

Испитивање могућности предконцентрације руде Леце

Славко Тодић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Испитивање могућности предконцентрације руде Леце | Славко Тодић | | 2023 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007814>

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ-
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ**
11120 Београд 35, ул. Ђушина 7
Тел: (011) 3219-100, Факс: (011) 3235-539



**UNIVERSITY OF BELGRADE,
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**
Republic of Serbia, Belgrade, Djusina 7
Phone:(381 11) 3219-100, Fax: (381 11) 3235-539



Основне академске студије

ЗАВРШНИ РАД

Тема:

**Испитивање могућности предконцентрације руде
Леце**

**Кандидат: Славко ТОДИЋ,
Р109-18**

Ментор: Предраг ЛАЗИЋ, ред. проф.

У Београду, 2023. године

Ментор :

Проф др Предраг Лазих

Комисија за одбрану :

Проф др Предраг Лазих

Проф др Милена Костовић

Проф др Игор Миљановић

Датум одбране: _____

РЕЗИМЕ:

Овај завршни рад се заснива на испитивању могућности примене процеса предконцентрације руде у руднику Леце. У циљу свеобухватног испитивања и добијања што прецизнијих резултата, у општем делу рада представљен је географски положај рудника, историјат ранијих истраживања, геолошке карактеристике лежишта, минерални састав и структурно-текстурне карактеристике, приказ поступака припреме минералних сировина који се примењују у погону, као и опис шеме процеса припреме минералних сировина.

Поред основних података о самом руднику, општи део садржи поглавље о гравитацијској концентрацији у тешкој средини и машинама за гравитацијску концентрацију крупних класа у тешкој средини.

У специјалном делу овог завршног рада дати су резултати експерименталних испитивања која су обухватила: приказ гранулометријског састава дефинитивно издробљене руде на којој су рађена ова испитивања, плива-тоне анализу на класи крупноће +2,5 mm, обраду и анализу резултата плива тоне анализе, приказ биланса предконцентрације, закључак и литературу.

Кључне речи: Предконцентрација, плива-тоне анализа, тешка и лака фракција

Садржај

	страна
1. Увод.....	7
2. Географски положај рудника Леце	8
2.1. Физичко-географске одлике	8
3. Историјат ранијих истраживања	9
3.1. Историјат развоја рудника „Леце“	9
4. Геолошке карактеристике лежишта	10
4.1. Минерални састав и структурно-текстурне карактеристике лежишта	10
5. Подаци о технолошком процесу прераде руде	11
5.1. Уситњавање руде дробљењем	12
5.2. Млевење и класирање	14
5.3. Флотирање минерала олова и цинка	16
5.3.1. Флотирање минерала олова	17
5.3.2. Флотирање минерала цинка.....	18
5.4. Одводњавање концентрата минерала олова.....	19
5.5. Одводњавање концентрата минерала цинка	20
5.6. Одлагање јаловине у погону флотације рудника „Леце“	20
5.7. Флотирање минерала пирита	21
6. Гравитацијска концентрација у тешкој средини	24
6.1. Тешка средина	24
6.1.1. Густина суспензије.....	25
6.1.2. Вискозитет суспензије	25
6.1.3. Стабилност суспензије.....	26
6.1.4. Материјали за израду суспензије.....	27
6.1.5. Регенерација суспензије.....	27
6.2. Уређаји за концентрацију у тешкој средини	29
6.2.1. Конусни уређаји	30
6.2.2. Бубњасте уређаји	31
6.2.3. Коритасти уређаји	32
7. Опит предконцентрације у лабораторији	35
7.1. Просејавање.....	35
7.2. Поступак гравитацијске концентрације у тешкој средини.....	37
7.2.1. Одређивање густине бромофора пикнометарском методом	37
7.2.2. Потапање и раслојавање материјала у тешкој течности	38
7.3. Узорковање и обрада узорка.....	41
8. Гранулометријски састав.....	47
9. Шема процеса и биланси предконцентрације	48
10. Закључак	51
Литература.....	52

Распоред слика и табела у раду

Слика 1 Општина Медвеђа	8
Слика 2 Стационарна решетка	12
Слика 3 Чeљусна дробилица „METSО С96“	12
Слика 4 Конусна дробилица „METSО GP100“	13
Слика 5 Технолошка шема дробљења и просејавања	13
Слика 6 Бункер уситњене руде	14
Слика 7 Спирални класификатор	14
Слика 8 Млин са куглама	14
Слика 9 Хидроциклони	15
Слика 10 Затворени циклус млевења и класирања	15
Слика 11 Растварање кречног млека	16
Слика 12 Основно и контролно флотирање	17
Слика 13 Млин за домељавање	17
Слика 14 Троструко пречишћавање	18
Слика 15 Машине за флотирање цинка	18
Слика 16 Машине за пречишћавање концентрата цинка	19
Слика 17 Филтер преса олова	20
Слика 18 Изглед јаловишта	21
Слика 19 Кондиционер пирита	22
Слика 20 Машине основног флотирања пирита	22
Слика 21 Машине контролног флотирања пирита	23
Слика 22 Троструко пречишћавање концентрата пирита	23
Слика 23 Шематски приказ сила које делују на зрно потопљено у флуид	24
Слика 24 Зависност вискозитета суспензије од густине суспензије	26
Слика 25 Шема гравитацијске концентрације у суспензији феросилицијума	28
Слика 26 Шематски приказ гравитацијске концентрације у тешкој средини	29
Слика 27 Конусни уређај „WEMCO“ са пражњењем помоћу електромагнетног вентила	30
Слика 28 Конусни уређај „WEMCO“ са пражњењем помоћу пумпе и са пражњењем помоћу аерлифта	31
Слика 29 Бубњаста концентратор „WEDAG“	31
Слика 30 Бубњаста уређај „HUMBOLDT“	32
Слика 31 Коритасти уређај „ОСС“	32
Слика 32 Коритасти уређај „Drewboy“	33
Слика 33 Бубњаста уређај „WEMCO“ за два производа	34
Слика 34 Бубњаста уређај „WEMCO“ за три производа	34
Слика 35 Сита послaгана у слог за суво просејавање	35
Слика 36 Припрема материјала за мокро просејавање	36
Слика 37 Мокро просејавање на ситу отвора 2.5 mm	36
Слика 38 Просев класе крупноће -2.5 mm	36
Слика 39 Материјал класе крупноће -2.5 mm након сушења	37
Слика 40 Одређивање густине бромофора пикнометарском методом	37

Слика 41 Заштитна опрема током извођења опита	38
Слика 42 Додавање тешке течности (бромофора) у канту	39
Слика 43 Перфорирана посуда за потапање материјала у суспензију	39
Слика 44 Изузимање лаке фракције перфорираном кашиком.....	39
Слика 45 Капела за сушење материјала	40
Слика 46 Тешка фракција (ΔT)	40
Слика 47 Лака фракција ΔL	41
Слика 48 Уситњавање материјала на чељусној дробилици.....	41
Слика 49 Просејавање пре дробљења у дробилици са глатким ваљцима.....	42
Слика 50 Дробилица са глатким ваљцима.....	42
Слика 51 Хомогенизација материјала прекотрљавањем	43
Слика 52 Формирање погаче.....	43
Слика 53 Узимање узорка методом шах поља	44
Слика 54 Микронизирајући млин-пулверизатор.....	44
Слика 55 Радни орган микронизирајућег млина	44
Слика 56 Узорковање након спрашивања (ΔT).....	45
Слика 57 Припрема узорка класе крупноће -2.5 mm за хемијску анализу.....	45
Слика 58 Узорци спремљени за хемијску анализу.....	46
Слика 59 Графички приказ гранулометријског састава.....	47
Слика 60 Шема процеса предконцентрације.....	48
Слика 61 Заостали минерали олова у јаловини.....	49
Слика 62 Заостали минерали олова у јаловини.....	50
Табела 1 Табеларни приказ гранулометријског састава	47
Табела 2 Биланс предконцентрације-производи	48
Табела 3 Биланс предконцентрата.....	49

1. Увод

Завршни рад на тему „Испитивање могућности предконцентрације руде Леце“ састоји се из општег и специјалног дела.

Предконцентрација руде се обично изводи на дефинитивно издробљеној руди у циљу издвајања крупнозрне јаловине која не иде у процес млевења и класираша и процес концентрације чиме се постиже више уштеда. Прво смашује се количина руде која се меље и концентрише што је најскупљи део технолошког процеса а као друго постиже се већи садржај метала у предконцентрату што обезбеђује боље технолошке резултате у процесу концентрације

Овај завршни рад се заснива на испитивању могућности примене процеса предконцентрације руде у руднику Леце. У циљу свеобухватног испитивања и добијања што прецизнијих резултата, у општем делу рада представљен је географски положај рудника, историјат ранијих истраживања, геолошке карактеристике лежишта, минерални састав и структурно-текстурне карактеристике, приказ поступака припреме минералних сировина који се примењују у погону, као и опис шеме процеса припреме минералних сировина.

Поред основних података о самом руднику, општи део садржи поглавље о гравитацијској концентрацији у тешкој средини и машинама за гравитацијску концентрацију крупних класа у тешкој средини.

У специјалном делу овог завршног рада дати су резултати експерименталних испитивања која су обухватила: приказ гранулометријског састава дефинитивно издробљене руде на којој су рађена ова испитивања, плива-тоне анализу на класи крупноће +2,5 mm, обраду и анализу резултата плива тоне анализе, приказ биланса предконцентрације, закључак и литературу.

2. Географски положај рудника Леце

У непосредној близини села Леце, налази се истоимени рудник. Село Леце припада општини Медвеђа у Јабланичком округу. Рудник Леце смештен је између планина Радан, Петрове горе, Мајдана и Расоваче. Рудник је на надморској висини од 525 метара. Сам рудник окружују села Дренце, Гајтан, Бучумет, Газдаре, Пусто Шилово и друга. [3]

Удаљено је око 30 km западно од Лесковца, 35 km североисточно од Приштине и источно од Трепче, као и 20 km југоисточно од Куршумлије. На удаљености од око 10 km од Леца налази се варошица Медвеђа (Слика 1) која је седиште општине, док је на 20 km од рудника Сијаринска бања позната по својим лековитим изворима. Најближа железничка станица је у Лесковцу преко које се руда отпремала пругом Београд - Ниш - Скопље. Леце је повезано са Лесковцем асфалтним путем преко Лебана дугим 52 km и са Приштином путем преко Тулара и Медвеђе дугим 60 km. [3]



Слика 1 Општина Медвеђа

1.1. 2.1. Физичко-географске одлике

Стварање лежишта и рудних појава олова, цинка и злата у рејону Леца генетски је везано за тектонско-магматске процесе. У масиву се јављају следећи металични минерали: пирит, маркасит, сфалерит, халкопирит, енаргит, галенит, хематит и други. Од неметаличних минерала највише су присутни карбонати, кварц, апатит и други.

Ово лежиште се налази у подручју које чини део великог слишанског (јабланичког) андезитског масива који се према југу, код Тулара, сужава. Дужина масива износи око 50 km, а највећа ширина до 25 km. Према северозападу овај масив досеже скоро до Куршумлије, а на југу до Тулара, односно Китке. Његова површина износи око 750 km². [3]

Главно лежиште олова, цинка, злата, сребра и других метала везано је за зону Расовача и Језерина у дужини од 3,5 km. Извори минералне воде у рејону Сијаринске бање и Тулара указују на остатке терцијарног вулканизма у овом крају.

Област рудника „Леце” задржала је све карактеристике вулканског терена. Оштри врхови вулканских купа издвајају се обликом и висином од осталих делова планина. Просечна висина ове области креће се између 500 и 750 m, док су врхови вулканских купа ретко нижи од 1 000 m. Већи врхови у области су Шопот (1408 m), Соколов вис (1370 m), Равна планина (1194 m), Свети Петар (1149 m), Мајдан планина (1090 m) и други. Хидротермалне промене утицале су да се на терену створе изразити одсеци, који су изнад терена и до десет метара.

Клима рудне области врло је повољна за рад рудника, транспорт руде и превоз радника. Основна хидрографска карактеристика овог места јесте велики број водених токова. Мањи речни токови (Лецка река, Гајтанска река) и потоци имају бујични карактер, док током лета пресуше. Ови токови утичу у Газдарску реку.

Мале количине подземних вода чине да је јама рудника релативно сува и да се вода из три водосабирна окна лако и брзо испумпава. Рудник се снабдева пијаћом водом водоводом који је изграђен од Радана до Леца.

3. Историјат ранијих истраживања

Остаци ранијих рударских радова указују на то да је рудник био насељен још у праисторији. Трагови су пронађени у околини данашњег рудника на простору око десетак километара, и то у селима: Дренце, Леце, Горњем Бучумету, Петрију, Лозану, Вујанову, као и у насељу Медвеђи.

Археолошки остаци указују на то да су се Римљани, поред осталог бавили рударством. На око 2000 метара од рудника нађени су споменици са латинским натписима. Околина Леца била је густо насељена за време Римљана и Византијаца. На то указује густина порушених цркава из тог доба као и нађени новац (златни, сребрни и бакарни) који потиче из времена од III до VI века. [3]

Мајдан планина је такође доказ који сведоче о радовима на вађењу руде и топљењу. Римљани су углавном радили на површини и у меким деловима стена, а нешто мање у тврдим стенама. Римско рударење било је великог обима и значајног интензитета. На јужној страни Расоваче нађена је руда из које је вађен полудраги камен (аметист и ахат). Сматра се да је у античко доба овде откопавано драго камење.

Радови су такође вршени и у времену постојања Византије. Ови радови су по свом обиму знатно скромнији. Овде су радили и Саси, који су у XIII и XIV веку, на захтев Дубровника и Венеције, а по одобрењу српских владара дошли у ове крајеве.

Рударски радови могу се поделити на целине око рудника „Леце”, Тулара – Медевца, Маровца – Боровца – Сијаринске бање и Ђаволје вароши. Готово у сваком селу, на овом подручју, налазе се археолошки остаци рударских радова. На основу података којих нажалост нема много, долази се до закључка да је руда прерађивана на више места, те да су рударски радови били учестали и обимни. [3]

3.1. Историјат развоја рудника „Леце”

Првобитно постројење за флотирање руде из рудника Леце изграђено је и пуштено у рад 1953. године са одјељењем за флотацијску концентрацију минерала олова и минерала цинка, као и одељењем за цијанизацију, капацитета 350 t/dan. После реконструкције, која је извршена 1976. године, капацитет овог постројења је подигнут на 640 t/dan. Цијанизација руде није у функцији. Постројење је лоцирано у селу Газдаре СО Медвеђа.

За флотацијску концентрацију минерала олова и цинка у флотацији Леце, 1976. године су уграђене флотацијске машине руске производње типа „FPM-GMO-1.6“, а за пречишћавање флотацијске машине „FMP-10“. [3]

У међувремену, 2013. године, је извршена нова реконструкција при чему је извршена уградња нове линије за флотирање минерала олова тако што су за грубо и контролно флотирање уграђене четири флотацијске ћелије „IF-10“ пољске производње, а за пречишћавање 4 ћелије „IF-3“ такође пољске производње.

Тренутно се, у постројењу за флотацијску концентрацију рудника Леце користи 8 ћелија „RCS-5“ за грубо и контролно флотирање минерала олова и 4 ћелије „RCS-3“ за пречишћавање минерала олова фирме „Metso minerals“ из Финске. Флотацијске машине које су тренутно уграђене су савремених техничко-технолошких карактеристика, са свом пратећом опремом за аутоматску контролу нивоа пулпе и потрошњу ваздуха. За флотирање минерала цинка користе се и даље руске машине које су уграђене 1976. године. [3]

Поред сталних промена флотацијских машина, прије свега на линији флотирања минерала олова са златом, врше се и стална истраживања могућности побољшања технолошких параметара променом реагенсног режима.

4. Геолошке карактеристике лежишта

Рудно поље и лежиште Леце налази се у југоисточном делу лецког андезитског масива, на јужним и југоисточним падинама планине Радан. Територијално припада СО Медвеђа.

Геолошким испитивањима и истраживањима утврђено је да се у простору овог рудног рејона налази већи број лежишта и рудних појава олова, цинка и злата. Од свих рудних појава овог рејона у лежишту „Леце“ су утврђене значајне рудне резерве. Рудно лежиште се налази у андезитима, вулканским бречама и туфовима на једној великој дислокацији (Туларска дислокација), са пружањем северо-запад југо-исток са стрмим падом ка југо-западу за 60-75 степени. Дужина ове тектонске везе је око 7 km.

У геолошкој грађи рудног рејона учествују и бројне кварцне жице, које су настале као резултат хидротермалних процеса. Рудна минерализација је настала такође као резултат хидротермалних процеса и депонована је унутар раседних зона у пукотинама и прслинама. Веће концентрације рудних минерала се налазе у деловима бречастих зона, са интензивно издробљеним стенама, нарочито тамо где у бречи преовлађују кварцни фрагменти над каолинским андезитима. У деловима испуцалих кварцних жица јавља се спорадична рудна минерализација. Из тог разлога у руди се наизменично смењују релативно богатија рудна тела, жичних, жично-сочивастих форми, неправилних тела штокверкног типа са слабо минерализованим међупросторима, нарочито у погледу олова и цинка. [3]

Руду у „Лецу“ чине, практично сулфидни минерали и кварц. Број минералних врста је релативно мали. Рудни минерали у отвореном дијелу лежишта настали су на ниским температурама. Међу овим минералима су заступљени: сфалерит, галенит, пирит, халкопирит и златоносни кварц.

4.1. Минерални састав и структурно-текстурне карактеристике руде Леце

Руду у „Лецу“ практично чине сулфидни минерали и кварц. Број минералних врста је релативно мали. Рудни минерали у отвореном делу лежишта настали су на

ниским температурама. Међу овим минералима су заступљени: сфалерит, галенит, пирит, халкопирит и златоносни кварц.

Сфалерит је један од најраспрострањенијих и најзаступљенијих сулфидних минерала у лежишту, настао на температурама испод 130 °C. Ретко се појављује у крупним кристалима углавном је ситнозрн и садржи кадмијум. У лежишту је образован у три фазе:

- Прва фаза- сфалерит са халкопиритским издвајањем;
- Друга фаза- тамни сфалерит без издвајања халкопирита са малим садржајем гвожђа (1,94% Fe);
- Трећа фаза (најмлађа)- свијетло-зеленкасти или жућкасти скоро провидан сфалерит са 0,73 % Fe. Овај тип сфалерита је најраспрострањенији.

Галенит заједно са сфалеритом представља најважнији минерал у лежишту. Највећа маса галенита је ситнозрнаста у виду кристала и минералних агрегата. Галенит настаје у три фазе. Највећи део галенита припада трећој фази, другој мање, а првој фази најмање. Галенит друге и треће фазе је без издвајања, образује кристалне масе и гнезда и садржи злато и сребро, и такав галенит се назива златоносним галенитом. Галенит замењује старије минерале, а њега најчешће замјењује пирит. Испуцао је и катаклизиран. У зони оксидације превучен је тањом или дебљом кором церузита. [3]

Пирит је распрострањен у лежишту у виду зрнастих агрегата заобљене форме што указује на стварање из гела. На пириту се често цементује халкопирит који га дијелом измењује. Величина зрна пирита варира, али се најчешће креће од 4-5 mm. Носи нешто злата и сребра. [3]

Халкопирит је носилац бакра и јавља се у руди у малим количинама, али је увијек присутан. Настаје у три фазе:

- Прва фаза- халкопирит се издваја са смеђим сфалеритом у виду ситних зрна;
- Друга фаза- у овој фази је халкопирит заступљен у виду зрнастих агрегата величине зрна око 0,15 mm;
- Трећа фаза- у овој фази се халкопирит манифестује интимним прорастањем са пиритом.

