

Институт за технологију нуклеарних  
и других минералних сировина са п.о.

Број

91/155

30.10.2012 год

Београд  
Доминик Д'Епере-а 86, пошт. фах 397

Naučnom veću ITNMS-a

Beograd

### Predmet: Pokretanje postupka za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja

U skladu sa procedurom QMS, IP 19, Izrada i postupak validacije i verifikacije tehničko-tehnoloških rešenja, obraćamo se Naučnom veću Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS) sa molbom da, prema Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača (Sl.glasnik RS, 38/08), pokrene postupak za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja, kategorije M 84 – Bitno poboljsana postojeći proizvod ili tehnologija, pod nazivom: **Unapredjenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**

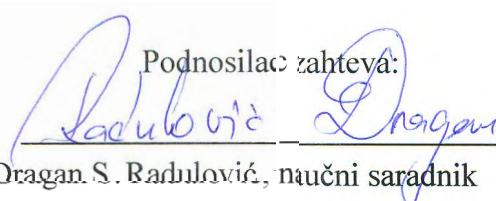
#### Autori:

1. dr Dragan S. Radulović, naučni saradnik
2. prof. dr Dušica Vučinić, redovni profesor
3. Branislav Ivošević, istraživač sardnik
4. mr Dejan Tomašević, istraživač sardnik
5. mr Vladimir Jovanović, istraživač sardnik
6. mr Zoran Bartulović, istraživač sardnik

Za recenzente predlažemo:

1. prof dr Predrag Lazić, Rudarsko-geološki fakultet Beograd
2. prof dr Slaven Deušić, Rudarsko-geološki fakultet Beograd

Beograd, 29.10.2012. godine

  
Podnositelj zahteva:  
dr Dragan S. Radulović, naučni saradnik

Институт за технологију нуклеарних  
и других минералних сировина с.п.о.  
Број 4/43  
16.11.2012. год.  
Београд  
Франше д' Епереа 86, пошт. фах 390

ИНСТИТУТ ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКЛЕАРНИХ  
И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА с.п.о.  
Техничко решење: TR 34013-1 ТР  
Бр. 1-53 Датум 09.05.2013  
Франше д' Епереа 86 пош.фах 390

НАУЧНО ВЕЋЕ  
ИНСТИТУТА ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКЛЕАРНИХ  
И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА  
Франше д' Епереа 86, Београд

Број: 13/11-14  
24.12.2012. године

На основу члана 40 Статута Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Научно веће Института је, на седници одржаној 24.12.2012. године донело

## ОДЛУКУ

Покреће се поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом:

**"Унапредење технолошког поступка флотирања апатита из фосфоритне руде „Лисина“, повећањем садржаја чврсте фазе са 25 на 35%, у лабораторијским и полуиндустријским условима"**

автора: др Драгана С. Радуловића, научног сарадника, проф. др Душице Вучинић, редовног професора, Бранислава Ивошевића, истраживача сарадника, мр Дејана Томашевића, истраживача сарадника, мр Владимира Јовановића, истраживача сарадника, мр Зорана Бартуловића, истраживача сарадника и бирају рецезенти проф др Предраг Лазић, Рударско-геолошки факултет Београд и проф др Славен Деушић, Рударско-геолошки факултет Београд



Институт за технологију нуклеарних  
и других минералних сировина с.д.о.  
Техничко решење: TR 34013 1TR  
Ер. 1-53 Датум 09.05.2013  
Франше д'Енерса 88 пошт. фах 390

Институт за технологију нуклеарних  
и других минералних сировина с.д.о.  
Број 41172  
20.12.2012 год.  
Београд  
Домаше д'Енерса 88, пошт. фах 390

## Izjava

Ovom izjavom potvrđujemo da je tehničko-tehnološko rešenje kategorije kategorije M 84 – Bitno poboljsana postojeći proizvod ili tehnologija, pod nazivom: **Unapredjenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**, sa autorima:

1. dr Dragan S. Radulović, naučni saradnik
2. prof. dr Dušica Vučinić, redovni profesor
3. dr Mirjana Stojanović, naučni savetnik
4. Branislav Ivošević, istraživač saradnik
5. mr Dejan Tomašević, istraživač saradnik
6. mr Vladimir Jovanović, istraživač saradnik
7. mr Zoran Bartulović, istraživač saradnik

proisteklo kao rezultat istraživanja koja su obavljena u okviru Projekta TR 34013 "Osvajanje tehnoloških postupaka dobijanja ekoloških materijala na bazi nemetaličnih mineralnih sировина", i projekta TR 31003 „Razvoj proizvoda na bazi mineralnih sировина i otpadne biomase u cilju zaštite resursa za proizvodnju bezbedne hrane“ koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Osvojena nova tehnološka znanja i dobijeni rezultati istraživanja u okviru faze 4. i aktivnosti 22 i 23 Projekta TR 34013, za 2012. godinu, kao i rezultata istraživanja obavljenih relizacijom faze I, aktivnosti 4 i 5, projekta TR 31003, su poslužila kao tehnološka podloga za definisanje tehnološkog rešenja u kategoriji M-84.

-aktivnost 4, "Formiranje reprezentativnog uzorka fosfata, ležišta "Lisina", dostupnih za površinsku eksploraciju- definisanjem ulaznih parametara (ukupni i pristupačni sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, kompletna kvantitativna hemijska karakterizacija uključujući sadržaj teških metala, gamaspektrometijska analiza, rendgensko difrakciona analiza u cilju utvrđivanja mineraloškog sastava uzorka, granulometrijski sastav)."

- aktivnost 5, Definisanje optimalnih procesnih parametara dobijanja koncentrata fosfata sa sadržajem P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> preko 30%, postupkom flotacijske koncentracije sa višestepenim prečišćavanjem postupkom magnetne separacije i verifikacijom kroz uticajne procesne parametre (hemski, fizičko-hemski, pH, karakteristike suspenzije, režim reagenasa, kinetika procesa).

Rukovodilac Projekta TR 34013:

Dr Živko Sekulić, naučni savetnik

Rukovodilac Projekta TR 31003:

Dr Mirjana Stojanović, naučni savetnik

U Beogradu

14.12.2012. godine



Institut za tehnologiju nuklearnih i  
drugih mineralnih sirovina (ITNMS)

11000 Beograd  
Franša Deperea 86

ИНСТИТУТ ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКЛЕАРНИХ  
И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА с.п.о.  
Техничко решење: TR 31003 / TR 34013  
Бр. 1-53 Датум 09.05.2013  
Франше Д'Епереа 86 пош.фах 390

**Predmet:** Verifikacija novoosvojenih tehnoloških znanja laboratorijskih i poluindustrijskih ispitivanja, kojima se unapređuje tehnologija dobijanja koncentrata apatita, povećanjem procenta čvrste faze u postupku flotiranja fosfatne rude „Lisina“

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS), Beograd u okviru projekata (TR 31003 i 34013, za period 2011-2014), čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije je unapredio tehnologiju dobijanja koncentrata apatita, postupkom flotiranja. Efikasnom primenom novoosvojenih tehnoloških znanja iz laboratorijskih opita u poluindustrijskim uslovima rada, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35% u postupku flotiranja fosforitne rude, tehnologija prerade fosfatne rude je razvijena do koncepta tehničko-tehnološkog rešenja:

**Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**

Autora: dr Dragan S. Radulović, naučni saradnik  
prof. dr Dušica Vučinić, redovni profesor  
dr Mirjana Stojanović, naučni savetnik  
Branislav Ivošević, istraživač saradnik  
mr Dejan Todorović, istraživač saradnik  
mr Vladimir Jovanović, istraživač saradnik  
mr Zoran Bartulović, istraživač saradnik

Na osnovu laboratorijskih i poluindustrijskih ispitivanja koja su izvedena, u okviru ovog tehnološkog rešenja, sveobuhvatno je utvrđeno da se sa povećanim sadržajem čvrste faze u pulpi sa 25 na 35%, može izvoditi efikasno kondicioniranje i flotiranje apatita iz ležišta fosfata „Lisina“. Svi dobijeni parametri unapređenja tehnološkog postupka iz laboratorijskih opita prenešeni su efikasno u poluindustrijske (kontinualne) uslove rada. Tokom rada poluindustrijskog pogona nastavljena su ispitivanja i snimanje svih parametara procesa koji predstavljaju osnovu za sledeću fazu uvećanih poluindustrijskih i industrijskih ispitivanja.

