

Универзитет у Београду
Институт за рударство и металургију Бор
Председнику Научног већа
Датум: 17.06.2025. године

Поштовани,

На основу Вашег захтева број 896/25 и 897/25/24 од 28.04.2025. године за потврду категорија техничких решења под називом:

1. **„Развој нове технологије третмана филтер колача насталог у процесу рециклаже истрошених литијум- фери-фосфатних батерија (ЛФБ)“** аутори Љиљана Аврамовић, Драгана Божић, Вања Трифуновић, Емина Пожега, Весна Марјановић, Зоран Аврамовић и Јелена Стефановић из 2025. године.
2. **„Развој нове технологије третмана рафината у циљу добијања ди-калцијум-фосфата“** аутори Драгана Божић, Љиљана Аврамовић, Вања Трифуновић, Зоран Стефановић, Емина Пожега, Весна Марјановић и Зоран Аврамовић из 2025. године.

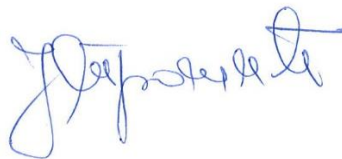
Обавештавам Вас следеће

Након прибављених мишљења о наведеним техничким решењима, чланови МНО за материјале и хемијске технологије су их, на седници одржаној 17.06.2025. године разматрали и сачинили предлог да техничка решења под називом:

1. **„Развој нове технологије третмана филтер колача насталог у процесу рециклаже истрошених литијум- фери-фосфатних батерија (ЛФБ)“** аутори Љиљана Аврамовић, Драгана Божић, Вања Трифуновић, Емина Пожега, Весна Марјановић, Зоран Аврамовић и Јелена Стефановић из 2025. године **ИСПУЊАВА** све услове предвиђене *Правилником о стицању истраживачких и научних звања* („Службени гласник РС“, број 159/20 и 14/2023) за доделу категорије **М82 - Ново техничко решење (метода) примењено на националном нивоу.**
2. **„Развој нове технологије третмана рафината у циљу добијања ди-калцијум-фосфата“** аутори Драгана Божић, Љиљана Аврамовић, Вања Трифуновић, Зоран Стефановић, Емина Пожега, Весна Марјановић и Зоран Аврамовић из 2025. године **ИСПУЊАВА** све услове предвиђене *Правилником о стицању истраживачких и научних звања* („Службени гласник РС“, број 159/20 и 14/2023) за доделу категорије **М82 - Ново техничко решење (метода) примењено на националном нивоу.**

Предлог се доставља Министарству науке, технолошког развоја и иновација РС ради процене и прихватања истог.

Председник МНО
за материјале и хемијске технологије



Др Јасна Стајић Трошић

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ
НОВО ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ПРИМЕЊЕНО НА НАЦИОНАЛНОМ
НИВОУ
(M82)

``РАЗВОЈ НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ ТРЕТМАНА
РАФИНАТА У ЦИЉУ ДОБИЈАЊА
ДИ-КАЛЦИЈУМ-ФОСФАТА``

Април, 2025.

САДРЖАЈ

1.	ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АУТОРА РЕШЕЊА	3
2.	НАЗИВ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА	3
3.	КЉУЧНЕ РЕЧИ	3
4.	ЗА КОГА ЈЕ РЕШЕЊЕ РАЂЕНО (ПРАВНО ЛИЦЕ ИЛИ ГРАНА ПРИВРЕДЕ	3
5.	ГОДИНА КАДА ЈЕ РЕШЕЊЕ КОМПЛЕТИРАНО	3
6.	ГОДИНА КАДА ЈЕ ПОЧЕЛО ДА СЕ ПРИМЕЊУЈЕ И ОД КОГА	3
7.	ОБЛАСТ И НАУЧНА ДИСЦИПЛИНА НА КОЈУ СЕ ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ОДНОСИ	3
8.	ПРОБЛЕМ КОЛИ СЕ ТЕХНИЧКИМ РЕШЕЊЕМ РЕШАВА	4
8.1.	ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕС ПРОИЗВОДЊЕ ФОСФОРНЕ КИСЕЛИНЕ	4
8.1.1.	Сировине за добијање фосфорне киселине	4
8.1.2.	Добијање фосфорне киселине	4
8.1.3.	Реакција фосфорне киселине и калцијум карбоната	5
8.1.4.	Реакција гасног амонијака са суперфосфатом	5
9.	СТАЊЕ РЕШЕНОСТИ ПРОБЛЕМА У СВЕТУ	5
10.	ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА	6
10.1.	УВОД	6
10.2.	КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПОЛАЗНОГ РАФИНАТА	7
10.3.	ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА НЕУТРАЛИЗАЦИЈЕ РАСТВОРА РАФИНАТА	7
10.3.1.	Испитивање врсте неутрализационих реагенаса на процес уклањања примеса из рафината	7
10.3.2.	Испитивање утицаја вредности рН на ефикасност процеса неутрализације	9
10.3.3.	Испитивање утицаја концентрације $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на ефикасност процеса неутрализације	11
10.3.4.	Испитивање утицаја температуре на ефикасност процеса неутрализације	12
10.3.5.	Испитивање потребне количине воде за испирање формираног неутрализационог муља	13
10.4.	ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА СИНТЕЗЕ ДИ-КАЛЦИЈУМ-ФОСФАТА (ДКФ)	14
10.4.1.	Испитивање утицаја врсте таложних реагенаса на процес синтезе ДКФ	14
10.4.2.	Испитивање утицаја вредности рН на ефикасност процеса синтезе ДКФ	16
10.4.3.	Испитивање утицаја концентрације $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на ефикасност синтезе ДКФ-а	18
10.5.	УВЕЋАНИ ОПИТ - НЕУТРАЛИЗАЦИЈА 1 L РАФИНАТА И СИНТЕЗА ДКФ-а	21
10.6.	ЕКСПЕРИМЕНТ ТАЛОЖЕЊА Cd СА Na_2S	22
10.7.	ПРЕДЛОГ ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ЗА ТРЕТМАН РАФИНАТА У ЦИЉУ ДОБИЈАЊА ДКФ	23
10.7.1.	Селективно уклањање cd из рафината преципитацијом са Na_2S	23
10.7.2.	Процес неутрализације са 5 % кречним млеком на рН 3,5	24
10.7.3.	Синтеза ДКФ-а	26
10.8.	ОПИС ТЕХНОЛОШКЕ ШЕМЕ	28
10.8.1.	Селективно уклањање кадмијума:	29
10.8.2.	Процес неутрализације на рН 3,5:	29
10.8.3.	Процес синтезе ДКФ-а:	29
10.9.	КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПРОДУКАТА И МЕЋУПРОДУКАТА ФОРМИРАНИХ У ТЕХНОЛОШКОМ ПРОЦЕСУ ТРЕТМАНА РАФИНАТА	29
10.10.	НОРМАТИВИ ПОТРЕБНИ ЗА ПРОЦЕС ТРЕТМАНА РАФИНАТА	30

11.	ЛИСТА РАНИЈЕ ПРИХВАЋЕНИХ ТЕХНИЧКИХ РЕШЕЊА ЗА СВАКОГ ОД АУТОРА ПОЈЕДИНАЧНО	31
12.	РЕФЕРЕНЦЕ	36
13.	СПИСАК ПРИЛОГА:	36
13.1.	Валидан доказ о примени техничког решења	37
13.2.	Уговор о пословно-техничкој сарадњи између Института за рударство и металургију Бор и компаније Elixir Prahovo d.o.o. Prahovo	39
13.3.	Рачун „Elixir Prahovo d.o.o. Prahovo“	45
13.4.	Извод банке	50

1. ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АУТОРА РЕШЕЊА

- 1.1. Др Драгана Божић, дипл.инж.металург.
- 1.2. Др Љиљана Аврамовић, дипл.инг.технол.
- 1.3. Вања Трифуновић, маст.инж.технол.
- 1.4. Др Зоран Стевановић, дипл.инж.руд.
- 1.5. Др Емина Пожега, дипл.инж.металург.
- 1.6. Др Весна Марјановић, дипл.инж.руд.
- 1.7. Др Зоран Аврамовић, дипл.инг.технол.

2. НАЗИВ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

РАЗВОЈ НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ ТРЕТМАНА РАФИНАТА У ЦИЉУ ДОБИЈАЊА ДИ-КАЛЦИЈУМ-ФОСФАТА

3. КЉУЧНЕ РЕЧИ

Технологија, фосфорна киселина, рафинат, ди-калцијум-фосфат, индустрија ђубрива

4. ЗА КОГА ЈЕ РЕШЕЊЕ РАЂЕНО (ПРАВНО ЛИЦЕ ИЛИ ГРАНА ПРИВРЕДЕ)

ELIXIR PRAHOVO d.o.o. Prahovo.

Браће Југовића 2, 19330 Прахово, Србија

Матични број:07309783

ПИБ: 100777129

5. ГОДИНА КАДА ЈЕ РЕШЕЊЕ КОМПЛЕТИРАНО

2025. година.

6. ГОДИНА КАДА ЈЕ ПОЧЕЛО ДА СЕ ПРИМЕЊУЈЕ И ОД КОГА

Ново техничко решење реализовано је у Институту за рударство и металургију Бор и комерцијализовано 2025. године у компанији **ELIXIR PRAHOVO d.o.o. Prahovo.**

7. ОБЛАСТ И НАУЧНА ДИСЦИПЛИНА НА КОЈУ СЕ ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ОДНОСИ

Техничко решење припада областима: Материјали и хемијске технологије

8. ПРОБЛЕМ КОЈИ СЕ ТЕХНИЧКИМ РЕШЕЊЕМ РЕШАВА

8.1. ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕС ПРОИЗВОДЊЕ ФОСФОРНЕ КИСЕЛИНЕ

8.1.1. Сировине за добијање фосфорне киселине

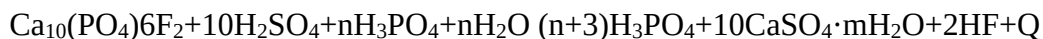
Сировине из којих се добија фосфорна киселина су природни минерали који имају висок садржај фосфора. То су, пре свега апатити ($\text{Ca}_{10}((\text{PO}_4)_6(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_2)$) и фосфорит ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) са примесама SiO_2 и CaCO_3 , односно стене које садрже минерале фосфора.

8.1.2. Добијање фосфорне киселине

Фосфорна киселина се може добити на два начина, мокрим и термичким поступком. Мокрим поступком се добијају фосфатна ђубрива, а термичким чиста фосфорна киселина се користи у фармацеутској индустрији, индустрији хране и напитака, као и индустрији детерџената. Производња фосфорне киселине мокрим поступком заснива се на реакцији природних фосфатних минерала са киселинама, најчешће сумпорном, при чему настаје остатак назван фосфогипс, који се састоји из гипса и неразложених компоненти природних фосфата [1-3]:



Практично за разлагање фосфата користи се смеша сумпорне и фосфорне киселине:



Иновирани процес пречишћавања фосфорне киселине применом солвентне екстракције омогућава ефикасно уклањање нечистоћа и побољшање квалитета крајњег производа. Овај поступак доводи до формирања две одвојене фракције:

- Пречишћена фосфорна киселина – добијени производ је фосфорна киселина комерцијалног квалитета, погодна за примену у различитим индустријама, укључујући прехранбену, фармацеутску и производњу ђубрива [4].

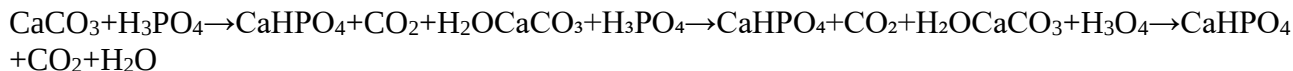
- Рафинат (споредни продукт) – ова фракција представља слабу фосфорну киселину, која садржи све нечистоће издвојене током процеса солвентне екстракције. Овај нуспроизвод може се даље третирати или користити у мање захтевним индустријским применама.

Солвентна екстракција омогућава селективно уклањање нечистоћа као што су метали (Fe, Al, Mg), органске материје и друге нежељене компоненте, чиме се значајно побољшава чистота и квалитет фосфорне киселине. Овај метод представља напредак у односу на конвенционалне технике пречишћавања, нудећи већу ефикасност и потенцијал за економску исплативост кроз могућност даљег коришћења нуспроизвода [5-7].

Дикалцијум фосфат (CaHPO_4) се добија хемијским процесима који укључују реакције калцијумових једињења са фосфатним изворима. Постоје две главне методе производње применом калцијум-карбоната и применом амонијака.

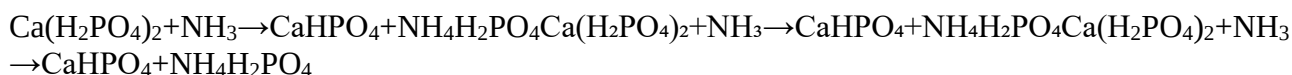
8.1.3. Реакција фосфорне киселине и калцијум карбоната

Један од најчешћих индустријских начина производње ДКФ-а је реакција фосфорне киселине (H_3PO_4) са калцијум карбонатом (CaCO_3):



8.1.4. Реакција гасног амонијака са суперфосфатом

Ова метода се често користи у производњи ђубрива:



9. СТАЊЕ РЕШЕНОСТИ ПРОБЛЕМА У СВЕТУ

Дикалцијум фосфат (CaHPO_4) је једињење које се користи у различитим индустријама, укључујући прехранбену индустрију као додаток исхрани, у производњи хране за животиње и у фармацеутској индустрији. Производи се реакцијом стехиометријских количина калцијум карбоната и фосфорне киселине:



Светска производња дикалцијум фосфата зависи од доступности фосфатних руда, које су кључне сировине за његову производњу. Највећа налазишта фосфатних руда налазе се у Мароку, који поседује око 50 милијарди тона фосфатних стена, што га чини највећим светским произвођачем фосфата.

У Европи је откривено огромно подземно налазиште висококвалитетног фосфата у Норвешкој, које се сматра највећим на Свету. Процењује се да је ово налазиште довољно велико да задовољи светску потражњу за ђубривима, соларним плочама и батеријама за електричне аутомобиле у наредних 50 година.

Производња дикалцијум фосфата (CaHPO_4) суочава се са неколико изазова на глобалном нивоу, који утичу на стабилност снабдевања и одрживост производње.

Ограничене резерве фосфатних стена: фосфатне стене, кључна сировина за производњу фосфорних једињења попут дикалцијум фосфата, сматрају се необновљивим ресурсом. Брзина експлоатације ових лежишта премашује њихову природну обнову, што доводи до забринутости у погледу дугорочне доступности фосфора. Европска комисија је класификовала сирови фосфат као критичну сировину због ограничених залиха.

Геополитичка концентрација резерви: Већина светских резерви фосфата концентрисана је у неколико земаља, што може довести до геополитичких тензија и нестабилности у снабдевању. На пример, Мароко поседује око 63% процењених светских резерви фосфатних минерала.

Здравствени и еколошки аспекти: прекомерна употреба фосфата у прехранбеној индустрији изазива забринутост због могућих здравствених последица, као што су поремећаји у апсорпцији калцијума код људи.

Радиоактивност фосфатних производа: неки фосфатни производи могу садржати повишене нивое природне радиоактивности, што представља додатни изазов у производњи и употреби дикалцијум фосфата.

Одржива решења: како би се одговорило на ове изазове, истражују се алтернативни извори фосфора, попут пепела канализационог муља богатог фосфором, што би могло смањити зависност од традиционалних фосфатних стена и допринети одрживијој производњи.

Иако постоје значајни изазови у производњи дикалцијум фосфата, текућа истраживања и развој нових технологија усмерени су ка проналажењу одрживих решења која би осигурала стабилност снабдевања овим важним једињењем.

10. ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

10.1. УВОД

У овом Техничком решењу приказана су експериментална лабораторијска испитивања третмана рафината у циљу добијања ди-калцијум-фосфата, која су предмет Уговора број 1044/23 од 23.06.2023. год. закљученог између Института за рударство и металургију Бор и Елихир Прахово доо Прахово. Елихир Прахово је иновирао процес пречишћавања фосфорне киселине применом поступка солвентне екстракције (SX), при чему настају две фракције: пречишћена фосфорна киселина комерцијалног квалитета и рафинат као споредни продукт који представља слабу фосфорну киселину и садржи све присутне нечистоће издвојене у SX процесу. Предмет испитивања је рафинат достављен од стране компаније Елихир Прахово у количини од 50 L за лабораторијска испитивања процеса уклањања присутних примеса и добијања потенцијалних производа дикалцијум- фосфата (ДКФ).

Испитивања су урађена у циљу дефинисања оптималних технолошких параметара поступка третмана рафината у складу са захтевима дефинисаним у предметном Уговору, а који се односе на квалитет циљаног производа ДКФ и степена искоришћења P_2O_5 . Искоришћење P_2O_5 преко 70%. P_2O_5 од улазног рафината до производа ДКФ стандардног квалитета представља циљани резултат у складу са захтевом Инвеститора.