Злато се у руди јавља као самородно. Налази се у кварцу, галениту, сфалериту и показује заобљене форме.

5. Подаци о технолошком процесу прераде руде

Основна делатност рудника Леце као целине, обухвата експлоатацију, припрему и прераду олово-цинкове руде са већим садржајем злата и сребра. Експлоатација руде врши се на два подземна откопа „Језерина” и „Расовача”. Дистрибуција руде врши се камионским транспортом до прихватног платоа погона флотације.

Након тога приступа се припремним процесима, који обухватају низ операција у којима се стварају услови за каснију концентрацију корисних компоненти. У погону флотације на линијама флотирања олова и цинка, добијају се два концентрата као дефинитивни производ флотације и флотацијска јаловина која се одлаже на јаловишту.

Прерада руде на флотацији „Леце“ одвија се у следећим фазама:

- примарно дробљење, које се налази у кругу рудника;
- секундарно и терцијално дробљење са одговарајућим просијавањем, које се налазе поред флотацијског постројења;

- млевање и класирање руде;
- селективно флотирање минерала олова и цинка;
- одводњавање производа концентрације.

Јаловиште је брдског типа и удаљено је од флотације око 100 m.

5.1. Уситњавање руде дробљењем

Руда добијена откопавањем на два подземна откопа „Језерина” и „Расовача” гтк око 400 mm, транспортује се камионом до проточног бункера капацитета 150 t. Изнад бункера постављена је стационарна решетка квадратних отвора 415 x 365 mm (Слика 2), која служи за издвајање вангабаритних комада, крупноће изнад 400 mm. На тај начин је лимитирана г.г.к. руде која улази у дробилицу. Вангабаритни комади се хидрауличним разбијачем разбијају на самој решетки. [3]



Слика 2 Стационарна решетка

Подрешетни производ непокретне решетки, чланкастим додавачем дозира се у радни простор чељусне дробилице. Чељусна дробилица је типа „METSO C96“ (Слика 3), продукт дробилице је гтк 85 mm са каталошким капацитетом од $Q_{kat} = 60-75 \text{ t/h}$ суве руде.



Слика 3 Чељусна дробилица „METSO C96“

Секундарно издробљена руда из дробилице пада на транспортну траку, која се спаја са издробљеним производом конусне дробилице, и заједно се преко транспортне траке одводи до вибрационог сита на просејавање. Конусна дробилица, произвођача

„METSO GP100“ (Слика 4), даје издробљени продукт г.г.к. 25 mm, при чему остварује каталошки капацитет од $Q_{kat}=50-96$ t/h суве руде. [3]

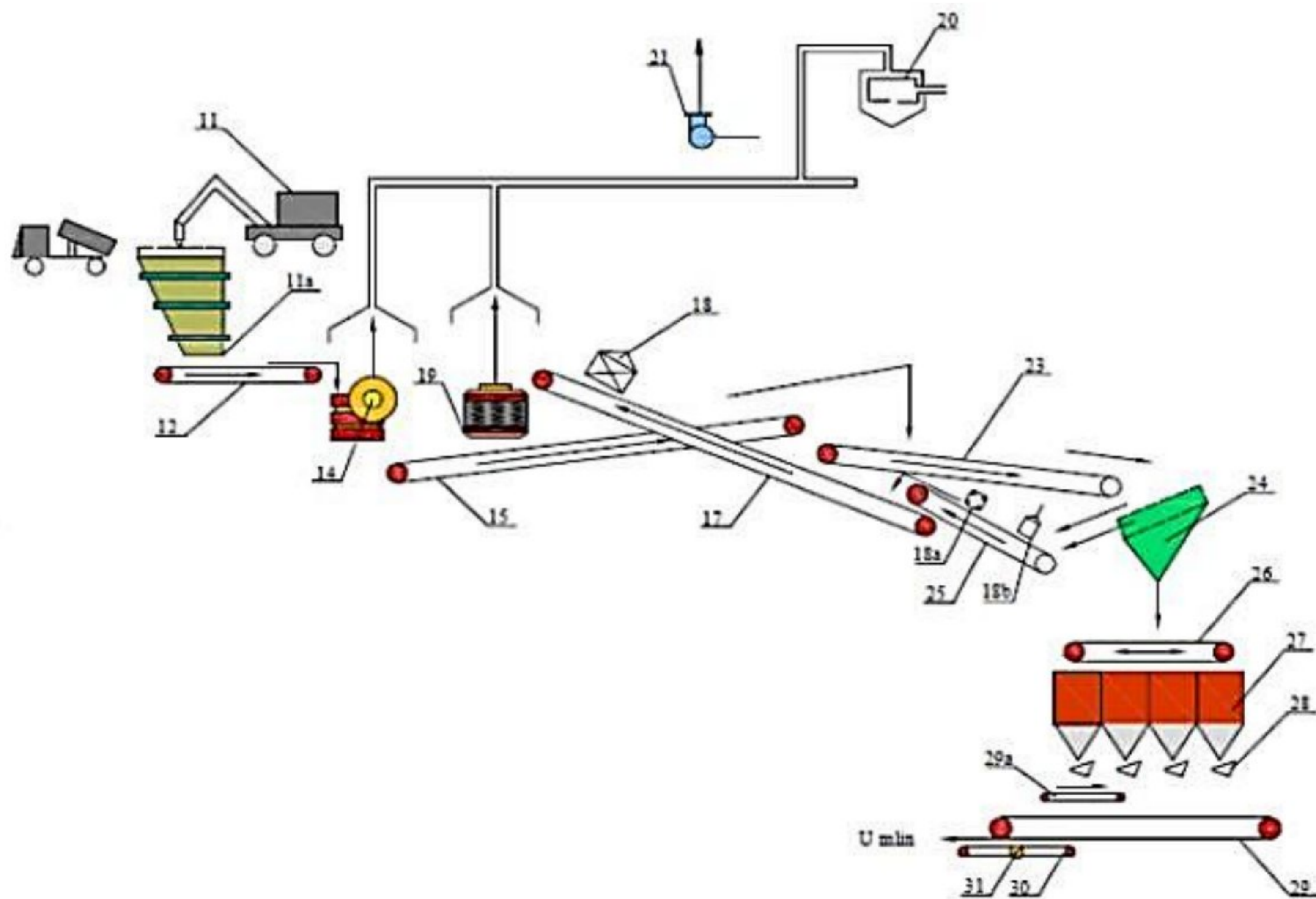


Слика 4 Конусна дробилица „METSO GP100“

Просејавање се одвија на вибрационом ситиу VS 12/2 PS. Сито се састоји од две сејне површине правоугаоних отвора, величина отвора горње сејне површине износи 30 x 50 mm. Доња сејна површина сита је предвиђених правоугаоних отвора 18 x 30 mm.

Надрешетни производ горње и доње сејне површине спаја се и системом транспортних трака враћа на терцијално уситњавање. Подрешетни производ доње сејне површине, пада на ревирибилну транспортну траку и депонује у вишећелијски бункер (4 ћелије, свака капацитета $Q_{ћелије}$ бункера = 150 t). [3]

На слици 5 приказана је технолошка шема дробљења и просејавања олово-цинкове руде.



Слика 5 Технолошка шема дробљења и просејавања

5.2. Млевење и класирање

Дефинитивни производ дробљења и просејавањем се уз помоћ хранилице дозира на покретну траку, која се налази испод самих бункера за уситњену руду (Слика 6). Додавање креча у млин регулисано је помоћу прихватног бункера и пужног додавача, који су постављени на транспортној траци иза електронске регулирајуће и региструјуће ваге.



Слика 6 Бункер уситњене руде

Хоризонтална транспортна трака - додавач, прихвата руду са транспортне траке и додаје руду у млин са куглама, који ради у затвореном кругу са спиралним класификатором (слика 7) и хидроциклоном.



Слика 7 Спирални класификатор

Измлевена руда из млина са куглама гравитацијски одлази у спирални класификатор чији се песак заједно са песком хидроциклона, слободним падом враћа у млин са куглама (Слика 8) на домљавање, док прелив спиралног класификатора помоћу муљне пумпе одводи се на други степен класирања у хидроциклон. [3]



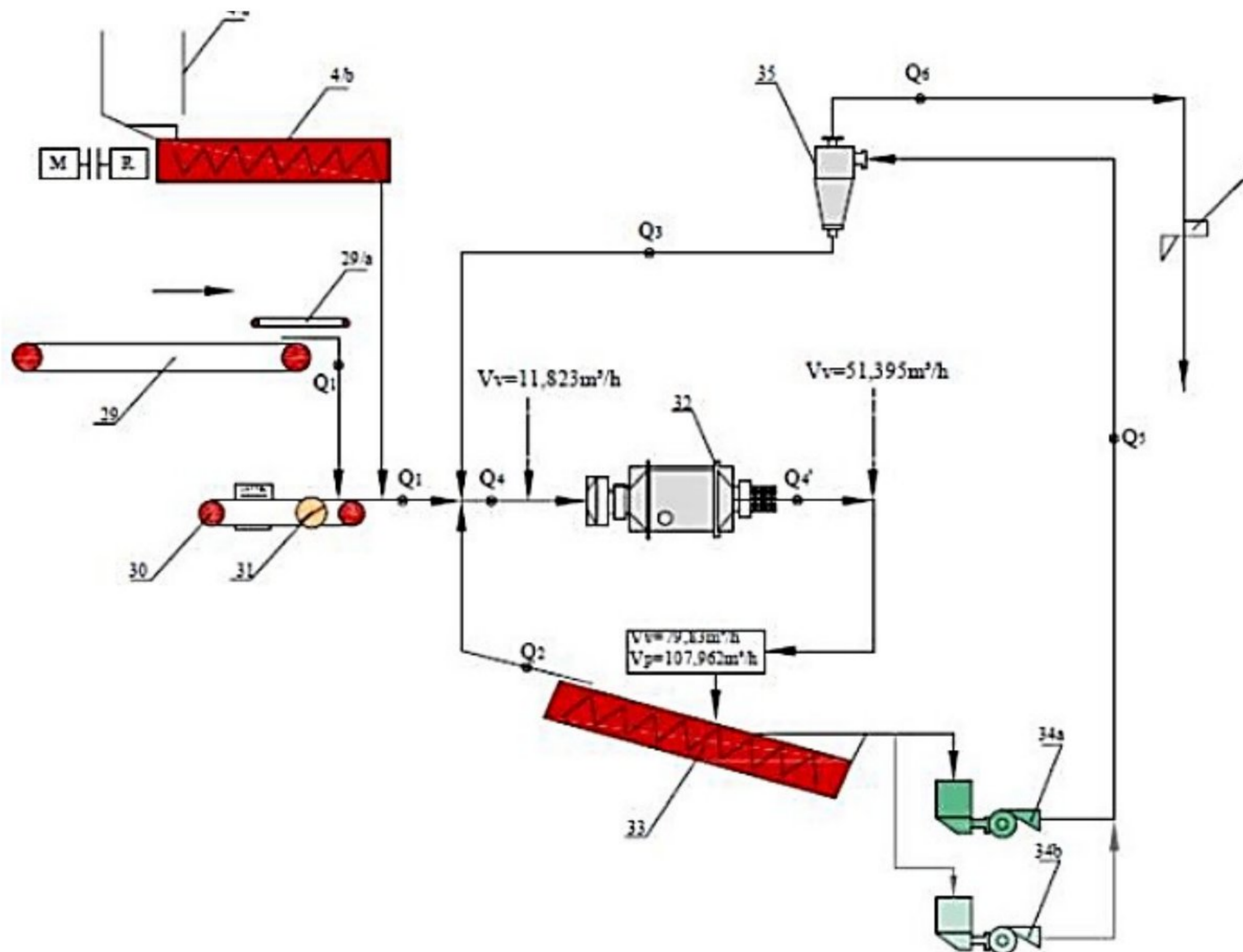
Слика 8 Млин са куглама

Песак хидроциклона слободним падом се одводи у млин са куглама, а прелив хидроциклона (Слика 9), се преко аутоматског узимача узо­рака за пулпу одводи на кондициони­рање пулпе у кондиционер.



Слика 9 Хидроциклони

Подмазивање лежајева рукаваца млина са уљем врши се преко станице за подмазивање. За подмазивање зупчаника млина графитном машћу, такође се користи станица за подмазивање, која је опремљена компресором. На слици 16 приказан је затворени циклус млевења и класирања. [3]



Слика 10 Затворени циклус млевења и класирања

5.3. Флотирање минерала олова и цинка

За селективну флотацију минерала олова и цинка користе се следећи реагенси:

- за флотирање минерала олова: [3]

- NaCN (Натријум цијанид);
- ZnSO₄ (Цинк сулфат);
- KEX (Калијум-етил ксантат);
- D-200 (DOWFROTH 200);
- Ca(OH)₂

- за флотирање минерала цинка:

- CuSO₄ (Бакар-сулфат);
- KAX (Калијум-амил ксантат);
- D-200 (DOWFROTH 200);
- Ca(OH)₂

NaCN и ZnSO₄ се користе као деприматори минерала цинка присутних у руди, KEX и KAX се користе као сулфхидрилни колектори сулфидних минерала олова, а цинка и D-200 се користи као пенушач за оба минерала. CuSO₄ се користи као активатор минерала цинка.

Припрема реагенаса се врши у погону флотације. Дистрибуција ксантата – KAX и KEX (на четири дозирна места) и бакар сулфата – CuSO₄ (на једном дозирном месту), тј. дозирање ових реагенаса у одређеним тачкама технолошког процеса.

Дистрибуција реагенаса (NaCN, ZnSO₄, D-200 и CuSO₄) врши се преко мембранских „DOZ“ – пумпи, марке „DOSTEC – 40“, фирме ITC S.L.

Припрема кречног млека се врши у два кондиционера димензија DxL = 2x2 m у постројењу за припрему кречног млека, одакле се путем вентила транспортује до кондиционера у флотацији димензија 1,7 x 1,85 m. На слици 11. приказано је растварање креча у погону флотације.



Слика 11 Растварање кречног млека

Дозирање кречног млека се врши преко пумпе и ручних вентила, који су инсталирани на изводу из магистралног ценовода. Додавање кречног млека се врши у функцији задате рН вредности пулпе. Контрола рН вредности пулпе се врши дисконтинуирано читавањем вредности на једном пехаметру, и ручним подешавањем вентила.

5.3.1. Флотирање минерала олова

Флотирање минерала олова почиње у кондиционеру, у који се додаје пулпа која се системом цеви транспортује до кондиционера запремине 10 m^3 . Поред пулпе, у кондиционер се додају реагенси и вода. Из кондиционера пулпа гравитацијски одлази у машине за основно флотирање минерала олова. Основно флотирање одвија се у четири машине свака запремине 5 m^3 . Оток основног флотирања се флотира у четири машине контролног флотирања, свака запремине 5 m^3 . Машине су каскадног типа, у којима су машине основног и контролног флотирања постављене у линији (Слика 11).



Слика 12 Основно и контролно флотирање

Каскаде омогућавају гравитацијски несметано кретање отока, док се нивои у радним просторима машина мењају подешавањем дотока ваздуха и подешавањем шибер вентила, у контролној соби. Концентрат основног флотирања минерала олова помоћу пумпе се одводи у чистаче на пречишћавање, док оток гравитацијски одлази на контролно флотирање. Концентрат контролног флотирања минерала олова транспортује се у млин за домљавање (Слика 11), а производ млина се транспортује у кондиционер олова.



Слика 13 Млин за домљавање

Троструко пречишћавање концентрата олова одвија се у четири флотационе машине запремине 3 m^3 . Прво пречишћавање одвија се у две машине, друго пречишћавање одвија у једну машину, и треће се одвија у једној машини. Концентрат првог пречишћавања одлази на друго пречишћавање, оток другог пречишћавања враћа на прво пречишћавање.

Концентрат другог пречишћавања одлази на треће пречишћавање, док оток трећег враћа у друго. Концентрат трећег пречишћавања представља дефинитивни производ флотацијске концентрације минерала олова и системом цеви одлази у процес згушњавања и филтрирања концентрата (одводњавања концентрата). На слици 13 приказано је троструко пречишћавање концентрата олова. [3]



Слика 14 Троструко пречишћавање

У овом делу процеса постављени су аутоматски узимачи за узимање узорака. Један узоркивач постављен је на улаз у кондиционер (дефинитивни производ процеса млевења и класирања), а други узоркивач на дефинитивном концентрату минерала олова.

5.3.2. Флотирање минерала цинка

У кондиционер цинка запремине 10 m^3 оток из процеса флотирања минерала олова тј. улаз у процес флотирања цинка, се меша са реагенсима и гравитацијским путем одлази у машине за основно флотирање минерала цинка. Основно флотирање минерала цинка се одвија у дванаест машина запремине $1,6 \text{ m}^3$. Концентрат основног флотирања минерала цинка помоћу пумпе се одводи у чистаче а оток гравитацијски одлази на контролно флотирање које се састоји од четири машина запремине $1,6 \text{ m}^3$. На слици 14 приказане су машине основног и контролног флотирања минерала цинка. [3]



Слика 15 Машине за флотирање цинка

Концентрат контролног флотирања минерала цинка се спаја са отоком линије флотирања олова и пумпом се враћа у кондиционер цинка. Оток контролног флотирања

минерала цинка представља дефинитивну јаловину флотацијског процеса минерала олова и цинка, и пумпом се транспортује до флотацијског јаловишта где се одлаже.

Троструко пречишћавање одвија се у осам машина запремине $1,1 \text{ m}^3$, и то прво пречишћавање заузима пет машина, где се оток враћа на кондиционирање и поново одлази на основно флотирање минерала цинка, док концентрат одлази на друго пречишћавање. Друго пречишћавање садржи две машине, оток се враћа на прво пречишћавање а концентрат одлази на треће пречишћавање. Треће пречишћавање се одвија у једној машини оток овог пречишћавања се враћа на друго пречишћавање а концентрат представља дефинитивни производ флотацијске концентрације минерала цинка који помоћу пумпе одлази у процес згушњавања и филтрирања концентрата цинка. Изглед машина за пречишћавање концентрата цинка приказан је на слици 15.



Слика 16 Машине за пречишћавање концентрата цинка

У овом делу процеса постављени су аутоматски узимачи, за узимање узорка. Један узоркивач постављен је на отоку флотирања минерала цинка, а други узоркивач на дефинитивном концентрату цинка.