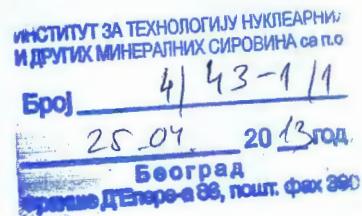
Rezultati hemijskih analiza gotovih proizvoda i materijalnog bilansa rada sa 35% čvrste faze u pulpi pokazali su sledeće:

- da se i u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima rada može dobiti kvalitetan skupni koncentrat (OK+GK) sa komercijalnim sadržajem  $P_2O_5$ , i visokim iskorišćenjem  $P_2O_5$  u njemu. U okviru same poluindustrijske probe dobijeno preko 600kg koncentrata fosfata sa 34,02%  $P_2O_5$  boljeg kvaliteta nego što je to investitor zahtevao (ugovorom traženo 500kg sa 32%  $P_2O_5$ )
- da se za istu količinu prerađene rude, kod gušće pulpe troši daleko manja količina vode, oko  $0,766\text{ m}^3$  vode po toni prerađene rude
- sa gušćom pulpom potrošnja reagenasa u postupku flotiranja je manja (od 12% do 300%), što predstavlja značajnu uštedu
- definitivni koncentrat kao skupni proizvod osnovnog i grubog koncentrata dobijen je bez prečišćavanja
- u ispitivanjima dobijen definitivni koncentrat u postupku flotiranja uspešnim deprimiranjem minerala nosioca gvožđa, tako da je izbegнутa magnetna separacija kao posebna faza postupka pripreme, što predstavlja dodatnu uštedu proces prerade fosforitske rude „Lisina“
- primjenjenim tehnološkim rešenjem sa novom uprošćenom tehnološkom šemom, bez prečišćavanja u postupku flotiranja i magnetne separacije, kao i zbog gušće pulpe smanjje je se broj zapremina uredjaja u kojima se pulpa tretira.

Prihvatamo da Tehničko-tehnološko rešenje **Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**, predstavlja unapredjenje dosadašnjeg tehnološkog postupka u oblasti pripreme ove rude. Takođe prihvatamo da ono predstavlja doprinos daljim ispitivanjima i budućoj primeni prilikom usvajanja konačnog tehnološkog rešenje eksploatacije rude fosfata „Lisina“ i njene koncentracije postupcima pripreme mineralnih sirovina.

Beograd, 22.04.2013





## Naučnom veću ITNMS-a

**Predmet:** Recenzija tehničko-tehnološkog rešenja

Odlukom Naučnog veća ITNMS od 24.12.2012. imenovana sam za jednog od reczenzata tehničko-tehnološkog rešenja: **Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima** (kategorija M-84)

Autori: dr Dragan S. Radulović\*, prof. dr Dušica Vučinić\*, dr Mirjana Stojanović\*, Branislav Ivošević\*, dipl.ing.rud., mr Dejan Todorović\*, mr Vladimir Jovanović\*, mr Zoran Bartulović\*,

\* Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 11 000 Beograd  
• Rudarsko-geološki fakultete, Univerzitet u Beogradu

Na osnovu toga dajem,

### Mišljenje recenzenta:

Tehničko-tehnološko rešenje pod naslovom **Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**, dato je na 24 strana teksta (format A4), sadrži sedam tabela i pet slika. Tehničko tehnološko rešenje sastoji se iz sledećih delova: Sadržaj, četiri poglavlja, literature (sa četrdeset šest referenci) i četiri priloga.

U prvom poglavlju sa naslovom „*Fosfati- kao strateška sirovina*“ dat je uvod u kome su prikazani osnovni podaci o primeni fosfata i njegovom značaju kao sirovinskog resursa u svetskim razmerama. Prikazani su glavni minerala fosfata kao i osnovne karakteristike najvažnijeg minerala fosfata -apatita.

U drugom poglavlju sa naslovom „*Fosfatni resurs Srbije*“ dati su osnovni podaci o fosforitskom ležištu „Lisina“. Posebno je pored geoloških i mineraloških karakteristika ležišta fosfata „Lisina“, istaknut nepovoljan geografski položaj, kao i nedovoljni vodeni resursi potrebni za preradu rude fosfata „Lisina“. Takodje je data udaljenost od glavnih saobraćajnica kojima bi se koncentrat apatita transportovao na dalju preradu, do fabrika hemijske industrije u Srbiji. U pregledu o osnovnim karakteristikama ležišta „Lisina“ prikazane su i ukupne rezerve rude po kategorijama.

U tećem poglavlju sa naslovom „*Predmet ispitivanja*“ detaljno je dat pregled dosadašnjih ispitivanja sa karakteristikama primenjene tehnološke šeme mlevenja i klasiranja. Autori su obrazložili razloge zbog kojih se vrši ispitivanje mogućnosti unapredjenja šeme tehnološkog procesa. Na ovaj način je određen predmet ispitivanja koja treba obaviti u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima. Za zadata ispitivanja definisan je i cilj ispitivanja koji treba da predstavlja unapredjenje tehnološkog postupka dobijanja flotacijskog koncentrata apatita iz rude fosfata „Lisina“. Osim toga, u ovom poglavlju dat je i pregled teorijskih osnova kao i kratki osvrt na primenjena tehnološka rešenja u industrijskim postrojenjima koja se bave preradom fosfata u pogonima širom sveta.

U četvrtom poglavlju sa naslovom „*Tehnološka ispitivanja*“ obavljena su eksperimentalna ispitivanja, koja su se sastojala iz dve serije laboratorijskih opita i poluindustrijske probe. U okviru laboratorijskih opita obavljena su ispitivanja koja su rezultirala novom unapredjenom tehnološkom šemom postupka flotiranja rude fosfata „Lisina“. Na osnovu rezultata II serije opita izvršena je verifikacija novog unapredjenog tehnološkog rešenja i snimljeni su parametri koji su predstavljali tehnološku osnovu za izvodjenje poluindustrijske probe. U okviru poluindustrijskog ispitivanja izvršena je fizičko-hemijska i mineraloške karakterizacije rude fosfata, određen je Bondov index kao značajan parametar za rad postrojenja i kasniji izbor opreme. Posle ovog je izvršen svojevrsni „scale up“, odnosno dobijeni rezultati i snimljeni parametri diskontinualnog postupka su prenešeni u kontinualne uslove rada poluindustrijskog procesa. U skladu sa definisanim ciljem ispitivanja dodat je poseban uredjaj (zgušnjivač), koji je mogao svojim radom da zadovolji dobijanje unapred određenog povećanog sadržaja čvrste faze u pulpi od 35%. Rezultati izvedene poluindustrijske probe nedvosmisleno pokazuju da je izvršena verifikacija novog tehnološkog rešenje u kontinualnim uslovima rada. U zaključku su detaljno date sve prednosti i mane primjenjenog rešenja, kao i uštede koje se ostvaruju, primenom ovoga unapredjenog tehnološkog postupka koje je dovedeno do koncepta tehničko-tehnološkog rešenja.

