.



Slika 7. 5 - ALARP dijagram

7.6 Mere kontrole i umanjenja rizika

Na osnovu zabeleženih udesa na deponijama, najčešći uzrok je ljudska greška. Takođe, udesi su se dešavali na deponijama na kojima su postojali propusti prilikom projektovanja, izgradnje ili eksploatacije. Propusti su se dešavali kao rezultat neusklađenosti operativne prakse sa zahtevima projekta, ili obrnuto. Cilj svake procene rizika jeste da se rizik smanji ili dovede na tolerantan ili prihvatljiv nivo. Jedini tip udesa za koji se u potpunosti može reći da ne ostavlja dovoljno vremena za pravovremeno reagovanje jeste likvefakcija. Samo dobro projektovana i održavana deponija može biti niskorizična. U slučaju flotacijskog jalovišta rudnika „Rudnik“ kriterijum adekvatnog projektovanja ispunjen, preostaje odgovorno održavanje deponije u budućem periodu i kontrola zarad bezbedne eksploatacije i održavanja tolerantnog nivoa rizika.

7.7 Procena rizika od udesa na odlagalištima jamskog otpada

Za potrebe procene rizika potrebno je razmotriti udes po scenariju klizanja odloženog materijala i eventualno sudelovanje i iniciranje udesa na flotacijskom jalovištu koje se nalazi jugozapadno od njih.

Na odlagalištu “GIN-200” klizanje odloženog materijala ne bi moglo da ugrozi flotacijsko jalovište, koje je udaljeno kilometar od njega, odnosno čija je brana broj 9 udaljena 2 km od njega. Verovatnoća iniciranja udesa na flotacijskom jalovištu je „mala“, a posledice udesa lokalne i mogu biti ocenjene kao „male“, što rizik svrstava u kategoriju „malog rizika“.

U slučaju odlagališta “Gušavi potok” može se zaključiti da je verovatnoća da pokrenuti materijal sa odlagališta ugrozi flotacijsko jalovište još manja, nego što je slučaj sa odlagalištem „GIN-200“, s obzirom da je odlagalište „Gušavi potok“ udaljeno 2 km uzvodno od jalovišta, odnosno, 3 km uzvodno od brane broj 9.

Klasifikacija odlagališta prema rizičnosti, na osnovu Uredbe je sledeća: lanac “izvor-putanja-recipient” može use spostaviti, s obzirom da bi pokrenuti materijal sa odlagališta došao u kontakt sa okolinom; u slučaju udesa bili bi ugroženi samo zaposleni na održavanju odlagališta, pa se efekti po ljudstvo ocenjuju kao zanemarljivi i odlagališta su van kategorije A; šteta po životnu sredinu bila bi lokalna, kratkotrajna i lako bi se mogla sanirati, te se odlagališta po ovom kriterijumu klasifikuju van kategorije A.

8. PLAN ZAŠTITE OD UDESA

Na lokaciji rudnika „Rudnik“ odlaže se otpad koji je potencijalno opasan što zahteva izradu plana kako usled rušenja flotacijskog jalovišta može doći do izlivanja akumuliranog materijala.

8.1 Procena opasnosti

Najkritičniji objekat, u pogledu potencijalnog izvora opasnosti, jeste flotacijsko jalovište. Jalovište mogu zadesiti razne udesne situacije od kojih je najdrastičnija prolom brane prilikom čega bi došlo do nastanka poplavnog talasa. Do proloma brane može doći usled eksternih činioca kao što su zemljotres, porast pritiska unutar brane ili priliva velike količine padavina u akumulacioni prostor jalovišta. Brana broj 9 spada u red visokih brana i nalazi se u blizini promente saobraćajnice, u skladu sa zakonskim propisima postoji obaveza da se preduzmu sve neophodne mere u cilju osmatranja, obaveštavanja, a po potrebi, delimičnog ili opšteg javnog uzbunjivanja na ugroženom području. Na osnovu analize povredivosti i scenarija udesa zaključeno je da bi udes po najgorem mogućem scenariju bio udes III nivoa.

8.2 Mere prevencije

Predviđene i realizovane mere izborom tehnologije izgradnje, tehnološke opreme i opreme za upravljanje procesima i druge tehničke opreme su sledeće:

- U branu broj 9 predviđena je ugradnja vododržive folije koja obezbeđuje sigurnost od formiranja visokih nivoa procednih voda.
- Održavanje taložnog jezera u jalovištu po projektnim preporukama sprečavaće veliko razvejavanje najsitnijih čestica jalovine sa jalovišta.
- Održavanje projektovanog nivoa sigurnosnog nadvišenja (friborda) od 2 m obezbediće zaštitu od preliivanja vode preko krune brane.
- Za evakuaciju velikih voda sa flotacijskog jalovišta, a u cilju njegove zaštite od havarije, predviđen je sistem za evakuaciju voda koji se sastoji od prelivnog

organa (kosi prelivni organ sa šahtnim prelivom), umirujuće komore, sabirnog-donjeg kolektora, otvorenog kanala i izlazne građevine.