5.4. Одводњавање концентрата минерала олова

Концентрат олова се, помоћу пумпе, системом цеви транспортује до згушњивача, на згушњавање. Згушњивач је постављен у згради за филтражу. Прелив згушњивача гравитацијски, цевоводом одлази у таложник за концентрат олова, на таложење. Таложник чине два базена чије су димензије $V \times L \times H = 4 \times 5 \times 1,25 \text{ m}$ и $V \times L \times H = 3,8 \times 5 \times 1,25 \text{ m}$. [3]

Згуснути производ се из згушњивача муљном мембранском пумпом транспортује и уводи у филтер пресу на филтрирање. Филтрирање се, практично, одвија кроз три стадијума. У иницијалном стадијуму врши се пуњење филтер пресе уз истовремено филтрирање, а након пуњења пресе и затварања довода пулпе, врши се даља обрада кека помоћу пресовања/стењања мембрана и продувавањем комора компримованим ваздухом. Компресорски сет снабдева мембранску пумпу и филтер пресу компримованим ваздухом. Исфилтрирани концентрат олова се из филтер пресе гравитацијски, преко проточног бункера, ефективне запремине $V = 33,6 \text{ m}^3$, допрема у складиште концентрата олова, одакле се даље пакује и складишти. Филтрат се преко одводне цеви за филтрат из филтер пресе транспортује у таложник. Таложник се повремено празни тако што се исталожени концентрат олова вертикалном пумпом

враћа у згушњивач, док преливна вода из таложника одлази на јаловиште. На слици 17 је приказана филтер преса олова.



Слика 17 Филтер преса олова

5.5. Одводњавање концентрата минерала цинка

Концентрат цинка се, уз помоћ пумпе, системом цеви транспортује до зграде за филтражу у згушњивач. Прелив згушњивача гравитацијски, цевоводом одлази у таложник концентрата цинка.

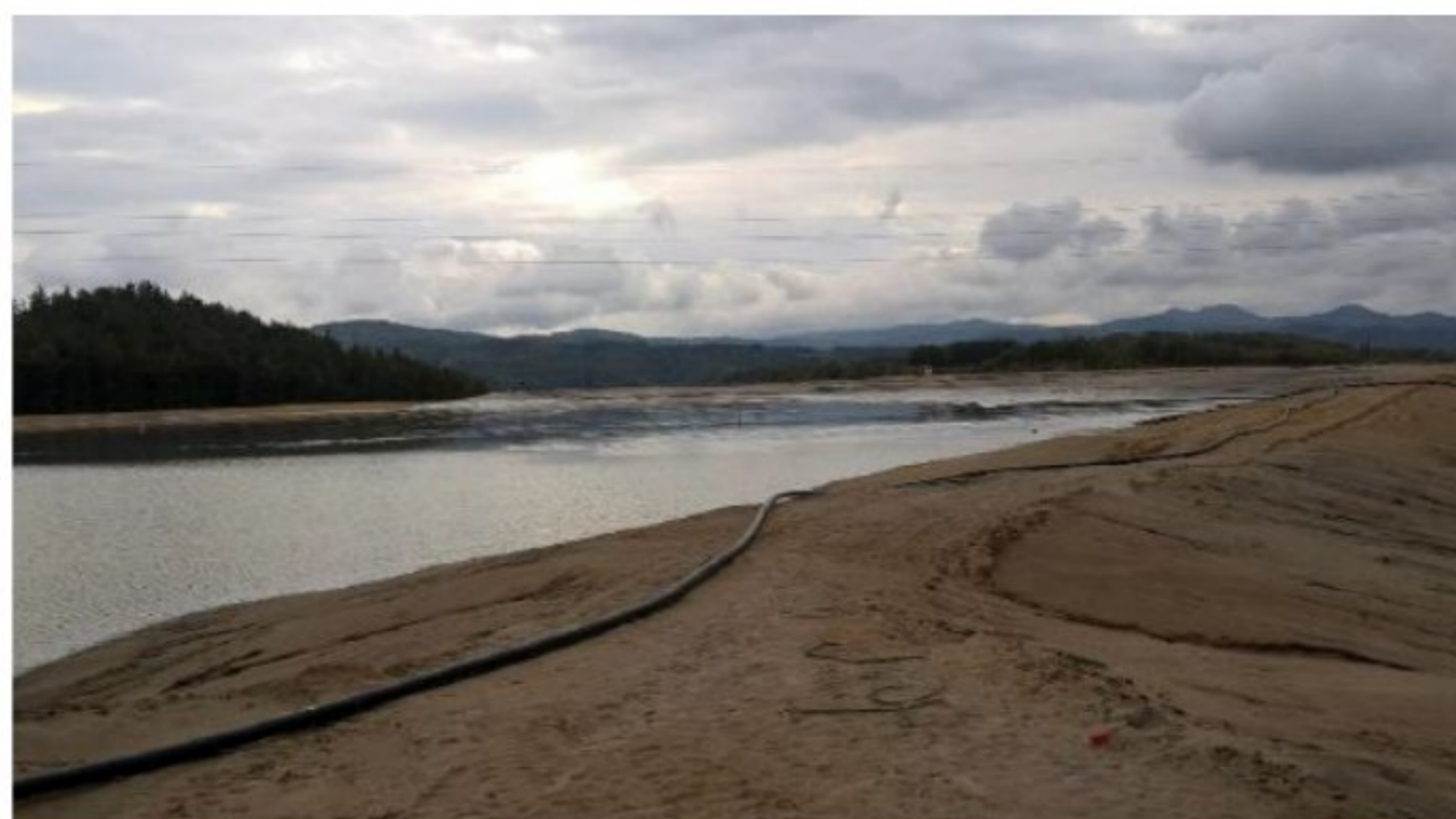
Таложник чине два базена истих димензија $V \times L \times H = 7 \times 5 \times 1,25$ m. Згуснути производ се из згушњивача, муљном мембранском пумпом уводи у филтер пресу на филтрирање. Као и у случају филтрирања концентрата олова, процес се одвија кроз три стадијума. У иницијалном стадијуму врши се пуњење филтер пресе уз истовремено филтрирање, а након пуњења пресе и затварања довода пулпе, врши се даља обрада кека помоћу пресовања/стежања мембрана и продувавањем комора компримованим ваздухом.

Исфилтрирани концентрат цинка се из филтер пресе гравитацијски, преко проточног бункера, ефективне запремине $V = 33,6$ m³, допрема у складиште концентрата цинка, одакле се даље утоварачем одпрема до камиона за транспорт. Филтрат се преко одводне цеви из филтер пресе транспортује у таложник. Таложник се повремено празни тако што се исталожени концентрат цинка вертикалном пумпом враћа у згушњивач, док преливна вода из таложника одлази на јаловиште.

5.6. Одлагање јаловине у погону флотације рудника „Леце“

Флотацијско јаловиште рудника „Леце“ налази се у долини Зенеловог потока. Представља брдски тип каскадно формираног јаловишта са девет поља. Укупна дужина постојећег јаловишта износи око 1 180 m, а максимална ширина износи око 220 m. Флотацијско јаловиште се налази у склопу погона флотације, изграђено је на принципу каскада које се састоји од девет поља. На ободима каскада налазе се бедеми односно бране. Бране се израђују од крупнијег материјала које циклон издваја, прелив циклона представља финији и ситнији производ те се системом цеви транспортује ка средини поља јаловишта. [3]

Јаловина представља дефинитивни некорисни производ погона флотације. Оток контролног флотирања минерала цинка (јаловина) се прикупља у конусно-цилиндрични део, и циклонским пумпама и системом цеви транспортује у одређено поље јаловишта. На слици 18 је приказан изглед поља флотацијског јаловишта.



Слика 18 Изглед јаловишта

Флотацијско јаловиште се састоји од активних поља у којима се одлаже јаловина, и неактивних поља на којима се више не одлаже јаловина. Прва четири поља су изједначена по висини и представљају неактивна поља. Пето и шесто поље представља активна поља. Седмо, осмо и девето поље су поља у припреми. На петом и шестом пољу видљиве су колекторске цеви које са повећањем висине поља јаловишта, се надограђују једна на другу. Систем колекторских цеви служи за прикупљање техничке воде и њено одвођење ван јаловишта. На осмој брани налазе се две бетонске шахте у облику прстена.

У једној се улива техничка вода колектора и прелив, док у другој прелив базена за техничку воду, који се заједно са техничком водом колектора и прелива спаја и одводи ван јаловишта. Повратна вода за потребе погона, остварује се радом пумпи које се налазе у активним пољима. Са поља шест техничка вода се помпом транспортује до базена техничке воде.

Још један начин допремања воде за потребе рада погона флотације је коришћење воде која се обезбеђује са водозавода на реци Јабланици. Речна вода се помоћу пумпе транспортује кроз челични цевовод до водосабирника изнад флотацијског постројења и даље се гравитацијски дистрибуира у процес. Вода из процеса флотације комплетно завршава у активном пољу јаловишта, осим незнатне количине која се губи са концентратом у виду заостале влаге након процеса филтрирања. [3]

5.7. Флотирање минерала пирита

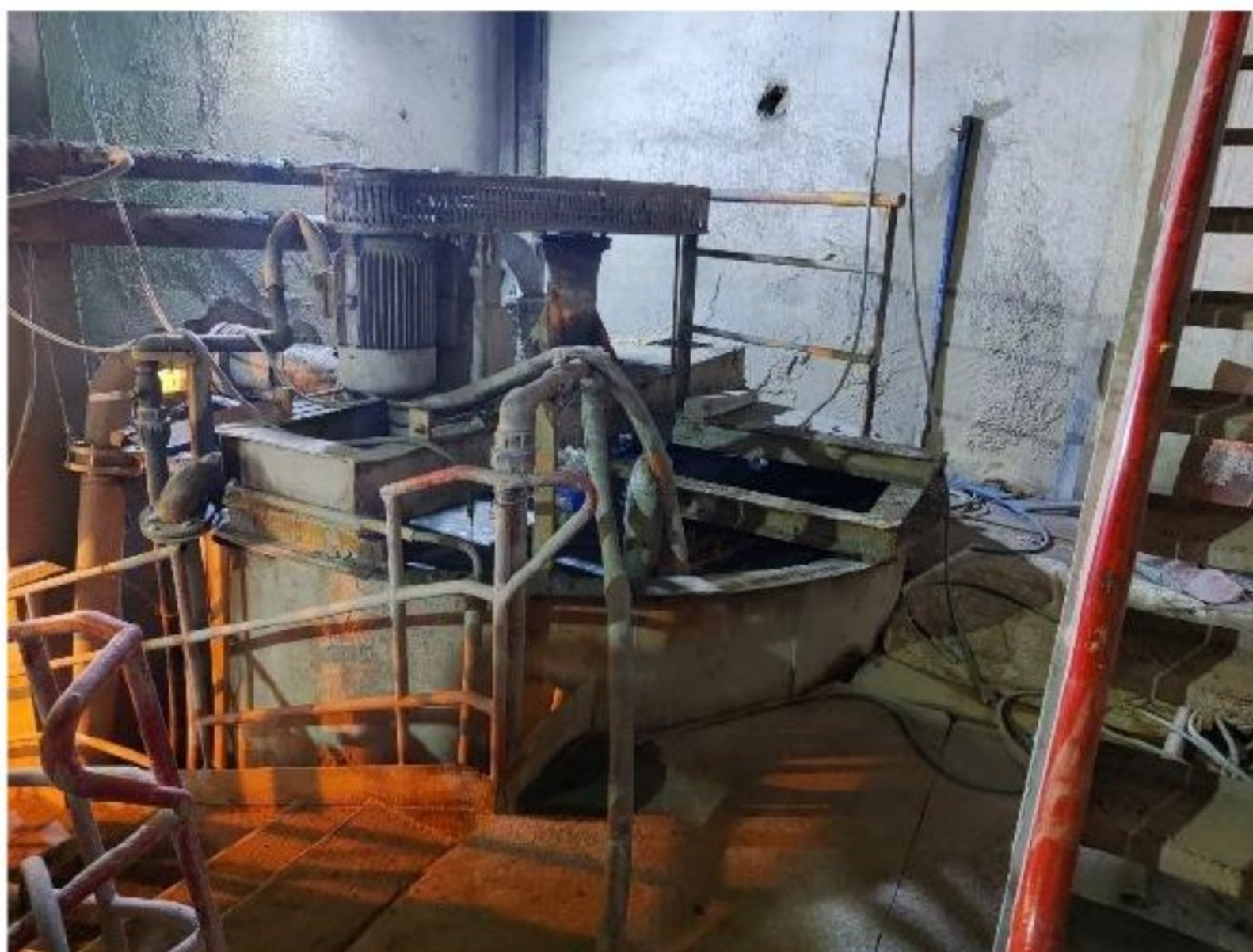
Флотацијски реагенси у процесу флотирања пирита: [3]

- CuSO_4 (Бакар сулфат);
- КАХ (Калијум-амил ксантат);
- D-200 (DOWFROTH 200);
- FeSO_4 (Гвожђе сулфат).

CuSO_4 се користи као активатор пирита, КАХ се користе као сулфхидрилни колектор пирита, D-200 се користи као пенушач и FeSO_4 се користи као регулатор средине.

Припрема реагенаса се врши у погону флотације на устаљени начин, а дозирање ових реагенаса у одређеним тачкама технолошког процеса. Количина потребних реагенаса још није дефинисана.

Флотирање минерала пирита почиње у кондиционеру, у који се додаје пулпа која се системом цеви транспортује до кондиционера запремине 10 m^3 . Пулпа долази из прихватног коша досадашње јаловине која се шаље у садашњем случају на даље третирање. Поред пулпе, у кондиционер се додају реагенси. (Слика 19)



Слика 19 Кондиционер пирита

Из кондиционера пулпа гравитацијски одлази у машине за основно флотирање минерала пирита. Основно флотирање одвија се у осам машина запремине $1,6 \text{ m}^3$ (Слика 20).



Слика 20 Машине основног флотирања пирита

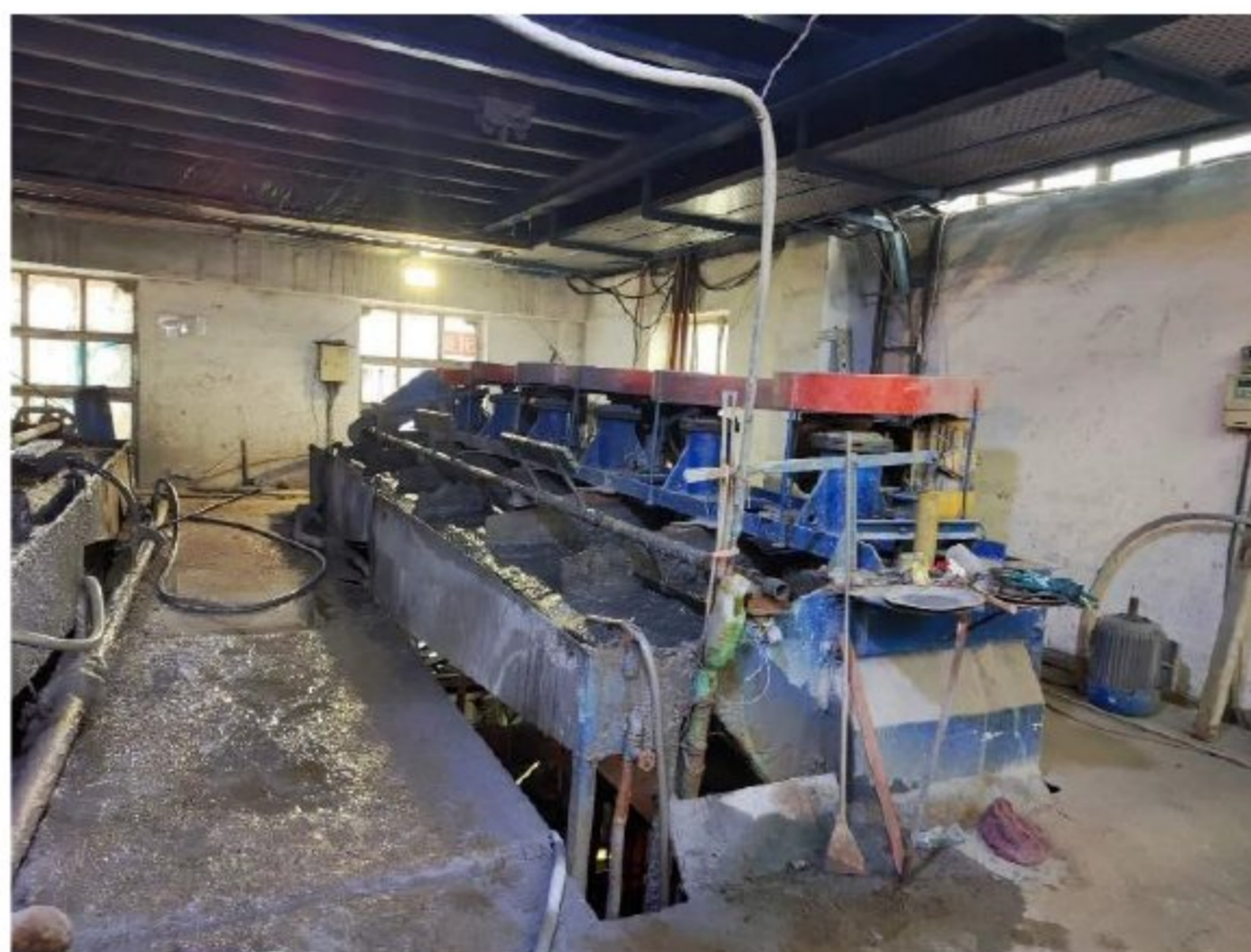
Машине су каскадног типа, у којима су машине основног и контролног флотирања постављене у линији. Каскаде омогућавају гравитацијски несметано кретање отока, док се нивои у радним просторима машина мењају подешавањем дотока ваздуха и подешавањем шибера вентила ручно.

Концентрат основног флотирања минерала пирита помоћу пумпе се одводи у чистаче на пречишћавање, док оток гравитацијски одлази на контролно флотирање (Слика 21) које се састоји од осам радних простора запремине $1,6 \text{ m}^3$. Концентрат контролног флотирања минерала пирита спаја се са отоком линије пречистача и транспортује у кондиционер пирита.



Слика 21 Машине контролног флотирања пирита

Троструко пречишћавање концентрата пирита, (Слика 22) одвија се у шест флотацијских машина запремине $1,1 \text{ m}^3$. Прво пречишћавање одвија се у три машине, друго пречишћавање одвија у две машине док се треће одвија у једној машини. Концентрат првог пречишћавања одлази на друго пречишћавање, оток другог пречишћавања враћа на прво пречишћавање.



Слика 22 Троструко пречишћавање концентрата пирита

Концентрат другог пречишћавања одлази на треће пречишћавање, док оток трећег враћа у друго. Концентрат трећег пречишћавања представља дефинитивни производ концентрације минерала пирита и системом цеви одлази у посуду која је одређена за тренутно складиштење док се не разради крајњи процес згушњавања и филтрирања концентрата.

6. Предконцентрација руде у тешкој средини

Процес предконцентрације руде обично се изводи на дефинитивно издробљеној руди и обично гравитацијском концентрацијом у тешкој средини.