Detaljnim uvidom u literaturu, kojom je obuhvaćeno više različitih naučnih disciplina, iz: geologije, mmineralogije, rudarstva, poljoprivrede i tehnologije kao i dokumentacije dosadašnjih ispitivanja, može se zaključiti da su autori sa različitim aspekata multidisciplinarno pokušali da sagledaju probleme koji su vezani za postupak dobijanja koncentrata fosfata. Zbog ovakvog multidisciplinarnog razmatranja problema može se reći da su autori imali sveobuhvatani pristup u rešavanju ovoga zadatka.

Na osnovu detaljnog pregleda tehničko-tehnološkog rešenja pod naslovom: „**Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**“, autora: dr Dragana S. Radulovića, , recezent konstatiše sledeće:

**Tekst je pisan jasno i tehnički razumljivo, bez bitnih materijalnih grešaka, a tehničko-tehnološko rešenje daje značajan doprinos oblasti dobijanja koncentrata apatita za primenu u hemijskoj industriji.**

Takodje treba naglasiti da tehničko rešenje ima korisnika rezultata “Victoriaphosphate” čime su ispunjeni svi zahtevi Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživanja, Sl.Glasnik RS br.38/2008.

Na osnovu člana 25. tačka 2) i 3) Zakona o naučnoistraživačkoj delatnosti i Prilogu 2 Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača daje se

## MIŠLJENJE o tehničkom rešenju

**Naziv tehničkog rešenja:** „Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima“

**Autori:** dr Dragan S. Radulović, prof. dr Dušica Vučinić, dr Mirjana Stojanović, Branislav Ivošević, dipl.ing.rud., mr Dejan Todorović, mr Vladimir Jovanović, mr Zoran Bartulović

**Godina:** 2013.

**Prijavljena kategorija:** M-84

**Pregledom svih priloženih dokaza sam utvrdio sam da:**

1. Rešenje poseduje stručnu komponentu celokupnog i samostalnog rezultata	
2. Rešenje ima originalni naučno-istraživački doprinos	
3. Rešenje poseduje uredan tehnički elaborat (naslovna strana sa osnovnim podacima, potom elaborat sa opisima, crtežima itd)	
3.1. Naveden je korisnik rešenja (naručilac)	
3.2. Navedeno je ko je rešenje prihvatio, ko ga primenjuje	
3.3. Priložen je dokaz o komercijalizaciji rezultata (korišćenju)	
4. Opisan je problem koji se rešava	
4.1. Dato je stanje rešenosti tog problema u svetu	
4.2. Dato je stanje rešenosti tog problema kod nas	
5. Opisane su tehničke karakteristike	
6. Za kritičke evaluacije podataka, baza podataka	
6.1. Deo je međunarodnog projekta	
6.2. Publikovana je kao internet publikacija ili objavljena na internetu	
6.3. Publikovano u časopisu sa SCI liste	
6.3. Ostalo	
7. Rešenje je rađeno u okviru projekta Ministarstva prosvete i nauke i dat je broj projekta ili broj ugovora sa privredom iz kog proizilazi	TR 34013 TR 31003

\* uneti da/ne u prazne kockice

**Dato tehničko rešenje:**

1. Ispunjava uslove za priznavanje prijavljene kategorije M-84
2. Ispunjava uslove za priznavanje kategorije   /   različite od prijavljene.
3. Ne ispunjava uslove za priznavanje tehničkih rešenja.

**ZAKLJUČAK I MIŠLJENJE RECENZENTA DATO U POSEBNOM DOKUMENTU**

Mesto i datum \_\_\_\_\_.

**RECENZENT:**  
  
prof dr Predrag Lazic  
(Ime i prezime, potpis)

Na osnovu svega iznetog, predlažem Naučnom Veću ITNMS-a iz Beograda da prihvati tehničko-tehnološko rešenje, pod naslovom „Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima, autora: mr dr Dragan S. Radulović, prof. dr Dušica Vučinić, dr Mirjana Stojanović, Branislav Ivošević, dipl.ing.rud., mr Dejan Todorović, mr Vladimir Jovanović, mr Zoran Bartulović i preuzme dalje aktivnosti na autorizaciji ovog tehničko-tehnološkog rešenja.

U Beogradu

10.04. 2013.

Recenzent:

Prof. Dr Predrag Lazić



Институт за технологију нуклеарних
и других минералних сировина с.в.п.о.
Техничко решење: TR 34013-1 ТК
бр. 1-53 датум 09.05.2013
Франаке Д'Епареа 86 пошт.фах 390

Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина с.в.п.о.
Број 443-1/1
25.04.2013 год.
Београд Франаке Д'Епареа 86, пошт. фах 390

## Naučnom veću ITNMS-a

**Predmet:** Recenzija tehničko-tehnološkog rešenja

Odlukom Naučnog veća ITNMS od 24.12.2012. imenovana sam za jednog od recenzentata tehničko-tehnološkog rešenja: **Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima** (kategorija M-84)

Autori: dr Dragan S. Radulović<sup>1</sup>, prof. dr Dušica Vučinić<sup>2</sup>, dr Mirjana Stojanović<sup>1</sup>, Branislav Ivošević<sup>1</sup>, dipl.ing.rud., mr Dejan Todorović<sup>1</sup>, mr Vladimir Jovanović<sup>1</sup>, mr Zoran Bartulović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 11 000 Beograd

<sup>2</sup> Rudarsko-geološki fakultete, Univerzitet u Beogradu

Na osnovu toga dajem,

### **Mišljenje recenzenta:**

Tehničko-tehnološko rešenje pod naslovom „**Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**“, dato je na 24 strana teksta (format A4), sadrži sedam tabela, tri tehnološke šeme i dva dijagrama. Tehničko tehnološko rešenje sastoji se iz sledećih delova: Sadržaj, četiri poglavља, literature u kojoj su date četrdeset šest referenci i četiri priloga.

U prvom poglavljju pod nazivom „**Fosfati- strateška sirovina na globalnom nivou**“ dat je uvod u kome su prikazani osnovni podaci i značaj fosfata kao sirovinskog resursa u svetskim razmerama. Dat je pregled glavnih minerala fosfata kao i osnovne fizičko-hemijske i mineraloške karakteristike apatita, kao najbitnijeg minerala iz grupe fosfata.

U drugom poglavljju pod nazivom „**Fosfatni resurs Srbije**“ prikazani su osnovni podaci o fosforitskom ležištu „Lisina“ sa posebnim osvrtom na geološke i mineraloške karakteristike našeg ležišta fosfata „Lisina“. Prikazane su ukupne rezerve rude po kategorijama, dat je geografski položaj ležišta i saobraćajne veze sa glavnim fabrikama djubriva u Srbiji.