- Svi evakuacioni organi će biti blindirani da ne bi došlo do loma kosog kolektora i tunela, kao i izlivanja jalovine.
- Za havarijsko ispuštanje jalovine u slučaju nepredviđenih okolnosti predviđen je postojeći ukopani cevovod unutrašnjeg prečnika $D_u=250\text{mm}$.
- Pulpovod jalovine je postavljen tako da omogućuje neometan prolaz radnika i manipulaciju sa njim.

Kako bi transport i odlaganje opasnih materija, tačnije flotacijske jalovine, kao i snabdevanje pogona flotacije povratnom vodom bili bezbedni vršiće se preko pumpne stanice jalovine, relejne pumpne stanice, pumpe preliva hidrociklona u bistrilištu i pumpne stanice povratne vode.

Neophodno je redovno održavanje jalovišta i pravovremeno saniranje u skladu sa uočenim neregularnostima u toku redovnih oskultacija.

Radi zaštite života i zdravlja zaposlenih, Rudnik je u obavezi da osigura bezbednost i zdravlje na radu, organizuje obavljanja poslova bezbednosti i zdravlja na radu, obezbedi lična zaštitna sredstva i zaštitnu opremu, obezbedi zaštitu od požara, havarija, hemijskih i drugih udesa kao i organizaciju poslova spasavanja i da organizuje obuku zaposlenih iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu. Zaposleni bi trebali biti podvrgavani proverama znanja, gde ukoliko nije pokazano zadovoljavajuće poznavanje propisa iz oblasti zaštite na radu bili bi podvrgnuti ponovnom proveravanju u roku od 3 meseca. Ukoliko i posle ponovne provere ne pokažu pozitivne rezultate biće raspoređeni na niže radno mesto.

U skladu sa Pravilnikom o projektovanju nasutih brana i hidrotehničkih nasipa propisana su svakodnevna vizuelna osmatranja pojava i događanja na jalovištu i u bliskom okruženju, specijalistička merenja parametara bitnih za procenu stanja, i periodična izrada studija, izveštaja, ekspertiza i elaborata kojima se proučava stanje i na stručna način razrešava problem uočen vizuelnim osmatranjima i specijalističkim merenjima.

Verovatnoća da dođe do požara na jalovištu je zanemarljiva. Protivpožarna zaštita je organizovana i regulisana aktima koja predviđaju Pravila zaštite od požara i Plan zaštite od požara (ZOP), potrebna sredstva za kvalitetnu zaštitu i način ponašanja u preventivnom smislu i u slučaju izbijanja požara.

Svaki radnik je dužan da koristi lična zaštitna sredstva, u skladu sa radnim mestu na kome radi. U lična zaštitna sredstva spadaju sva sredstva koja imaju cilj da zaštite pojedine organe, usled izloženosti prašini svim radnicima će se izdati i maske za prašinu. Kompleti za pružanje prve pomoći biće obezbeđeni u svim objektima.

Kako bi se sprečilo prelivanje akumuliranog materijala iz jalovišta, najčešće prouzrokovanim prilivom velike količine padavina, određene su sledeće mere: dovoljno veliki retenzioni prostor akumulacionog prostora, dovoljno veliko rastojanje taložnog jezera od završne kosine brane (>100 m), projektovanje sistema za evakuaciju vode i postojanje Bočnog nasipa na obali jalovišta koji ima ulogu sigurnosnog nasipa.

8.3 Snage i sredstva za zaštitu i spasavanje, umanj enje i otklanjanje posledica od udesa

U slučaju udesa, za sprovođenje mera zaštite, spasavanja, otklanjanja posledica i organizaciju nastavka rada nakon udesa, pored zaposlenih na jalovištu, biće uključen i potreban broj radnika iz drugih sektora Rudnika. U akcije spasavanja biće uključeno posebno oformljeno odeljenje zaduženo za održavanje bezbednosti rudnika i upravljanje životnom sredinom čiji će zaposleni biti obučeni za postupanje u udesnim situacijama.

Minimum sredstava i opreme za sprovođenje zaštite od elementarnih nepogoda, udesa i katastrofa, posledica terorizma, ratnih dejstava i drugih većih nesreća propisana je Uredbom o obaveznim sredstvima i opremi za ličnu, uzajamnu i kolektivnu zaštitu od elementarnih nepogoda i drugih nesreća („Sl. Glasnik RS“, br. 3/2011 i 37/2015).