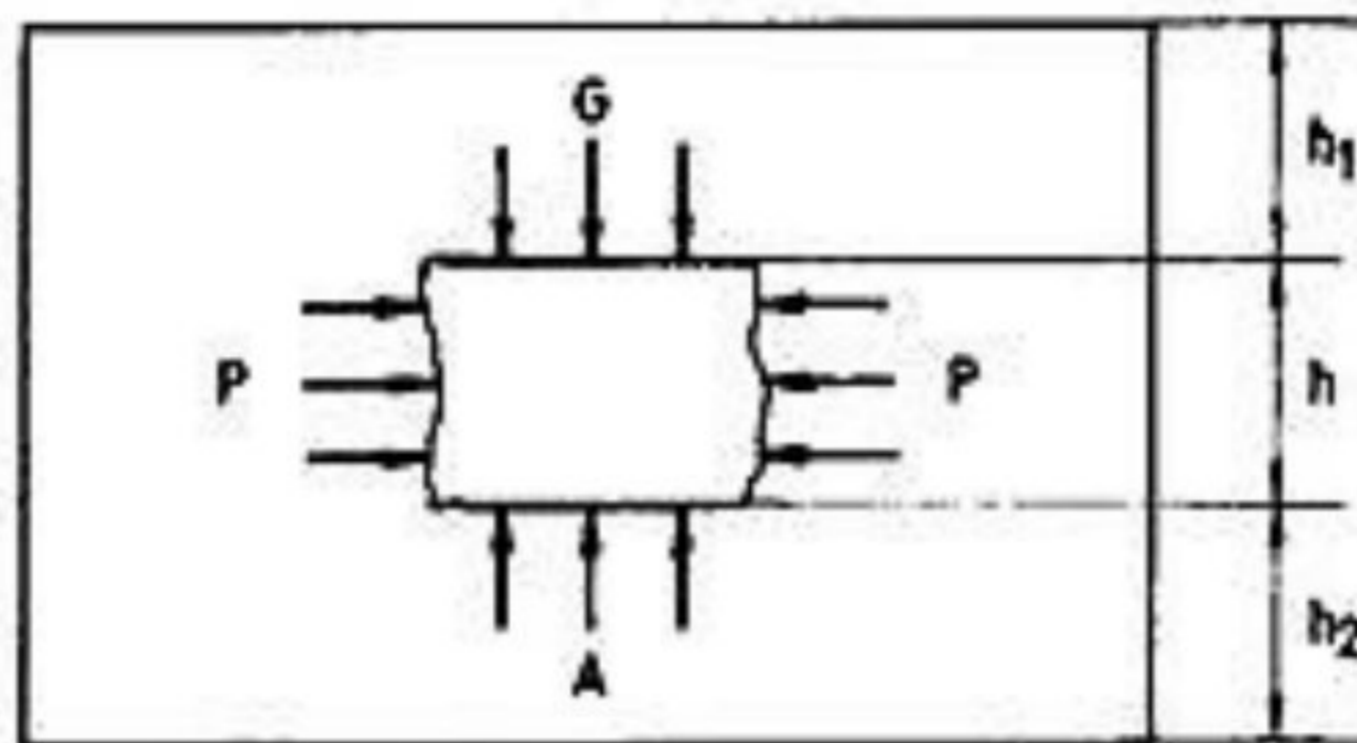
Циљ предконцентрације је да се издвоји крупнозрна јаловина (мин. 30% масено) која не би ишла у процес скупог млевења и класирања и касније процес основне концентрације. Услов који треба да испуни крупнозрна јаловина је да губитак метала у њој не буде већи од губитка у јаловини основног процеса.

Испитивање могућности предконцентрације врши се плива тоне анализом што је био предмет истраживања у овом завршном раду.

7. Гравитацијска концентрација у тешкој средини

Процес гравитацијске концентрације у тешкој средини представља раслојавање зрна различитих густина у гравитацијском или центрифугалном пољу у флуиду чија је густина већа од густине зрна лаке компоненте и мања од густине зрна тешке компоненте, односно у флуиду чија је густина између густина зрна које поступком концентрације треба одвојити.

По увођењу у тешку средину, зрна густине мање од густине флуида пливају, а зрна веће густине тону чиме се остварује физичко раслојавање по густинама.



Слика 23 Шематски приказ сила које делују на зрно потопљено у флуид

Сила притиска слоја течности одређује се по формули (1): [2]

$$P = h_1 S \Delta g \quad (1)$$

Где је:

P-сила притиска слоја течности;

S-горња површина зрна [mm^2];

h_1 -висина изнад зрна [mm].

Δ - густина флуида [g/cm^3];

g-убрзање силе Земљине теже [m/s^2].

Сила притиска слоја течности одређује се по формули (2): [2]

$$A = h_2 S \Delta g \quad (2)$$

Где је:

A-сила потиска ;

S-доња површина зрна [mm^2];

h_2 -висина слоја флуида [mm].

Δ - густина флуида [g/cm^3];

g-убрзање силе Земљине теже [m/s^2].

7.1. Тешка средина

У поступку гравитацијске концентрације као тешке средине користе се тешке течности, водене и ваздушне суспензије фино уситњених чврстих тела (суспензоиди) у води или ваздуху.

Тешке течности се углавном користе у лабораторијским испитивањима могућности концентрације одређене сировине поступцима гравитацијске концентрације. За оваква испитивања код угља користе се раствори соли CaCl_2 и ZnCl_2

чија је максимална густина око 2 g/cm^3 . За испитивање руде употребљавају се најчешће органске течности тетрабромтан, густине $2,9\text{-}3 \text{ g/cm}^3$ и бромформ $2,9 \text{ g/cm}^3$. Добијање мањих густина остварује се растварањем растварачима мањих густина.

У индустријским процесима неупоредиво најчешће се користе тешке суспензије справљене од fino уситњеног суспензоида и дисперзне средине. Као дисперзна средина најчешће се користи вода, а у ретким случајевима нека тешка течност, односно уколико је потребно остварити високу густину суспензије.

Резултати процеса концентрације у тешкој средини пре свега зависе од физичких својства суспензије као што су: густина, вискозитет и стабилност. Сва ова својства зависе особина суспензоида који се примењује и дисперзне средине.

7.1.1. Густина суспензије

Густина суспензије непосредно зависи од густине примењеног суспензоидина и његовог удела у суспензији. Удео суспензоида у суспензији изражава се масеним или запреминским процентима. Густина суспензије (Δ) представља масу суспензије (M) у јединици запремине (V) и изражава се у g/cm^3 или kg/cm^3 .

Густина суспензије одређује се по формули (3): [2]

$$\Delta = \frac{M}{V} [\text{g/cm}^3] \quad (3)$$

Где је:

M - маса суспензије [g];

V - запремина [cm^3].

7.1.2. Вискозитет суспензије

Вискозитет представља унутрашњи отпор течности који се јавља при узајамном померању слојева течности дејством спољне силе. Настаје услед међусобног трења слојева течности условљеног међумолекуларним силама привлачења. Код суспензија, под вискозитетом сматрају се и отпори дисперзне средине кретању зрна суспензоида. Јединица вискозитета у SI систему је Паскал секунда (Ps).

Вискозитет грубих дисперзних система најчешће се изражава динамичким вискозитетом или коефицијентом динамичког вискозитета.

Поред изражавања унутрашњег трења динамичким вискозитетом у литератури се често налази и на појам релативног вискозитета.

Релативни вискозитет се одређује по формули (4): [2]

$$\mu_r = \frac{\mu_s}{\mu} \quad (4)$$

Где је:

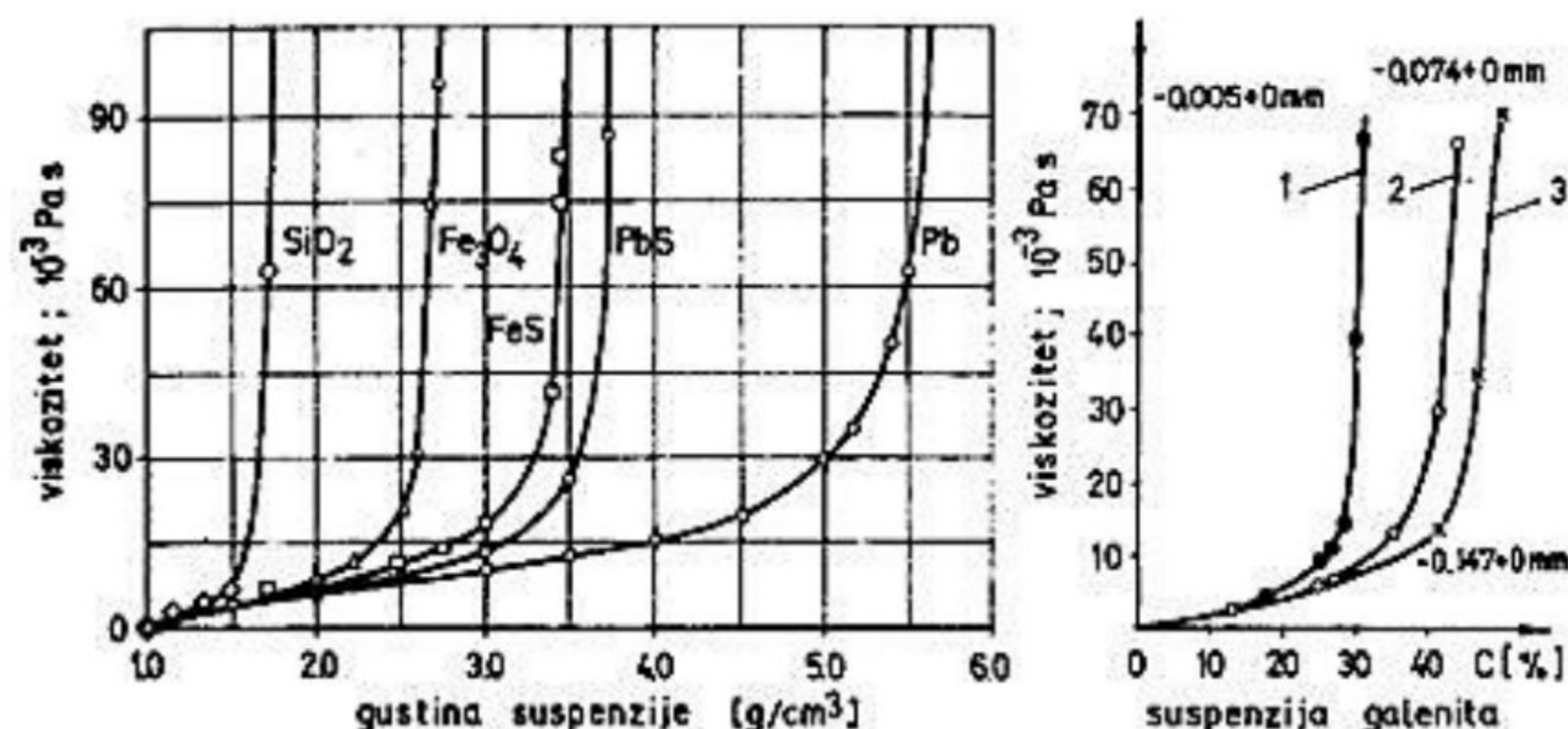
μ - вискозитет дисперзне средине;

μ_s - вискозитет суспензије.

У зависности од процентуалног удела суспензоида, суспензије могу бити структурне и безструктурне. Безструктурне су оне суспензије које се образују при мањем запреминском уделу суспензоида, док се са његовим повећањем образују структурне суспензије.

Вискозитет суспензије представља карактеристику флуидитета суспензије и зависи од дисперзности система, што значи од густине суспензије која је директна функција запреминског удела суспензоида, густине, крупноће и облика зрна

суспензоида, као и присуства нечистоћа у суспензији. На слици 24 представљена је зависност вискозитета суспензије од густине суспензије, као и запреминског удела суспензоида.



Слика 24 Зависност вискозитета суспензије од густине суспензије и запреминског удела суспензоида

Према зависности вискозитета од процентуалног удела суспензоида и његових седиментацијских карактеристика, суспензије могу бити нисковискозитетне и високовискозитетне. Нисковискозитетне су оне суспензије код којих се критична вредност вискозитета достиже при запреминском уделу суспензоида од око 30%, док су високовискозитетне оне суспензије код којих се критичне вредности вискозитета достижу при запреминском уделу суспензоида од око 20%.

Вискозитет суспензија може се у извесној мери модификовати применом одговарајућих хемијских реагенаса. За смањивање вискозитета примењују се пептизатори као што су: водено стакло (NaSiO_2), алуминијум сулфат, ферити калцијума и мангана, алкилсулфати, полиетри, целулоза и други. [2]

7.1.3. Стабилност суспензије

Стабилност суспензије представља особину суспензије да задржи исту густину у свим деловима уређаја. Постоје две врсте стабилности и то: статичка (стабилност у условима мировања суспензије) и динамичка (у условима кретања суспензије). Статичка стабилност суспензије директно зависи од вискозитета суспензије и запреминског удела суспензоида. Безструктурне суспензије су јако нестабилне због чега је њихова примена у процесима припреме минералних сировина ограничена на уређаје са изразитим струјањем и турбулентним кретањем суспензије чиме се позитивно утиче на динамичку стабилност. Осим тога што се употребљавају у уређајима са турбулентним кретањем суспензије, да би се постигла задовољавајућа стабилност користе се стабилизатори. Стабилизатори представљају адитиве чији је основни задатак да смање брзину таложења суспензоида. Као стабилизатори суспензија користе се: глине, бентонит, фино уситњени суспензоид или мешавина фино уситњених суспензоида крупноће 0,01 mm и то у количини од 1-3 % количине суспензоида. [2]

Стабилност суспензије се регулише пре свега избором суспензоида, затим употребом различитих мешалица (у конусним уређајима), окретањем радних делова уређаја (бубњасте уређаји) или хоризонталним и узлазним струјањем суспензије код коритастих концентратора.

7.1.4. Материјали за израду суспензије

Течне суспензије се израђују од течне фазе, дисперзне средине и чврсте фазе. Као течна фаза најчешће се примењује вода, осим у ретким ситуацијама када се као дисперзна средина користи нека тешка течност (тешке органске течности или концентроване соли тешких метала). Као чврста фаза могу се примењивати разни природни или синтеровани материјали као што су: глина, кварцни песак, магнетит, хематит, барит, галенит, феросилицијум, пирит и други.

Критеријуми за избор суспензоида су следећи:

- **Густина**- суспензоид мора да има одређену густину која ће обезбедити захтевану густину суспензије при максималном масеном уделу од 70-80%, односно при запреминском уделу од 30%. [2] За добијање захтеване густине суспензије могу се применити и два различита суспензоида уз услов да се може обавити успешна регенерација за оба суспензоида у истом поступку;
- **Тврдина**- има важну улогу у избору суспензоида, с обзиром да се дезинтеграцијом зрна суспензоида у току процеса концентрације у суспензији мења гранулометријски састав суспензоида у смислу повећања удела најситнијих класа. Ову измену прати повећање вискозитета суспензије у току процеса концентрације, као и погоршање услова регенерације суспензоида што условљава укупни губитак суспензоида у процесу концентрације. Због тога је потребно да суспензоид има одговарајућу тврдину како би се спречило уситњавање трењем;
- **Хемијска отпорност**- има одлучујућу улогу при избору суспензоида. Оксидни минерали који се примењују у својству суспензоида (глина, кварц, барит, магнетит, хематит и други) не показују никакву хемијску активност у води, те су пожељни као суспензоиди. [2] Са друге стране, сулфидни минерали као што су галенит, пирит и пирхотин лако оксидишу у води, те је због тога њихова примена ограничена. Галенит и атомизовано олово користе се искључиво у процесима концентрације или претконцентрације галенита у тешкој средини, док на пример феросилицијум има задовољавајућу отпорност на оксидацију. Феросилицијум у атомизованом облику показује боље особине суспензоида од оног у млевеном;
- **Крупноћа зрна, гранулометријски састав и облик зрна суспензоида**- јако утичу на особине суспензије и то највише на вискозитет и стабилност. Такође, посредно, али у многоме утичу и на густину суспензије. Крупноћа суспензоида у пракси значајно варира у широким опсезима, али може се рећи да је г.г.к. суспензоида 0,15 mm. Значајно је и учешће класе крупноће испод 0,01 mm, али се њихово присуство ограничава на 7-16 % да не би утицале на повећање вискозитета;
- **Седиментацијске карактеристике суспензоида**- важне особине суспензоида које непосредно утичу на густину суспензије, односно вискозитет и стабилност. Седиментацијске особине суспензоида зависе од густине, облика зрна, крупноће суспензоида, процентуалног удела суспензоида у суспензији, густине и вискозитета суспензије.

7.1.5. Регенерација суспензије

У процесима концентрације у тешкој средини, заједно са производима концентрације износе се и знатне количине суспензоида, што доводи до губитка истог. Такође, присуство суспензоида у концентрату може негативно утицати на квалитет концентрата. Да би се спречиле ове негативне појаве, у процесе припреме минералних сировина уводи се процес регенерације суспензије. [2]Без обзира на

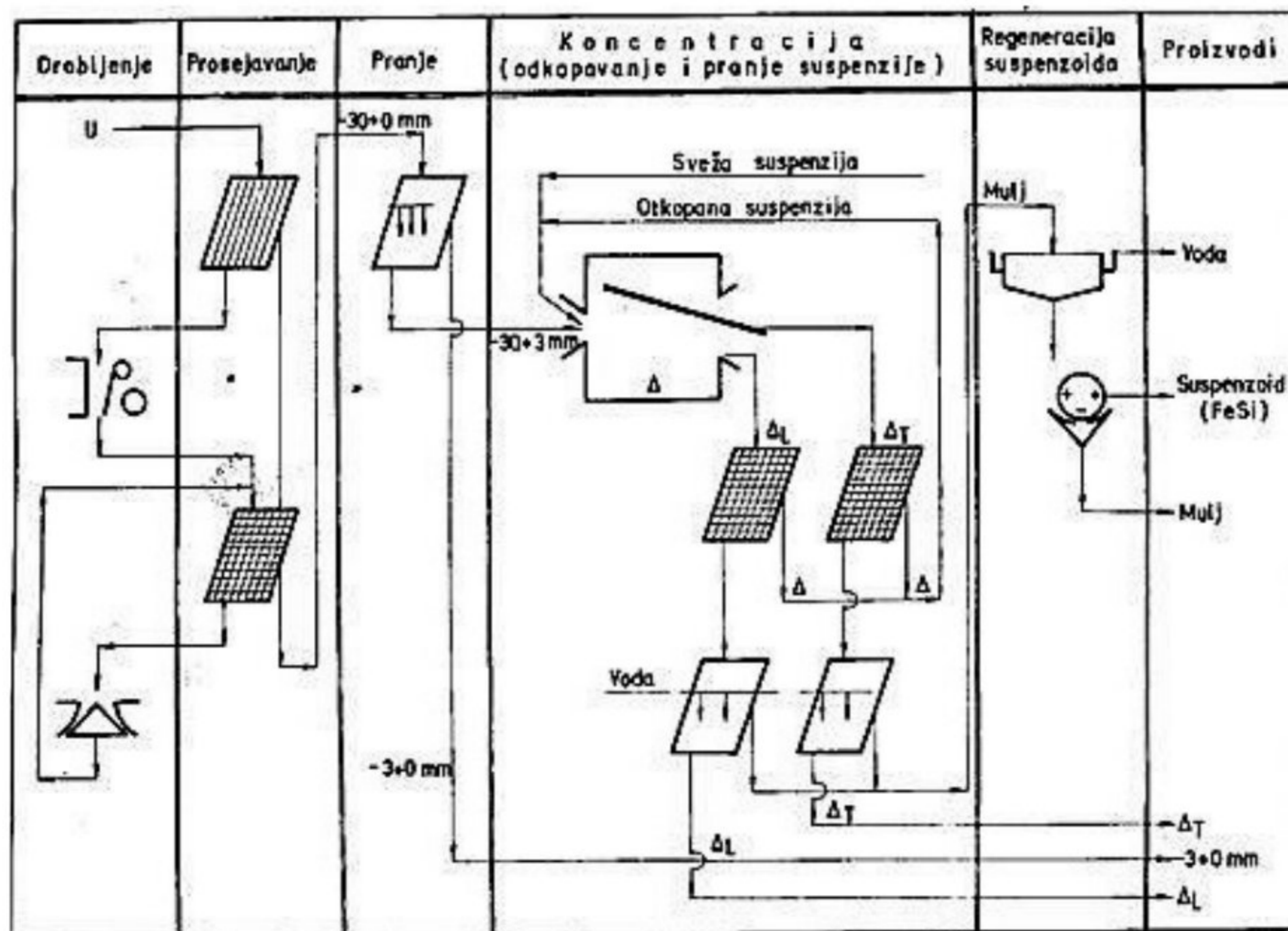
врсту суспензоида који се користи за израду суспензије, процес регенерације обухвата:

- Откапавање производа концентрације на ситима са отворима за просејавање најмање два до три пута већим од г.г.к. зрна суспензоида, као и два до три пута мањим од г.г.к. зрна минералне сировине која се концентрише;
- Прање производа концентрације на ситима млазевима воде и сакупљање испране суспензије;
- Издавање суспензоида из испране суспензије одговарајућим поступком концентрације;
- Подешавање густине суспензије згушњавањем или додавањем одређене количине воде;
- Враћање суспензије у процес.