U tećem poglavljju pod nazivom „**Predmet ispitanja**“ detaljno je dat pregled dosadašnjih ispitivanja sa karakteristikama dosadašnje primenjene tehnološke šeme pripreme rude fosfata „Lisina“. U ovom poglavljju su istaknuti tehničko-tehnološki razlozi i iz njih proistekla problematika, zbog kojih se vrši ispitivanje. Istaknut je cilj ispitivanja koji treba da predstavlja tehnološko unapredjenje procesa, i do koga treba doći rešavanjem postavljenih zadataka. U

okviru ovog poglavlja dat je pregled teorijskih osnova i osvrt na primenjena tehnološka rešenja u industrijskim postrojenjima koja se bave preradom fosfata u pogonima širom sveta.

U četvrtom poglavlju pod nazivom „**Tehnološka ispitivanja**“ urađen je eksperiment koji se sastojao iz dva dela: laboratorijskih ispitivanja i poluindustrijskog testa. Druga serija opita izvedena je prema unapredjenoj tehnološkoj šemi sa novim tehnološkim rešenjem. Na osnovu rezultata ovih opita izvršena je verifikacija novog unapredjenog tehnološkog rešenja u laboratorijskim uslovima, i prikazane su svi pripremni postupci i radnje kojima su dobijeni parametri trebali da budu prenešeni u poluindustrijske uslove rada. U okviru poluindustrijskog testa prikazana su tehničke izmene i tehnička prilagodjavanja postojeće opreme zahtevima tehnološkog procesa prerade rude fosfata postupkom flotacijske koncentracije. Takodje je u okviru ovog poglavlja su izvršena poluindustrijska ispitivanja čime je izvršena verifikacija rada postrojenja u kontinualnim uslovima rada. rešenja. U zaključku su detaljno date sve prednosti i uštede unapredjenog tehnološkog postupka koje je dovedeno do koncepta tehničko-tehnološkog rešenja.

Na osnovu uvida u literaturu koja je iz različitih oblasti: geologije, mineralogije, rudarstva, poljoprivrede i tehnologije kao i dokumentacije dosadašnjih ispitivanja, može se zaključiti da su autori sa različitih aspekata pokušali da sagledaju probleme i da su zbog toga imali sveobuhvatan pristup u rešavanju ovoga zadatka.

Posle detaljnog pregleda tehničko-tehnološkog rešenja pod naslovom: „**Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**“, autora: dr Dragana S. Radulovića, recezant je došao do sledećeg zaključka:

- Tekst je pisan jasno i tehnički razumljivo
- Tehničko-tehnološko rešenje daje značajan doprinos Tehničkoj nauci iz oblasti dobijanja koncentrata apatita za primenu u hemijskoj industriji
- Nisu zapažene bitne greške

Značajno je istaći da tehničko rešenje ima korisnika rezultata "Victoriaphosphate" čime su ispunjeni svi zahtevi Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživanja, Sl.Glasnik RS br.38/2008.

Na osnovu svega iznetog, predlažem Naučnom Veću ITNMS-a iz Beograda da prihvati tehničko-tehnološko rešenje, pod naslovom „**Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**“, autora: dr Dragan S. Radulović, prof. dr Dušica Vučinić, dr Mirjana Stojanović, Branislav Ivošević, dipl.ing.rud., mr Dejan Todorović, mr Vladimir Jovanović, mr Zoran Bartulović i preuzme dalje aktivnosti na autorizaciji ovog tehničko-tehnološkog rešenja.

U Beogradu

10.04. 2013.

Recenzent:  
*Deušić Slaven*  
Prof. Dr Slaven Deušić

Na osnovu člana 25. tačka 2) i 3) Zakona o naučnoistraživačkoj delatnosti i Prilogu 2 Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača daje se

## MIŠLJENJE o tehničkom rešenju

**Naziv tehničkog rešenja: „Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima“**

**Autori:** dr Dragan S. Radulović, prof. dr Dušica Vučinić, dr Mirjana Stojanović, Branislav Ivošević, dipl.ing.rud., mr Dejan Todorović, mr Vladimir Jovanović, mr Zoran Bartulović

**Godina:** 2013.

**Prijavljena kategorija:** M-84

**Pregledom svih priloženih dokaza sam utvrdio sam da:**

<b>1. Rešenje poseduje stručnu komponentu celokupnog i samostalnog rezultata</b>	
<b>2. Rešenje ima originalni naučno-istraživački doprinos</b>	
<b>3. Rešenje poseduje uredan tehnički elaborat (naslovna strana sa osnovnim podacima, potom elaborat sa opisima, crtežima itd)</b>	
3.1. Naveden je korisnik rešenja (naručilac)	
3.2. Navedeno je ko je rešenje prihvatio, ko ga primenjuje	
3.3. Priložen je dokaz o komercijalizaciji rezultata (korišćenju)	
<b>4. Opisan je problem koji se rešava</b>	
<b>4.1. Dato je stanje rešenosti tog problema u svetu</b>	
<b>4.2. Dato je stanje rešenosti tog problema kod nas</b>	
<b>5. Opisane su tehničke karakteristike</b>	
<b>6. Za kritičke evaluacije podataka, baza podataka</b>	
6.1. Deo je međunarodnog projekta	
6.2. Publikovana je kao internet publikacija ili objavljena na internetu	
6.3. Publikovano u časopisu sa SCI liste	
6.3. Ostalo	
<b>7. Rešenje je rađeno u okviru projekta Ministarstva prosvete i nauke i dat je broj projekta ili broj ugovora sa privredom iz kog proizilazi</b>	TR 34013 TR 31003

\* uneti da/ne u prazne kockice

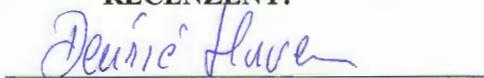
**Dato tehničko rešenje:**

- Ispunjava uslove za priznavanje prijavljene kategorije M-84**
- Ispunjava uslove za priznavanje kategorije / različite od prijavljene.**
- Ne ispunjava uslove za priznavanje tehničkih rešenja.**

**ZAKLJUČAK I MIŠLJENJE RECENZENTA DATO U POSEBNOM DOKUMENTU**

Mesto i datum \_\_\_\_\_

**RECENZENT:**



prof dr Slaven Deušić

(Ime i prezime, potpis)



ИНСТИТУТ ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКLEARНИХ И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА

И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА

2003  
TR 34013 i TR

Техничко решење:

Бр. 1-53

датум 09.05.2013

Autori:

Франше Д'Епереа 86 пошт. фах 390

ИНСТИТУТ ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКLEARНИХ И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА са.п.о.

Број 4143

25.04.2013 год.