Техничко решење садржи систематизовани преглед технолошких испитивања процеса третмана рафината у лабораторијским условима у складу са предвиђеним планом испитивања дефинисаним у Уговору. На основу добијених резултата у оквиру овог Техничког решења формиран је предлог комбинованог поступка за третман рафината који обухвата процес уклањања присутних примеса заступљених у рафинату у границама предвиђеним спецификацијом за квалитет производа, а затим из пречишћеног раствора следи прво процес синтезе ДКФ-а, а потом у даљем поступку и процес синтезе производа МКФ-а. Треба напоменути да су у овом Техничком решењу приказани само резултати уклањања присутних примеса заступљених у рафинату у границама предвиђеним спецификацијом за квалитет производа, а затим из пречишћеног раствора извршен је процес синтезе ДКФ-а што је само један део предметног Уговора. Такође, урађена је детаљна карактеризација излазних међупродуката: чврстог остатка – неутрализационог муља који настаје у фази пречишћавања рафината и карактеризација отпадних вода које се јављају у фази синтезе ДКФ-а.

Обзиром на комплексност поступка који је неопходан за третман рафината и на строге захтеве везане за квалитет производа и степена искоришћења P_2O_5 , урађено је више серија експерименталних испитивања на лабораторијском нивоу, за сваку технолошку фазу процеса. Сва експериментална технолошка испитивања су урађена у Институту за рударство и металургију (ИРМ) Бор у оквиру Центра за развојне технологије у металургији. Комплетна хемијска и минералозна испитивања продуката и међупродуката формираних у свим фазама технолошких испитивања урађена су такође у ИРМ-у у Центру за лабораторије – Лабораторија за хемијска испитивања ХТК.

10.2. КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПОЛАЗНОГ РАФИНАТА

За испитивања је коришћен оригинални узорак рафината достављен из Елихира Прахово, који је имао густину од 1162 g/L и вредност рН 1,2. Узорци рафината су анализирани у лабораторијама ИРМ. Резултати хемијске анализе рафината приказани су у Табели 10.2.1.

Табела 10.2.1. Хемијска анализа рафината

Елементи	Јединица	Вредност	Метода
P ₂ O ₅	%	13,15	Спектрофотометрија
Fe	ppm	2756	ICP-OES
Na	ppm	5502	ICP-OES
Al	ppm	1580	ICP-OES
Ca	ppm	69,3	ICP-OES
Cd	ppm	8,4	ICP-OES
Cr	ppm	222,5	ICP-OES
Cu	ppm	15,4	ICP-OES
K	ppm	515	ICP-OES
Mg	ppm	11159,5	ICP-OES
Ni	ppm	28,2	ICP-OES
Zn	ppm	509,5	ICP-OES
Pb	ppm	<1	ICP-OES
Cl ⁻	ppm	149	Јон селективна електрода
F ⁻	ppm	1440	Јон селективна електрода
Hg	ppm	<0,1	Живин анализатор

Узорак рафината који је приказан у Табели 10.2.1. коришћен је за сва експериментална испитивања процеса неутрализације рафината приказаних у наставку Техничког решења.

10.3. ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА НЕУТРАЛИЗАЦИЈЕ РАСТВОРА РАФИНАТА

10.3.1. Испитивање врсте неутрализационих реагенаса на процес уклањања примеса из рафината

➤ Неутрализација раствора рафината са 1М NaOH

Раствор рафината запремине 100 ml неутрализован је до рН 4 са 1М раствором NaOH (Слика 10.3.1.1.). Почетна вредност рН раствора износила је 1,2. Потрошња 1 М NaOH до рН 4 износила је 190 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 4,7 g. У Табели 10.3.1.1. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.



Слика 10.3.1.1. Неутрализација рафината са 1 М NaOH

Табела 10.3.1.1. Постигнути степен неутрализације применом 1М NaOH

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,95
P	26,6
Mg	20,06
Al	97,2
Cd	26,1
Cr	87,8
Pb	100

➤ Неутрализација раствора рафината са NH_4OH

Раствор рафината запремине 100 ml, неутрализован је до pH 4 са раствором NH_4OH . Почетна вредност pH раствора износила је 1,2. Потрошња NH_4OH до pH 4 износила је 17 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 3,7 g.

У Табели 10.3.1.2. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.1.2. Постигнути степен неутрализације применом NH_4OH

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,92
P	23,96
Mg	34,48
Al	99,92
Pb	78

➤ Неутрализација раствора рафината са CaCO_3

Раствор рафината запремине 100 ml, неутрализован је до pH 4 са CaCO_3 у праху. Почетна вредност pH раствора износила је 1,3. Потрошња CaCO_3 до pH 4 износила је 35 g. Након неутрализације суспензија је профильтрирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 43 g. У Табели 10.3.1.3. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.1.3. Постигнути степен неутрализације применом CaCO_3

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,87
P	37,9
Mg	37,2
Al	98,76
Pb	81

➤ Неутрализација раствора рафината са $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Раствор рафината запремине 100 ml, неутрализован је до pH 4 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Почетна вредност pH раствора износила је 1,13. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 4 износила је 120 ml. Након неутрализације суспензија је профильтрирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 6,0 g. У Табели 10.3.1.4. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.1.4. Постигнути степен неутрализације применом $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,99
P	28,96
Al	98,1
Cr	84,06
Zn	74,8

10.3.2. Испитивање утицаја вредности pH на ефикасност процеса неутрализације

➤ Неутрализација до pH 3

Раствор запремине 100 ml, неутрализован је до pH 3 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Почетна вредност pH раствора износила је 1,13. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 3 износила је 100 ml. Након неутрализације суспензија је профильтрирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 3,7 g. У Табели 10.3.2.1. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.2.1. Постигнути степен неутрализације на рН 3

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,1
P	24,37
Al	88,58
Cr	70
Zn	17,1

➤ Неутрализација до рН 3,5

Раствор запремине 100 ml, неутрализован је до рН 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Почетна вредност рН раствора износила је 1,13. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 3,5 износила је 115 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талог од 5,2 g. У Табели 10.3.2.2. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.2.2. Постигнути степен неутрализације на рН 3,5

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,98
P	28,04
Al	99,92
Cr	87,5
Zn	70

➤ Неутрализација до рН 4

Раствор рафината запремине 100 ml, неутрализован је до рН 4 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Почетна вредност рН раствора износила је 1,13. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 4 износила је 120 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талог од 6,0 g. У Табели 10.3.2.3. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.2.3. Постигнути степен неутрализације

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,99
P	30,96
Al	98,1
Cr	84,06
Zn	74,8

У циљу уклањања нечистоћа и постизања минималног губитка фосфора изведене су серије експеримената у којима је рафинат неутрализован до различитих рН вредности. На основу добијених резултата приказаних у овом поглављу закључено је да су најбољи резултати добијени неутрализацијом рафината до рН 3,5. На овој рН вредности уклоњен је највећи проценат нечистоћа, при чему је губитак на фосфору био прихватљив

10.3.3. Испитивање утицаја концентрације Ca(OH)_2 на ефикасност процеса неутрализације

Наставак испитивања имао је циљ дефинисање оптималне концентрације изабраног неутрализационог средства Ca(OH)_2 у процесу неутрализације рафината на дефинисаној вредности рН 3,5. Испитиване су следеће концентрације: 2,5% Ca(OH)_2 , 5% Ca(OH)_2 и 10% Ca(OH)_2 на ефикасност процеса неутрализације и степен уклањања присутних примеса.

➤ Неутрализација са 2,5% Ca(OH)_2

Раствор запремине 100 ml, неутрализован је до рН 3,5 са 2,5% Ca(OH)_2 . Почетна вредност рН раствора износила је 1,13. Потрошња 2,5% Ca(OH)_2 до рН 3,5 износила је 227 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 4,6 g. У Табели 10.3.3.1. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.3.1. *Постигнути степен неутрализације применом 2,5% Ca(OH)_2*

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,92
P	20,35
Mg	1,68
Al	96,04
Cr	80,7
Zn	25

➤ Неутрализација са 5% Ca(OH)_2

Раствор запремине 100 ml, неутрализован је до рН 3,5 са 5% Ca(OH)_2 . Почетна вредност рН раствора износила је 1,13. Потрошња 5% Ca(OH)_2 до рН 3,5 износила је 118 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 5,0g. У Табели 10.3.3.2. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.3.2. *Постигнути степен неутрализације применом 5% Ca(OH)_2*

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,96
P	18,84
Mg	2,16
Al	98,7
Cr	84,56
Zn	48,31

➤ Неутрализација са 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Раствор запремине 100 ml, неутрализован је до pH 3,5 са 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Почетна вредност pH раствора износила је 1,13. Потрошња 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 3,5 износила је 63 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 6,6 g. У Табели 10.3.3.3. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.3.3. Постигнути степен неутрализације применом 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,94
P	20,6
Mg	2,54
Al	98,94
Cr	86,65
Zn	58,80

У овој серији урађених експеримената испитиван је утицај концентрације неутрализационог реагенса на степен уклањања нечистоћа и минималног губитка на фосфору. Добијени резултати показали су да је коришћење 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ за процес неутрализације дало најбоље резултате.

10.3.4. Испитивање утицаја температуре на ефикасност процеса неутрализације

У циљу дефинисања утицаја температуре на ефикасност процеса неутрализације рафината, урађен је експеримент процеса неутрализације уз грејање рафината на 50°C на дефинисаној вредности pH 3,5 и применом 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ као неутрализационог средства.

➤ Неутрализација до pH 3,5 на температури од 50°C

Раствор запремине 100 ml, неутрализован је до pH 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, на температури од 50°C. Почетна вредност pH раствора износила је 1,13. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 3,5 износила је 115 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 5,1 g. У Табели 10.3.4.1. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.4.1. Постигнути степен неутрализације на различитим температурама

Елемент	Степен неутрализације %	
	T-50°C	T-25°C
Fe	99,95	99,98
P	46,19	28,04
Mg	4,8	/
Al	99,04	99,92
Cr	98,86	87,5
Zn	86,97	70

Обзиром да су сви претходни експерименти испитивања процеса неутрализације рафината били урађени на собној температури, урађен је експеримент у коме је рафинат неутралисан на температури од 50°C. Добијени резултати показали су да повећање температуре има исти утицај на степен уклањања примеса, али додатно има негативан утицај јер доводи до већег губитка на фосфору од 47%. Из тог разлога даља испитивања рађена су на собној температури.

10.3.5. Испитивање потребне количине воде за испирање формираног неутрализационог муља

У овом Поглављу дати су резултати везани за процес испирања формираног неутрализационог муља – талоба који настаје у процесу неутрализације рафината. Испитивана је температура воде за испирање.

➤ Испирање насталог талоба са 400 ml воде

Раствор запремине 100 ml, неутралисан је до pH 3,5 са 5% Ca(OH)₂. Почетна вредност pH раствора износила је 1,13. Потрошња 5% Ca(OH)₂ до pH 3,5 износила је 119 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана и испрана са 400 ml воде, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 5 g. У Табели 10.3.5.1. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.3.5.1. Постигнути степен неутрализације

Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,99
P	18,96
Mg	2,08
Al	98,82
Cr	98,3
Zn	74,8

➤ Испирање насталог талоба са 500 ml воде

Раствор запремине 100 ml, неутралисан је до pH 3,5 са 5% Ca(OH)₂. Почетна вредност pH раствора износила је 1,13. Потрошња 5% Ca(OH)₂ до pH 3,5 износила је 119 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана и испрана са 500 ml воде, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 5,5 g. У Табели 10.3.5.2. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације

Табела 10.3.5.2. Постигнути степен неутрализације

Елемент	Елемент
Fe	99,99
P	18,72
Mg	2,4
Al	99,21
Cr	98,6
Zn	96,14

У овој серији експеримената испитиван је утицај количине испирних вода на степен искоришћења фосфора. У свим претходним испитивањима талог након неутрализације настао у процесу неутрализације 100 ml рафината је испиран са 300 ml хладне воде. Експерименти су показали да повећање количине воде на 400 ml и 500 ml испирних вода није имало значајнији утицај на искоришћење фосфора. Може се закључити да је 300 ml хладне воде довољна количина за испирање талоба формираног након процеса неутрализације 100 ml почетног рафината. Другим речима, за неутрализацију 100 ml испитиваног рафината, однос испирне воде у односу на количину формираног неутрализационог муља износи: $T:Ч = 300 \text{ ml}:5 \text{ g} = 6:1$.

10.4. ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА СИНТЕЗЕ ДИ-КАЛЦИЈУМ-ФОСФАТА (ДКФ)

10.4.1. Испитивање утицаја врсте таложних реагенаса на процес синтезе ДКФ

У циљу избора таложног реагенса за синтезу производа ди-калцијум-фосфата (ДКФ) урађена су експериментална испитивања применом NaOH и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и добијени резултати су приказани у наставку овог поглавља.

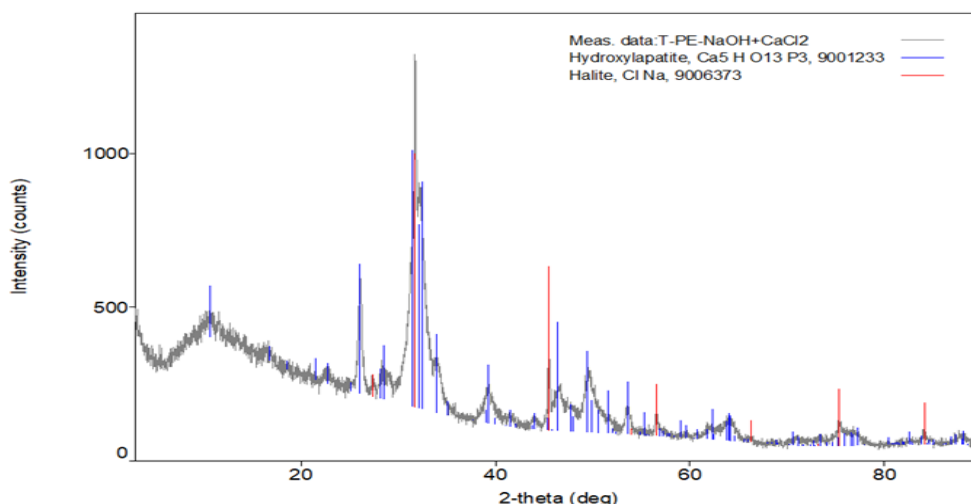
➤ Синтеза ДКФ-а са 1M NaOH

За испитивања је коришћен раствор запремине 100 ml, који је неутрализован до pH 3,5 са 1M NaOH. Након филтрирања раствору је додато 10 g CaCl_2 и раствор је затим неутрализован са 65 ml 1M NaOH до pH 7. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба у тежини од 7,3 g, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.4.1.

Табела 10.4.1.1. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Mg	Cr	Zn	Fe	Al	Pb	As
%	16,90	30,34	1,71	0,001	0,04	<0,001	0,098	<0,001	<0,001

Дифрактограм формираног производа, ознаке T-PE-NaOH+ CaCl_2 приказан је на Слици 10.4.1. У овом узорку идентификовани су минерали апатит ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$) и халит (NaCl). На основу интезитета пикова закључује се да је апатит присутан са мањим степеном кристалитета, док је халит присутан са већим степеном кристалитета. Закључено је да није евидентирано присуство циљаног минерала брушита ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).



Слика 10.4.1.1. Дифрактограм узорка $T\text{-PE-NaOH}+CaCl_2$

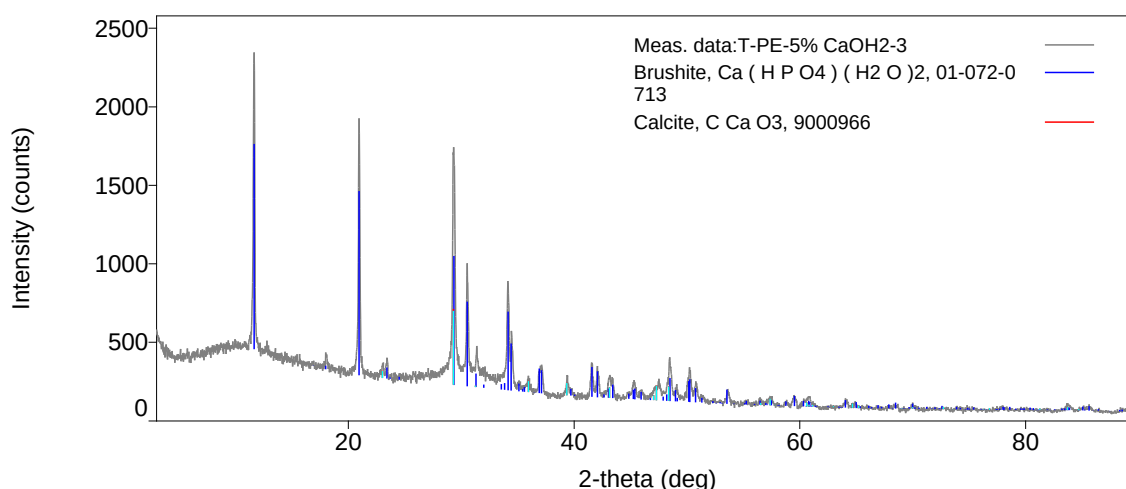
➤ Синтеза ДКФ-а са $Ca(OH)_2$

Раствор запремине 100 ml, који је претходно био неутралисан до рН 3,5 са 5% $Ca(OH)_2$, након филтрирања додатно је неутралисан са 5% $Ca(OH)_2$ до рН 7 у циљу таложења производа ДКФ. Почетна вредност рН раствора износила је 3,84. Потрошња 5% $Ca(OH)_2$ до рН 7 износила је 54 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 7,1 g производа ДКФ, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.4.2.