U slučaju udesa po najgorem mogućem scenariju potrebno je uključiti i eksterne interventne službe, kao što su nadležna vatrogasno spasilačka jedinica, vojska, policija, pružaoci hitne medicinske pomoći. Informacije o udesnim situacijama do drugih spasilačkih jedinica će dolaziti najpre pomoću osmatračke mreže Sistema osmatranja i obaveštavanja (OiO).

U zavisnosti od intenziteta i karaktera udesa, uzorkovanje površinskih i podzemnih voda i određivanje parametara definisanih u okviru redovnog monitoringa životne sredine, potrebno je obaviti više puta tokom prvog dana i najmanje jedanput tokom narednih dana. Vanredno uzorkovanje treba prekinuti kada se kvalitet vode svede na uobičajeni. Na delu terena koji je zahvaćen izlivenom jalovinom treba uzeti najmanje 3 uzorka zemljišta i ispitati zagađenost. Proveru kvaliteta vazduha vršiti po uobičajenom programu monitoringa. Nakon izvršene sanacije prostora zahvaćenog udesom, može se pristupiti reizgradnji oštećenih delova brana i jalovišta, a potom i nastaviti sa radom rudnika.

8.4 Postupanje u slučaju udesa

Ukoliko pored primene preventivnih mera dođe do udesa neophodna je adekvatna reakcija u trenutku dobijanja prve informacije o udesu. Pravovremeno obaveštavanje stanovništva na ugroženom području i osoblja operativnog centra za obaveštavanje i uzbunjivanje u Čačku, u slučaju pojave poplavnog talasa vršice se pomoću Sistema osmatranja i obaveštavanja (OiO).

Sistem za osmatranje, obaveštavanje i uzbunjivanje (OiO) na brani broj 9 treba da obezbedi:

- Osmatranje stanja na brani i jalovištu rudnika “Rudnik”,
- Obaveštavanje operativnog centra u Čačku, i

- Obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva na ugroženom području u slučaju pojave poplavnog talasa.

Kako bi pravilno bila obezbeđena funkcija OiO sistema on mora da se sastoji od osmatračke mreže, podcentra na brani broj 9, operativnog centra za obaveštavanje i uzbunjivanje u Čačku, komunikacionog čvorišta u zgradi SO Gornji Milanovac, alarmnih stanica na ugroženom području, telekomunikacionih veza.

Informacije o stanju brane i jalovišta se sakupljaju u podcentru na brani broj 9 gde dežurni donosi odluke o proglašenju stanja pripravnosti i opšte uzbune na osnovu rezultata i uviđaja. Od praćenih mernih veličina u sklopu OiO sistema, merodavna veličina za automatsko alarmiranje je nivo vode u akumulaciji. Uređaj podcentra biće opremljen automatskim telefonskim prozivnikom koji će pozvati zadužena lica iz Rudnika i operativnog centra u Čačku u slučaju pojave predalarmnih stanja, odnosno alarmnih stanja. Zatim, uređaj operativnog centra za uzbunjivanje u Čačku aktiviraće alarmne sirene na ugroženom području.

Rudnik ima dužnost da odgovarajući broj zaposlenih obuči za pružanje prve pomoći, spasavanje i evakuaciju u slučaju udesa. U slučaju izbijanja havarija sa posledicama velikih razmera potrebno je angažovati specijalizovane ekipe, kao i državne organizacije. Organizacije koje su osposobljene za odgovor na udes i ovlašćene za pružanje pomoći su policija, vatrogasci, hitna medicinska pomoć, odeljenje za vanredne situacije u Čačku, komunalna struktura, specijalizovane laboratorija za kontrolu vazduha, vode i zemljišta i specijalizovana ekipa za sanaciju i remedijaciju.

Informisanje javnosti o udesu vrši se u tri različite etape:

1. Informisanje pre udesa
2. Informisanje u toku samog udesa – OiO sistem
3. Informisanje nakon udesa

9. OPERATIVNI MONITORING PROSTORA GDE SE DEPONUJE RUDARSKI OTPAD

Planom monitoringa obuhvaćeno je flotacijsko jalovište i aktivno odlagalište GIN-200. Odlagalište Gušavi potok je neaktivno i u budućem periodu je predviđeno kompletno izuzimanje odloženog materijala sa njega, pa se ono neće razmatrati.

9.1 Program monitoringa kvaliteta voda

Merenja se vrše na kvartalnom nivou pri čemu planom monitoringa voda nije obuhvaćen Cvetića potok jer se u njegovoj dolini nalazi odlagalište GIN-200, a potok se zatim uliva u jalovište pa nije potrebno zasebno sagledavati uticaj odlagališta.

Monitoring površinskih voda vrši se praćenjem imisije zagađujućih materija u Rudničkom potoku na dva mesta, 100 m uzvodno i 100 m nizvodno od flotacijskog jalovišta.