Београд

Франше Д'Епереа 86, пошт. фах 390

1. dr Dragan S. Radulović, naučni saradnik
2. prof. dr Dušica Vučinić, redovni profesor
3. dr Mirjana Stojanović, naučni savetnik
4. Branislav Ivošević, istraživač saradnik
5. mr Dejan Todorović, istraživač saradnik
6. mr Vladimir Jovanović, istraživač saradnik
7. mr Zoran Bartulović, istraživač saradnik

### TEHNOLOŠKO REŠENJE

#### M 84 –BITNO POBOLJŠAN TEHNOLOŠKI POSTUPAK

**Unapređenje tehnološkog postupka flotiranja apatita iz fosforitne rude „Lisina“, povećanjem sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima**

2013. godina

## SADRŽAJ :

	strana
<i>I Fosfati- strateška sirovina na globalnom nivou</i>	
Uvod .....	3
1.0. Minerali fosfata .....	3
<i>II Fosfatni resurs Srbije</i>	
2.0. Ležište fosfata "Lisina" .....	3
2.1. Geološke karakteristike ležišta fosfata "Lisina".....	4
2.2. Mineraloške karakteristike ležišta fosfata "Lisina".....	4
<i>III Predmet ispitivanja</i>	
3.0. Prethodna ispitivanja i usvojena tehnološka šema procesa .....	5
3.1. Predmet i cilj ispitivanja .....	5
3.2. Teorijske osnove o sadržaju čvrste faze u postupku flotiranju .....	6
<i>IV Tehnološka ispitivanja</i>	
4.0. Eksperimentalni rad .....	7
4.1. Laboratorijski ispitivanja .....	8
4.1.2.Opti mlevenja .....	8
4.1.3 Opti flotiranja.....	9
4.1.4 Diskusija rezultata laboratorijskih opita .....	12
4.2. Poluindustrijska ispitivanja .....	12
4.2.1. Granulometrijski sastav .....	12
4.2.2. Mineraloška analiza .....	13
4.2.3. Bondov radni indeks .....	13
4.2.4. Izmene u tehnološkoj šemi .....	14
4.2.5. Zgušnjavanje pulpe .....	14
4.2.6. Kondicioniranje i Flotiranje .....	16
4.2.7. Magnetna separacija .....	18
4.2.8. Poluindustrijska proba .....	18
4.2.9 Diskusija rezultata poluindustrijske probe .....	19
5.0. Zaključak .....	20
6.0. Podrška privrednih subjekata .....	21
Literatura .....	22
Prilozi .....	25

## *I Fosfati- strateška sirovina na globalnom nivou*

### **Uvod**

Porast upotrebe fosfata kao minerala, a takođe i proizvoda dobijenih od fosfata, u privredama svih zemalja sveta, svrstava ovaj mineral u strateške sirovine u svetskim razmerama i njihov značaj raste iz dana u dan. Fosfati se u najvećoj meri koriste u industriji proizvodnje veštačkih đubriva oko 85 %, zatim oko 5% se koristi kao dodatak stočnoj hrani, ostalih 10 % potrošnje fosfora je u različitim granama hemijske industrije.

Značaj fosfora za živi svet ogleda se u tome što učestvuje u građi nukleinskih kiselina, fosfolipida, u biljkama služi da učestvuje u procesima transformacije šećera, belančevina i drugih jedinjenja. Međutim pošto je glavna upotreba fosfata vezana za proizvodnji veštačkih fosfatnih đubriva, glavni značaj ove sirovine povezan je sa poljoprivredom odnosno sa proizvodnjom hrane. Intezivna upotreba veštačkih đubriva, a među njima i fosfatnih, koje proizvodi hemijska industrija na bazi rude ili koncentrata fosfata, je osnov za postizanje prinosa koji omogućavaju prehranu stanovništva. Zadatak koji je postavljen pred poljoprivredu a samim tim i pred hemijsku i neke druge industrije je da na smanjenim obradivim površinama, proizvedu što je moguće više hrane za rastuće stanovništvo (u toku XX veka došlo je do porasta stanovništva za više od tri puta) uz primenu modernih agrotehničkih mera među koje u velikoj meri spada i upotreba veštačkih đubriva.

### **1.0. Minerali fosfata**

Među fosfatima se nalazi dosta veliki broj mineralnih vrsta, ali su to mahom retke tvorevine, značajniji su sledeći predstavnici:

- apatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH}, \dots)$
- monacit  $(\text{Ce}, \text{La}, \dots)\text{PO}_4$
- ksenotit  $\text{YPO}_4$

U grupi fosfata najznačajniji i najrasprostranjeniji petrogeni mineral je apatit, koji se javlja u formi mešavine apatitskih minerala fluorapatita  $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ , hlorapatita  $\text{Ca}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$  i hidroksiapatita  $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ . Apatit kristališe heksagonalno, kristali su obično kombinacija prizme (1010), piramide (1011) i baze (0001). Često se nalazi u vidu nepravilnih masa i u zrnastim agregatima. U sedimentnim stenama pojavljuje se u vidu konkrecija ili zemaljastih koncentracija. Takve mase apatita nazivamo fosforitom.

Cepljivost apatita je nepotpuna, tvrdina po Moss-ovo skali je 5, apatit je krt mineral, prelom mu je neravan, specifične mase od 3,15 do 3,22. Sjajnost apatita je staklasta, na prelomima masna, providan je, prozračan do mutan. Boja minerala u prirodi može biti različita od bezbojne do različite obojenosti: žutozelene, zelene, plavozelene, ljubičast, ružičast itd. Apatit pri zagrevanju fosforescira. Među ležištima fosfata, a prema uslovima stvaranja, jasno se izdvajaju ležišta apatita i fosforita. Ležišta apatita spadaju u primarna a fosforita u sekundarna ležišta fosfatne rude. Prva su magmatogenog porekla, dok su druga nastala u procesu sedimentacije. Fosforit je kriptokristalasta vrsta apatita i sadrži 39,36%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dok apatit kao čistiji mineral sadrži od 41 do 42,3%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

### *II Fosfatni resurs Srbije*

### **2.0. Ležište fosfata "Lisina"**

Regionalnim geološkim istraživanjem, na teritoriji Bosilegrada u neposrednoj blizini srpsko-bugarske granice (jugoistočna Srbija) otkriveni su, tokom 1959. godine, fosforiti u metamorfิตima Srpsko-makedonske mase. U period 1959-1966. god. izvršena su detaljna

geološka istraživanja fosforitskog ležišta u cilju utvrđivanja rudnih rezervi, a paralelno sa ovim radovima obavljena su tehnološka ispitivanja. Poslednja procena rezervi izvršena je osamdesetih godina prošlog veka na oko 82 miliona tona sa srednjim sadržajem  $P_2O_5$  od 9,26%. Prepostavlja se da su rezerve rude fosfata još veće.

Fosforitsko ležište "Lisina" u području Bosilegrada, se sastoji od visokih strmih planinskih masiva, ispresečanih sa brojnim vododerinama i potocima koji su pritoke Božičke i Ljubatske reke (dve glavne reke duboko usećene u kristalastu osnovu), čiji protok ni u doba najvećih suša ne pada ispod 1  $m^3/sec$ . Od glavnih komunikacija koje prolaze dolinom J. Morave, područje Bosilegrada odvojeno je planinskim masivom Besne Kobile, preko koga postoje put prema Vranjskoj Banji dužine 75 km, drugi je preko Vlasinskog jezera do Vladičinog Hana dužine 69 km, ovaj drugi put prolazi neposredno pored ležišta. Udaljenost Vladičinog Hana (transport železnicom) do pogona hemijske industrije gde bi se dobijala fosforna kiselina je sledeća: do Prahova 271 km; do Pančeva 350 km.