Табела 10.4.1.2. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Cd	Mg	Cr	Zn	Fe	Al	As
%	16,7	28,08	0,0014	3,13	0,005	0,07	0,001	0,002	0,001

Дифрактограм узорка формираног ДКФ, ознаке $T\text{-PE-5\% } Ca(OH)_2\text{-3,5-7}$ приказан је на Слици 10.4.1.1. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$) и калцит ($CaCO_3$). Брушит је најзаступљенији минерал у узорку, док је калцит мање заступљен.



Слика 10.4.1.1. Дифрактограм узорка $T\text{-PE-5\% } Ca(OH)_2\text{-3,5-}$

Добијени резултати испитивања процеса синтезе ДКФ-а применом два неутрализациона средства: натријум – хидроксид и калцијум – хидроксид показали су да је само применом калцијум- хидроксида дошло до синтезе ДКФ јер је минералозна ХРД анализа указала на присуство формираног минерала брушита ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), тако да је 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ одабран за наставак испитивања.

10.4.2. Испитивање утицаја вредности рН на ефикасност процеса синтезе ДКФ

У циљу избора оптималне вредности рН за процес синтезе производа ди-калцијум-фосфата (ДКФ) урађена су експериментална испитивања на следећим рН вредностима раствора рН 6, рН 6,5 и рН 7 применом 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и добијени резултати су приказани у наставку овог поглавља.

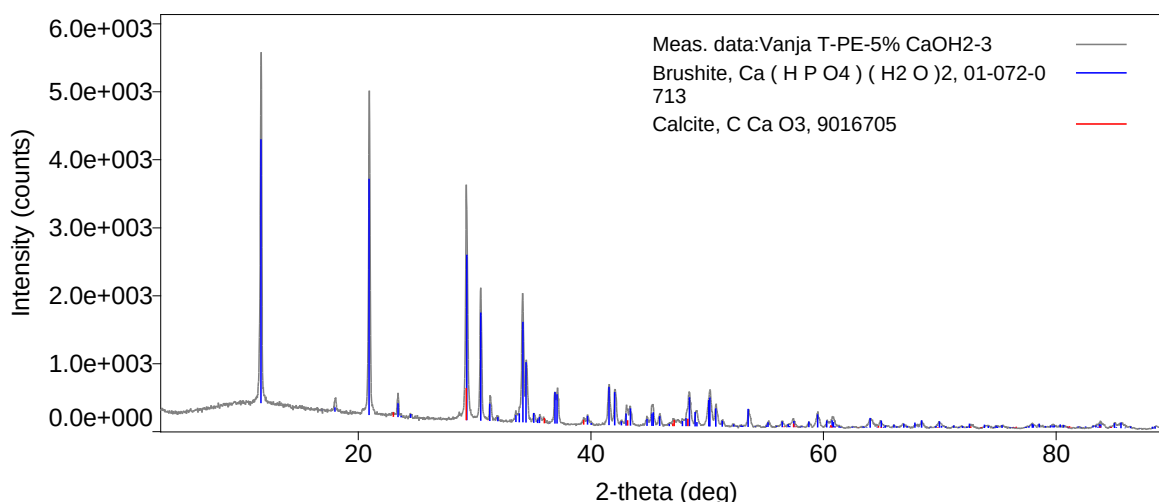
➤ Синтеза ДКФ-а са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при вредности рН 6

Раствор запремине 100 ml, претходно неутрализован до рН 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, након филтрирања, додатно је неутрализован са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до вредности рН 6. Почетна вредност рН раствора износила је 3,84. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 6 износила је 30 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 4,3 g - производа ДКФ, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.4.2.1.

Табела 10.4.2.1. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Mg	Cr	Zn	Fe	Al
%	15,85	25,6	0,28	0,011	0,07	0,001	0,001

Дифрактограм узорка формираног ДКФ, ознаке Т-РЕ-5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-6 приказан је на Слици 10.3.8.1. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и калцит (CaCO_3). Брушит је најзаступљенији минерал у узорку, док је калцит мање заступљен.



Слика 10.4.2.1. Дифрактограм узорка Т-РЕ-5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-6

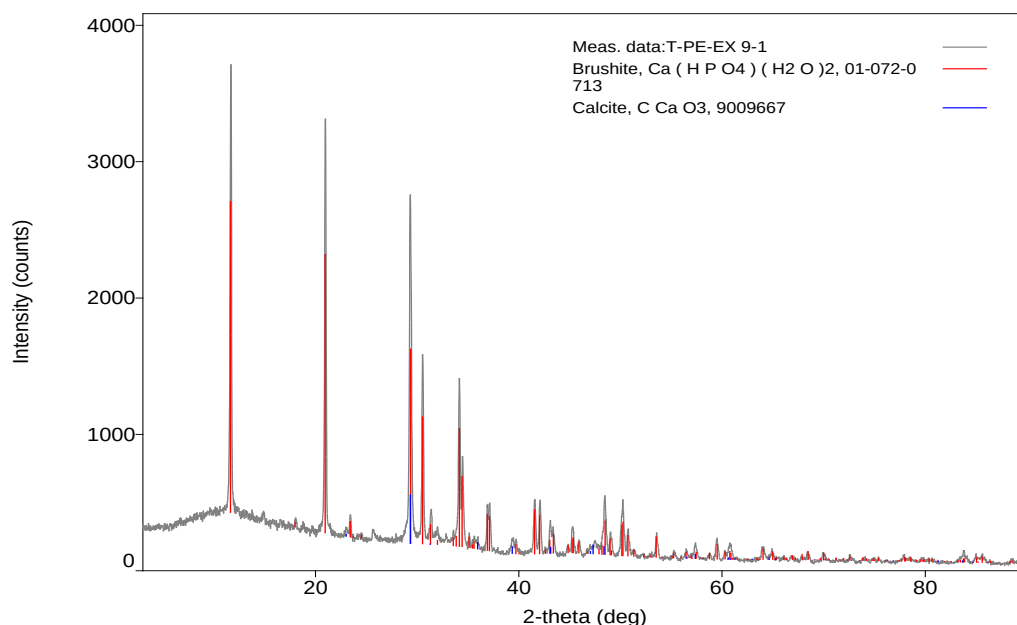
➤ Синтеза ДКФ-а са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при вредности рН 6,5

Раствор запремине 100 ml, који је био неутрализован до pH 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, након филтрирања, додатно је неутрализован са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 6,5. Почетна вредност pH раствора износила је 3,67. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 6,5 износила је 45 ml. Након неутрализације суспензија је профилтрирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 6,4 g - производа ДКФ, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.3.8.2.

Табела 10.4.2.2. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Cd	Mg	Cr	Zn	Fe	Al	Pb	As
%	14,62	23,37	0,0018	2,03	0,0072	0,073	0,017	0,025	<0,001	0,005

Дифрактограм узорка формираног ДКФ, ознаке Т-РЕ-5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-6,5 приказан је на Слици 10.4.2.2. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и калцит (CaCO_3). Најзаступљенији минерал је брушит, док је калцит доста мање заступљен.



Слика 10.4.2.2. Дифрактограм узорка Т-РЕ-5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-6,5

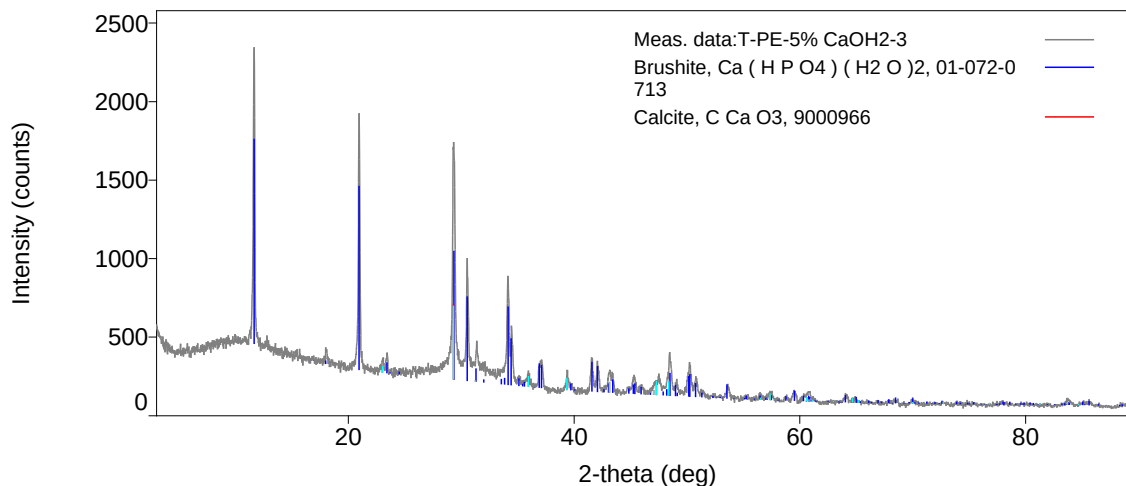
➤ Синтеза ДКФ-а са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при вредности pH 7

Раствор запремине 100 ml, који је претходно био неутрализован до pH 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, након филтрирања, додатно је неутрализован са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 7. Почетна вредност pH раствора износила је 3,84. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до pH 7 износила је 54 ml. Након неутрализације суспензија је профилтрирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 7,1 g - производа ДКФ, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.4.2.3.

Табела 10.4.2.3. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Cd	Mg	Cr	Zn	Fe	Al	As
%	16,7	28,08	0,0014	3,13	0,005	0,07	0,001	0,002	0,001

Дифрактограм узорка формираног ДКФ, ознаке Т-РЕ-5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-7 приказан је на Слици 10.4.2.3. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и калцит (CaCO_3). Брушит је најзаступљенији минерал у узорку, док је калцит мање заступљен.



Слика 10.4.2.3. Дифрактограм узорка Т-РЕ-5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-7

У овој серији експеримената испитиван је утицај рН вредности на синтезу ДКФ-а, при чему су испитивања вршена до рН 6, рН 6,5 и рН 7. Упоредним прегледом добијених експерименталних резултата синтезе ДКФ-а на испитиваним рН вредностима може се закључити да је на вредности рН 7 добијена највећа количина производа ДКФ са највећим садржајем фосфора, тако да је за даља испитивања узета рН 7 као оптимална вредност за синтезу ДКФ-а, на шта су указивали и литературни подаци.

10.4.3. Испитивање утицаја концентрације $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на ефикасност синтезе ДКФ-а

У циљу избора оптималне вредности концентрације $\text{Ca}(\text{OH})_2$ за процес синтезе производа дикалцијумфосфата (ДКФ) урађена су експериментална испитивања на следећим вредностима концентрације раствора 2,5 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

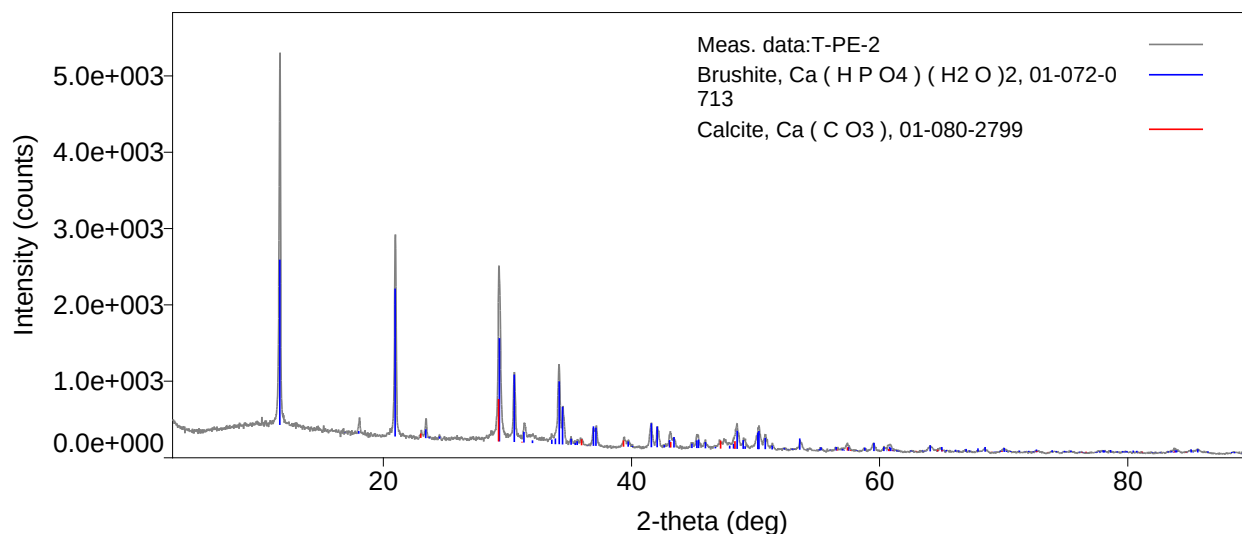
➤ Синтеза ДКФ-а са 2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Раствор запремине 100 ml, претходно неутрализован до рН 3,5 са 2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, након филтрирања, додатно је неутрализован са 2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 7. Почетна вредност рН раствора износила је 3,84. Потрошња 2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 7 износила је 86 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 5,2 g - производа ДКФ, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.4.3.1.

Табела 10.4.3. 1. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Mg	Cr	Zn	Fe	Al
%	16,31	30,0	1,44	0,0089	0,076	0,02	0,03

Дифрактограм узорка формираног ДКФ, ознаке Т-РЕ-2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-7 приказан је на Слици 10.4.3.1. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и калцит (CaCO_3). Брушит је најзаступљенији минерал у узорку, док је калцит мање заступљен.



Слика 10.4.3.1. Дифрактограм узорка Т-РЕ-2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-7

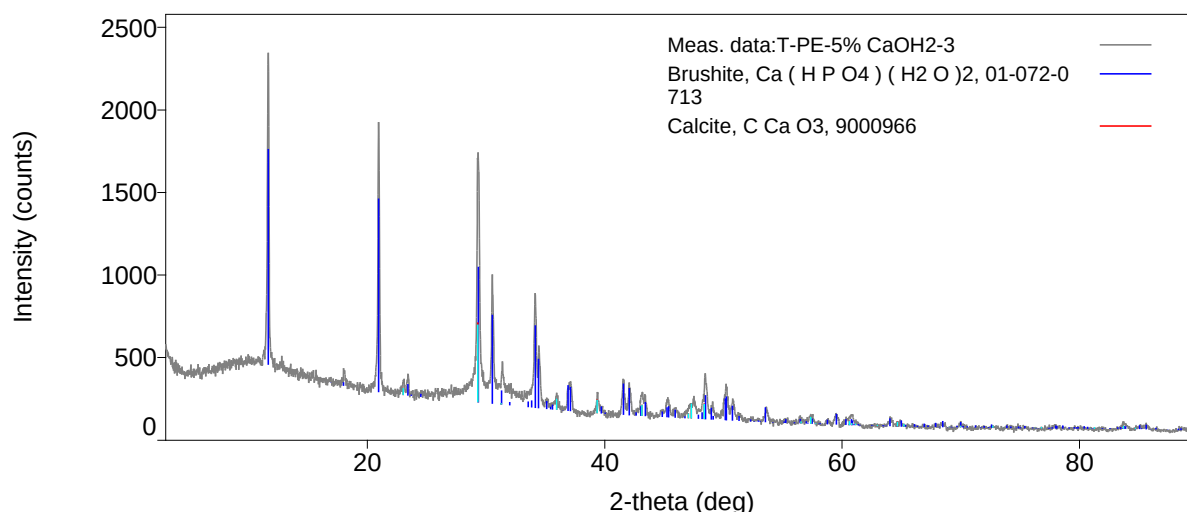
➤ Синтеза ДКФ-а са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Раствор запремине 100 ml, који је прво неутрализован до рН 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, након филтрирања додатно је неутрализован са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 7. Почетна вредност рН раствора износила је 3,84. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 7 износила је 54 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 7,1 g - производа ДКФ, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.4.3.2.

Табела 10.4.3.2. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Cd	Mg	Cr	Zn	Fe	Al	As
%	16,7	28,08	0,0014	3,13	0,005	0,07	0,001	0,002	0,001

Дифрактограм узорка формираног ДКФ, ознаке Т-РЕ-5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -3,5-7 приказан је на Слици 10.4.3.2. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и калцит (CaCO_3). Брушит је најзаступљенији минерал у узорку, док је калцит мање заступљен.