Monitoring otpadnih voda vrši se na tri merna mesta, na mestu bazena drenažnih voda, prelivu kolektora i na izlazu flotacije. Merna mesta za uzorkovanje površinskih i opadnih voda prikazan su na slici 9.1.



Slika 9. 1 - Mesta za uzorkovanje površinskih i otpadnih voda

Monitoring podzemnih voda vrši se preko mreže piježometara na flotacijskom jalovištu, kao i na dva piježometra 100 m uzvodno i nizvodno od jalovišta, radi praćenja stabilnosti brane i kvaliteta vode u okolnom vodotoku, dva puta godišnje.

9.2 Program monitoringa kvaliteta vazduha

Merenja se vrše na ukupno pet mernih mesta, od kojih su tri u blizini jalovišta, a dva u blizini odlagališta GIN-200, na kojima u kontinuitetu borave ljudi. U okviru kompleksa Flotacije vrše se merenja i kontrola emisije praškastih materija u vazduh na mestu dva emitera primarnog, sekundarnog i tercijarnog drobljenja. Uzorkovanje se vrši jednom godišnje sa periodom uzorkovanja od tri dana, izuzev taložnih materija čije uzorkovanje traje mesec dana. Merna mesta i ruža vetrova prikazana su na slici 9.2.



Slika 9. 2 - Merna mesta uzorkovanja vazduha

9.2 Program monitoringa buke

Merenja se obavljaju jednom godišnje, kontinualno 7 dana na pet mernih mesta u okolini flotacijskog jalovišta i odlagališta GIN-200. Na slici 9.3 prikazana su merna mesta nivoa buke.



Slika 9. 3 - Merna mesta merenja nivoa buke

Merenje nivoa buke se obavlja u toku:

- dva 15-minutna merna intervala u toku dana (od 6⁰⁰– 18⁰⁰h) - indikator L_{day}
- jedan u toku večeri (od 18⁰⁰- 22⁰⁰h) - indikator $L_{evening}$
- kao i dva u toku noći (od 22⁰⁰- 6⁰⁰h) – indikator L_{night} , kako bi se izvršio monitoring buke za period od 24 h (L_{den}).

9.4 Program monitoringa zemljišta

Program monitoringa zemljišta organizuje se kroz šest zona uzorkovanja, jednom u tri godine:

- Zapadno, severno, istočno i jugoistočno od flotacijskog jalovišta, kao i
- Severozapadno i istočno od odlagališta GIN-200.

Uzorkuju se kompozitni uzorci sačinjeni od većeg broja sub-uzoraka. Uzorkovanje se obavlja na oko 500 m udaljenosti od jalovišta i odlagališta GIN-200 sa neobradivih i ogoljenih površina. Zone uzorkovanja prikazane su na slici 9.4.



Slika 9. 4 - Zone uzorkovanja zemljišta

9.5 Program monitoringa otpada

U okviru monitoringa otpada vode se podaci o vrsti, kategoriji i klasifikaciji otpada, zatim o dnevnoj količini generisanog otpada, količini privremeno uskladištenog otpada i godišnjoj količini generisanog otpada u [t].

9.6 Oskultacija flotacijskog jalovišta

Za brane u kategoriji visoko nasutih brana, u koju spada brana broj 9, propisano je kontinuirano tehničko osmatranje, tačnije oskultacija. Značaj osmatranja brana je u uočavanju i praćenju ponašanja koje bi ugrozilo projektovano stanje i ponašanje deponije. Redovno se vrši i oskultacija zaštitnog nasipa koji odvaja jalovište od bistrilišta. Oskultacija podrazumeva niz preduzimanih aktivnosti radi kontrole sigurnosti deponije i bezbednog prihvata poplavnih voda iz slivnog područja.

Osmatranje jalovišta, kao objekata specifičnih namena obavlja se na sledeće načine:

- svakodnevnim vizuelnim osmatranjima pojava i događanja na jalovištu i u bliskom okruženju,
- specijalističkim merenjima parametara bitnih za procenu stanja, i
- periodičnom izradom studija, izveštaja, ekspertiza i elaborata kojima se proučava stanje i na stručna način razrešava problem uočen vizuelnim osmatranjima i specijalističkim merenjima.

Cilj vizuelnih osmatranja je direktno osmatranje fenomena vezanih za uslove eksploatacije, režim infiltracije i stabilnosti deponija. Potrebno je obratiti pažnju na sledeće pojave: deformaciju terena; pojavu izvora, bara ili vlažnih zona; fenomen sufozije; eroziju; ravnomerenost zapunjavanja sa dostignutom visinom akumulacije.

Nakon ekstremnih prirodnih pojava, tehnoloških poremećaja i svih delovanja koja ugrožavaju bezbedan rad jalovišta, vrše se vanredna vizuelna osmatranja.