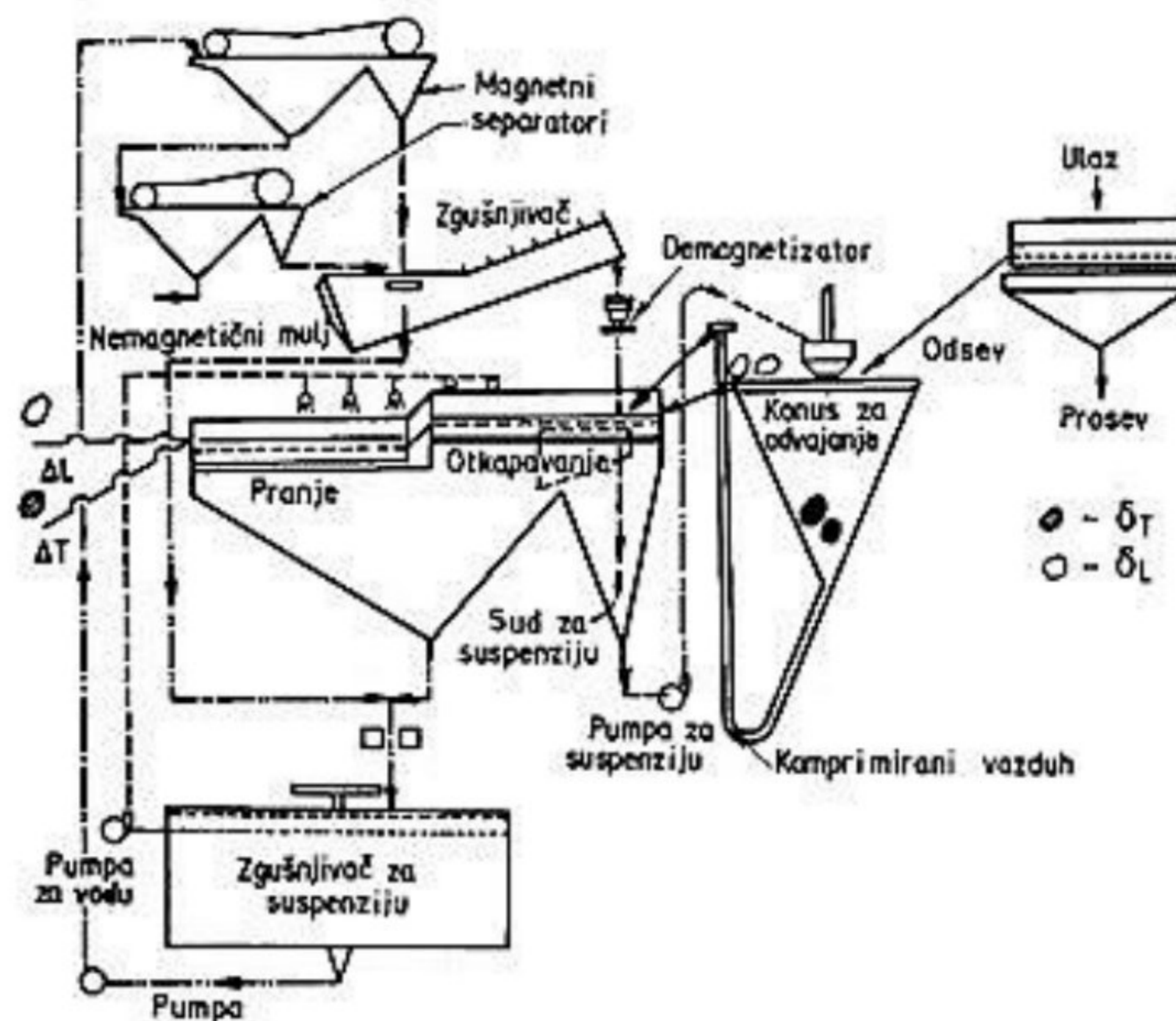
Издавање суспензоида из испране суспензије врши се поступцима концентрације минералних сировина у зависности од природних особина и разлика у физичким особинама према минералним компонентама које изграђују минералну сировину.

Када се за издавање суспензоида користи магнетна концентрација (када се као суспензоид користи јако магнетичан феросилицијум или магнетит), важно је да се у процес магнетске концентрације уведе поступак демагнетизације суспензоида пре враћања у процес концентracије, како би се избегло стварање флокула и бржег таложења суспензоида. Шема гравитацијске концентрације у суспензији феросилицијума приказана је на слици 25.

Флотацијска концентracија се примењује када се као суспензоид користи јако флотабилан минерал са изразитим разликама у флотацијским особинама у односу на минералне компоненте сировине која се раслојава у суспензији. Поступком флотацијске концентracије регенеришу се суспензоиди као што су: сулфидни минерали обојених метала и гвожђа (пирит) и барит.



Слика 25 Шема гравитацијске концентracије у суспензији феросилицијума



Слика 26 Шематски приказ гравитацијске концентрације у тешкој средини

7.2. Уређаји за концентрацију у тешкој средини

Познат је веома велики број различитих типова уређаја за концентрацију у тешкој средини. У циљу њихове систематизације могу се применити различите поделе а најчешће се деле према крупноћи минералне сировине која се третира и према конструкцији самог уређаја.

Према конструкцији уређаје за гравитацијску концентрацију крупних класа сировине можемо сврстати у три основне групе: [1]

- Конусни уређаји;
- Бубњасте уређаји;
- Коритасти уређаји.

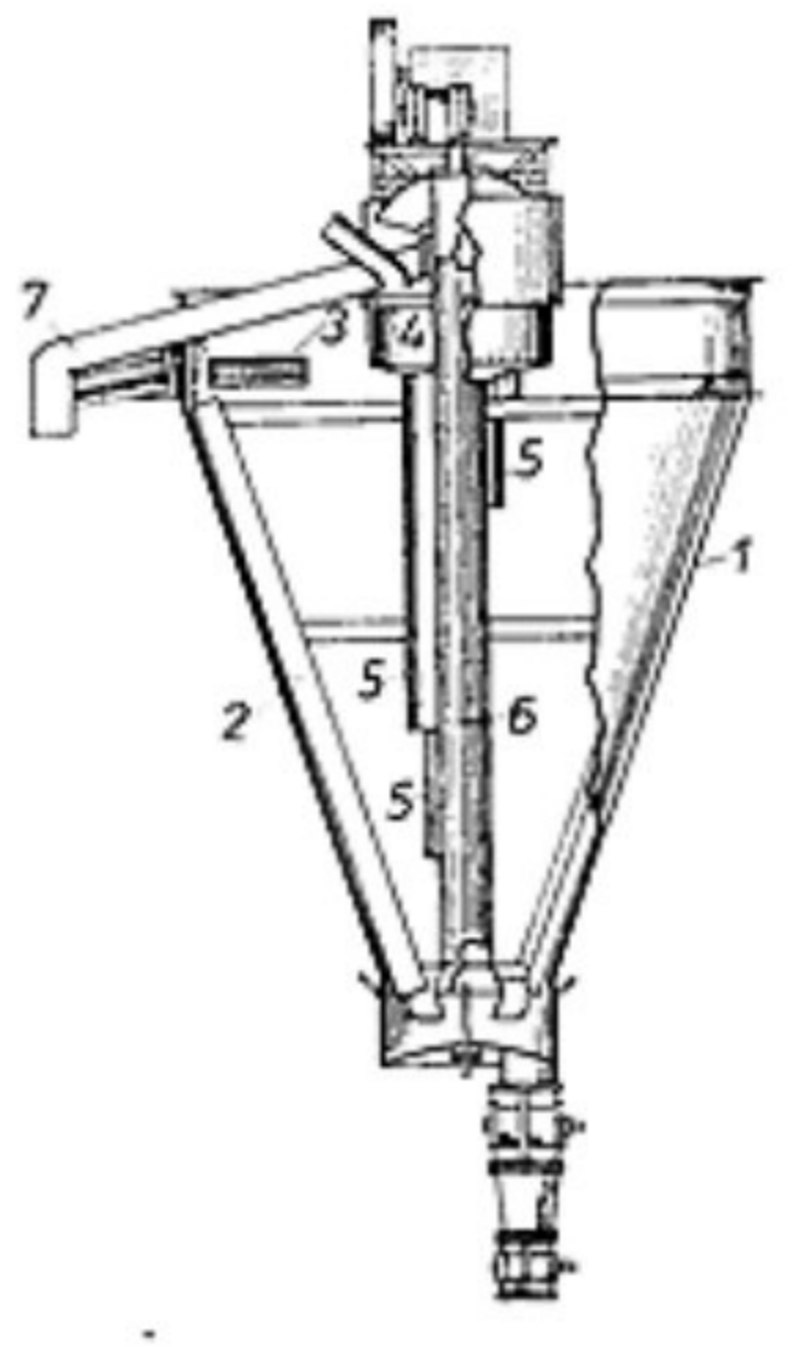
Од свих ових уређаја захтева се да испуњавају следеће основне услове за правилан рад:

- Суспензија мора да буде равномерне концентрације тј. густине по целој дубини суда у коме се врши раслојавање сировине; [1]
- Суд у коме се врши раслојавање мора да буде довољне дубине да минерална сировина не подлегне струји пражњења производа;
- Довођење сировине у зону одвајања не сме да ремети услове одвајања у тој зони;
- Издвајање добијених фракција тј. производа мора да се врши благовремено. Због тога је потребно да на површини суспензије постоји извесно струјање суспензије, било природно или принудно, ради сталног одвођења пливајуће фракције. Тонућа фракција мора се такође одводити а то се постиже било струјањем суспензије или механичким путем помоћу елеватора, трака, бубњева или аутоматских вентила; [1]
- Губитак суспензоида мора да буде што мањи а исти се изражава у г/т прерађене руде.

7.2.1. Конусни уређаји

7.2.1.1. Конусни уређаји „WEMCO“

Конусни уређаји имају велику примену у индустријској пракси. Најпознатији уређај из ове групе је конусни уређај "WEMCO" , чији је изглед приказан на слици 27. Овај уређај је снабдевен грабуљама чији је задатак да равномерно меша суспензију и да комаде сировине који тону усмери ка дну конуса. Мешалица се обрће брзином од 4 до 10 o/min, а број обртаја зависи од пречника конуса. Уређај се примењује за чишћење угља предконцентрацију и концентрацију руда крупних и средњих класа крупноће.



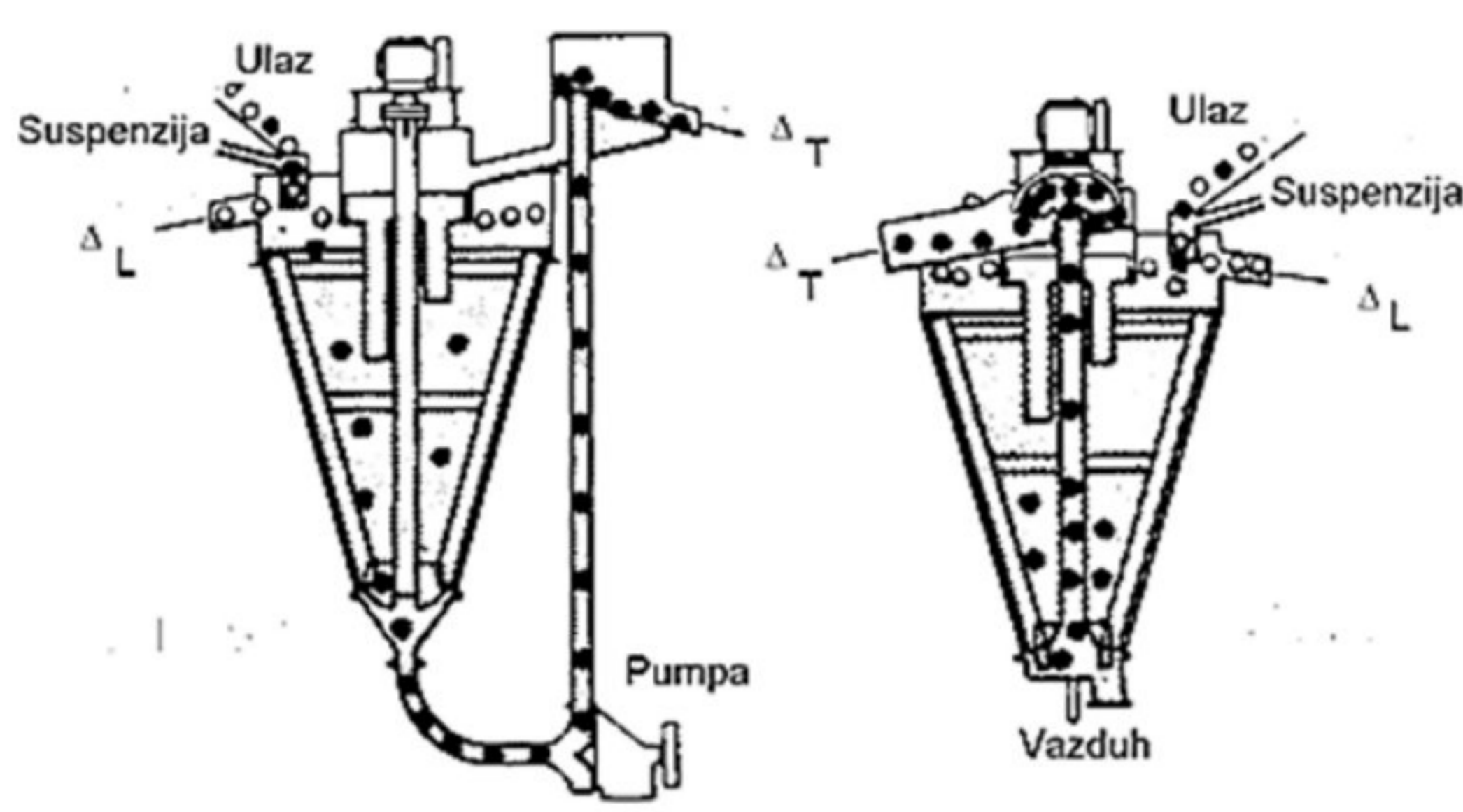
Слика 27 Конусни уређај „WEMCO“ са пражњењем помоћу електромагнетног вентила

1.Конусни суд, 2. Грабуље за лагано мешање суспензије, 3. Канал за прихватање ΔL производа, 4. Диск у који се доводи суспензија, 5. Цев са бочним отворима, 6. Цев са вентилом за довод ваздуха, 7. Цев и канал за прихватање ΔT производа

Пражњење тешке фракције из конуса може да се изведе на два начина:

- *Пражњење помоћу електромагнетног вентила:* код овог система пражњење се врши кроз продужну цев, око које су постављени електромагнети. Индуковано магнетно поље у цеви, кроз коју пролази тешка фракција и суспензија, образује чеп од суспензоида (магнетита или феросилицијума). Овај чеп може само делимично да затвори цев, при чему у средини постоји мали отвор кроз који континуално истиче тешка фракција са суспензијом. [1] Уколико је интензитет магнетног поља јачи, може доћи и до потпуног затварања цеви. При томе долази до нагомилавања тешке фракције у доњем делу конуса, који својом тежином пробија чеп у одређеним временским интервалима. Поред наведених начина пражњења у новије време се електромагнет искључује у одређеним временским интервалима и тада се врши пражњење тешког производа заједно са суспензијом; (Слика 27)
- *Аерлифтно тј. помоћу компримованог ваздуха* који транспортује тешку фракцију кроз цев до сита за одкапавање и прање производа. Систем је врло ефикасан али захтева велики утрошак компримованог ваздуха, што поскупљује процес. На исти начин се транспортује и одкапана суспензија у диск. Постоје два типа конусних уређаја са системом “аир лифт”. Код првог типа цев за транспорт тешке фракције поставља се изван конуса под нагибом од 45 до 75 степени, а код другог типа она се поставља вертикално унутар конуса. Конуси другог типа има мању висину у односу на конус првог типа. [1] Код конуса са спољним

положајем цеви остварује се већи ефекат рада односно изношења тешке фракције са мањим утрошком компримованог ваздуха и остварује се бољи коефицијент оптерећења аерлифта. (Слика 28)



Слика 28 Конусни уређај „WEMCO“ са пражњењем помоћу пумпе и са пражњењем помоћу аерлифта

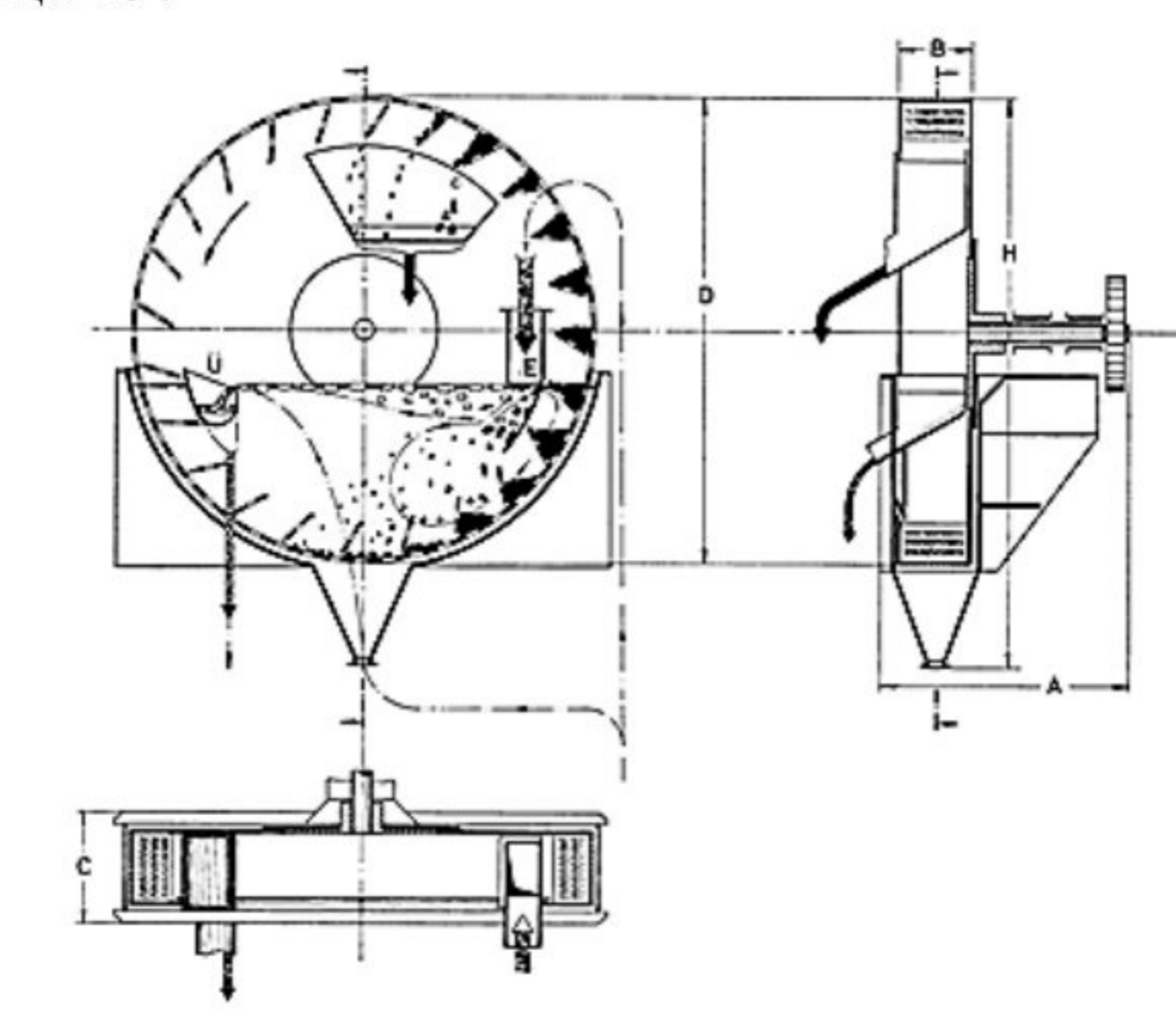
7.2.2. Бубњасте уређаји

Ови уређаји се примењују за чишћење угља и предконцентрацију металних и неметалних руда и то искључиво за крупне класе. Као суспензиоид најчешће се користи феросилицијум.