Слика 10.4.3.2. Дифрактограм узорка T-PE-5% Ca(OH)₂-3,5-7

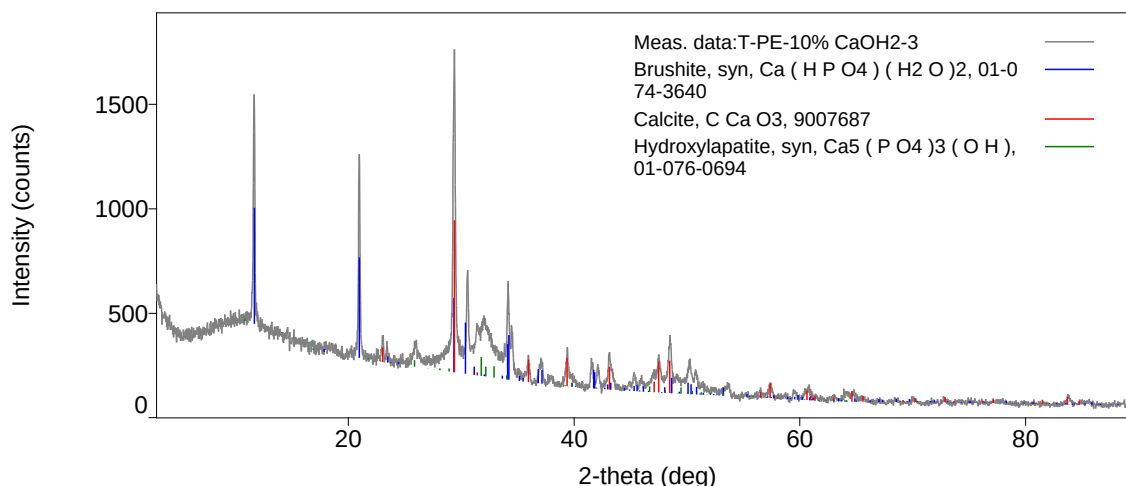
➤ Синтеза ДКФ-а са 10% Ca(OH)₂

Раствор запремине 100 ml претходно је неутрализован до рН 3,5 са 10% Ca(OH)₂, након филтрирања додатно је неутрализован са 10% Ca(OH)₂ до рН 7. Почетна вредност рН раствора износила је 3,84. Потрошња 10% Ca(OH)₂ до рН 7 износила је 39 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талога од 8,1 g - производа ДКФ, чија је хемијска анализа приказана у Табели 10.4.3.3.

Табела 10.4.3.3. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Mg	Cr	Zn	Fe	Al
%	16,67	29,05	3,22	0,0060	0,035	<0,001	<0,001

Дифрактограм узорка формираног ДКФ, ознаке Т-ПЕ-10% Ca(OH)₂-3,5-7 приказан је на Слици 10.4.3.3. У овом узорку идентификовани су минерали брушит (CaHPO₄·2H₂O), калцит (CaCO₃) и апатит (Ca₅(PO₄)₃(OH)). Сви идентификовани минерали су релативно подједнако заступљени.



Слика 10.4.3.3. Дифрактограм узорка T-PE-10% Ca(OH)₂-3,5-7

Као и код претходно анализираних процеса неутрализације у циљу пречишћавања рафината, тако је и код експерименталних испитивања процеса синтезе ДКФ-а испитиван утицај концентрације неутрализационог средства $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на ефикасност процеса. Закључено је да се производ ДКФ добијен коришћењем 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не разликује битно у погледу квалитета, тако да је 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ усвојен као оптимална концентрација неутрализационог средства, који се иначе у истој концентрацији примењује и у првом степену неутрализације. На овај начин се поједностављује и сам технолошки поступак третмана рафината који не захтева примене различитих концентрација неутрализационог средства.

10.5. УВЕЋАНИ ОПИТ - НЕУТРАЛИЗАЦИЈА 1 L РАФИНАТА И СИНТЕЗА ДКФ-А

У циљу провере дефинисаних оптималних параметара за процес неутрализације раствора рафината и синтезу ДКФ из неутрализованог раствора, урађен је додатни увећан опит из 1 L рафината применом следећих услова процеса:

- Неутрализација раствора до рН 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Синтеза ДКФ до рН 7 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$

У наставку овог Поглавља дат је опис процеса и резултати за увећан опит.

Раствор рафината запремине 1000 ml, неутрализован је до рН 3,5 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Почетна вредност рН раствора износила је 1,13. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 3,5 износила је 1250 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана и испрана са 300 ml воде, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба од 61,6 g. У Табели 10.5.1. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.5.1. Постигнути степен неутрализације 1L рафината

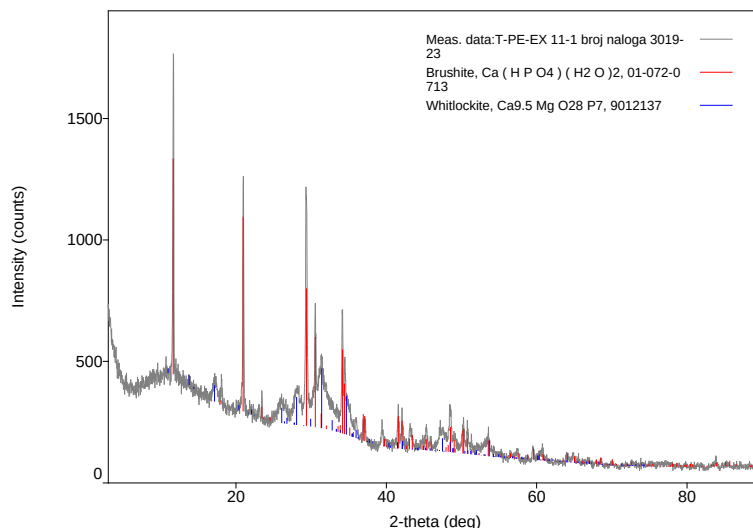
Елемент	Степен неутрализације %
Fe	99,76
P	16
Mg	5,07
Al	98,86
Cr	90,23
Zn	60
Cd	41,63

Раствор је након тога додатно неутрализован до рН 7 са 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Потрошња 5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до рН 7 износила је 2750 ml. Након неутрализације суспензија је профилирана, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса талоба – производа ДКФ у тежини од 350 g. Хемијска анализа формираног дикалцијум- фосфата приказана је у Табели 10.5.2., где се садржај свих присутних примеса у предвиђеним границама осим Cd који износи 17 ppm у односу на лимитираних максималних 10 ppm.

Табела 10.5.2. Хемијска анализа добијеног дикалцијум фосфата

Елемент	P	Ca	Cd	Mg	Cr	Zn	Fe	Al	Pb	As
%	14,79	25,76	0,0017	2,77	0,0074	0,07	0,031	0,027	0,002	0,001

Дифрактограм узорка формираног ДКФ-а приказан је на Слици 10.5.1. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и витлокит ($\text{Ca}_9(\text{Mg,Fe})(\text{PO}_4)_6\text{PO}_3\text{OH}$). Ови минерали су присутни у узорку са ниским степеном кристалитета, или је у узорку присутна и аморфна материја.



Слика 10.5.1. Дифрактограм узорка ДКФ-а

Овим увећаним опитом су потврђени резултати постигнути на лабораторијском нивоу. Констатовано је следеће:

- Искоришћење на Р при неутрализацији рафината износи 84%.
- Искоришћење на Р при синтези ДКФ-а након неутрализације износи 92%.
- Укупно искоришћење на Р при синтези ДКФ-а из рафината је 77%.
- Квалитет добијеног ДКФ је задовољавајући у погледу садржаја свих присутних примеса, осим Cd који је изнад прописаних мах 10 ppm.

У циљу постизања захтеваног квалитета ДКФ са садржајем Cd на прописану вредност од мах 10 ppm, урађена су додатна испитивања селективног уклањања кадмијума из раствора рафината.

10.6. ЕКСПЕРИМЕНТ ТАЛОЖЕЊА Cd SA Na₂S

У циљу селективног уклањања Cd из рафината применом Na₂S у концентрацији од 0,2% теж. на узорку рафината V=1L, време мешања је било 10 мин. након чега је одмах извршено филтрирање. Експеримент је изведен на собној температури. Вредност pH рафината пре и после таложења Cd је била иста и износила је pH=1,5, што указује да не долази до промене вредности pH у току процеса. Обзиром да је узорак за хемијску анализу узет и анализиран на све нечистоће одмах након филтрирања, без додатног стајања раствора, није дошло до знатнијег таложења присутних нечистоћа осим Cd и Cu. У Табели 10.6.1. приказана је анализа рафината и степен пречишћавања рафината коришћењем Na₂S из 1L полазног рафината.

Табела 10.6.1. Степен уклањања Cd из 1 L рафината коришћењем Na₂S

Елементи	Полазни рафинат (V=1L)	Рафинат након таложења Cd са Na ₂ S (V=980mL)	Степен пречишћавања рафината %
P g/L	66,9	70,8	
Ca mg/L	69,3	53,4	24,48
Cd mg/L	8,4	0,077	99,11
Cu mg/L	15,4	<0,005	99,97
Ni mg/L	28,2	24,1	16,25

На основу резултата увећаног опита приказаних у Табели 10.6.1. може се закључити да је потврђена ефикасност уклањања Cd коришћењем Na₂S. Степен уклањања кадмијума је био 99,11% и истовремено је дошло до уклањања 99,97% Cu.

У Табели 10.6.2. је дата хемијска анализа исталоженог кадмијум-сулфида CdS који је добијен у количини од 0,8 g таложењем са Na₂S из 1L полазног рафината, односно прерачунато на садржај P₂O₅ количина отпадног продукта CdS износи 4,7 g/kg P₂O₅.

Табела 10.6.2. Хемијска анализа исталоженог кадмијум-сулфида CdS са Na₂S из 1L рафината

Елемент, %	P	Ca	Cd	Fe	Al	Mg	Na	K	Cu	Ni	Zn	Pb	As
	10,51	0,06	1,07	6,65	5,53	5,03	0,56	1,30	2,23	0,027	1,93	0,028	0,046

10.7. ПРЕДЛОГ ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ЗА ТРЕТМАН РАФИНАТА У ЦИЉУ ДОБИЈАЊА ДКФ

На основу урађених експерименталних испитивања и добијених резултата, а у циљу формирања предлога технолошког поступка за третман рафината и добијања производа ДКФ урађен је додатни опит из 1L почетног рафината који је укључио следеће технолошке фазе:

- Преципитација са Na₂S (селективно уклањање Cd из рафината),
- Неутрализација са 5 % Ca(OH)₂ на рН 3,5, (селективно уклањање Fe, Al, Cr, Cu, Zn из рафината)
- Синтеза ДКФ-а,

10.7.1. СЕЛЕКТИВНО УКЛАЊАЊЕ Cd ИЗ РАФИНАТА ПРЕЦИПИТАЦИЈОМ СА Na₂S

Услови процеса:

- Запремина полазног рафината: 1000 ml (1153,4 g), хемијска анализа дата у Табели 10.7.1.1.
- Таложни реагенс: Na₂S у концентрацији од 0,2% теж.
- Време: 10 мин. (одмах извршено филтрирање)
- Време стајања рафината након таложења Cd: 24 h
- Температура: собна

У Табели 10.7.1.1. дат је упоредни преглед анализа полазног рафината, анализе раствора рафината након селективног уклањања Cd са Na₂S после 10 мин. и након стајања у периоду од 24 h као и постигнути степени пречишћавања рафината.

Табела 10.7.1.1. *Анализа полазног рафината и степен пречишћавања рафината применом 0,2% теж. Na₂S*

Елемент	Јединица	Полазни рафинат V=1000 mL	Рафинат након таложења Cd са Na ₂ S (10 min.) V=990 mL	Степен пречишћавања рафината %	Пречишћени рафинат од Cd након одлежавања 24 h V=890 mL	Степен пречишћавања рафината 24 h %
P	g/L	59,849	59,763	1,11	59,969	0,85
Ca	mg/L	98,3	109	/	113,0	/
Cd	mg/L	6,1	0,13	97,89	0,12	98,04
Fe	mg/L	3251,0	2904,0	11,57	2861	12,74
Al	mg/L	2598,0	2196,0	16,32	2203,0	16,08
Mg	mg/L	5087,0	4879,0	5,05	4861,0	5,36
Na	mg/L	12757,0	12649,0	1,84	12558,0	2,47
K	mg/L	547,0	508,0	8,06	518,0	6,43
Cu	mg/L	7,0	<0,5	92,93	<0,5	92,93
Ni	mg/L	31,5	46,4	/	48,0	/
Zn	mg/L	534,0	456,0	15,46	470,0	13,13
Pb	mg/L	<0,1	<0,1	/	<0,1	/
Cr	mg/L	211,0	202,0	5,22	208,0	2,69
F	mg/L	140,0	/	/	/	/
Cl	mg/L	54,0	/	/	/	/

Овим експериментом је додатно потврђен висок степен селективног уклањања Cd применом Na₂S као таложног реагенса. Отпадни продукт који се формира у процесу селективног одвајања Cd је CdS чија је карактеризација дата у Табели 10.6.2. и настаје у количини од 4,7 g/kg P₂O₅.

10.7.2. ПРОЦЕС НЕУТРАЛИЗАЦИЈЕ СА 5 % КРЕЧНИМ МЛЕКОМ НА pH 3,5

Након уклањања Cd из рафината, раствор запремине 990 ml, неутрализован је до pH 3,5 са 5% Ca(OH)₂. Почетна вредност pH раствора износила је 1,2. Потрошња 5% Ca(OH)₂ до pH 3,5 износила је 1280 ml. Након неутрализације суспензија је профильтрирана и испрана са 300 ml воде, а чврсти остатак осушен при чему је добијена маса неутрализационог талоба од 61,4 g. Запремина раствора са испирним водама износила је 2400 ml.

У Табели 10.7.2.1. је приказан постигнути степен неутрализације анализираних елемената израчунат на основу концентрација елемената у раствору пре и после процеса неутрализације.

Табела 10.7.2.1. Постигнути степен неутрализације до pH 3,5

Елемент	Јединица	Анализа рафината после таложења Cd	Улаз у 990 ml (mg)	Анализа рафината после неутрализа-ције на pH 3,5 (mg/l)	Запремина рафината после неутрализа-ције на pH 3,5 (ml)	Проце-нат примеса у раствору (%)	Степен неутра-лизације (%)
P	mg/L	59969	59369,31	21036	2400	85,04	14,96
Fe	mg/L	2861	2832,39	4,1	2400	0,35	99,65
Al	mg/L	2203	2180,97	10	2400	1,10	98,90
Cr	mg/L	208	205,92	4,6	2400	5,36	94,64
Zn	mg/L	470	465,3	46,1	2400	23,78	76,22
Mg	mg/L	4861	4812,39	2189	2400	109,17	
Cd	mg/L	0,12	0,1188	0,008	2400	16,16	83,84
Pb	mg/L	<0,1	0,099	0,02	2400		
K	mg/L	518	512,82	99,7	2400	46,66	53,34
Ni	mg/L	48	47,52	13,2	2400	66,67	33,33
Cu	mg/L	0,5	0,495	0,006	2400	2,91	97,09

На основу постигнутог степена неутрализације са 5% Ca(OH)₂ до pH 3,5 може се закључити да су овим поступком скоро квантитативно уклоњене следеће примесе: Fe, Al, Cr, Cu, и преко 75% Zn. Постигнут степен искоришћења на P/P₂O₅ износи 85%. У Табели 10.7.2.2. приказана је карактеризација неутрализационог талога формираног на pH 3,5 (маса 61,4 g) који представља излазни отпадни продукт и који може бити примењен у постојећем производном процесу у Еликсиру Прахово. Количина неутрализационог муља који се формира у процесу неутрализације на pH 3,5 уз додатак 5% Ca(OH)₂ износи 360 g/kg P₂O₅.

Табела 10.7.2.2. Анализа талога формираног на pH 3,5

Елемент	Јединица	Анализа неутрализационог талога формираног на pH 3,5
P	%	17,26
Fe	%	5,25
Al	%	4,00
Ca	%	15,92
Cr	%	0,32
Zn	%	0,52
Mg	%	0,20
Cd	ppm	3,8
Pb	ppm	13,9
As	ppm	<10
Na	ppm	1,11
K	ppm	0,41
Ni	ppm	22,1
Cu	ppm	<10

10.7.3. СИНТЕЗА ДКФ-А

Раствор је након неутрализације до pH 3,5 додатно неутрализован до pH 7 са 5% Ca(OH)₂ у циљу синтезе ДКФ-а. Потрошња 5% Ca(OH)₂ до pH 7 износила је 2800 ml. Након синтезе ДКФ-а суспензија је профилирана и запремина филтрата са испирним водама износила је 4650 ml. Филтрат са испирним водама представља отпадне воде које се формирају у процесу синтезе ДКФ-а. Тежина добијеног ДКФ-а након сушења износила је 255,4 g.

У Табели 10.7.3.1. је приказана анализа раствора насталог након синтезе ДКФ-а (отпадних вода) и проценатна заступљеност примеса у отпадној води након завршеног процеса синтезе ДКФ-а у односу на улазни рафинат након селективног издвајања кадмијума.

Табела 10.7.3.1. Анализа отпадне воде и проценат примеса у отпадној води

Елемент	Јединица	Анализа рафината после таложења Cd	Улаз у 990 ml (mg)	Анализа отпадне воде после синтезе ДКФ-а на pH 7 (mg/l)	Запремина отпадне воде после синтезе ДКФ-а на pH 7 (ml)	Проценат примеса у отпадној води (%)
P	mg/L	59969	59369,31	1093	4650	8,56
Fe	mg/L	2861	2832,39	0,007	4650	0,001
Al	mg/L	2203	2180,97	0,03	4650	0,006
Cr	mg/L	208	205,92	0,005	4650	0,011
Zn	mg/L	470	465,3	0,11	4650	0,11
Mg	mg/L	4861	4812,39	234	4650	22,61
Cd	mg/L	0,12	0,1188	0,008	4650	31,31
Pb	mg/L	<0,1	0,099	0,02	4650	93,94
Na	mg/L	12558	12432,42	2518	4650	94,18
K	mg/L	518	512,82	42,3	4650	38,35
Ni	mg/L	48	47,52	0,11	4650	1,07
Cu	mg/L	0,5	0,495	0,006	4650	5,64

Постигнут степен искоришћења на P/P₂O₅ износи 91 %.