Merenja za cilj imaju pravovremeno kvantitativno i kvalitativno sagledavanje pouzdanosti nasipa deponije u celini. Merenja se dele na geodetska, hidrometrijska i geomehanička. Obavezna ugradnja uređaja važi sa geodetske repere, piježometre i hidrometrijske letve koja se vrši na samoj brani i okolnom terenu.

Prilikom oskultacije jalovišta vodi se dnevnik za koji su zaduženi glavni inženjer, koji rukovodi jalovištem, i njegov saradnik. Periodični izveštaji izrađuju se na osnovu dnevnika i predstavljaju mesečni izveštaj sastavljen od strane službe kojoj je povereno tehničko osmatranje. U izveštaju se nalazi komentar svih merenja, podataka i predloga za otklanjanje nedostataka i odstupanja eksploatacije jalovišta u odnosu na projektovano stanje. Polugodišnji izveštaj formiran je na osnovu mesečnih izveštaja, dok godišnji izveštaj formira specijalizovana firma van službe za upravljanje jalovištem.

10. PLAN ZATVARANJA I UPRAVLJANJA DEPONIJAMA POSLE ZATVARANJA

Prilikom zatvaranja jalovišta najveći problem predstavlja odabir pokrovnog sistema, samim tim važno je pridržavanje opših zahteva.

U pogledu fizičke stabilnosti, neophodno je sprečavanje pojave prašine i kontrolisanje erozije, kao i sprečavanje direktnog kontakta jalovine sa florom i faunom u okolini. Kada je u pitanju hemijska stabilnost potrebno je kontrolisati prodor kiseonika i vode u deponovani otpad uz kontrolu zagađenja putem kontrolisane infiltracije. I na kraju, prilikom korišćenja zemljišta i javnih dobara, neophodno je obezbeđenje uslova za rast vegetacije i vraćanje zemljišta u javnu upotrebu. Neki od pokrovnih sistema primenjivanih u područjima umereno vlažne i vlažne klime prikazani su u tabeli 10.1.

Tabela 10. 1 - Pokrovni sistemi za područja sa umereno vlažnom i vlažnom klimom

Kategorija	Primena	Ključne karakteristike	Komentari
Sistem za zaštitu od erozije	Nereaktivni otpadi sa malim sadržajem metala i soli	Površinski sloj debljine ~0.3 m u kojem je posejana trava, ili sloj šljunka ili gabiona	Može se zahtevati procena stanja zemljišta za odvod vode
	Kontrola penetracije kiseonika i vode nije potrebna	debljina ~ 0,3 m ako je vegetacija nepoželjna	
Pokrovni sistem barijera	Niska stopa perkolacije, 5-10% prosečnih godišnjih padavina	Sloj male propustljivosti za formiranje vegetaciju debljine ~1 m	Dugotrajnost sloja treba rešavati u fazi projektovanja
	Kontrola ulaska i izlaska gasova je poželjna	Naneseni sloj može biti glina, mešavina peska i bentonita ili trajno smrznuti sloj	Projektom treba sprečiti pojavu erozije
Višeslojni sistem	Veoma niska perkolacija, <5% prosečnih godišnjih padavina	Sloj debljine ~1 m iznad folije	Skupo. Treba razmotriti dugovečnost folije. Projektom treba sprečiti pojavu erozije
	Kontrola ulaska i izlaska gasova je poželjna	Osnovni i drenažni sloj su uglavnom potrebni	