Опрана и неклаширана минерална сировина доводи се у бубањ који је напуњен суспензијом одговарајуће густине. Пливајућа лака фракција бива ношена струјом кретања суспензије и у виду прелива са суспензијом одлази на сито за одкапавање и прање. Тешку фракцију са дна бубња захватају кашике и износе до зенита одакле заједно са суспензијом пада у прихватни канал из кога даље одлази на сито за одкапавање и прање производа.

7.2.2.1. Бубњасте уређај „WEDAG“

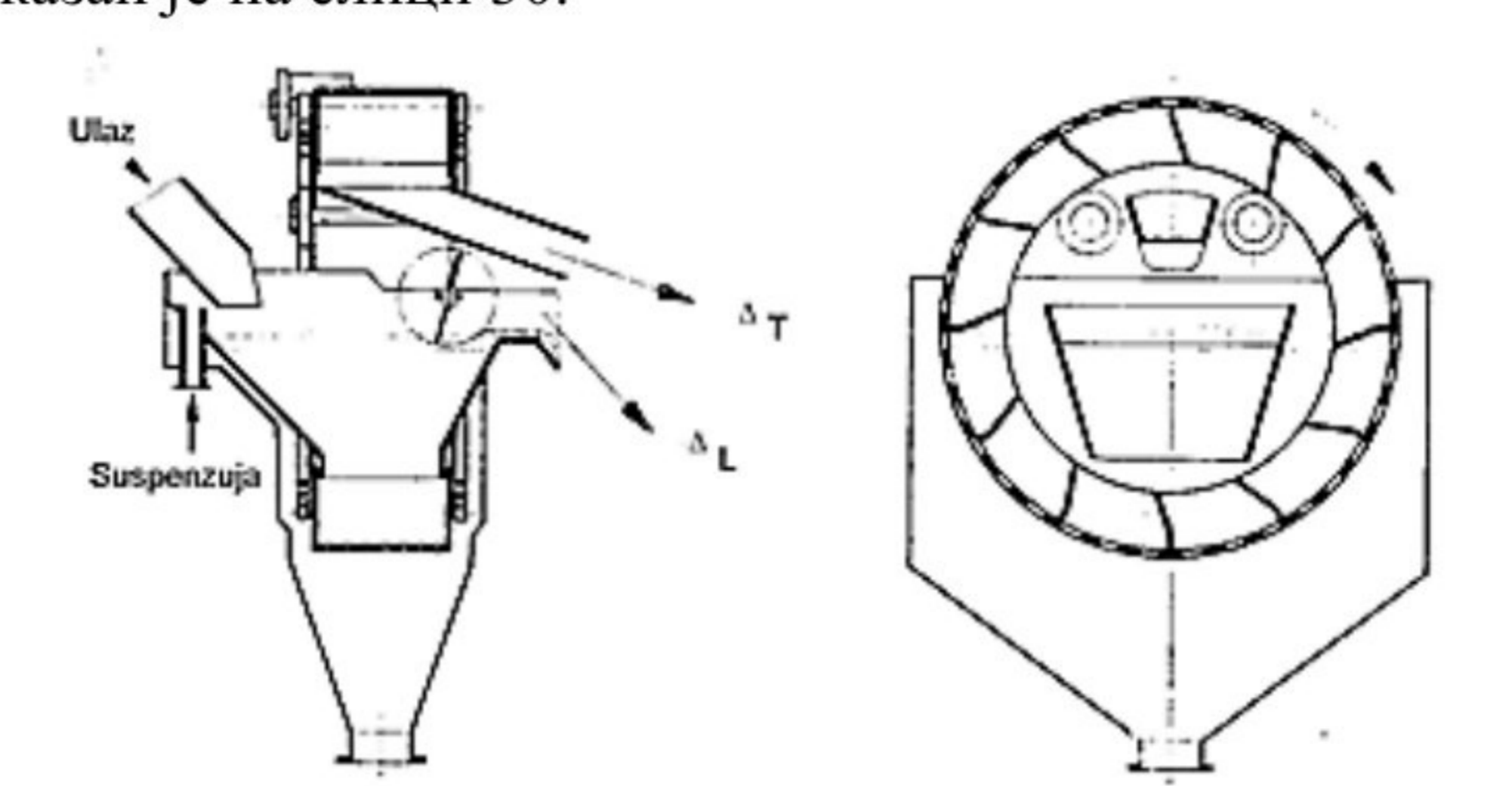
Бубњасте уређај „Wedag“ ради на сличном принципу као уређај „Link Belt“ Примењује се за концентрацију свих врста минералних сировина крупноће $-120+3 \text{ mm}$. Као суспензиоид најчешће се у њему користи магнетит или феросилицијум. Изглед уређаја приказан је на слици 29.



Слика 29 Бубњасте концентратор „WEDAG“

7.2.2.2. Бубњасти уређај „HUMBOLDT“

Величина овог уређаја зависи од жељеног капацитета, удела лаке и тешке фракције, конзистенције зрна сировине, жељене густине суспензије и релативне густине сировине. Ови параметри одређују потребну површину огледала суспензије, време задржавања сировине у уређају, количину тешке фракције и захтеве у погледу издвајања лаке фракције преко преливног прага. Захтеви у погледу издвајања тешке фракције односе се на удео тешке фракције, њен облик и густину. [1] Бубњаста уређај „HUMBOLDT“ приказан је на слици 30.

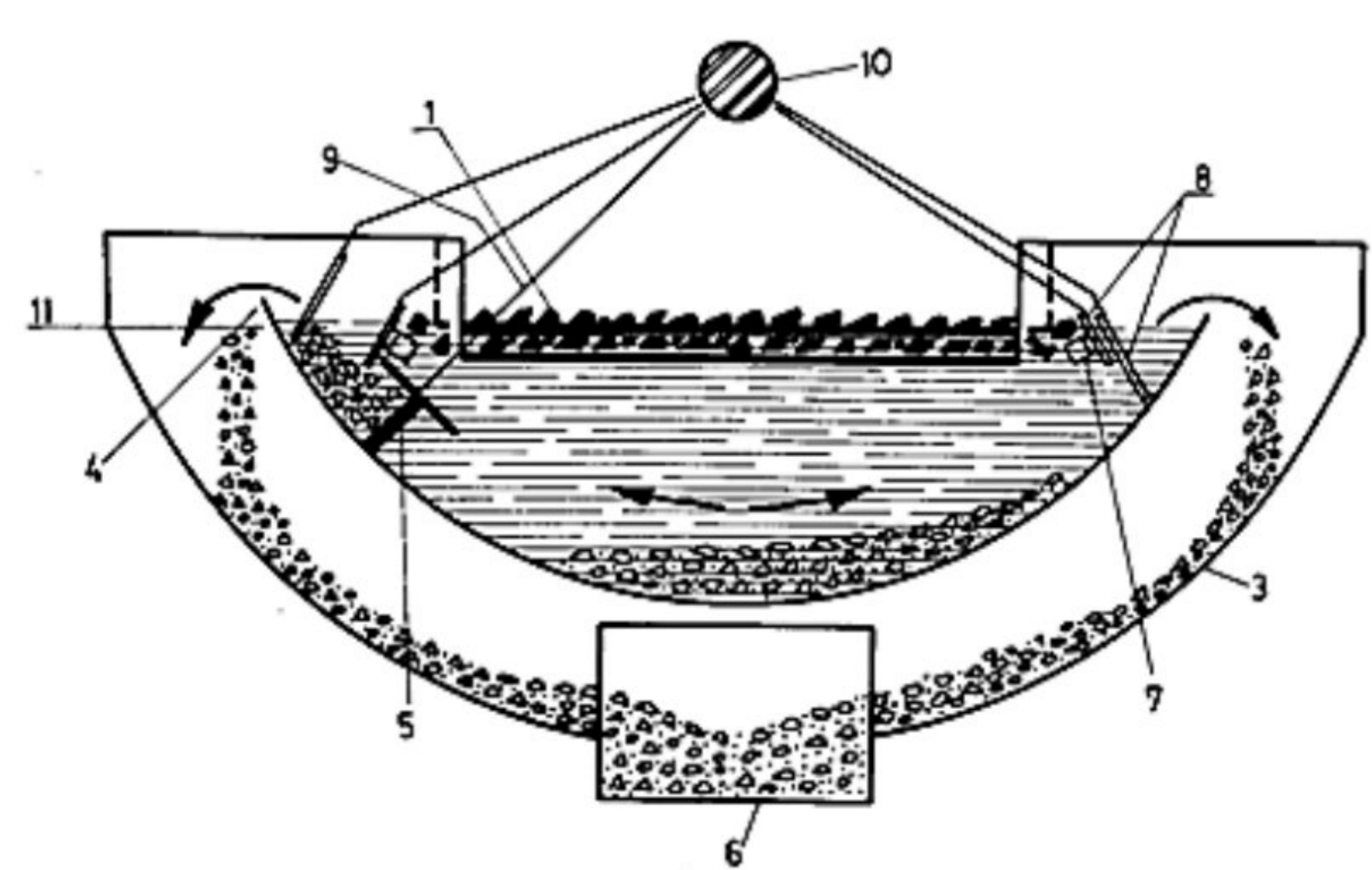


Слика 30 Бубњаста уређај „HUMBOLDT“

7.2.3. Коритасти уређаји

7.2.3.1. Коритасти уређај „ОСС“ (Ore Chemical Corporation)

Коритасти уређај „ОСС“ употребљава се за концентрацију и предконцентрацију крупних и средњих класа металних и неметалних минералних сировина. (Слика 31) Одвајање у овом уређају најчешће се врши при густини суспензије од 2,8 до 2,9 t/m^3 . Као суспензид користи се галенит или феросилицијум. Изглед уређаја је приказан на слици 31.

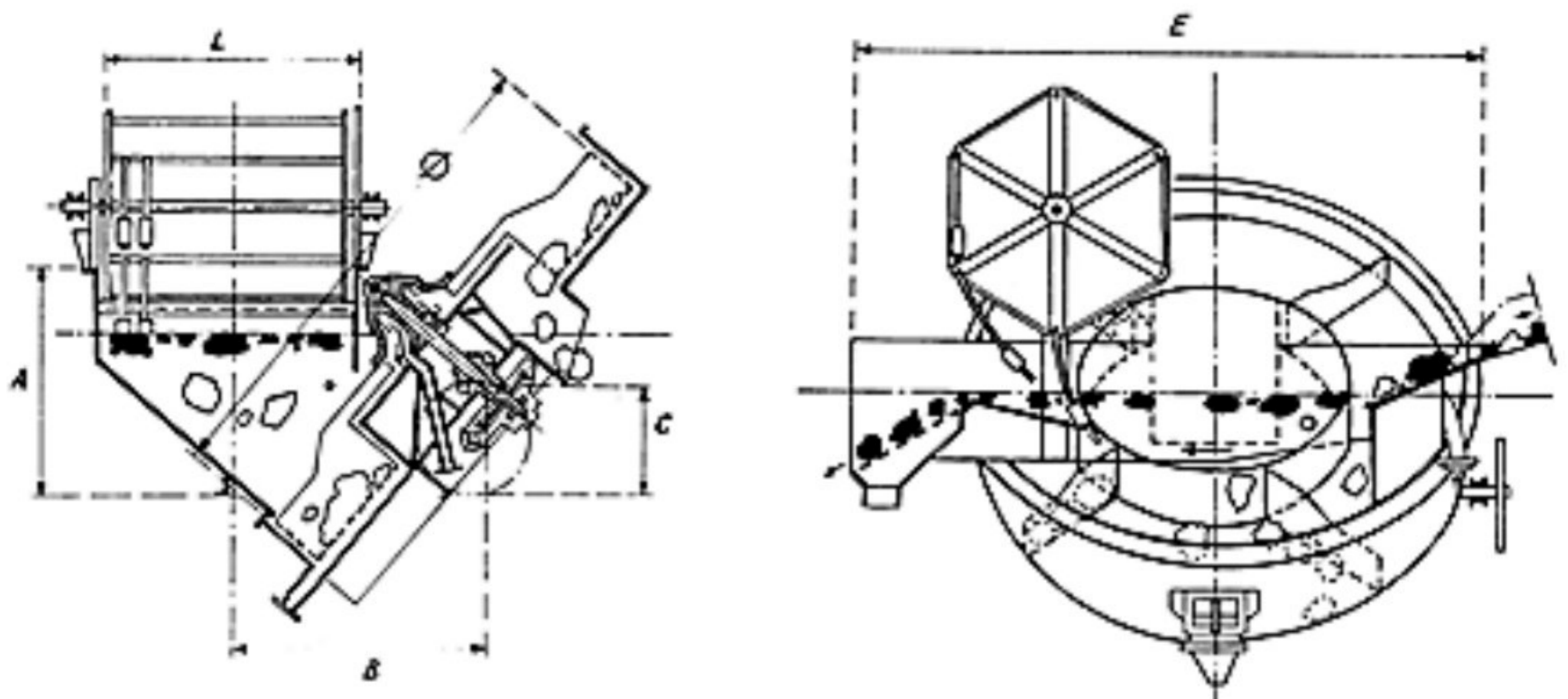


Слика 31 Коритасти уређај „ОСС“

1. Довод руде, 2. Прелив лаке фракције, 3. Спољашње корито за прихватање ΔT производа и суспензије,
4. Преливни праг унутрашњег корито у коме се врши раслојавање, 5. Кашика у виду перфориране плоче, 6. Канал за спровођење ΔT производа, 7. Преграда за задржавање лаке фракције, 8. Осцилациони уређај, 9. Погонска осовина, 10. Механизам за клаћење кашике, 11. Ниво суспензије

7.2.3.2. Коритасту уређај „Drewboy“

Овај уређај је посебно погодан за крупне класе све до гкк 500 mm, а при томе даје велику оштрину одвајања. (Слика 32) Код овог уређаја једна страна корита је у виду бубња постављеног под нагибом у односу на хоризонталну осу. У бубњу се кружно крећу кашике које са дна бубња захватају исталожену тешку фракцију и подижу је до отвора за пражњење, одакле одлази у канал за прихватање овог производа. Уређај може да даје и три производа али у том случају постоје два корита са суспензијом различите густине. Лака фракција првог корита је дефинитивни производ а тешка фракција првог корита се одводи у друго корито које даје наредна два производа, тј. међупроизвод и дефинитивну тешку фракцију. Уређај има велики капацитет, око 100 t/h/m ширине корита у зони преливног прага. [1]