Укупно искоришћење фосфора/фосфорпентоксида у фази неутрализације и синтезе ДКФ-а износи 77,7%.

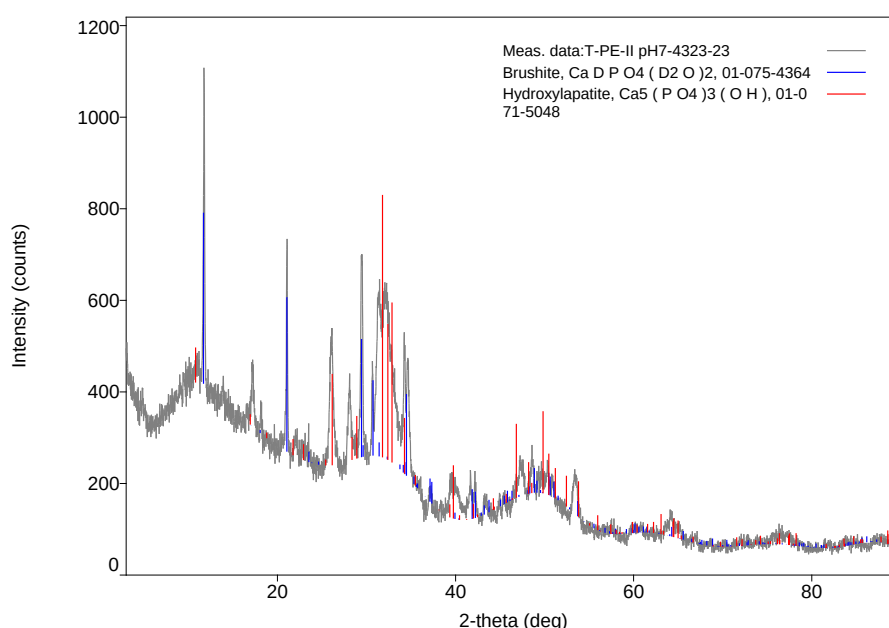
У Табели 10.7.3.2. приказана је анализа синтетизованог ДКФ-а на pH 7 (маса 255,4 g).

Табела 10.7.3.2. Анализа синтетизованог ДКФ-а

Елемент	Јединица	ДКФ
P	%	16,43
Fe	%	0,11
Al	%	0,042
Ca	%	35,74
Cr	ppm	137,5
Zn	%	0,052
Mg	%	1,33
Cd	ppm	<1

Pb	ppm	<10
As	ppm	<10
Na	ppm	0,46
K	ppm	213
Ni	ppm	138
Cu	ppm	<10

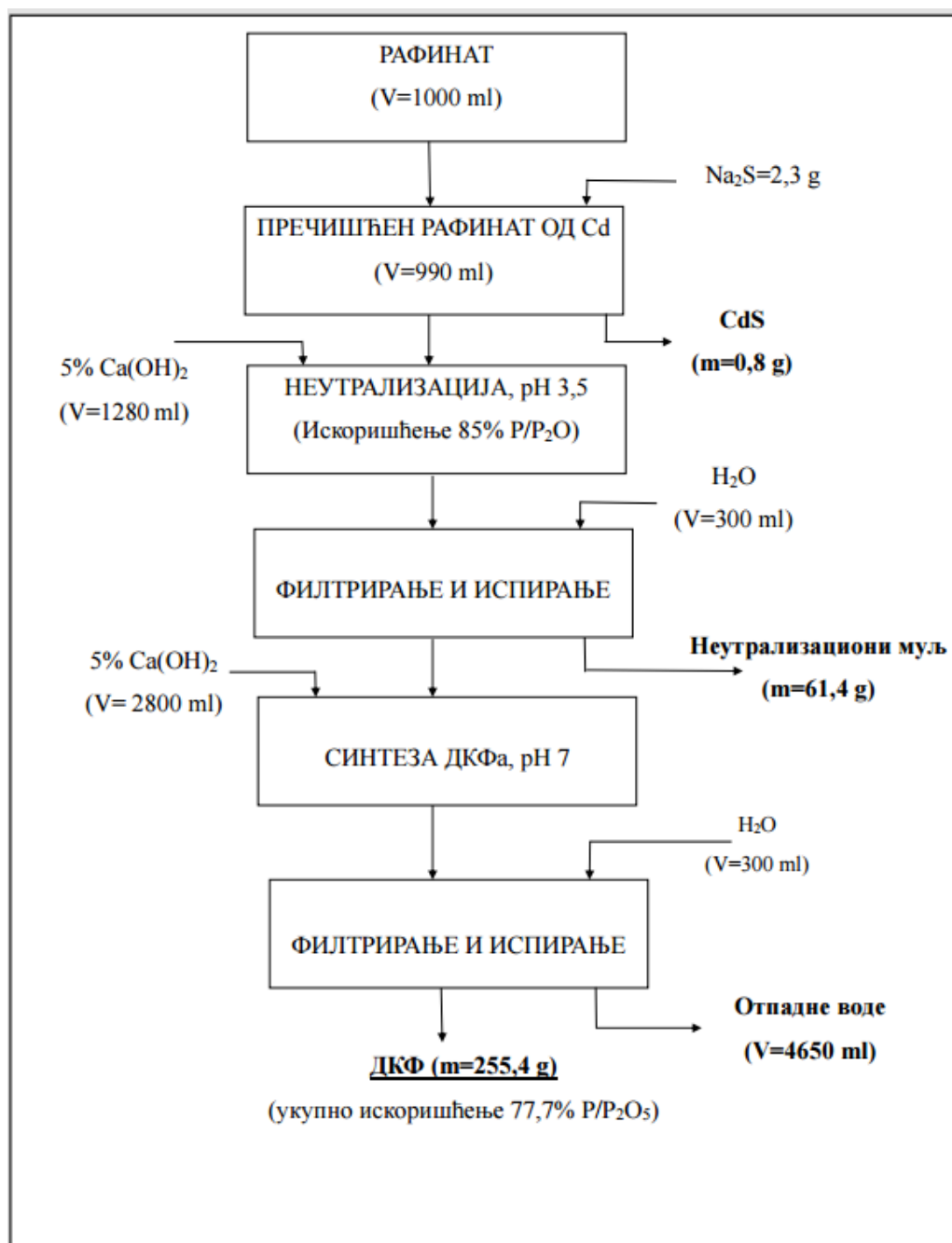
На основу резултата хемијске анализе производа ДКФ-а приказаних у Табели 10.7.3.2., може се закључити да је квалитет синтетисаног ДКФ у складу са предвиђеним лимитираним вредностима за присутне примесе. Дифрактограм узорка ДКФ-а приказан је на Слици 10.7.3.1. У овом узорку идентификовани су минерали брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и апатит ($\text{Ca}_5\text{PO}_4(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$). Поред присутних кристалних фаза, у узорку је присутна и аморфна материја.



Слика 10.7.3.1. Дифрактограм узорка ДКФ-а

Сумирањем свих експерименталних испитивања и добијених резултата у процесу третмана рафината у циљу добијања производа ДКФ, који су приказани у ТР, формиран је Предлог технолошког поступка за третман рафината који је потврђен на увећаном експерименту, који се може приказати технолошком шемом процеса за третман рафината датој на Слици 10.8.1. У технолошкој шеми дате су тежине и запремине свих формираних продуката и међупродуката који настају у третману рафината из 1000 ml/1153,4 g полазног рафината.

10.8. ОПИС ТЕХНОЛОШКЕ ШЕМЕ



Слика 10.8.1. Технолошка шема процеса третмана рафината

Процес третмана рафината приказан на технолошкој шеми на Слици 10.8.1. укључује следеће технолошке фазе:

10.8.1. Селективно уклањање кадмијума:

Из полазног узорка рафината запремине 1000 ml/1153,4 g у циљу селективног уклањања Cd додато је 2,3 g таложног реагенса Na₂S. Запремина пречишћеног рафината након уклањања Cd износи 990 ml и представља полазни раствор за процес неутрализације. У току селективног таложења Cd са Na₂S настаје отпадни продукт CdS у тежини од 2,3 g, што износи 4,7 g/kg P₂O₅.

10.8.2. Процес неутрализације на pH 3,5:

Рафинат настао након селективног уклањања Cd у запремини од 990 ml је неутрализован са 1280 ml до 5% Ca(OH)₂ до вредности pH 3,5 у циљу таложења присутних примеса (Fe, Al, Cr, Zn, Cu). У процесу неутрализације формира се неутрализациони муљ у тежини од 61,4 g, односно 360 g/kg P₂O₅. Запремина раствора након филтрирања и испирања неутрализационог муља (са 300 ml воде) износи 2400 ml и представља полазни раствор за синтезу ДКФ-а. Евидентирано је искоришћење на Р од 85% у овој технолошкој фази.

10.8.3. Процес синтезе ДКФ-а:

Процес синтезе ДКФ-а се одвија уз додатак 2800 ml 5% Ca(OH)₂ до вредности pH 7. У процесу синтезе ДКФ-а формира се ДКФ у тежини од 255,4 g и настају отпадне воде у запремини од 4650 ml. Добијени ДКФ се суши у сушници на 85°C. Евидентирано је искоришћење на Р од 91% у овој технолошкој фази, тако да укупно искоришћење у процесу неутрализације рафината и синтезе ДКФ износи 77,7%.

10.9. КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПРОДУКАТА И МЕЋУПРОДУКАТА ФОРМИРАНИХ У ТЕХНОЛОШКОМ ПРОЦЕСУ ТРЕТМАНА РАФИНАТА

У технолошком процесу третмана рафината приказаној у шеми на Слици 10.8.1. формиран је продукт ДКФ, отпадни продукти CdS, неутрализациони муљ и отпадне воде.

У Табели 10.9.1. дата је карактеризација свих продуката и међупродуката насталих у процесу третмана рафината у запремини од 1000 ml/1153,4 g.

Табела 10.9.1. Карактеризација продуката и међупродуката насталих у процесу третмана рафината

Елемент	ДКФ (m=255.4 g)	CdS (m=0.8 g)	Неутрализациони муљ (m=61.4 g)	Отпадна вода (V=4650 ml)
P	16,43 %	10,51 %	17,26 %	1093 mg/L
Fe	0,11 %	6,65 %	5,25 %	0,007 mg/L
Al	0,042 %	5,53 %	4,00 %	0,03 mg/L
Ca	35,74 %	0,06 %	15,92 %	/
Cr	137,5 ppm	/	0,32 %	0,005 mg/L
Zn	520 ppm	1,93 %	0,52 %	0,11 mg/L
Mg	13300 ppm	5,03 %	0,2 %	234 mg/L
Cd	<1 ppm	1,07 %	3,8 ppm	0,008 mg/L
Pb	<10 ppm	0,028 %	13,9 ppm	0,02 mg/L
As	<10 ppm	0,046%	<10 ppm	/
Na	0,46 ppm	0,56 %	1,11 ppm	2518 mg/L
K	213 ppm	1,30 %	0,41 ppm	42,3 mg/L
Ni	138 ppm	0,027 %	22,1 ppm	0,11 mg/L
Cu	<10 ppm	2,23 %	<10 ppm	0,006 mg/L

10.10. НОРМАТИВИ ПОТРЕБНИ ЗА ПРОЦЕС ТРЕТМАНА РАФИНАТА

У технолошком процесу третмана рафината приказаној на шеми на Слици 10.8.1. за синтезу циљаних производа ДКФ евидентиран је утрошак следећих норматива: Na_2S , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и H_2O . У Табели 10.10.1. дат је преглед потрошње норматива неопходних за процес третмана рафината у запремини од 1000 ml/1153,4 g.

Табела 10.10.1. *Преглед потрошње норматива за процес третмана рафината*

Норматив	Na_2S	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	H_2O	$70\%\text{H}_3\text{PO}_4$
Потрошња	2,3 g	204 g	600 ml	237 ml

11. ЛИСТА РАНИЈЕ ПРИХВАЋЕНИХ ТЕХНИЧКИХ РЕШЕЊА ЗА СВАКОГ ОД АУТОРА ПОЈЕДИНАЧНО

Др Драгана Божић, дипл.инж.металург.:

1. dr Zoran Stevanović, dr Radmila Marković, dr Dragana Božić, Vojka Gardić, Nenad Magdalinović, dr Ivana Ćipranić, Prof.dr Masuda Nobuyuki: Razvoj procesa dvostepene neutralizacije kiselih rudničkih voda na novom pilot postrojenju. M81 - Novo tehničko rešenje primenjeno na međunarodnom nivou, Projekat „Resarch on the Integration System of Spatial Environment Aanalyses and Advanced Metal Recovery to Ensure Sustainable Resource Development (E3)“ realizovan za Ministarstvo rudarstva i energetike (MRE) i Ministarstvo zaštite životne sredine (MZŽS) kroz saradnju Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor sa Akita Univerzitetom – Centar za Geo-ekološke nauke (CGES); Međunarodni Centar za istraživanje i obrazovanje mineralnih i energetskih resursa (ICREMER) i Odsek za inženjerstvo u primenjenoj hemiji, Inženjerstvo i resursne nauke; Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd. (MINDECO); Japan Space System (J-spacesystems) i Tehničkim Fakultetom Bor (TF Bor) preko Programa: SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development), Japan, 2021, Usvojeno TR M81 na sednici MNO za uređenje, zaštitu i korišćenje voda, zemljišta i vazduha od 28.08.2023., <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2023/10/Tehnicko-resenje-M81-Stevanovic.pdf> (M81)
2. S. Dragulović, V. Trujić, S. Dimitrijević, Z. Ljubomirović, B. Trumić, R. Marković, D. Božić, M. Gorgievski, „Dobijanje rodijuma visoke čistoće (min 99,95%) iz sekundarnih sirovina metodom solventne ekstrakcije“, 2011., TR 34024 (M82).
3. Zdenka Stanojević-Šimšić, Suzana Dragulović, Vesna Conić, Mile Bugarin, Ana Kostov, Dragana Božić, Danijela Simonović, „Preparation of potassium pyrophosphate (K₄ P₂ O₇) in crystalline form“, 2018., TR 34004. (M82).
4. Vesna Conić, Dragana Božić, Ljiljana Avramović, Dejan Bugarin, Ivana Jovanović, Miloš Janošević, Željko Kamberović, Novo tehničko rešenje procesa prerade otpadnog Pb-Ag jarožita u Zorki obojena metalurgija Šabac, Metalrecovery d.o.o. u cilju valorizacije indijuma. TR za 2024. godinu, kategorije M82, verifikovano od strane MNO za materijale i hemijske tehnologije na sednici od 25.04.2024. godine.(M82).
5. Dragana Božić, Vesna Conić, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Emina Požega, Vanja Trifunović, Razvoj nove tehnologije dobijanja feri-fosfata za primenu u proizvodnji litijumskih baterija TR za 2024. godinu, kategorije M82, verifikovano od strane MNO za materijale i hemijske tehnologije na sednici od 26.09.2024. godine.(M82).
6. S. Dragulović, S. Dimitrijević, B. Trumić, R. Marković, D. Božić, M. Gorgievski, S. Alagić, Elektrohemijsko dobijanje kalijum zlatnog cijanida, IRM Bor, 2015., TR 34024.(M83)
7. Dragana Božić, Suzana Dragulović, Vesna Conić, Mile Bugarin, Ljiljana Avramović, Zdenka Stanojević Šimšić, Danijela Simonović, Добијање бакар (II) хлорида (CuCl₂) у кристалном облику, tehničko rešenje, (2019). (M85).

Др Љиљана Аврамовић, дипл.инж.технол.