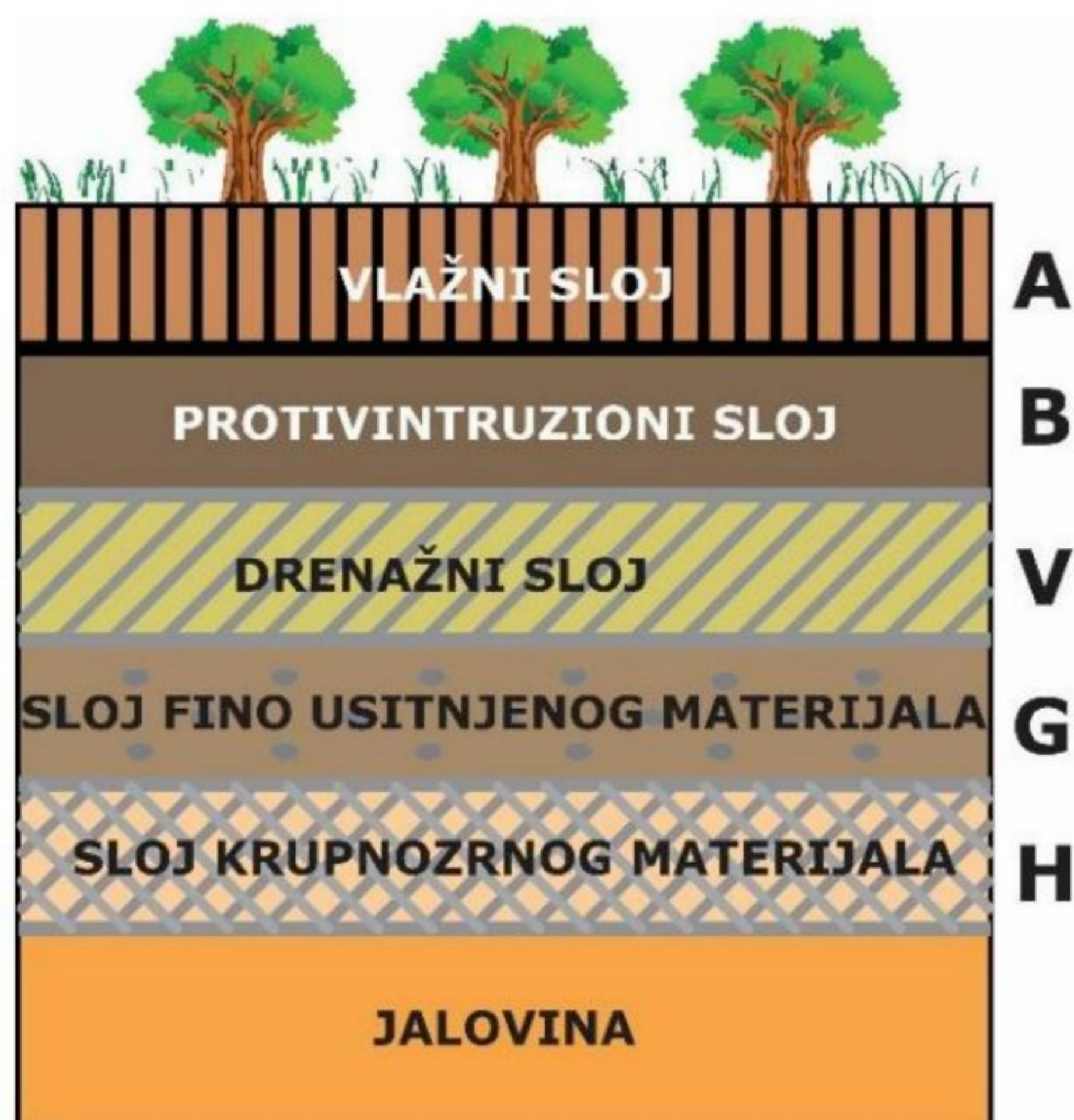
Proces zatvaranja odvija se kroz četiri faze:

1. Faza pripreme – izrada Plana zatvaranja, njegovo usvajanje i pribavljanje saglasnosti nadležnih organa i uslova za izradu Projekta zatvaranja
2. Faza projektovanja – izrada Projekta zatvaranja saglasno smernicama iz Plana,
3. Faza sanacije – praktično obavljanje radova na sanaciji i zatvaranju deponije, i
4. Faza ozelenjavanje – ozelenjavanje prostora.

Predviđeno je kombinovano, suvo-mokro, zatvaranje deponije, time što će jedan deo prostora ostati pod vodom, dok će drugi deo biti zatvoren nanošenjem više slojeva na prethodno odloženi mulj. Kombinovano zatvaranje podrazumeva zauzimanje većeg prostora nego što bi bilo zauzeto jalovištem. Ovakav način omogućen je ulivanjem dva potoka u jalovište, voda se, zajedno sa industrijskom vodom, koristi za flotiranje rude. Zatvaranjem Rudnika prestaće dotok industrijske vode dok će ostati voda koja dotiče potocima.

Plan zatvaranja obezbeđuje stabilnost deponije u svakom pogledu, gde je neophodno pre zatvaranja proveriti fizičku stabilnost i izvesti radove predviđene za analizu stabilnosti.

Sprečavanje izluživanja i aerozagađenja predviđeno je izolacijom deponovanog materijala mineralnim slojevima ukupne minimalne debljine od 1,6 m. Suvo zatvaranje obavlja se nanošenjem pet slojeva koji su prikazani na slici 10.1.



Slika 10. 1 - Raspored slojeva pri zatvaranju flotacijskog jalovišta

- A - vlažni sloj, sloj na kojem će se kasnije formirati bio pokrivač (trava, žbunje, drveće),
- B - protivintruzioni sloj, sloj koji treba da spreči prodiranje vode ka deponovanom otpadu,
- V - drenažni sloj, sloj koji treba da izvede (izdrenira) svu vodu koja je prodrila kroz prethodni sloj van kontura jalovišta,
- G - sloj fino usitnjenog materijala, koji treba da predstavlja fizičku prepreku između slojeva i deponovanog otpada,
- H - sloj krupnozrnog (beskapilarnog) materijala.