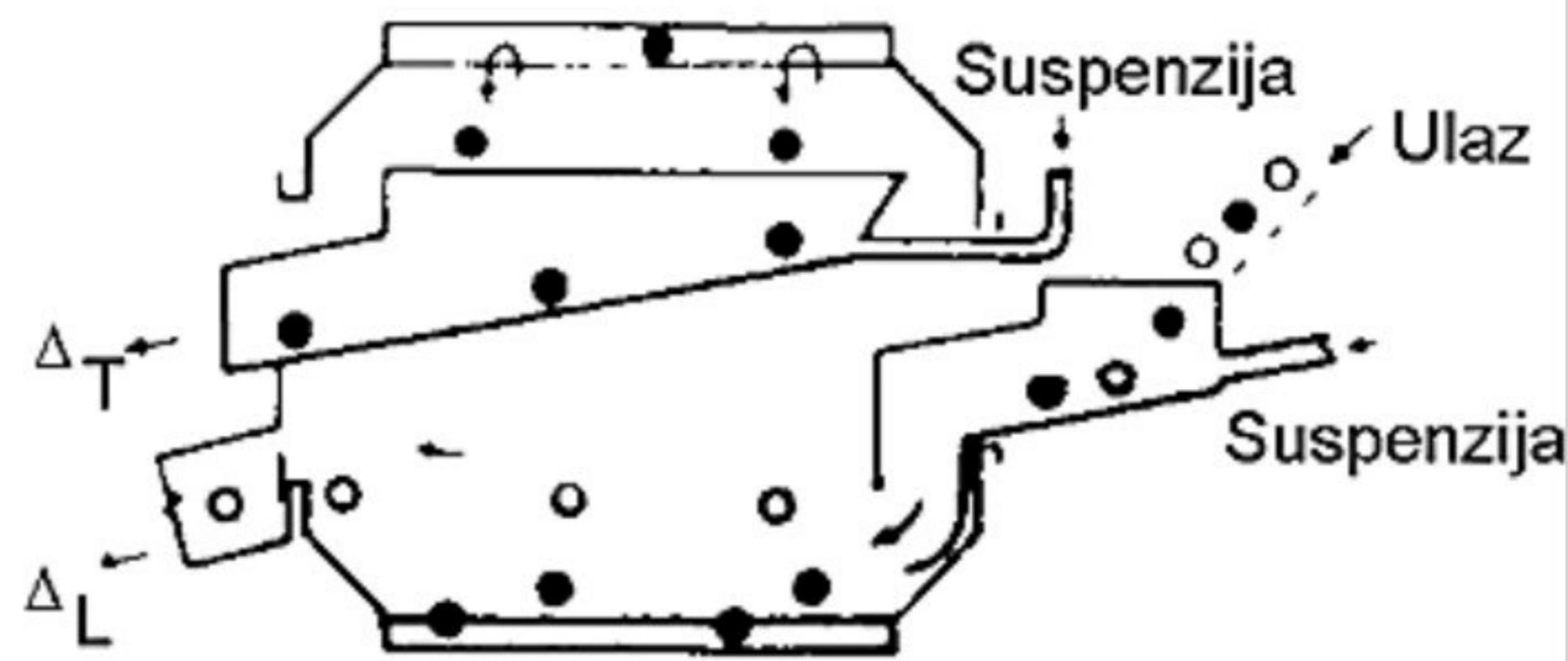


Слика 32 Коритасту уређај „Drewboy“

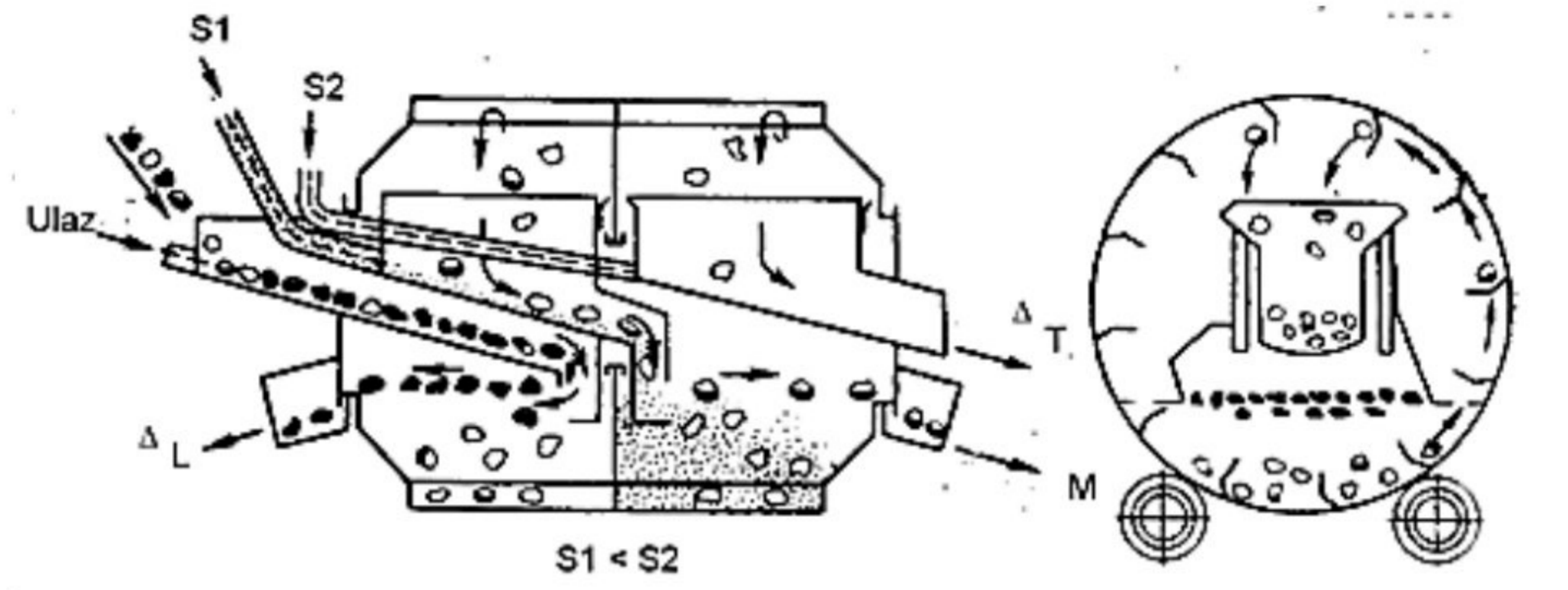
1. Корито у виду конуса,
2. Корито у виду бубња под нагибом,
3. Канал за довод сировине,
4. Осовина са кашикама,
5. Кашике које износе ΔT производ,
6. Обртни бубањ,
7. Висећи елементи на обртном бубњу,
8. Преливни праг,
9. Канал за прихватање ΔL производа,
10. Отвор за пражњење ΔT производа,
11. Канал за прихватање ΔT производа

7.2.3.3. Бубњасту уређај „WEMCO“

Бубњасту концентратори фирме “WEMCO” израђују се у неколико модела тј. за добијање два или три производа. (Слике 33 и 34) Овај уређај се употребљава за чишћење угља. У првом делу бубња налази се суспензија густине $1,5 \text{ t/m}^3$ а у другом делу, суспензија густине $1,8 \text{ t/m}^3$. [1] Преграда између два дела бубња онемогућује мешање две суспензије различите густине. Пливајућа фракција у првом делу бубња представља чист угаљ, а тонућа фракција се издиже и каналом пребацује у други део бубња где се налази суспензија веће густине. Раслојавањем сировине у овом делу бубња добија се међупроизвод као пливајућа фракција и дефинитивна јаловина као тонућа фракција. [1]



Слика 33 Бубњаста уређај „WEMCO“ за два производа



Слика 34 Бубњаста уређај „WEMCO“ за три производа

У индустријским постројењима за предконцентрацију у тешкој средини највећу примену имају управо бубњаста концентратори типа „WEMCO“ са два или три производа.

Разлог за ово је једноставна конструкција, једноставно одржавање и висока поузданост у раду. Такође, крупноћа издробљене руде $-20(40)+0$ mm апсолутно одговара овом типу уређаја.

8. Опит предконцентрације руде Леце у лабораторији

Лабораторијска истраживања у оквиру овог завршног рада обухватила су суво просејавање узорка дефинитивно издробљене руде ради утврђивања гранулометријског састава полазног узорка. Потом је обављено мокро просејавање (прање) руде на сити отвора 2,5 mm. Класа +2,5 mm је подвргнута плива-тоне анализи у раствору бромформа на густини $2,67 \text{ g/cm}^3$ при чему је добијена лака фракција или јаловина и тешка фракција. Касније је тешка фракција рачунски спојена са класом -2,5 mm и тако добијен предконцентрат који је послужио за израду прогнозног биланса предконцентрације који је послужио за доношење закључка о могућности примене предконцентрације на дефинитивно издробљеној руди рудника Леце.

8.1. Просејавање

Материјал који смо добили из рудника Леце масе 13,73 kg суво смо просејавали на пет сита чији су отвори величине 40 mm, 30 mm, 15 mm, 10 mm и 5 mm. Сита смо поређали у слог по опадајућој величини, а испод последњег сита поставили смо посуду (чанак) за прихватање просева. После припреме сита и самог материјала извршили смо просејавање. Након одређеног времена, као проверу свако сито смо протресали изнад белог папира како би се уверили да је просејавање узорка било успешно. Овим поступком се завршава суво просејавање. (Слика 35)



Слика 35 Сита посласана у слог за суво просејавање

Након тога започиње поступак мокрог просејавања просева последњег сита сувог просејавања класе -5+0 на сити отвора 2,5 mm како би издвојили класу крупноће -2,5+0 mm која се не може третирати поступком гравитацијске концентрације у тешкој средини. Поступак смо започели тако што смо мешањем воде и узорка добили пулпу одговарајуће густине. (Слика 36)



Слика 36 Припрема материјала за мокро просејавање

Процес мокрог просејавања врши се тако што пулпу пресипамо у сито из више пута у мањим количинама и у танком слоју воде вршимо протресање сита. Да не би дошло до лепљења и остајања материјала у канти, вршили смо спирање материјала водом и истресања истог на сито. (Слика 37)



Слика 37 Мокро просејавање на ситиу отвора 2,5 mm

Након мокрог просејавања добијамо две класе крупноће, односно одсев класе крупноће +2,5 mm и просев класе крупноће -2,5+0 mm. (Слика 38)



Слика 38 Просев класе крупноће -2,5 mm

Након мокрог просејавања спајамо класу +2,5 mm са остатком материјала из сувог просејавања и остављамо да се осуши након чега је уследило потапање ове класе у тешку течност (бромоформ).. Просев -2,5 mm који је остао у канти остављен је да се слегне неколико дана, након чега смо декантирали воду, а материјал пребацили на плех и осушили на 105°C. (Слика 39)



Слика 39 Материјал класе крупноће -2,5 mm након сушења

Када су се узорци у потпуности осушили извршили смо мерење маса материјала за ове две класе крупноће. Маса материјала класе крупноће +2,5 mm износила је:

$$\text{БРУТО МАСА} - \text{МАСА ПОСУДЕ} = 11,55 - 1,4 = 10,15 \text{ kg}$$

Маса материјала класе крупноће -2,5+0 mm износила је:

$$\text{БРУТО МАСА} - \text{МАСА ПОСУДЕ} = 5,35 - 1,77 = 3,58 \text{ kg}$$

8.2. Поступак гравитацијске концентрације у тешкој средини

8.2.1. Одређивање густине бромоформа пикнометарском методом

Пре самог почетка поступка гравитацијске концентрације у тешкој средини извршили смо мерење густине тешке течности (бромоформ CHBr_3) пикнометарском методом. (Слика 40)



Слика 40 Одређивање густине бромофора пикнометарском методом

Густина се израчунава по формули (5):

$$Y = G_a / (G_1 + G_a - G_2) \quad (5)$$
$$Y = 2,67 \text{ g/cm}^3$$

Где је:

G_a - маса бромоформа (брuto маса умањена за масу пикнометра);

$$G_a = 161,33 - 27,72 = 133,61 \text{ g}$$

G_2 - брутo маса (пикнометар + бромоформ)- 161,33 g;

- Маса пикнометра- 27,72 g;

G_1 -маса пикнометра са водом;

$$G_1 = 77,7 \text{ g}$$

Раслојавање материјала класе крупноће +2,5 mm извршили смо на густини суспензије од 2,67 g/cm³.

8.3. Потапање и раслојавање материјала у тешкој течности

Пре самог почетка примене поступка концентрације потребно је обући заштитну одећу због рада са бромоформом. (Слика 41)



Слика 41 Заштитна опрема током извођења опита

Опрема се састоји из следећег:

- Заштитне наочаре и маска;
- Кожна кецеља;
- Гумене рукавице;
- Мантил.

После одређивања густине суспензије (тешке течности-бромоформа) пикнометарском методом приступа се примени процеса концентрације. У металну канту насули смо одређену количину бромоформа. (Слика 42)



Слика 42 Додавање тешке течности (бромоформа) у канту

Након припреме суспензије, помоћу кашике материјал у мањим количинама додајемо у цилиндричну перфорирану посуду коју затим потапамо у канту са суспензијом и мешамо. (Слика 43)



Слика 43 Перфорирана посуда за потапање материјала у суспензију

Перфорираном кашиком скидамо материјал који плива, односно лаку фракцију. (Слика 44)



Слика 44 Изузимање лаке фракције перфорираном кашиком

Након скидања лаке фракције и пребацивања у плех, перфорирана посуда се лагано вади из канте, сачека се да се материјал откапа, да не дође до губитка суспензије и истреса у за њега предвиђену посуду. Поступак се понавља све док целокупан материјал не буде третиран, односно потопљен и раслојен на тешку ΔT и лаку ΔL фракцију.

Након раслојавања, посуде са тешком ΔT и лаким ΔL фракцијом остављају се на сушење у капелу са вентилацијом како би се одводило испаравање (мирис) бромформа. (Слика 45)



Слика 45 Капела за сушење материјала

Кроз неколико дана када се узорак осушио, извршили смо мерење маса лаке и тешке фракције. Маса тешке фракције (ΔT) износила је 1650 g, а лаке фракције (ΔL) 8500 g. (Слика 46 и 47)



Слика 46 Тешка фракција (ΔT)



Слика 47 Лака фракција ΔL

8.4. Узорковање и обрада узорка

Након мерења маса добијених фракција, приступили смо процесу уситњавања материјала примарним дробљењем на чељусној дробилици. (Слика 48)



Слика 48 Уситњавање материјала на чељусној дробилици

Тако уситњен материјал просејали смо на сити отвора 5 mm у циљу уклањања комада материјала чија је г.г.к. мања од отвора за пражњење дробилице са глатким ваљцима на којој смо извршили следеће уситњавање, као и да би уклонили вангабаритне материјале, јер пречник најкрупнијег комада материјала мора бити 18-20 пута мањи од пречника ваљака. (Слика 49 и 50)



Слика 49 Просејавање пре дробљења у дробилици са глатким ваљцима



Слика 50 Дробилица са глатким ваљцима

Након дробљења у дробилици са глатким ваљцима, извршили смо поступак хомогенизације материјала. Хомогенизацију смо извршили прекотрљавањем материјала на комаду најлона. (Слика 51)



Слика 51 Хомогенизација материјала прекотрљавањем

После хомогенизације лопатицом смо формирали „погачу“ и методом шах поља изузели одређену количину узорка.(Слика 52 и 53)



Слика 52 Формирање погаче



Слика 53 Узимање узорка методом шах поља

Описани поступак примењен је за материјал обе фракције, при чему смо добили два узорка.

Да би добили материјал чија је г.г.к. погодна за хемијску анализу, добијене фракције уситњавамо у микронизирајућем млину-пулверизатору. (Слика 54 и 55)



Слика 54 Микронизирајући млин-пулверизатор



Слика 55 Радни орган микронизирајућег млина

Након уситњавања поновно се приступа процесу хомогенизације уситњене тешке, затим и лаке фракције прекотрљавањем на комаду најлона, формирање „погаче“ и изузимање узорка методом шах поља помоћу лопатице. (Слика 56)



Слика 56 Узорковање након спрашивања (ΔТ)

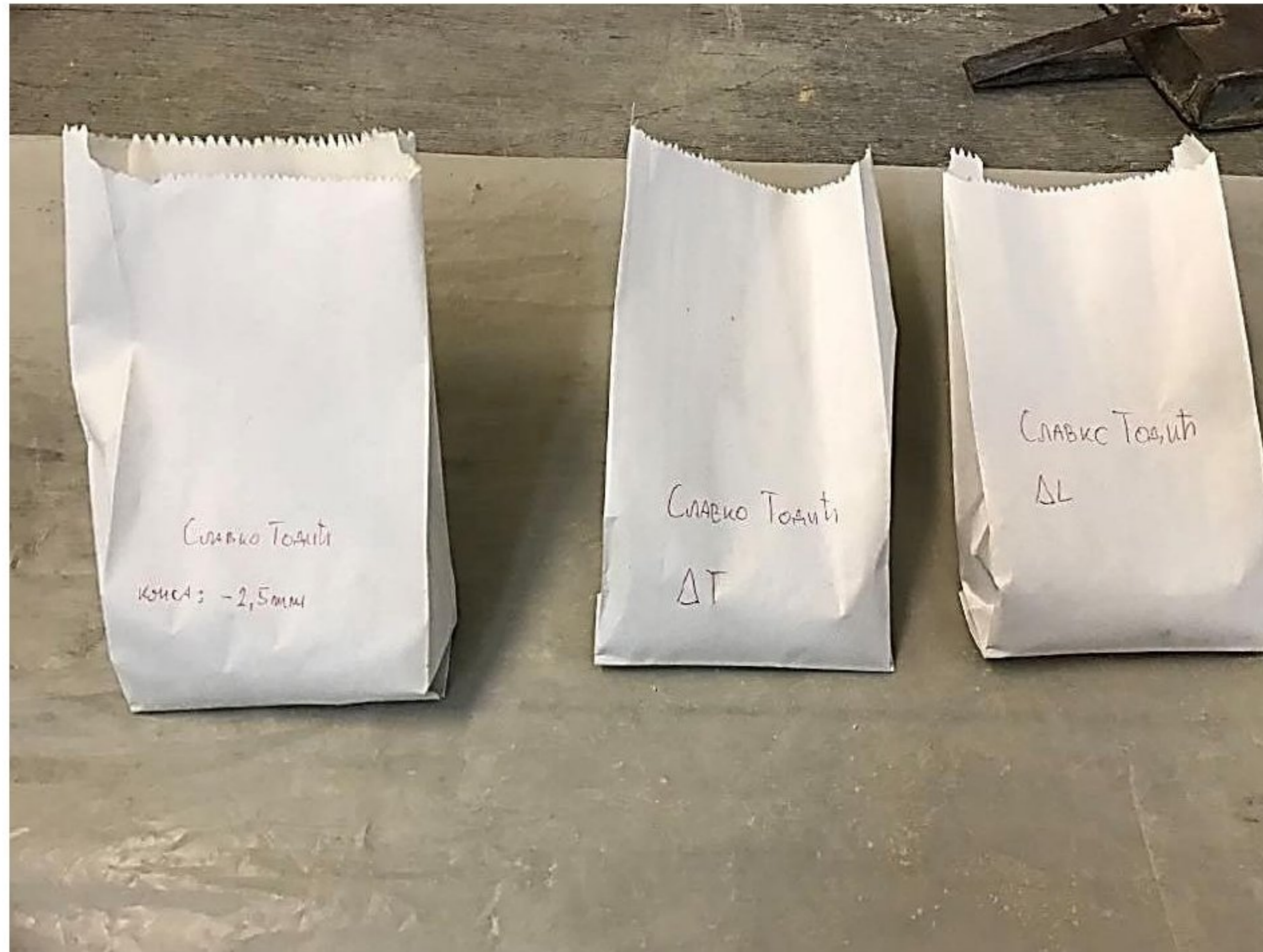
Спрашени узорци су спаковани у две папирне кесе, од којих је једна за лаку, а друга за тешку фракцију и припремљени за слање на хемијску анализу.

Декантирани и осушени материјал класе крупноће $-2,5+0$ mm такође смо обрадили и припремили за хемијску анализу. Наиме, након сушења, овај материјал се стврдно и добио облик плеха у коме се налазио. (Слика 57)



Слика 57 Припрема узорка класе крупноће $-2,5$ mm за хемијску анализу

На комаду најлона помоћу оклагације извршили смо спрашивање стврнуте масе, хомогенизацију прекотрљавањем, формирање „погаче“ и узимање узорка методом шах поља. Узорак је стављен у папирну кесу и заједно са кесам у којима се налазе узорци тешке и лаке фракције послат на хемијску анализу. (Слика 58)



Слика 58 Узорци спремљени за хемијску анализу

Хемијска анализа припремљених узорака извршена је у лабораторији рудника Леце која се налази у кругу флотације у селу Газдаре.

Резултати хемијских анализа припремљених узорака приказани су у наредном тексту:

Извештај хемијских анализа

<i>Slavko Todić</i>	<i>Pb (%)</i>	<i>Zn (%)</i>	<i>Au (g/t)</i>	<i>Ag (g/t)</i>
DL	0,12	0,28	2,90	3,57
DT	0,86	3,35	2,30	8,03
класа:-2,5 mm	0,98	1,75	5,80	11,43

17.08.2023год..