1. Radmila Marković, Jasmina Stevanović, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, Mile Dimitrijević, Renata Kovačević, Vojka Gardić, Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava, Projekat MNTR br. TR 37001, Odluka NV IRM-a broj XVII/2.3. od 27.12.2013. (M82)
2. Radmila Marković, Jasmina Stevanović, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, Mile Dimitrijević, Renata Kovačević, Vojka Gardić, Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava, Projekat MNTR br. TR 37001, Odluka NV IRM-a broj XVII/2.3. od 27.12.2013. (M82)

3. Silvana Dimitrijević, Mile Bugarin, Aleksandra Ivanović, Radmila Marković, Ljiljana Avramović, Milan Jovanović, Stevan Dimitrijević: Reciklaža dijamanta iz dijamantskih krunica bušaćih garnitura, Projekat MNTR br. TR-34024 i TR-37001, 2019. NV IRM-a broj XV/6.2. od 16 (M82)
4. Vesna Conić, Dragana Božić, Ljiljana Avramović, Dejan Bugarin, Ivana Jovanović, Miloš Janošević, Željko Kamberović, Novo tehničko rešenje procesa prerade otpadnog Pb-Ag jarozita u Zorki obojena metalurgija Šabac, Metalrecovery d.o.o. u cilju valorizacije indijuma. TR za 2024. godinu, kategorije M82, verifikovano od strane MNO za materijale i hemijske tehnologije na sednici od 25.04.2024. godine.
5. Dragana Božić, Vesna Conić, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Emina Požega, Vanja Trifunović, Razvoj nove tehnologije dobijanja feri-fosfata za primenu u proizvodnji litijumskih baterija TR za 2024. godinu, kategorije M82, verifikovano od strane MNO za materijale i hemijske tehnologije na sednici od 26.09.2024. godine.
6. R.Jonović, Lj.Avramović, S.Magdalinić, D.Milanović, Tehnološki postupak dobijanja volframtroksida iz koncentrata šelita poreklom iz polimetalne rude sa rudnog tela »Nova jama«-ad Rudnik, tehničko i razvojno rešenje – novi tehnološki postupak, Projekat MNTR br. TR 19002, 2008-2010., Odluka br. X/10.3. od 16.04.2009. (M83)
7. Lj. Obradović, Z. Stevanović, R.Marković, R. Jonović, Lj.Avramović, Laboratorijsko postrojenje za kontinualno perkolaciono luženje u kolonama, tehničko i razvojno rešenje – novo laboratorijsko postrojenje, Projekat MNTR br. TR 21008, 2008-2010. Odluka br.573 od 24.04.2009. (M83)
8. M.Bugarin, Lj. Obradović, Z. Stevanović, R.Marković, R. Jonović, Lj.Avramović, R.Stevanović, Novo laboratorijsko postrojenje za integralni tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke rudnika Cerovo, Projekat MNTR br. TR 21008, IRM Bor – 471/13.04.2010. (M83)
9. R.Jonović, Lj.Avramović, S. Radosavljević, S.Magdalinić, D.Milanović, Tehnološki postupak dobijanja bizmuta iz koncentrata volframa dobijenog sa rudnog tela »Nova jama«-ad Rudnik, tehničko rešenje – novi tehnološki postupak, Projekat MNTR br. TR 19002, IRM Bor – 203/07.02.2011 (M83)
10. S. Dimitrijević, R. Marković, M. Bugarin, J. Stevanović, B.Jugović, Lj. Avramović, S. Dragulović, Uvećano laboratorijsko postrojenje za elektrohemijska ispitivanja, Odluka Naučnog veća IRM-a o prihvatanju tehničkog rešenja br. X/7.4. od 09.10.2012. (M83)
11. Mile Bugarin, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, dr Zoran Stevanović, Radmila Marković, Ljubiša Obradović, Gordana Slavković, Vojka Gardić, Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor, Projekat MNTR br. TR 37001, Odluka NV IRM-a broj XVII/2.2. od 27.12.2013. (M83)
12. dr Mile Bugarin, dr Zoran Stevanović, dr Radmila Marković, Ljubiša Obradović, Vojka Gardić, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, dr Jasmina Stevanović, dr Milica Gvozdenović: Integralni tretman flotacijske jalovine bakra sa polja 1 starog flotacijskog jalovišta RTB-a Bor, Novi tehnološki postupak, Projekat MNTR br. TR-37001, 2014. NV IRM-a broj XXIV/2.1. od 26.12.2014. (M83)
13. Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, mr Radmila Marković, mr Zoran Stevanović, dr Milica Gvozdenović, dr Jasmina Stevanović, Ljubiša Obradović, "Razaranje sulfida iz vanbilansnih materijala dobijenih u procesu prerade rude bakra", Odluka Naučnog veća IRM-a o prihvatanju tehničkog rešenja br. X/7.3. od 09.10.2012. (M84)
14. R.Stevanović, S.Čupić, M.Bugarin, R.Marković, Lj.Avramović, R.Jonović, Z.Stevanović, Lj.Obradović, Novi softver za određivanje ekstrakcione konstante i konstante dimerizacije metodom najmanjih kvadrata iz eksperimentalnih podataka za ekstrakciju bakra sa LIX ekstragensima, Tehničko i razvojno rešenje – novi softver, Projekat MNTR br. TR 21008, IRM Bor – 515/21.04.2010. (M85)
15. R.Stevanović, S.Čupić, M.Bugarin, R.Marković, Lj.Avramović, R.Jonović, Z.Stevanović, Lj.Obradović, Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora

hidroksioksimima, Tehničko i razvojno rešenje – novi softver, Projekat MNTR br. TR 21008, IRM Bor – 514/21.04.2010. (M85)

16. R.Stevanović, M.Tufegdžić, R.Marković, Lj.Avramović, R.Jonović, Izračunavanje rastvorljivosti bakar-sulfata pentahidrata u vodenim rastvorima sumporne kiseline i izračunavanje napona pare iznad takvog rastvora – razvoj softvera, Projekat MNTR br. TR 21008.4. (M85)

17. S. Dimitrijević, R. Marković, Lj. Avramović, M. Bugarin, A. Ivanović, V. Trifunović, Novo tehničko rešenje (nije komercijalizovano) - Elektrolitičko dobijanje cinka iz otpadne prašine elektrolučne peći, Odluka NV o prihvatanju tehničkog rešenja br. XII/5 od 02.02. 2022. (M85)

Вања Трифуновић, маг.инж.технол.

1. Dragana Božić, Vesna Conić, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Emina Požega, Vanja Trifunović, Razvoj nove tehnologije dobijanja feri-fosfata za primenu u proizvodnji litijumskih baterija TR za 2024. godinu, kategorije M82, verifikovano od strane MNO za materijale i hemijske tehnologije na sednici od 26.09.2024. godine.

2. S. Dimitrijević, R. Marković, Lj. Avramović, M. Bugarin, A. Ivanović, V. Trifunović, Tehničko i razvojno rešenje - Elektrolitičko dobijanje cinka iz otpadne prašine elektrolučne peći, 02.02.2022.<https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2022/10/Tehnicko-resenje-M85-Elektroliticko-dobijanje-cinka-iz-otpadne-prasine-elektrolucne-peci.pdf> (M85)

Др Зоран Стевановић, дипл.инж.руд.

1. dr Zoran Stevanović, dr Radmila Marković, dr Dragana Božić, Vojka Gardić, Nenad Magdalinović, dr Ivana Ćipranić, Prof.dr Masuda Nobuyuki: Razvoj procesa dvostepene neutralizacije kiselih rudničkih voda na novom pilot postrojenju. M 81 – Novo tehničko rešenje primenjeno na međunarodnom nivou. Projekat „Research on the Integration System of Spatial Environment Analyses and Advanced Metal Recovery to Ensure Sustainable Resource Development (E3)“ realizovanog za Ministarstvo rudarstva i energetike (MRE) i Ministarstvo zaštite životne sredine (MZŽS) kroz saradnju Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor sa Akita Univerzitetom – Centar za Geo-ekološke nauke (CGES); Međunarodni Centar za istraživanje i obrazovanje mineralnih i energetske resursa (ICREMER) i Odsek za inženjerstvo u primenjenoj hemiji, Inženjerstvo i resursne nauke; Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd. (MINDECO); Japan Space System (J-spacesystems) i Tehničkim Fakultetom Bor (TF Bor) preko Programa: SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development), Japan, 2021, NV IRM-a. Investitor: Nik Com d.o.o., Crna Gora. Zahtev: PO41.501.22.10-1 od 25.10.2022, Usvojeno na sednici MHO za ureђење, заштиту и коришћење вода, земљишта и ваздуха, одржаној 28.08.2023.

2. Dragana Božić, Vesna Conić, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Emina Požega, Vanja Trifunović, Razvoj nove tehnologije dobijanja feri-fosfata za primenu u proizvodnji litijumskih baterija. M82 - Novo tehničko rešenje (metoda) primenjeno na nacionalnom nivou, rezultat je finansijski podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, ugovor br. 451-03-66/2024-03/200052, i kompanija Zorka Šabac – „Metal recovery“ D.O.O. Beograd, Republika Srbija. Usvojeno na sednici MHO za materijale i hemijske tehnologije 26.09.2024.

3. dr Mile Bugarin, dr Zoran Stevanović, dr Radmila Marković, Ljubiša Obradović, Vojka Gardić, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, dr Jasmina Stevanović, dr Milica Gvozdenović: Integralni tretman flotacijske jalovine bakra sa polja 1 starog flotacijskog jalovišta RTB-a Bor, Novi tehnološki postupak, Projekat MNTR br. TR-37001, 2014. NV IRM-a broj XXIV/2.1. od 26.12.2014, <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr2y2014p37001.pdf>

4. Mile Bugarin, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Ljubiša Obradović, Gordana Slavković, Vojka Gardić: Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor, br. T1/2013, Projekat MNP br. TR37001, 2013 – Novi tehnološki postupak, <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr1y2013p37001.pdf>

5. M.Bugarin, R.Marković, Z. Stevanović, LJ. Obradović, R. Jonović, LJ.Avramović: Novo laboratorijsko postrojenje za integralni tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke rudnika Cerovo, Tehničko i razvojno rešenje – novo laboratorijsko postrojenje, Projekat MNTR br. TR 21008, 2010, IRM Bor 471/13.04.2010.
6. Lj. Obradović, Z. Stevanović, R. Marković, R. Jonović, LJ. Avramović: Laboratorijsko postrojenje za kontinualno perkolaciono luženje u kolonama. Tehničko i razvojno rešenje – novo laboratorijsko postrojenje. Projekat MNTR br. 21008, 2009, IRM Bor 573/24.04.2009.
7. R. Jonović, Lj. Avramović, R. Marković, Z. Stevanović, M.Gvozdenović, J Stevanović, Lj. Obradović: Razaranje sulfida iz vanbilansnih materijala dobijenih u procesu prerade rude bakra, Projekat MNTR br. TR 37001, 2013 – Bitno poboljšana tehnologija, <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr1y2012p37001.pdf>
8. dr Mile Bugarin, Ljubiša Obradović, mr Radmilo Rajković, Vladan Marinković, mr Zoran Stevanović: Trodimenzionalni model Oštrejskog planira u funkciji analize uticaja kiselih otpadnih voda na životnu sredinu, Tehničko rešenje – nova tehnologija, IRM Bor – X/7.1, 09.10.2012.
9. R. Rajković, M. Bugarin, mr Z. Stevanović, LJ. Obradović: Tehnologija čišćenja taložnog materijala iz filter taložnika postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda Ogranka „Prerada“ - Vreoci, Tehničko rešenje – nova tehnologija, IRM Bor – 760/15.06.2010.
10. R.Stevanović, S.Čupić, M.Bugarin, R.Marković, LJ.Avramović, R.Jonović, Z.Stevanović, LJ.Obradović: Novi softver za određivanje ekstrakcione konstante i konstante dimerizacije metodom najmanjih kvadrata iz eksperimentalnih podataka za ekstrakciju bakra sa LIX ekstragensima. Projekat MNTR br. TR 21008, 2010 – Novi softver
11. R.Stevanović, S.Čupić, M.Bugarin, R.Marković, LJ.Avramović, R.Jonović, LJ.Obradović, Z.Stevanović: Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidrohioksimima. Projekat MNTR br. TR 21008, 2010 – Novi softver

Др Емина Пожега, дипл.инж.метал.:

1. Dragana Božić, Vesna Conić, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Emina Požega, Vanja Trifunović, Razvoj nove tehnologije dobijanja feri-fosfata za primenu u proizvodnji litijumskih baterija. M82 - Novo tehničko rešenje (metoda) primenjeno na nacionalnom nivou, rezultat je finansijski podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, ugovor br. 451-03-66/2024-03/200052, i kompanija Zorka Šabac – „Metal recovery“ D.O.O. Beograd, Republika Srbija. Усвојено на седници МНО за материјале и хемијске технологије 26.09.2024.
2. A.Kostov, A.Milosavljević, R.Todorović, D.Živković, L.Gomidželović, E.Požega, Ljubinka Todorović, Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu, tehničko rešenje – novi materijal, Projekti MPN br. TR34005 i ON172037, 2011. (M82) <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr1y2011p34005.pdf>
3. Z. Stanojević-Šimšić, A. Kostov, A. Milosavljević, Emina Požega, Legure sistema Cu0.5Ag0.5Al kao novi materijali koji pamte oblik, tehničko rešenje, Projekat TR34005 (2018). (M82) <https://irmbor.co.rs/o-nama/tehnicka-resenja-patenti/>
4. E.Požega, S.Ivanov, L.Gomidželović, A.Kostov, A.Milosavljević, M.Jovanović, Program za modeliranje procesa boriranja, Projekat MPN br. TR34005 (M85) <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/m85y2013p34005.pdf>
5. Suzana Dragulović, Danijela Simonović, Branka Pešovski, Vesna Conić, Zdenka Stanojević Šimšić, Emina Požega, Vesna Krstić, Dobijanje olovo (II) oksida iz čvrstog ostatka dobijenog bioluženjem polimetaličnih sulfidnih koncentrata, Projekat MPN br. TR34004 (2011-2018). Razvoj ekoloških i energetski efikasnijih tehnologija za proizvodnju obojenih i plemenitih metala kombinacijom bioluženja, solventne ekstrakcije i elektrolitičke rafinacije (M85)

Др Весна Марјановић, дипл.инж.руд.

1. dr Aleksandra Ivanović, dipl.inž.metalurg. (IRM Bor), dr Biserka Trumić, dipl.inž.metalurg. (IRM Bor), dr Vesna Krstić, dipl.fiz.hem. (IRM Bor), dr Svetlana Ivanov, (Tehnički fakultet u Boru), dr Saša Marjanović, (Tehnički fakultet u Boru), dr Silvana Dimitrijević, dipl.inž.metalurg. (IRM Bor), Vesna Marjanović, dipl.inž.rud. (IRM Bor), Poboljšanje mehaničkih svojstava legure sastava PdNi5 optimizacijom termomehaničkog režima prerade, 2014., (M82), Projekat MNTR br. TR 34029 <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr2y2014p34029.pdf>
2. Dr Daniela Urošević, Dr Ivana Jovanović, Dr Vesna Conić, Dr Dragan Milanović, Ivan Svrkota, Dr Vesna Marjanović, Dr Nikola Stanić, Tehničko rešenje, Novo tehničko rešenje procesa mlevenja i klasiranja u rudniku bakra i zlata Čukaru peki, 25.09.2024., A new technical solution for the grinding and grading process in the copper and gold mine Čukaru Peki (M82), <https://unilib.phaidravg.rs/open/o:6048>
3. Dragan Milanović, Srđana Magdalinović, B. Čađenović, Bojan Drobnjaković, Miroslav Ignjatović, Vesna Marjanović, Smilja Jakovljević: Izmenjeni tehnološki postupak usitnjavanja topioničke šljake za potrebe flotacijske koncentracije bakra postupkom granuliranja, Izmenjeni tehnološki postupak usitnjavanja topioničke šljake za potrebe flotacijske koncentracije bakra postupkom granuliranja, 2011. (M83), Projekat MNTR br. TR 33023, <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr1y2011p33023.pdf>
4. D. Milanović, D. Urošević, B. Drobnjaković, S. Magdalinović, B. Čađenović, S. Stanković, V. Marjanović: Povećanje kapaciteta prerade u sistemu drobljenja i prosejavanja rude u rudniku bakra „V. Krivelj“ na 10,6 miliona tona godišnje uz smanjenje GGK na 16 mm, 2012., (M83), Projekat MNTR br. TR 33023 <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr1y2012p33023.pdf>
5. dr Dragan Milanović, dipl. inž. rud. (IRM Bor), mr Bojan Drobnjaković, dipl. inž. maš. (IRM Bor), dr Zoran Marković, dipl. inž. rud. (TF Bor), dr Dragiša Stanujkić dipl. inž. maš. (Megatrend Zaječar), mr Daniela Urošević, dipl. inž. rud. (IRM Bor), Srđana Magdalinović, dipl.inž.rud. (IRM Bor), mr Ivana Jovanović dipl. inž. rud. (IRM Bor), Vesna Marjanović, dipl. inž. rud. (IRM Bor): Tehničko rešenje za povećanje iskorišćenja bakra u sistemu prerade topioničke šljake u delu mlevenja i klasiranja, autori:, 2015. (M83) Projekat MNTR br. TR 33023, <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr2y2015p33023.pdf>
6. Bojan Drobnjaković, Dragan Milanović, Zoran Marković, Dragiša Stanujkić mr Daniela Urošević, Srđana Magdalinović, Zoran Štirbanović, Vesna Marjanović: Tehničko rešenje za povećanje kapaciteta drobljenja rude i otklanjanje nedostataka u sistemu transporta rude sa površinskog kopa Južni revir, transportni sistem TS-2, 2015. (M83), Projekat MNTR br. TR 33023, <https://irmbor.co.rs/wp-content/uploads/2017/04/tr1y2015p33023.pdf>

ЗАХВАЛНОСТ

Техничко решење – (M82) резултат је финансијски подржало Министарство науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, Уговор о реализацији и финансирању научноистраживачког рада Института за рударство и металургију Бор у 2025. години, евиденциони број : 451-03-136/2025-03/ 200052.