U pripremnoj fazi potrebno je ispitati mogućnost ponovne prerade jalovine i potpunog iskorišćenja mineralnog resursa, ukoliko je ponovna prerada isplativa proces zatvaranja

se produžava za period potreban za potpunu preradu. U ovom slučaju neophodna je izrada novog Plana zatvaranja. Projektovanje i saniranje podrazumeva dovođenje brane u početno projektovano stanje. Prilikom zatvaranja nanose se slojevi materijala mineralnog porekla za izolovanje deponovanog materijala od okruženja i stvaranje osnove za formiranje biološkog pokrivača. Na samom kraju nastupa ozelenjavanje i sadnja drveća u cilju dovođenja prostora u sklad sa okruženjem.

Prikaz aktivnosti u svakoj od faza nalazi se na slici 10.2 na kojoj se može videti i da je zatvaranje deponije definisano na period od 7 godina.

Faza	Aktivnost	Period
Pripremna faza	Priprema ulaznih podataka za analizu stabilnosti deponije	2 godine
	Provera nosivosti prethodno deponovanog materijala	
	Kontrola stanja i osposobljavanje svih mernih uređaja na brani	
	Redovni monitoring deponije	
	Nivelacija na kruni brane	
	Sanacija pristupnog puta i spoljašnjih objekata	
	Inoviranje hidrološke studiju za deponiju	
	Detaljna procena rizičnosti deponije nakon zatvaranja	
	Sagledavanje isplativost ponovne prerade otpada	
	Prezentacija Plana zatvaranja lokalnoj samoupravi	
	Pribavljanje potrebnih uslova i saglasnosti za izradu Projekta zatvaranja	
Faza izrade projektne dokumentacije i saniranja	Projekat zatvaranja deponije	1 godine
	Obezbeđivanje svih saglasnosti i dozvola	
	Saniranje svih uočenih nepravilnosti na brani	
	Redovni monitoring deponije	
Faza zatvaranja deponije	Sanacija deponije i objekata	2 godine
	Izrada sloja od krupnozrnog materijala debljine min. 50 cm.	
	Izrada sloja debljine 20 cm od fino usitnjenog materijala.	
	Izrada drenažnog sloja debljine 20 cm.	
	Izrada sloja od sitnozrne jalovine debljine 20 cm.	
	Izrada gornjeg sloja debljine 50 cm.	
	Redovni monitoring deponije.	
Faza ozelenjavanja	Formiranje biopokrivača na deponiji	2 godine.
	Održavanje i negovanje biopokrivača	
	Redovni monitoring deponije	

Slika 10. 2 - Prikaz aktivnosti na zatvaranju deponija otpada

Na ovako zatvorenoj deponiji treba formirati biološki pokrivač radi sprečavanja razvejavanja materijala, erozionog dejstva vode i vetra i uklapanja deponije u okruženje.

Prilikom izbora biljnih vrsta treba obratiti pažnju na dubinu korena koji biljke razvijaju, treba posaditi najmanje šest različitih vrsta trava i grmova.

Mokri deo jalovišta treba urediti tako da se ostavi dovoljno prostora za formiranje korita kojim će se Krasojevačka reka i potok usmeravati ka bistrilištu preko kojeg će se voda usmeravati u potok ispod brane 9.

Otpad iz jame je krupnozrn i odlaže se u suvom stanju unutar slobodnih prostora jame, pa je zatvaranje tog prostora blisko povezano sa zatvaranjem same jame. Neminerilizovana jalovina sa “Gušavog potoka” planirana je za ponovnu eksploataciju i plasiranje na tržište.

11. ZAKLJUČAK

U rudniku “Rudnik” generišu se dve vrste otpada, flotacijska jalovina i neminerilizovani jamski otpad. Flotacijska jalovina nastaje u procesu flotacijske koncentracije korisnih sulfidnih minerala olova, cinka i bakra. Neminerilizovani jamski otpad nastaje eksploatacijom rude. Na osnovu izvedenih ispitivanja obe vrste otpada klasifikovane su prema katalogu otpada kao neopasan otpad. Najpre su se ispitivale fizičko-mehaničke karakteristike, praćene ispitivanjem hemijskog i mineraloškog sastava. Učešće ukupno veoma toksičnih i ukupno opasnih materija u oba slučaja su daleko ispod graničnih vrednosti. Testovi izluživanja vršeni su na osnovu dve procedure, prema standardu SRPS.EN 12457-2:2008 i prema proceduri TCLP, EPA gde su rezultati kod neminerilizovanog jamskog otpada pokazali povećanu koncentraciju arsena prema evropskom standardu. Rezultati testova izluživanja kod obe vrste otpada svrstavaju otpad u neopasan. Prilikom ispitivanja neutralizacionog i kiselinskog potencijala flotacijske jalovine i neminerilizovane jalovine rezultati pokazuju da postoje uslovi za formiranje kiselih drenažnih voda, međutim da su potrebna dodatna ispitivanja kako bi

se došlo do konačnog suda. Kod ispitivanja flotacijske jalovine rezultati ne pokazuju nedvosmisleno da postoje uslovi, već postoje teorijski uslovi za formiranje drenažnih voda, svakako neophodno je preduzimanje mera kako ne bi došlo do formiranja.