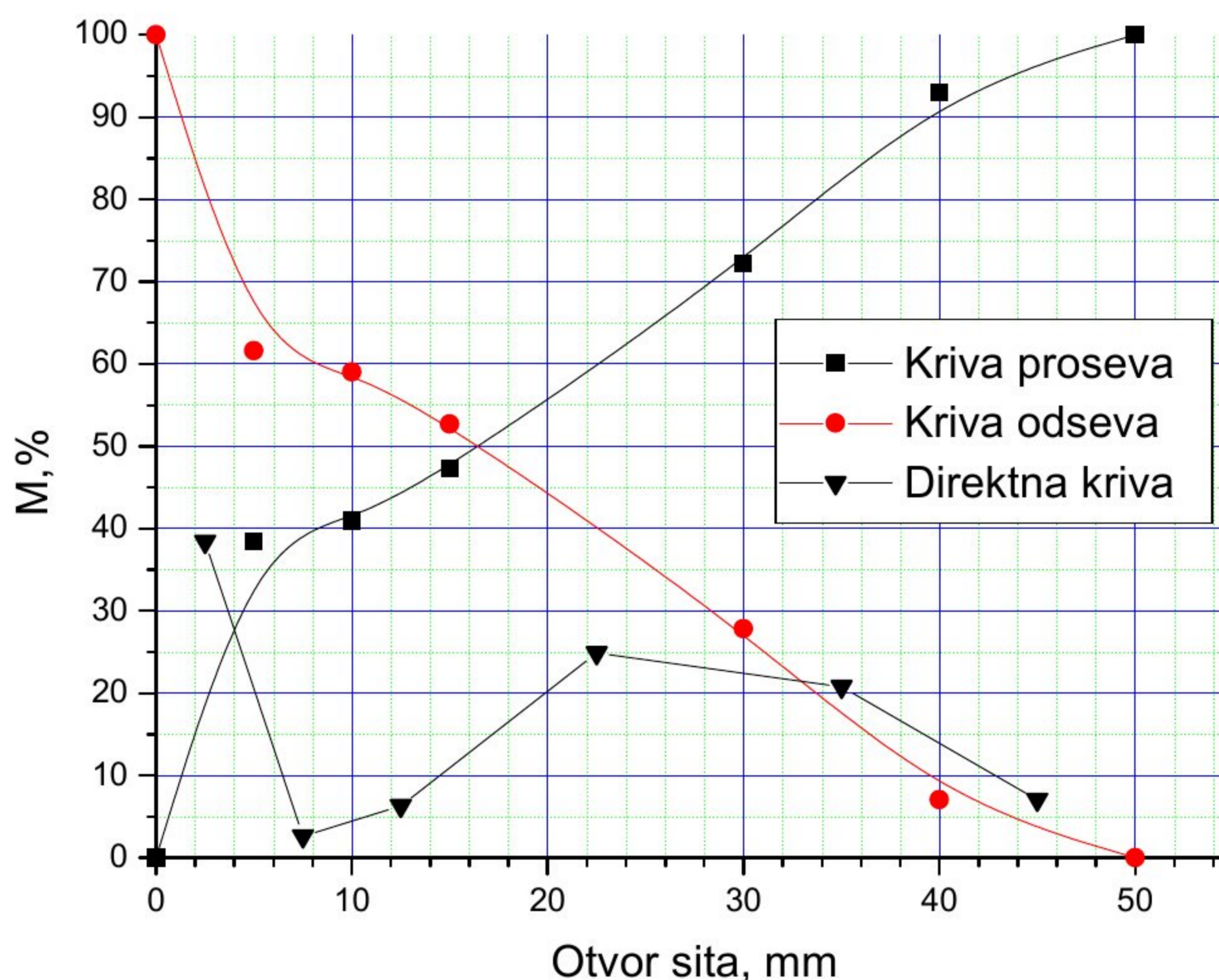
Руководилац
лабораторије
Александар Михајловић

Резултати Гранулометријске анализе приказани су у табели бр 1 и графички на слици 59.

9. Гранулометријски састав

Табела 1 Табеларни приказ гранулометријског састава

Гранулометријски састав полазног узорка			Одсев	Просев
Класе [mm]	М [g]	М [%]	М [%]	М [%]
+40	950	7,05	7,05	100,00
-40+30	2800	20,79	27,84	92,95
-30+15	3350	24,87	52,71	72,16
-15+10	850	6,31	59,02	47,29
-10+5	350	2,60	61,62	40,98
-5+0	5170	38,38	100,00	38,38
Улаз	13470	100,00	-	-



Слика 59 Графички приказ гранулометријског састава

Са дијаграма гранулометријског састава, на пресецишту кумулативних кривих одсева и просева са линијом која представља 50% масе, прочитан је средњи пречник зрна и он износи: $d_{sr}=16$ mm.

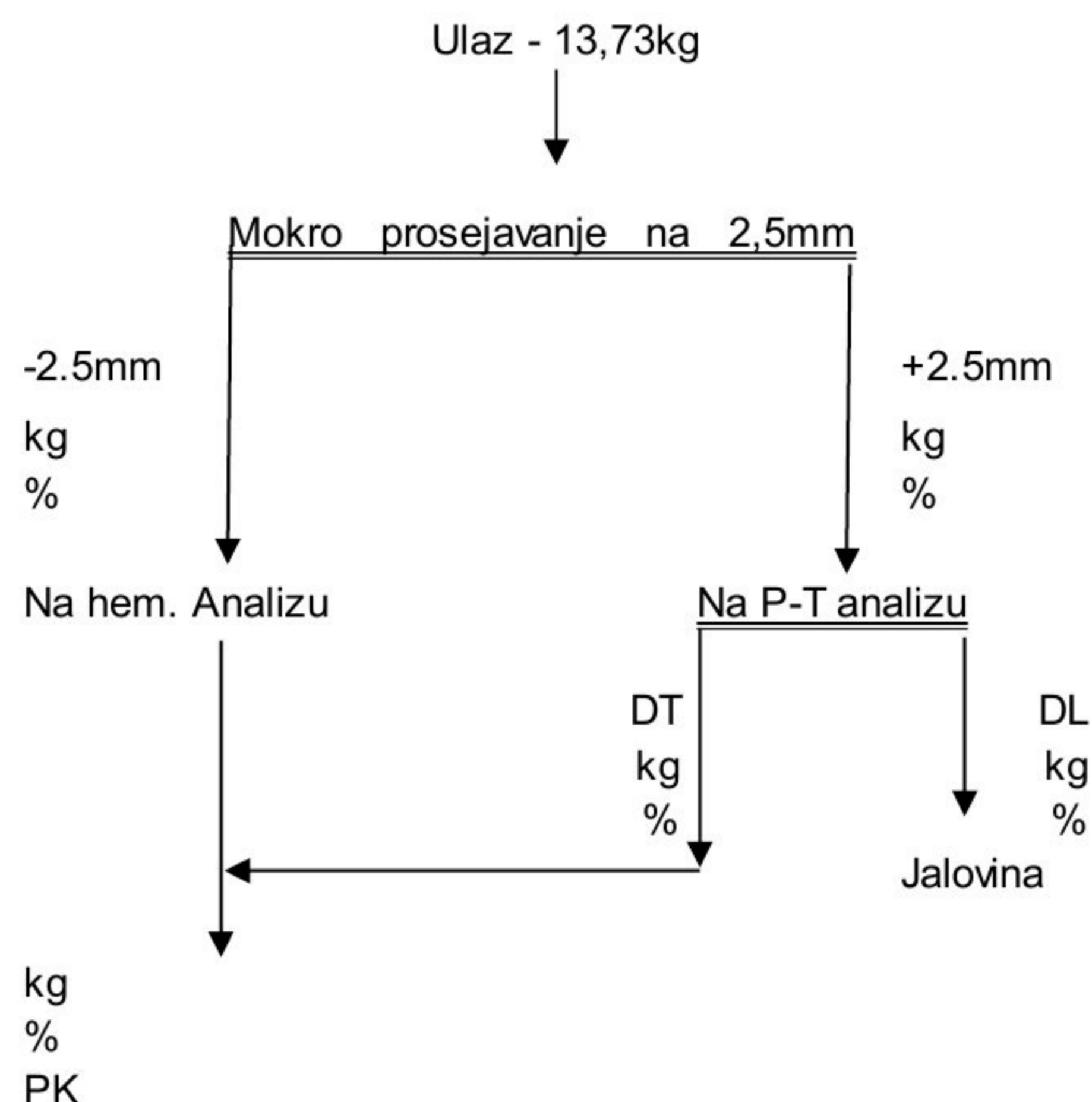
Повлачењем линије од ознаке 95% масе на ординати до пресецишта са кривом просева прочитана је и вредност горње граничне крупноће зрна и она износи: $d_{95}=44$ mm.

Директна крива приказује масену заступљеност сваке класе крупноће понаособ, односно представља дијаграм из којег се могу видети међусобни односи по класама крупноће. У конкретном случају масено је најзаступљенија класа крупноће -5+0 mm са масеним уделом од 38,38 %, док је процентуално најмање заступљена класа крупноће -10+5 mm са уделом од 2,60 %.

Кумулативна крива одсева приказује збирну масену заступљеност производа који остаје на сити.

Кумулативна крива просева приказује збирну масену заступљеност производа који пролази кроз сито.

10. Шема извођења плива-тоне анализе



Слика 60 Шема плива-тоне анализе

Након сувог просејавања и одређивања гранулометријског састава, материјал одлази на мокро просејавање на сити отвора 2,5 mm. Просев сита класе крупноће -2,5+0 mm шаље се на хемијску анализу. Одсев сита класе крупноће +2,5 mm одлази на плива-тоне анализу, при чему се добијају две фракције: тешка фракција (ΔT) и лака фракција-јаловина (ΔL). Тешка фракција се након концентрације спаја са материјалом класе крупноће -2,5+0 mm који није третиран поступком гравитацијске концентрације у тешкој средини (класе испод 2,5 mm не могу бити третиране у бубњастом концентратору), са којим чини наш предконцентрат.

Табела 2 Биланс плива-тоне анализе-производи

Производи	M, kg	M, %	Pb, %	Zn, %	Au, g/t	Ag, g/t	I Pb, %	I Zn, %	I Au, %	I Ag, %
Улаз	13,73	100,00	0,43	1,03	3,58	6,16	100,00	100,00	100,00	100,00
ΔT	1,65	12,02	0,86	3,35	2,30	8,03	23,86	39,00	7,71	15,68
ΔL (јаловина)	8,5	61,91	0,12	0,28	2,90	3,57	17,15	16,79	50,09	35,91
Класа -2,5 mm	3,58	26,07	0,98	1,75	5,80	11,43	58,99	44,21	42,20	48,42

На основу добијених резултата у билансу плива-тоне анализе видимо да је поступак био успешан у погледу уклањања крупнозрне јаловине, јер је 61,91 % улазне

сировине отишло у лаку фракцију, односно јаловину (сматра се да је поступак предконцентрације исплатив уколико је та вредност изнад 30 %).

Са друге стране, оно што овај поступак чини непримењивим јесте то што се у јаловини налази знатна количина злата и сребра.

Производи	M, kg	M, %	Pb, %	Zn, %	Au, g/t	Ag, g/t	I Pb, %	I Zn, %	I Au, %	I Ag, %
-----------	-------	------	-------	-------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Табела 3 Биланс предконцентрације

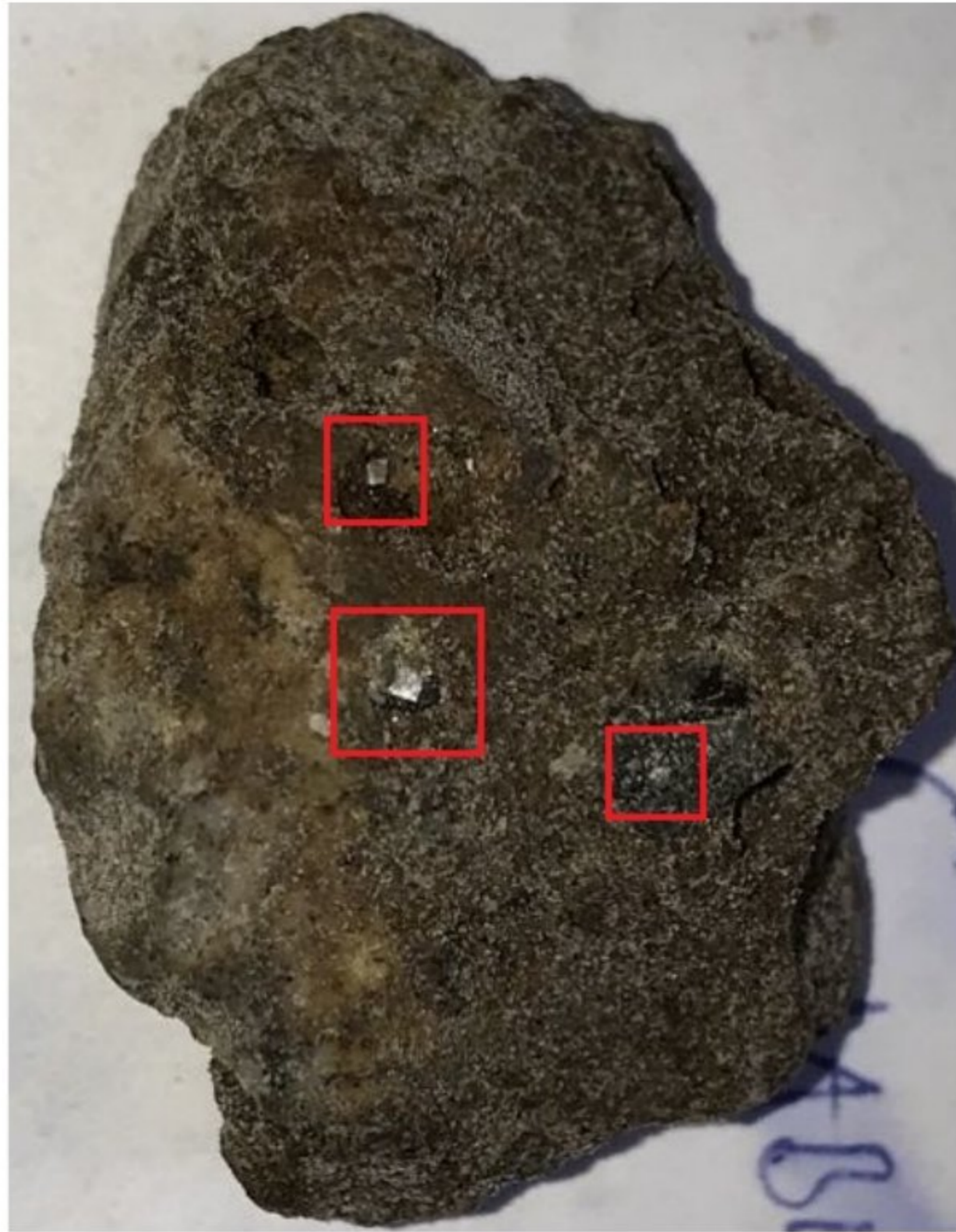
Улаз	13,73	100,00	0,43	1,03	3,58	6,16	100,00	100,00	100,00	100,00
Предконцентрат	5,23	38,09	0,94	2,25	4,70	10,36	82,85	83,21	49,91	64,09
Јаловина	8,50	61,91	0,12	0,28	2,90	3,57	17,15	16,79	50,09	35,91

Спајањем тешке фракције и материјала класе крупноће -2,5 mm добили смо наш предконцентрат док ΔL фракција представља крупнозрну јаловину.

Према резултатима овог биланса, успешност опита може се сагледати са две стране. Овим поступком уклоњена је велика количина крупнозрне јаловине (61,91 %) у којој је остао мали проценат олова (Pb=0,12%) и нешто већи проценат цинка (0,28%). Обзиром да и у флотацијској концентрацији садржај олова у јаловини износи око 0,1%, на основу свих претходно наведених параметара, поступак предконцентрације је примењив када се погледа губитак олова и цинка у крупнозрној јаловини. Због густине на којој је извршено раслојавање, односно због приближне вредности густине кварца густини суспензије, кварц је прешао у јаловину. То је веома значајно због тога што кварц по Мосу има тврдоћу 7 што га чини тешким за уситњавање. Међутим, ова руда је хетерогеног и комплексног састава, тако да се злато налази у кварцним стенама у виду златних жила, па самим тим што је кварц прешао у лаку фракцију дошло је до великог губитка злата у јаловини (2,9 g/t), али и сребра (3,57 g/t) по садржају односно око 50% по расподели злата и око 36% по расподели сребра. Током вршења опита примећени су на неколико зрна лаке фракције оком видљиви минерали олова. (Слика 61 и 62). Ово је очекивано с обзиром на крупноћу материјала који је третиран (ггк око 44 mm).



Слика 61 Заостали минерали олова у јаловини



Слика 62 Заостали минерали олова у јаловини

11. Закључак

Анализом добијених резултата који су приказани у билансу предконцентрације можемо рећи да је у погледу уклањања крупнозрне јаловине поступак предконцентрације успешан. Наиме, уколико у лаку фракцију пређе више од 30% материјала предконцентрација се сматра исплативом, а у нашем случају учешће ΔL фракције (јаловина) процентуално износи 61,91 %, што предконцентрацију чини и више него исплативом.

У јаловини су се у малом проценту од 0,12 % Pb нашли минерали олова, што је такође задовољавајући параметар када се у обзир узме да при флотацијској концентрацији количина минерала олова која је прешла у јаловину износи око 0,1% Pb.

Највећи удео кварца у руди је прешао у јаловину што даје јако велику предност у процесу даљег уситњавања материја, јер кварц има тврдоћу по Мосу 7, што га чини веома неповољним за млевење. На овај начин долази и до велике уштеде енергије и времена током млевења, смањеног хабања унутрашњости млина и мељућих тела, а и самим уклањањем преко 60% јаловине предконцентрацијом значајно се смањује количина материјала која долази на млевење, а касније и у флотацију.

Овај процес би значајно смањило и количину флотацијске тј. хидрауличке јаловине, што би довело до смањења количине воде и ситнозрног материјала из флотације и класирања која одлази у акумулационо језеро на јаловишту, што би позитивно утицало на заштиту животне средине.

Међутим, параметар који представља проблем и онемогућава примену поступка предконцентрације је тај што велика количина злата прелази у јаловину. Наиме, као што је већ наведено, кварц је прешао у јаловину, а руда је хетерогеног састава тако да се злато појављује у кварцу у виду кварцних златних жила. Због тога је садржај злата у јаловини велики и износи 2,90 g/t, а сребра 3,57 g/t, односно 50% злата по расподели и 36% сребра што доводи до високог губитка у јаловини поготову злата. Овако висок губитак ових економски јако значајних минерала кроз крупнозрну јаловину није прихватљив ако се зна да око 80% прихода рудника чине злато и сребро.

На основу свих ових параметара може се закључити да није могуће извршити поступак предконцентрације на руди Леце.

12. Литература

1. Деушић С., Лазић П., „Машине и уређаји у припреми минералних сировина 1“, РГФ Београд, 2013.
2. Ђалић Н., „Теоријске основе припреме минералних сировина“, РГФ Београд, 1990.
3. Техничка документација рудника Леце

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента СЛАВКО Тодит

Број индекса P109/18

Изјављујем

да је завршни рад под насловом

Испитивање могућности предконцентрације руде Леце

- 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, 25.09.2023.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Славко (Сретен) Тодић

Број индекса Р109/18

Студијски програм Рударско инжењерство

Наслов рада Испитивање могућности предконцентрације руде
Леце

Ментор проф. др Предраг Лазич

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, 25.09.2023.

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

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

Испитивање могућности прекоцентрације руде Леце

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, 25.09.2023.

Потпис ментора

Потпис студента