## 2.1. Geološke karakteristike ležišta fosfata "Lisina"

Fosforit u metamorfnom kompleksu Bosilegrada, javlja se u vidu horizonata u prelaznim nivoima metapeščara koji predstavljaju podinu fosforita, i serije sericitsko hloritskih škriljaca sa interkalcijama mermera i kalkista koji predstavljaju povlatu fosforita. Fosforit, kao i podinski plagiograniti i povlatni sericitsko-hloritski škriljaci padaju ka SI pod uglom od 20-30°. Fosforitski horizont se pruža u dolini Božičke reke na dužini od 5,5 km od Bosilegrada na JI do sela D. Lisina na SZ. Moćnost ovog horizonta se u predelu izdanka kreće od 16-32 m, a sadržaj  $P_2O_5$  varira od 1,5-19%. Donji delovi fosforitskog horizonta koji leže između granitoida i mermera pokazuju niže sadržaje  $P_2O_5$ , granica između granitoidnih stena i fosforita nije oštra već je označena prelaznom zonom u kojoj se javljaju granatizirani fosfati. Prelaz fosforita u povlatne sericitsko-hloritske škriljce je postepen, a kao reperni nivo koji označava prelaz služi takozvani sulfidni nivo, koji čine impregnacije sulfidnih minerala i magnetita u najvišim nivoima fosforita, moćnost ove zone kreće se od 0,5-4 m. Impregnacija se sastoji od magnetita, pirhotina, pentlandita, halkopirita, valerita, prita, markasita i limonita. Fosforitsko ležište "Lisina" predstavlja metasedimentno ležište u kome se kao osnovni tektonski element, koji kontroliše prostiranje ležišta po pružanju i padu, javlja foliacija, koja odgovara primarnoj slojevitosti. U ležištu su prisutni rasedi duž kojih je došlo do poremećaja ležišta, usled njih su nastupili poremećaji u centralnom delu ležišta. Srednja vrednost debljine horizonta iznosi 8,59 m.

## 2.2. Mineraloške karakteristike ležišta fosfata "Lisina"

Mineralni sastav metamorfisanih apatitskih peščara je sledeći: kvarc, sericit, apatit, karbonat, biotit sa hloritom, sitnozrni epidot, turmalin, neprovidni minerali-organska materija, limonit i hematit. Kvarc je procentualno najzastupljeniji mineral u steni, veličina zrna je od 15-450 mikrona. Po svom rasporedu u steni, veća zrna kvartca su raspoređena kao u peščaru i čine kostur stene, dok su manja sastavni deo cementne mase. Sericit vodi poreklo iz cementa prvobitnih peščara, nalazi se oko kvarcnih zrna i intimno je izmešan sa organskom materijom, apatitom i karbonatom, a često se uz njega javljaju sulfidi, veličina liski sericita iznosi 225 mikrona. Apatit je nastao prekristalizacijom cementne fosfatne materije prvobitnih peščara, u asocijaciji je sa sericitom, ali je mnogo češće okonturen karbonatnim prevlakama. Veličina zrna apatita varira od 15-150 mikrona. Karbonati se javljaju u krupnim bistrim kristalima, mada može biti mutan od hidroksida gvožđa i organske materije, javlja se od kalcita do siderita. Prema rasporedu u steni jasno se vidi da je karbonat bio sastavni deo cementa koji je kasnije prekristalisao. Biotit sa hloritom je nastao posle sericita i apatita, okružuje kvart i

uklapa apatit. Organska materija predstavlja sasavni deo ranijeg cementa, vremenom je prešla delom u kristalni grafit, a delom u amorfni.

### **III Predmet ispitivanja**

#### **3.0. Prethodna ispitivanja i usvojena tehnološka šema procesa**

Dosadašnja tehnološka ispitivanja na fosforitskoj rudi "Lisina" datiraju od davne 1963. godine i obavljana su u više naučnih institucija (RI, ITNMS, RGF, Institut za Bakar...). Sva ova ispitivanja su imala za cilj utvrđivanje optimalne šeme tehnološkog postupka sa jasno definisanim tehnološkim parametrima. Nakon velikog broja obavljenih opita i dve polu-industrijske probe definisana je šema tehnološkog postupka.

U ITNMS-u je u toku 2008. godine, za investitora "Victoria group", urađena studija izvodenjivosti eksploatacije fosforitske rude iz ležišta "Lisina" pod nazivom "**Studija izvodenjivosti eksploatacije fosforitne rude iz ležišta "Lisina" kod Bosilegrada i proizvodnja koncentrata fosfata (K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) tržišnog kvaliteta**". Studija je rađena radi sagledavanja mogućnosti otvaranja rudnika na pomenutoj lokaciji, i njom su definisane mogućnosti eksploatacije za godišnji kapacitet od 1.000.000 tona fosforitske rude (143t/h rude) i dobijanja 260.000 tona koncentrata apatita (K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Šema procesa koja je primenjena u Studiji sa tačno utvrđenim tehnološkim parametrima vezanim za postupak dobijanja koncentrata apatita (K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ima sledeće karakteristike :

- fosforitnu rudu iz ležišta "Lisina" koja ide u postupak flotiranja, potrebno je prethodno oslobođiti mlevenjem na finoću od 85-90% -0,074mm, zbog finog srastanja sa mineralima jalovine, posle mlevenja sirovina se dvostepeno klasira na potrebnu finoću.
- ovako usitnjena i isklasirana sirovina sa 25% čvrste faze u pulpi ide u kondicioner, gde se vrši uslovljavanje pulpe regulisanjem pH vrednosti sredine i dodatkom kolektora apatita i deprimatora jalovine
- proces flotacije se sastoji od osnovnog, grubog i kontrolnog flotiranja. U osnovnom flotiranju dobija se osnovni koncentrat koji je ujedno i definitivni koncentrat, a u grubom flotiranju se dobija grubi koncentrat koji se dvostepeno prečišćava, posle grubog flotiranja ide kontrolno flotiranje čiji se koncentrat vraća na čelo flotiranja u kondicioner
- kao kolektor u flotiranju apatita se koristi Na-oleat, za deprimiranje jalovine se koriste Na-silikat i tanin, kao regulator sredine se koristi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- dobijeni osnovni koncentrat i prečišćen grubi koncentrat se spajaju kao definitivni floatacijski koncentrat koji zatim odlazi na magnetnu separaciju
- definitivni floatacijski koncentrat se podvrgava magnetnoj separaciji na visokogradijentnom mokrom magnetnom separatoru u cilju uklanjanja viška gvožđa i dobijanja finalnog koncentrata sa sadržajem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ispod 1,5%.

Kao rezultat ovakvog načina mlevenja i klasiranja u flotaciju ulazi relativno retka pulpa (sa povratnim proizvodima samo 22,80% Č u pulpi). Izdvajanjem osnovnog koncentrata procenat čvrste faze u pulpi dodatno se smanjuje. Šeme mlevenja, klasiranja, flotacijske koncentracije i magnetne separacije sa reagentnim režimom utvrđenog tehnološkog procesa primjenjenog u Studiji iz 2008. date su u Prilogu (1, 2, i 3).

#### **3.1. Predmet i cilj ispitivanja**

Pošto bi postrojenje trebalo da radi na lokaciji gde postoji veoma veliki problem snabdevanja vodom, to je postavljen zadatak da se potrošnja vode unekoliko redukuje na svim mestima gde je to moguće. Smanjenje potrošnje vode ne sme da remeti tehnološki postupak kako u pogledu iskorišćenja tako i u pogledu kvaliteta koncentrata apatita K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Cilj naših ispitivanja je bio da se saglasno postavljenom zadatku smanjenja potrošnje vode u postupku

konzentracije aptita iz fosforitske rude “Lisina” ispita mogućnost povećanja sadržaja čvrste faze u postupku flotiranja za 10% (sa 25 na 35% Č), uz uslov da se to ne odrazi na kvalitet i iskorišćenje koncentrata. Potrebno je bilo utvrditi kako se ova promena odražava na reagentni režim koji je primenjivan u uslovima sa ređom pulpom, u pogledu mesta dodavanja i potrošnje reagenasa kao i pH vrednosti pulpe, u osnovnom flotiranju i prečišćavanjima. Za ovu svrhu obavljena su laboratorijska i poluindustrijska ispitivanja u okviru kojih je trebalo verifikovati poznata tehnološka rešenja, i ispitati mogućnost njihovog unapređenja. Kao dokaz uspešno obavljenih laboratorijskih ispitivanja trebalo je u okviru poluindustrijske probe po novoj tehnološkoj šemi proizvesti 500kg koncentrata apatita ( $K/P_2O_5$ ) iz rude, pri čemu je definisani kvalitet koncentrata sa tačno određenim sadržajem svih komponenti dat u prilogu 4.