Prilikom zbrinjavanja otpada prate se opšti koraci hijerarhije upravljanja otpadom. U svakodnevnu obavezu rudnika spada smanjenje proizvodnje otpada, to jest povećanje iskorišćenja, u upotrebi je i deponovanje, dok se u slučaju nemineralizovane jalovine planira ponovna upotreba sa odlagališta „Gušavi potok“ u vidu sirovine za putogradnju.

Prilikom kategorizacije flotacijskog jalovišta i odlagališta prema rizičnosti koriste se kriterijumi u vidu mogućnosti uspostavljanja lanca „izvor-putanja-recipient“, mogućnosti ugrožavanja okolnog stanovništva i određivanja nivoa štete po životnu sredinu. Prema navedenim kriterijumima, flotacijsko jalovište klasifikuje se kao kategorija A, dok je kod odlagališta moguće uspostaviti lanac „izvor-putanja-recipient“, ali na osnovu preostala dva kriterijuma klasifikacija je van kategorije A.

Rizici postoje u vidu proloma brane broj 9 na flotacijskom jalovištu koji bi izazvao nastanak poplavnog talasa i klizanja odloženog materijala sa odlagališta koje bi eventualno moglo inicirati udes na flotacijskom jalovištu. Navedene su mere čijom implementacijom se osigurava adekvatno upravljanje ovim objektima kako ne bi došlo do udesa.

Za zatvaranje flotacijskog jalovišta predlaže se suvo-mokro zatvaranje koje podrazumeva nanošenje više slojeva materijala mineralnog porekla, u cilju eliminisanja mogućnosti da dođe do zagađenja životne sredine izluživanjem i aerozagađenjem, na suvom delu i obezbeđenje bezbednog proticanja potoka kroz jalovište u mokrom delu.

Jamski otpad odlaže se u suvom stanju u slobodnom prostoru jame, te je zatvaranje tog prostora povezano sa zatvaranjem jame. Nemineralizovana jalovina sa odlagališta „Gušavi potok“ planirana je za eksploataciju i plasiranje na tržište.

Literatura:

1. Dinko N. Knežević, Dragana D. Nišić, Rudolf A. Tomanec, Dragana D. Randelović, 2018. Karakterizacija i upravljanje industrijskim otpadom, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
2. Dinko Knežević, Slavko Torbica, Zlatko Rajković, Mirko Nedić, 2015. Odlaganje industrijskog otpada, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
3. Zakon o upravljanju otpadom - "Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018 - dr. zakon i 35/2023
4. Dragana D. Nišić, Aleksandar S. Cvjetić, Dinko N. Knežević, 2019. Tehnika – rudarstvo, geologija i metalurgija, Rudarski otpad, str. 47-53.
5. Državna revizorska institucija Srbije, 2022. Izveštaj o svrsishodnosti poslovanja, Upravljanje opasnim otpadom, Beograd
6. Dragana D. Nišić, Uroš R. Pantelić, Nikoleta M. Aleksić, Neda D. Nišić, 2021. Tehnika – rudarstvo, geologija i metalurgija, Klasifikacija deponija rudarskog otpada prema zakonskoj regulativi u Srbiji, str. 575-580.
7. Zakon o zaštiti životne sredine - "Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon
8. Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima - "Sl. glasnik RS", br. 101/2015, 95/2018 - dr. zakon i 40/2021
9. Rudnik i flotacija Rudnik doo, Plan upravljanja rudarskim otpadom, decembar 2022.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Ања Зеркић

Број индекса Р49119

Изјављујем

да је завршни рад под насловом

Управљање рударским отпадом у
руднику "Рудник"

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

У Београду, 01.09.2023.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Ања (Марио) Зефкић

Број индекса Р49119

Студијски програм Инжењерско-техничке животно-средне

Наслов рада Управљање рударским сиппадом у руднику
"Рудник"

Ментор доц. др Зорана Нишић

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

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

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

У Београду, 01.09.2023

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

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

Управљање рударским отпадом у руднику
"Рудник"

који је моје ауторско дело.

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

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

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

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

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

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

У Београду, 01.09.2023.

Потпис ментора

Потпис студента

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