12. РЕФЕРЕНЦЕ

- [1]. A.A. El-Asmy, H.M. Serag, M.A. Mahdy, M.I. Amin, Sep. Purif. Technol., 61, 287-293 (2008).
- [2]. N. Boulkroune, A.H. Meniai, Energ. Procedia, 18, 1189-1198 (2012).
- [3] L. Monser, M.B. Amor, M. Ksibi, Chem. Eng. Process, 38, 267-271 (1999).
- [4] Rodney Gilmour, Phosphoric Acid: Purification, Uses, Technology, and Economics, (2013), doi/10.1201/b16187.
- [5] Sandra Pavón, Nils Haneklaus, Kim Meerbach, Martin Bertau, Iron(III) removal and rare earth element recovery from a synthetic wet phosphoric acid solution using solvent extraction, Minerals Engineering 182(1-3):107569 (2022).
- [6] Ismail M Ahmed, Overview on the Removal of Iron from Phosphoric Acid: A Comparative Study, Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications, (2021).
- [7] Amal Merroune, Jamal Ait Brahim, Rachid Boulif, Redouane Beniazza, Solvent Extraction of Rare Earth Elements from Wet-Process Phosphoric Acid, • 7th Green and Sustainable Chemistry Conference, (2023).

13. СПИСАК ПРИЛОГА:

- 1. Валидан доказ о примени техничког решења
- 2. Уговор о пословно-техничкој сарадњи између Института за рударство и металургију Бор и компаније ``Elixir Prahovo d.o.o. Prahovo``
- 3. Рачун ``Elixir Prahovo d.o.o. Prahovo``
- 4. Извод банке

13.1. ВАЛИДАН ДОКАЗ О ПРИМЕНИ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА



Elixir Prahovo

Predmet: Dokaz o verifikaciji Tehničkog rešenja pod nazivom:

**RAZVOJ NOVE TEHNOLOGIJE TRETMANA RAFINATA U CILJU DOBIJANJA
DI-KALCIJUM-FOSFATA**

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor je za potrebe **ELIXIR PRAHOVO d.o.o. Prahovo**
izradio Tehničko rešenje pod nazivom:

**RAZVOJ NOVE TEHNOLOGIJE TRETMANA RAFINATA U CILJU DOBIJANJA
DI-KALCIJUM-FOSFATA**

Ustanova/Autori rešenja:

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor/ dr Dragana Božić, dipl.ing.met., dr Ljiljana Avramović, dipl.ing.tehn., Vanja Trifunović, dipl.ing.tehn., dr Zoran Stevanović, dipl.ing.rud., dr Emina Požega, dipl.ing.met., dr Vesna Marjanović, dipl.ing.rud., dr Zoran Avramović, dipl.ing.tehn.

POTVRDA O IZVRŠENOJ USLUZI (ELIXIR PRAHOVO d.o.o. Prahovo)

U ovom Tehničkom rešenju razvijena je nova tehnologija tretmana rafinata u cilju dobijanja di-kalcijum-fosfata. Predmet ispitivanja je rafinat dostavljen od strane kompanije Elixir Prahovo za laboratorijska ispitivanja procesa uklanjanja prisutnih primesa i dobijanja proizvoda di-kalcijum-fosfata (DKF). Tehnološka ispitivanja su urađena u cilju definisanja optimalnih tehnoloških parametara postupka tretmana rafinata u skladu sa zahtevima definisanim u predmetnom Ugovoru broj 1044/23 od 23.06.2023. god. zaključenog između Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor i Elixir Prahovo doo Prahovo.

Tehničko rešenje sadrži sistematizovani pregled tehnoloških ispitivanja procesa tretmana rafinata u laboratorijskim uslovima u skladu sa predviđenim planom ispitivanja definisanim u Ugovoru. Na osnovu dobijenih rezultata u okviru ovog Tehničkog rešenja, formiran je predlog kombinovanog postupka za tretman rafinata koji obuhvata proces uklanjanja primesa zastupljenih u rafinatu u granicama predviđenim specifikacijom za kvalitet proizvoda, a zatim iz prečišćenog rastvora sledi dalji proces sinteze DKF-a.

Ovim se potvrđuje da je u okviru Tehničkog rešenja razvijena nova tehnologija tretmana rafinata u cilju dobijanja di-kalcijum-fosfata. Rezultati eksperimenata potvrdili su predloženi tehnološki postupak. Prema predloženom tehnološkom postupku, dobijen je proizvod DKF-a koji je ispunio sve uslove standardnog kvaliteta i predstavlja ciljani rezultat u skladu sa zahtevom Investitora. **ELIXIR PRAHOVO d.o.o. Prahovo** će nastaviti sa neophodnim aktivnostima radi stvaranja uslova za početak proizvodnje DKF-a primenom navedene tehnologije.

Elixir Prahovo DOO

Braće Jugovića 2, 19330 Prahovo, Srbija
Matični broj: 07309783 | PIB: 100777129
T: +381 19 319 5 020 | F: +381 19 319 5 013

elixirgroup.rs



U Prahovu, 24.02.2025.
PRAHOVO

ELIXIR PRAHOVO d.o.o

Zorica Popović



Elixir Prahovo DOO
Braće Jugovića 2, 19330 Prahovo, Srbija
Matični broj: 07309783 | PIB: 100777129
T: +381 19 319 5 020 | F: +381 19 319 5 013

elixirgroup.rs
TEL: +381 (0) 30-730-020
E-mail: institut@irmbor.co.rs

www.irmbor.co.rs

PIB: 100027170 | MB: 07130272
Banca Intesa: 160 - 42434 -38

13.2. УГОВОР О ПОСЛОВНО-ТЕХНИЧКОЈ САРАДЊИ ИЗМЕЂУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР И КОМПАНИЈЕ ELIXIR PRAHOVO D.O.O. PRAHOVO

4 A.



Ugovorne strane:

ELIXIR PRAHOVO DOO PRAHOVO, Braće Jugovića br. 2, 19330 Prahovo, matični broj: 07309783, PIB: 100777129, koga zastupa Ljuba Stojić u funkciji direktora (u daljem tekstu: **Naručilac**)

i

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR, Zeleni bulevar br. 35, 19210 Bor, matični broj 07130279, PIB: 100627146, koga zastupa Dr Mile Bugarin, naučni savetnik, u funkciji direktora, (u daljem tekstu: **Izvršilac**),

zaključile su sledeći

UGOVOR

PREDMET UGOVORA

Član 1.

Ugovorne strane su postigle saglasnost da će Izvršilac za potrebe Naručioca izraditi: **Eksperimentalnih laboratorijskih ispitivanja tretmana rafinata u cilju dobijanja mono-kalcijum-fosfata (MKF)**, prema usvojenoj Ponudi broj 927/23 od 07.06.2023. god., koja se daje kao **Prilog 1** ovog Ugovora i čini njegov sastavni deo.

Eksperimentalna laboratorijska ispitivanja imaju za cilj definisanje optimalnih tehnoloških parametara postupka tretmana rafinata - produkt procesa solventne ekstrakcije, u cilju selektivnog izdvajanja prisutnih primesa i njegove valorizacije do proizvoda di-kalcijum-fosfata (DKF), odnosno mono-kalcijum-fosfata (MKF), u skladu sa dostavljenim zahtevima Naručilaca, specificiranih u **Prilogu** ovog Ugovora.

Plan ispitivanja na tehnološkom uzorku rafinata je dat u ponudi br. 927/23 od 07.06.2023. god i obuhvata sledeće faze i aktivnosti:

1. Hemijska karakterizacija uzoraka rafinata
2. Eksperimentalna ispitivanja tretmana rafinata na laboratorijskom nivou
 - 2.1. Neutralizacija rastvora rafinata
 - Ispitivanje vrste neutralizacionih reagenasa na proces uklanjanja primesa iz rafinata
 - Ispitivanje uticaja vrednosti pH na efikasnost procesa neutralizacije
 - Ispitivanje uticaja temperature na efikasnost procesa neutralizacije
 - Ispitivanje uticaja vremena na efikasnost procesa neutralizacije
 - Ispitivanje potrebne količine vode za ispiranje formiranog neutralizacionog mulja

1

- 2.2. Sinteza di-kalcijum-fosfata (DKF) iz rastvora dobijenog nakon procesa neutralizacije
 - Ispitivanje uticaja različitih taložnih reagenasa na proces sinteze DKF
 - Ispitivanje uticaja vrednosti pH na efikasnost procesa
 - Ispitivanje uticaja temperature na efikasnost procesa
 - Ispitivanje uticaja vremena na efikasnost procesa
 - Ispitivanje potrebne količine vode za ispiranje formiranog DKF
- 2.3. Sinteza MKF
 - Ispitivanje uticaja dodatka taložnog reagensa na proces sinteze MKF
 - Ispitivanje potrošnje H_3PO_4 za proces sinteze MKF
 - Ispitivanje uticaja temperature na efikasnost procesa
 - Ispitivanje uticaja vremena na efikasnost procesa
- 2.4. Hemijska karakterizacija svih tečnih i čvrstih međuprodukata i produkata nastalih u navedenim fazama ispitivanja procesa tretmana rafinata
- 2.5. Fizičko-hemijska karakterizacija finalnog proizvoda
- 2.6. XRD analiza čvrstih međuprodukata i produkata nastalih u navedenim fazama ispitivanja
3. Predlog tehnološkog postupka za tretman rafinata u cilju dobijanja MKF
4. Izrada Finalnog izveštaja o dobijenim rezultatima eksperimentalnih ispitivanja tretmana rafinata

ROK ZA REALIZACIJU ISPITIVANJA

Član 2.

Rok za realizaciju eksperimentalnih laboratorijskih ispitivanja i izradu Finalnog izveštaja je **4(četiri)** meseci od dana potpisivanja Ugovora, dobijanja potrebnih podloga i uplate po dinamici saglasno članu 4., ovog Ugovora.

VREDNOST USLUGA

Član 3.

Cena za realizaciju eksperimentalnih laboratorijskih ispitivanja procesa tretmana rafinata u cilju dobijanja mono-kalcijum-fosfata (MKF), po specificiranom obimu poslova u članu 1. ovog Ugovora, biće formirana u zavisnosti od postignutih rezultata ispitivanja: kvaliteta proizvoda MKF i stepena iskorišćenja P_2O_5 (od ulaznog rafinata do proizvoda MKF standardnog kvaliteta - u skladu sa specifikacijom dostavljenom od strane Investitora date u Prilogu) što će se konstatovati u Finalnom izveštaju i iznosi:

- **45.000,00 EUR** (četrdesetpethiljada eura) ukoliko je postignuto iskorišćenje preko 70% P_2O_5 i dobijen MKF standardnog kvaliteta
- **35.000,00 EUR** (tridesetpethiljada eura) ukoliko je postignuto iskorišćenje od 65% do 70% P_2O_5 i dobijen MKF standardnog kvaliteta
- **15.000,00 EUR** (petnaesthiljada eura) ukoliko je postignuto iskorišćenje ispod 65% P_2O_5 .

Cena je iskazana u evrima (EUR), a obračun vrednosti posla i plaćanje vršiće se u dinarima (RSD),

po srednjem kursu NBS za evro na dan fakturisanja.

U cenu nije uključen PDV i isti će biti posebno obračunat prilikom fakturisanja u skladu sa zakonom o porezu na dodatu vrednost.

USLOVI, NAČIN I ROKOVI PLAĆANJA

Član 4.

Za realizaciju eksperimentalnih laboratorijskih ispitivanja procesa tretmana rafinata u cilju dobijanja mono-kalcijum-fosfata (MKF) važi sledeća dinamika isplate:

- 30% od ukupne cene iz člana 3. ovog Ugovora - Naručilac će platiti u roku do 7 (sedam) dana od dana potpisivanja Ugovora, prema ispostavljenoj profakturi Izvršioca
- 40% od ukupne cene iz člana 3. ovog Ugovora - Naručilac će platiti shodno izveštaju o stepenu gotovosti posla, prema mesečno ispostavljenoj fakturi.
- preostalih 30% od ukupne cene iz člana 3. ovog Ugovora - Naručilac će platiti u roku od 30 (trideset) dana od dana dostavljanja Finalnog izveštaja i njegovog prihvatanja od strane Naručioca, a prema ispostavljenoj fakturi Izvršioca

MEDUSOBNE OBAVEZE

Član 5.

Obaveze Izvršioca:

- Da predmetna laboratorijska ispitivanja izvrši kvalitetno u skladu sa planom datim u članu 1. ovog Ugovora i u skladu sa specificiranim zahtevima Naručioca
- Da ispitivanja završi u ugovorenom roku
- Da Investitoru obezbedi uvid u stanje istraživanja tokom realizacije ispitivanja
- Da dostavi Izveštaj o dobijenim rezultatima laboratorijskih ispitivanja tretmana rafinata u 4 (četiri) štampana primerka
- Da čuva kao strogu poslovnu tajnu sve podatke i informacije do kojih dođe tokom realizacije ovog Ugovora.
- Da nominuje odgovorno lice za komunikaciju sa Naručiocem

Obaveze Naručioca:

- Da poštuje predviđenu dinamiku isplate ugovorene cene za realizaciju posla.
- Da nominuje odgovorno lice za komunikaciju sa Izvršiocem

POVERLJIVOST INFORMACIJA

Član 6.

Ukoliko nije drugačije predviđeno ovim Ugovorom, ugovorne strane se obavezuju na poverljivost svih poslovnih tajni i drugih tehničkih informacija koje će primiti u vezi sa ovim Ugovorom. Ugovorne strane se takođe obavezuju da na poverljivost informacija obavežu i svoje zaposlene i da poverljive informacije koriste samo u vezi i u svrhu implementacije ovog Ugovora.

VIŠA SILA

Član 7.

Ukoliko bilo koja Ugovorna strana bude sprečena ili odlaganje njenih obaveza nastupi usled nastajanja događaja i okolnosti koje se ne mogu predvideti i na koje ni jedna strana ne može uticati, odnosno usled razloga više sile, u tom slučaju takva Ugovorna strana neće biti odgovorna za propuštanje da izvrši svoje obaveze po ovom Ugovoru i imaće opravdanje da ne izvršava uredno predmetne obaveze u periodu u kome traje slučaj više sile.

Kontekst „viša sila” uključuje, ali se ne ograničava na: rat, neprijateljstva, akte stranog neprijatelja, invazije, ratu slične operacije, akte terorizma ili građanske neposlušnosti, blokade, građanski rat, loše vremenske uslove, epidemiju zarazne bolesti, zemljotres, poplavu, požar ili drugu prirodnu katastrofu, štrajk, akte državnih organa, zaključavanje ili druge zajedničke radnje radnika, koji pripadaju delatnostima Naručioca i Izvršioca.

Ni u kom slučaju nedostatak finansijskih sredstava ili nemogućnost ispunjenja iz razloga finansijskog statusa bilo koje Ugovorne strane neće predstavljati višu silu na strani takve Ugovorne strane.

Ugovorna strana koja trpi slučaj više sile dužna je da u roku od 5 dana od dana njenog nastanka obavesti drugu stranu, a u slučaju da dejstvo više sile traje duže od 3 meseca druga strana može raskinuti Ugovor.

PRELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Član 8.

Sve eventualne sporove po ovom Ugovoru, ugovorne strane će nastojati da reše sporazumno, u duhu dobrih poslovnih odnosa i prijateljski, a u slučaju da do sporazuma ne dođe, spor će se rešavati pred Privrednim sudom u Zaječaru.

Ugovor stupa na snagu danom potpisivanja od strane ovlašćenih predstavnika ugovarača.

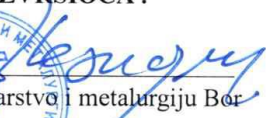
Ovaj Ugovor sastavljen je u 6 (šest) istovetnih primerka, od kojih svaka ugovorna strana zadržava po 3 (tri) za svoje potrebe.

OVAJ UGOVOR POTPISUJU

ZA NARUČIOCA :

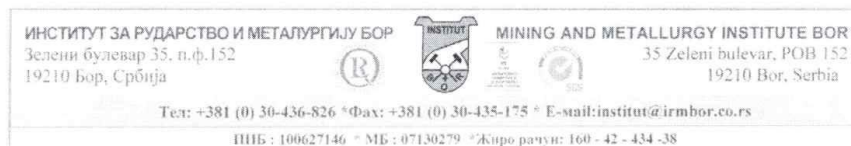

Elixir Prahovo d.o.o Prahovo
Direktor Ljuba Stojić


ZA IZVRŠIOCA :


Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Direktor Dr Mile Bugarin, naučni savetnik


SASTAVNI DEO UGOVORA ČINI SLEDEĆI PRILOG:

- **Prilog 1 – Korigovana Ponuda Izvršioca broj 927/23 od 07.06.2023. god**
PRIOLOG 1



ELIXIR PRAHOVO
Braće Jugovića 2, 19330 Prahovo
Aleksandar Stanković
Pomoćnik direktora
za planiranje R&D projekata

Датум: 07.06.2023.