U okviru laboratorijskih opita ispitivana je mogućnost unapređene tehnološkog postupka izmenama sledećih parametara:

- povećanje sadržaja čvrste faze u postupku kondicioniranja i flotiranja apatita sa 25% na 35%Č
- ispitivanje reagentnog režima u pogledu mesta i količine dodatih reagenasa
- optimizacija vremena kondicioniranja pulpe
- ispitivanje vremena flotiranja u svim fazama postupka (osnovnom, grubom i kontrolnom)
- iznalaženje mogućnost deprimiranja minerala nosioca gvožđa i njihovog svođenja na sadržaj ispod 1,5%  $Fe_2O_3$  u postupku flotiranja
- mogućnost dobijanja novog proizvoda iz rude (još jednog koncentrata)
- mogućnost uprošćavanja tehnološke šeme u cilju optimizacije procesa

Sve dobijene parametre unapređenja tehnološkog postupka iz laboratorijskih opita trebalo je preneti u poluindustrijske uslove rada. Izvodjenje poluindustrijskog testa u svojoj realizaciji prepostavlja nekoliko bitnih premissa:

- snimljene tehnološke parametre laboratorijskih opita iz diskontinualnih uslova ispitivanja i rada treba preneti na uređaje u poluindustrijskom procesu na način da se dobiju optimalni rezultati rada
- uređaje i opremu u poluindustrijskom pogonu treba prilagoditi sirovini (fosforitskoj rudi „Lisina“) koja se ispituje i povezati ih u tehnološku celinu kojom se ostvaruje kontinualan poluindustrijski proces
- u toku rada pogona obavezno je nastaviti ispitivanje i snimanje svih parametara procesa koji predstavljaju osnovu za sledeću fazu uvećanih poluindustrijskih i industrijskih ispitivanja

### 3.2. Teorijske osnove o sadržaju čvrste faze u postupku flotiranju

Sadržaj čvrste faze u postupku flotiranja je parametar koji, zavisno od vrste sirovine, ima različite vrednosti, a takođe se javlja širok dijapazon vrednosti za jednu istu sirovinu što zavisi od same rude, sadržaja korisnih minerala u rudi, mineralne parageneze, načina srastanja i pojavljivanja korisnih, pratećih i štetnih minerala.

Uobičajeno je da finije usitnjena sirovina zahteva ređu pulpu, dok krupnija bolje flotira u gušćoj pulpi, osim toga ukoliko je sadržaj korisnih minerala veći uobičajeno je da se flotiranje obavlja sa većim sadržajem čvrste faze u pulpi i obrnuto. Generalno, procenat čvrste faze (% Č), je veći u osnovnom i grubom nego u kontrolnom flotiranju i prečišćavanju. Tako da se procenat čvrste faze u osnovnom i grubom flotiranju najčešće kreće od oko 30% pa do oko 40% Č, dok u kontrolnom flotiranju i prečišćavanju ovaj sadržaj je niži odnosno kreće se oko 20% Č, a kada se radi o višestepenom prečišćavanju moguće je da sadržaj čvrste faze u pulpi bude ispod 15%. Takođe je karakteristično da kada imamo samostalnu flotacijsku celiju primenjenu u tehnološkoj šemi (najčešće je njen instalacija vezana za galenit) sadržaj čvrste faze u pulpi bude i preko 45% čak i 50% Č.

Što se tiče apatita postoje različita iskustva i ovaj sadržaj je takođe različit u zavisnosti od pogona do pogona, prva flotacija fosfata sa primenom oleinske kiseline kao kolektora počela je da radi još 1928. Pošto se koncentrat apatita flotacijskim putem dobija već preko 80 godina to su ova praktična iskustva vremenom postala polazna teorijska osnova za nova ispitivanja. Literaturni podaci nas upućuju na to da je apatit iz magmatskih ležišta flotabilniji od onoga koji potiče iz sedimentnih ležišta, ovo je posledica toga da su minerali apatita bolje kristalisali i da imaju manju specifičnu površinu, odnosno neporozni su za razliku od apatita koji potiču iz sedimentnih ležišta. U kondicioniranju se takođe sreću različiti sadržaji čvrste faze čak i do 75%Č (Moudgili), dok je danas uobičajeno u svetskim postrojenjima da se u kondicioniranju ide sa 50% Č, pa ako to zahteva ruda u flotiranju se ide na manji sadržaj čvrste faze, a ako ne u flotaciju ulazi pulpa ove gustine. Uobičajeno je da veći sadržaj čvrstog u pulpi bude za krupnije klase kao što je to slučaj u pogonu Noralyn-Phosphoria na Floridi. U ovom postrojenju sirovina se klasira na situ otvora 1 mm, klasa +1,00mm se priprema u postrojenju krupnih klasa, a klasa -1mm se odmuljuje na -0,1 mm a zatim se klasira na dve klase -1,00 + 0,5 mm klasa -0,5 + 0,1 mm. Klasa -1,00+ 0,5 mm se šalje na tkz "skin" flotaciju, gde se vrši aglomeracija apatitskih zrna i njihovo vezivanje za molekule vazduha u prisustvu velike količine kolektora (preko 2kg po toni, naftenskih ulja i masnih kiselina) pa se zatim vrši odvajanje plivajuće frakcije (koncentrat) od jalovine u spiralnom koncentratoru. Klasa -0,5 + 0,1 mm se tretira na drugi način odnosno flotiranje se odvija u dva stupnja, prvo ide anjonska flotacija apatita, pa zatim imamo katjonsku flotaciju zaostalih silikata. Pre kondicioniranja imamo zgušnjavanje pulpe u ciklonu ili nekom drugom klasifikatoru do gustine od oko 75%Č. Ovako odvodnjena sirovina sa 75% Č faze ide na kondicioniranje za proces anjonske flotacije, anjonska flotacija se odvija na pH 8 do 8,2 sa 30% Č, dobija se koncentrat koji sadrži oko 25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (55% BPL), posle ovoga vrši se uklanjanje kolektorske opne pranjem sa sumpornom kiselinom, zatim se vrši zgušnjavanje cikloniranjem i kondicioniranje za katjonsku flotaciju. Katjonska flotacija je reverzna flotacija kojom se uklanjuju zaostali silikati. Finalni koncentrat ima sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> od 33 do 35,50% (72 – 78% BPL), takođe postoje dva postrojenja na Floridi kod kojih se flotacija izvodi bez odvajanja postupka flotiranja na sitne i krupne klase.

Neka postrojenja kao što je Taiba u Senegalu imaju veći sadržaj fosfata u ulaznoj rudi, pa je postupak flotiranja zbog toga jednostavniji, sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u pojedinim delovima ležišta dostiže i 25% (Testut i Prioux, 1974). Da bi se dobio koncentrat kvaliteta 30-31% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potreban je jedan stepen flotiranja. Flotacija se odvija upotrebom anjonskih kolektora u dva paralelna ciklusa, ciklusa sitnih klasa -0,315 +0,040mm i krupnih klasa -0,80+ 0,315mm, pri čemu se postupak flotiranje odvija na pH 8,5. Priprema rude se sastoji od pranja, sa klasiranjem, mlevenja klase -20 + 0,8 mm, atricije i odmuljivanja klase ispod 0,040 mm. Flotacija omogućava dobijanje koncentrata sa 37,50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (82% BPL).