Наш број: 927/23

Ваш потпис:

Predmet: Ponuda za izradu eksperimentalnih laboratorijskih ispitivanjima tretmana rafinata u cilju dobijanja MKF

U skladu sa Vašim zahtevom, Institut za Rudarstvo i Metalurgiju (IRM) Bor, dostavlja korigovanu Ponudu za izradu eksperimentalnih laboratorijskih ispitivanja tretmana rafinata u cilju dobijanja mono-kalcijum-fosfata (MKF) u sledećem:

A. OBIM POSLOVA

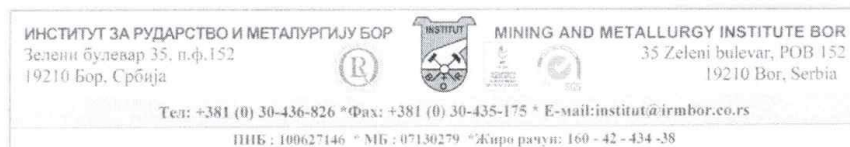
A.1. Laboratorijskih ispitivanja tretmana rafinata u cilju dobijanja MKF

1. Hemijska karakterizacija uzoraka rafinata
2. Eksperimentalna ispitivanja tretmana rafinata na laboratorijskom nivou
 - 2.1. Neutralizacija rastvora rafinata
 - Ispitivanje vrste neutralizacionih reagenasa na proces uklanjanja primesa iz rafinata
 - Ispitivanje uticaja vrednosti pH na efikasnost procesa neutralizacije
 - Ispitivanje uticaja temperature na efikasnost procesa neutralizacije
 - Ispitivanje uticaja vremena na efikasnost procesa neutralizacije
 - Ispitivanje potrebne količine vode za ispiranje formiranog neutralizacionog mulja
 - 2.2. Sintaza di-kalcijum-fosfata (DKF) iz rastvora dobijenog nakon procesa neutralizacije
 - Ispitivanje uticaja različitih taložnih reagenasa na proces sinteze DKF
 - Ispitivanje uticaja vrednosti pH na efikasnost procesa
 - Ispitivanje uticaja temperature na efikasnost procesa
 - Ispitivanje uticaja vremena na efikasnost procesa
 - Ispitivanje potrebne količine vode za ispiranje formiranog DKF
 - 2.3. Sintaza MKF
 - Ispitivanje potrošnje H_3PO_4 za proces sinteze MKF
 - Ispitivanje uticaja temperature na efikasnost procesa
 - Ispitivanje uticaja vremena na efikasnost procesa
 - Ispitivanje potrebne količine vode za ispiranje formiranog MKF
 - 2.4. Hemijska karakterizacija svih tečnih i čvrstih međuprodukata i produkata nastalih u navedenim fazama ispitivanja procesa tretmana rafinata
 - 2.5. XRD analiza čvrstih međuprodukata i produkata nastalih u navedenim fazama ispitivanja

3. Predlog tehnološkog postupka za tretman rafinata u cilju dobijanja MKF

IF-IRM-P031 Меморандум ИРМ Издање сбр.4
Матрица пројекта: IF-IRM-P04-Издање 4. Поверљив

Стр 1 од 3



A.2. Izrada Studije o dobijenim rezultatima ispitivanja definisanih u tački A.1.

B. MEĐUSOBNE OBAVEZE

B.1. Obaveze IRM-a:

- Da predmetna ispitivanja izvrši kvalitetno
- Da ispitivanja završi u ugovorenom roku.
- Da Investitoru obezbedi uvid u stanje ispitivanja tokom realizacije posla.

B.2. Obaveze Investitora:

- Da dostavi reprezentativni uzorak rafinata u količini od 50 L.
- Da poštuje predviđenu dinamiku isplate ugovorene cene za realizaciju posla.

C. ROK ZA REALIZACIJU LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA

Rok za realizaciju laboratorijskih ispitivanja i izradu Finalnog izveštaja je 4 (četiri) meseca.

D. CENA ZA REALIZACIJU LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA

Cena za realizaciju laboratorijskih ispitivanja tretmana rafinata u cilju dobijanja MKF po specificiranom obimu poslova u Tački A biće formirana na sledeći način u zavisnosti od postignutih rezultata ispitivanja: kvaliteta ciljanog proizvoda MKF i stepena iskorišćenja P_2O_5 (od ulaznog rafinata do proizvoda MKF standardnog kvaliteta - u skladu sa specifikacijom dostavljenom od strane Investitora date u Prilogu 1 koja je sastavni deo ove Pomude) i što će se konstatovati u Finalnom izveštaju:

- Ukoliko je postignuto da iskorišćenje bude preko 70% P_2O_5 i dobijen MKF bude standardnog kvaliteta, cena ispitivanja je 45.000,00 EUR
- Ukoliko je postignuto da iskorišćenje bude od 65% do 70% P_2O_5 i dobijen MKF bude standardnog kvaliteta, cena ispitivanja je 35.000,00 EUR
- Ukoliko je postignuto da iskorišćenje bude ispod 65% P_2O_5 , cena ispitivanja je 15.000,00 EUR.

Napomena: U priloženoj ceni nije uključen PDV i isti će se zaračunavati u okviru ispostavljenih faktura.

E. NAČIN PLAĆANJA

Za realizaciju laboratorijskih ispitivanja važi sledeća dinamika isplate:

- 30% od ukupne cene izrade - 7 (sedam) dana od dana potpisivanja Ugovora
- 40% od ukupne cene izrade - 7 (sedam) dana prema mesečno ispostavljenim fakturama
- 30% od ukupne cene izrade - 30 (trideset) dana od dana dostavljanja Finalnog izveštaja

Direktor Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor



Dr Miroslav Bugarin, naučni savetnik



IRM P041 Меморандум ИРМ Издање 06.05
Матични документ: ИРМ РБМ Издање 1. Прилог 1

Стр 2 од 3

13.3. РАЧУН „ELIXIR PRAHOVO D.O.O. PRAHOVO“



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, ул. Зелени булевар 35

ПИБ: 100627146

МБ: 07130279

Тел.: 030 / 454 - 127; Моб.: 064 / 8823 - 020

Текући рачун : 160 - 42434 - 38

e-mail: tanja.mihajlovic@irmbor.co.rs

КУПАЦ:

ELIXIR PRAHOVO DOO PRAHOVO

Braće Jugovića br. 2

19330 Prahovo

ПИБ: 100777129

МБ: 7309783

ПРЕДРАЧУН бр.

94110050

Место издавања : BOR

Датум издавања : 28.06.2023.

Датум промета :

Валута : чл.4 Уговора

Уговор бр. 1044/23 од 23.06.2023.

Шифра пројекта	Назив	Пореска основица	стопа ПДВ	Износ ПДВ	Вредност са ПДВ
	Експериментална лабораторијска испитивања третмана рафината у циљу добијања моно-калцијум-фосфата (МКФ)				
	чл. 4. Уговора: аванс 30%: 45.000,00 EUR x 30% = 13.500,00 EUR + ПДВ (117,2619 - средњи курс НБС на дан 28.06.2023.)	1.583.035,65	20%	316.607,13	1.899.642,78
	Укупна вредност са ПДВ	1.583.035,65	20%	316.607,13	1.899.642,78

Напомена о пореском ослобођењу:

Нема основа за пореско ослобођење

НАПОМЕНА: УПЛАТУ ИЗВРШИТЕ НА ТЕКУЋИ РАЧУН. ПРИЛИКОМ УПЛАТЕ ОБАВЕЗНО СЕ ПОЗОВИТЕ НА БРОЈ ПРЕДРАЧУНА

Фактурисао

Танја Михајловић



Руководилац

Весна Флорић, дипл. ецц.

Генерисао систем ЕФактура под бројем:941101466.1-23 | Идентификатор:667aae74-90cf-4d90-9d68-
ас23a1189b8e | датум и време генерисања:23.11.2023 14:30:39



Датум издавања: 23.11.2023

**ELIXIR PRAHOVO INDUSTRIJA HEMIJSKIH
PROIZVODA DOO PRAHOVO**
Braće Jugovića 2
19330 Prahovo Србија

Број фактуре

941101466.1-23

Број уговора 1044/23 од 23.06.2023.
Уплату извршити са позивом на број **941101466.1-23**
Датум промета 23.11.2023
Датум доспећа **23.12.2023**
Матични број купца 07309783
ПИБ купца 100777129
Валута фактуре **RSD**
Укупно за плаћање **2.530.781,82**

Продавац

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Адреса: 19210 Бор Зелени булевар 35
ЈБКЈС 81451

| 160-0000000042434-38

Матични број: 07130279

ПИБ: 100627146

Опис	Количина	Јединична цена	Јединица мере	Попуст	Износ без ПДВ	ПДВ %
Експериментална лабораторијска испитивања третмана рафината у циљу добијања моно-калцијум-фосфата (МКФ) - чл. 4. Уговора: степен наплате 70%: 45.000,00 EUR x 70% =31.500,00 EUR + ПДВ (117,2070- средњи курс НБС на дан 23.11.2023.)	1	3.692.020,5000	ком	0,00	3.692.020,50	20,00

Збир ставки са стопом 20%: 3.692.020,50

Укупно основица – стопа 20%: 3.692.020,50

Укупно ПДВ – стопа 20%: 738.404,10

Укупан износ: 4.430.424,60

Авансирана основица – стопа 20%: 1.583.035,65

Авансирани ПДВ – стопа 20%: 316.607,13

Укупно авансирана основица: 1.583.035,65

Укупно авансиран ПДВ: 316.607,13

Укупан авансиран износ: 1.899.642,78

Укупно основица умањена за авансе – стопа 20%: 2.108.984,85

Укупно ПДВ умањен за авансе – стопа 20%: 421.796,97

Укупно за уплату: 2.530.781,82

Аванси

Број изабраног авансног рачуна: 941101011/A-23

Датум слања изабраног авансног рачуна: 23.08.2023

Искоришћена авансна основица ПДВ 20%: 1.583.035,65

Износ ПДВ 20%: 316.607,13

Искоришћена авансна основица ПДВ 10%: 0,00

Износ ПДВ 10%: 0,00

Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији изузето од ПДВ: 0,00

Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији није предмет ПДВ: 0,00

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР | efakture@irmbor.co.rs | Телефон 0648823020 | www.irmbor.co.rs

Генерисао систем ЕФактура под бројем:941101466.1-23 | Идентификатор:667aae74-90cf-4d90-9d68-
ас23а1189b8е | датум и време генерисања:23.11.2023 14:30:39

Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији обрнута наплата ПДВ:	0,00
Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији пореско ослобођење са правом на одбитак претходног пореза:	0,00
Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији изузимање од ПДВ:	0,00
Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији посебни поступци опорезивања:	0,00
Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији није предмет опорезивања ПДВ 2:	0,00
Искоришћена авансна накнада без ПДВ по категорији анулирање:	0,00
Искоришћени аванс без ПДВ:	0,00
Укупно умањење:	1.899.642,78

Датум обрачуна пдв-а је датум промета

Генерисао систем ЕФактура под бројем:94110153-24 | Идентификатор:f88997a1-5738-4aa5-8317-efc24f8e669d | датум и време генерисања:21.02.2024 10:20:45



Датум издавања: 21.02.2024

**ELIXIR PRAHOVO INDUSTRIJA HEMIJSKIH
PROIZVODA DOO PRAHOVO**
Braće Jugovića 2
19330 Prahovo Србија

Број фактуре

94110153-24

Број уговора 1044/23 од 23.06.2023.
Уплату извршити са позивом **94110153-24**
на број
Датум промета 31.01.2024
Датум доспећа **22.03.2024**
Матични број купца 07309783
ПИБ купца 100777129
Валута фактуре **RSD**
УКУПАН ИЗНОС 1.898.571,96

Продавац

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Адреса: 19210 Бор Зелени булевар 35

ЈБКЈС 81451

Матични број: 07130279

ПИБ: 100627146

| 160-0000000042434-38

Опис	Количина	Јединична цена	Јединица мере	Умањење	Износ без ПДВ	ПДВ %
Експериментална лабораторијска испитивања третмана рафината у циљу добијања моно-калцијум-фосфата (МКФ) - Извештај бр. 245/24 од 31.01.2024. - чл. 4. Уговора: степен наплате 30%: 45.000,00 EUR x 30% =13.500,00 EUR + ПДВ (117,1958-средњи курс НБС на дан 21.02.2024.)	1	1.582.143,3000	ком	0,00	1.582.143,30	20,00
					Збир ставки са стопом 20%:	1.582.143,30
					Укупно основица – стопа 20%:	1.582.143,30
					Укупно ПДВ – стопа 20%:	316.428,66
					Међузбир:	1.898.571,96
					Укупно основица умањена за авансе – стопа 20%:	1.582.143,30
					Укупно ПДВ умањен за авансе – стопа 20%:	316.428,66
					Укупан износ:	1.898.571,96

Датум обрачуна пдв-а је датум промета

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР | efakture@irmbor.co.rs | Телефон 0648823020 | www.irmbor.co.rs

Tel: +381 (0) 30-436-826
E-mail:institut@irmbor.co.rs

MMI Bor
www.irmbor.co.rs

PIB:100627146 MB:07130279
Banca Intesa: 160 - 42434 -38

Генерисао систем ЕФактура под бројем:94110153-24 |
Идентификатор:f88997a1-5738-4aa5-8317-efc24f8e669d | датум и време генерисања:21.02.2024 10:20:45

**Структурирани формат електронске фактуре у складу са
спецификацијом прилагођене примене стандарда
SRPS EN 16931-1:2019/A2:2020**

Фактура

број документа: 94110153-24
датум издавања документа: 2024-02-21
датум доспећа: 2024-03-22
врста документа: Фактура
шифра валуте документа: RSD
датум пореске обавезе: Датум промета
број уговора: 1044/23 од 23.08.2023.

продавац
ПИБ: 100627146
идентификатор: JBKJS:81451
назив: ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И
МЕТАЛУРГИЈУ БОР
улица и број: Зелени булевар 35
место: Бор
поштански број: 19210
шифра државе: RS

пословно име: ИНСТИТУТ ЗА
РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
матични број: 07130279
адреса електронске поште контакта:
efaktura@irmbor.co.rs

купац
ПИБ: 100777129
назив: ELIXIR PRAHOVO INDUSTRIJA
HEMIJSKIH PROIZVODA DOO PRAHOVO
улица и број: Braće Jugovića 2
место: Prahovo
поштански број: 19330
шифра државе: RS
пословно име: ELIXIR PRAHOVO
INDUSTRIJA HEMIJSKIH PROIZVODA
DOO PRAHOVO
матични број: 07309783
адреса електронске поште контакта:
sef@elixirprahovo.rs

информације о испоруци
датум промета: 2024-01-31

инструкције за плаћање
информације дозаци: 94110153-24
број рачуна за плаћање:
180000000004243438

укупно порез
укупан износ ПДВ: 316.428,66 (RSD)
• шифра категорије ПДВ: S (стопа: 20)
укупан износ основице: 1.582.143,30
укупан износ пореза: 316.428,66

укупни износи
збир нето износа из ставки рачуна:
1.582.143,30
укупан износ без ПДВ: 1.582.143,30
укупан износ са ПДВ: 1.898.571,96
збир умањења на нивоу документа: 0,00

плаћен износ: 0,00
износ заокруживања: 0,00
укупан износ: 1.898.571,96

ставка документа
идентификатор ставке: 1
шифра јединице мере за фактурисану
количину: ком
фактурисана количина: 1,00
нето износ: 1.582.143,30
назив артикла: Експериментална
лабораторијска испитивања третмана
рафината у циљу добијања моно-
калцијум-фосфата (МКФ) - Извештај бр.
245/24 од 31.01.2024. - чл. 4. Уговора:
степен наплате 30% - 45.000,00 EUR x 30%
=13.500,00 EUR + ПДВ (117,1968 - средњи
курс НБС на дан 21.02.2024.)
шифра категорије ПДВ: S
стопа ПДВ: 20
нето цена артикла: 1.582.143,30

13.4. ИЗВОД БАНКЕ



INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

ALBERTA AJNSTAJNA BR. 1, 19210, BOR

MB: 07130279

PROKNJIŽENE PROMENE (broj računa: 160-0000000042434-38) na dan 13.3.2025.

Redni broj	Poslovno ime i sedište platioca - primaoca plaćanja broj računa	poreklo naloga datum izvršenja	IZNOS u RSD		Šifra	Svrha plaćanja	Poziv na broj (zaduženje) Poziv na broj (odobrenje)	Referentna oznaka transakcije (podaci)
			duguje	potražuje				
1.	ELIXIR PRAHOVO DOO PRAHOVO NEGOTIN 160-0000000383075-10	999902 HALKOM 18.08.2023	0,00	1.899.642,78	221	PREDRAČUN BR. 94110050	94110050	952PLIH2323002IP (8092636322)
2.	ELIXIR PRAHOVO DOO PRAHOVO NEGOTIN 160-0000000383075-10	999902 HALKOM 14.02.2024	0,00	4.250.145,94	221	PROMET ROBE I USLUGA - FINALNA POTRO	430000400768 PO-SPECIFIKACIJI	952PLIH2404506UY (9307343329)
3.	ELIXIR PRAHOVO DOO PRAHOVO NEGOTIN 160-0000000383075-10	999902 HALKOM 29.03.2024	0,00	1.898.571,96	221	PROMET ROBE I USLUGA - FINALNA POTRO	430000401503 94110153-24	952PLIH24089042Q (9613386787)
Ukupno			0,00	8,048,360,68				

Štampano: 13.3.2025.