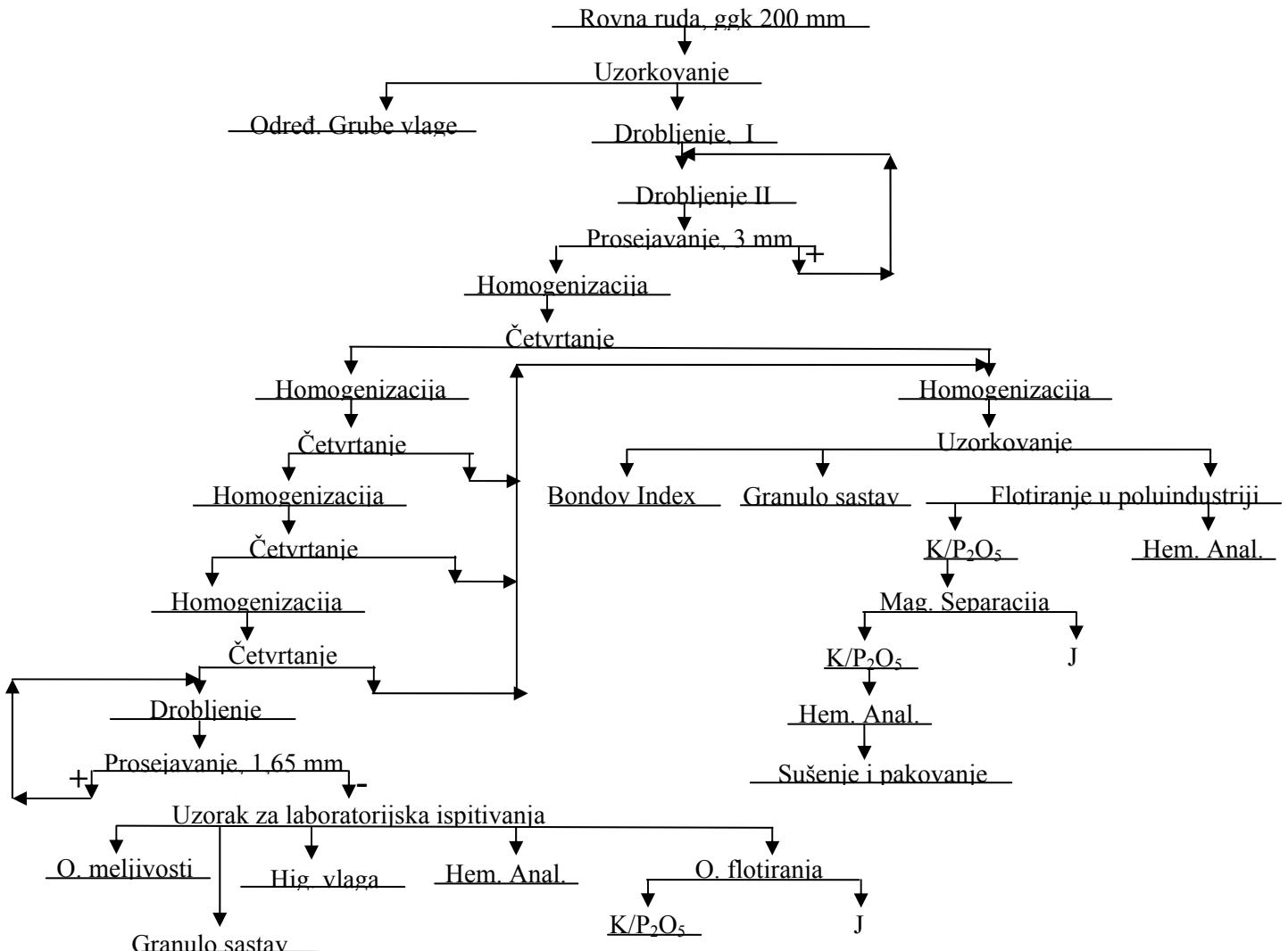
Na proces flotiranja i njegovu efikasnost umnogome utiču minerali jalovine, ukoliko je jalovina silikatna tada je postupak odvajanja apatita od minerala jalovine relativno lak zadatak, ali ako je jalovina karbonatna ovaj zadatak se umnogome usložnjava i komplikuje. Rezerve ovakvih vrsta fosfatnih ruda (sa karbonatima) danas predstavljaju od 75 do 80% ukupnih svetskih rezervi fosfata, a ovaj problem nije još uvek rešen na pravi način.

#### **IV Tehnološka ispitivanja**

##### **4.0. Eksperimentalni rad**

Za svrhu laboratorijskih i poluindustrijskih ispitivanja investitor "Victoria group", je dostavio uzorak fosfata mase m = 2.000kg, sa lokacije "Selište". Ovim ispitivanjima verifikovana su poznata, i usvojena su nova procesno efikasnija i tehnološki naprednija

rešenja. Kao najznačajnija izmena koja je trebalo da bude verifikovana kroz labaratorijsko i poluindustrijsko ispitivanje bila je povećanje sadržaja čvrste faze sa 25 na 35%, kao i dobijanje 500 kg koncentrata apatita iz polaznog uzorka rude fosfata. Polazni uzorak rude je bio komadast sa krupnoćom gpk oko 200 mm. Pisana šema pripreme uzorka rude apatita "Lisina" za laboratorijska i poluindustrijska ispitivanja prikazana je na slici 1.



Slika 1. Pisana šema pripreme apatitske rude "Lisina"-Selište za tehnološka ispitivanja

#### 4.1. Laboratorijska ispitivanja

Polazni uzorak je usitnjen i homogenizovan i iz njega je uzet srednji uzorak za karakterizaciju i laboratorijska ispitivanja. Hemijska analiza polaznog uzorka prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijska analiza uzorka rude apatita sa lokalitetom "Selište"

Elemenat ili jedinjenje	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Uzorak rude apatita, %	16,33	22,40	43,53	2,40

##### 4.1.2. Opiti mlevenja

Na uzorcima rude fosfata "Selište", urađeni su opiti mlevenja kojima je određivano vreme mlevenja za zadatu oslobođenost tj. finoću mlevenja 85-90% -0,074mm. Opiti

mlevenja su izvođeni u laboratorijskom mlinu "Denver". Polazni uzorak rude za opite mlevenja je bio ggk 2mm, masa mu je bila  $m= 1,275$  kg. Masa uzorka je određena zahtevom da sadržaj čvrste faze u kondicioniranju i flotiranju bude 35%. U mlinu prilikom mlevenja sadržaj čvrste faze je bio 70% (odnos Č:T= 1:0,43). Optima je utvrđeno da vreme mlevenja treba da bude  $t=12$  min, kada se postiže finoća mlevenja od 87% -0,074 mm. Prilikom izvođenja opita mlevenja utvrđeno je da u mlin treba dodati 0,6g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , kao regulatora sredine da bi se u kondicioniranju, postigla pH vrednost od 9,40 do 9,50.

#### 4.1.3. Opiti flotiranja

Opiti flotiranja su izvođeni u flotacijskoj mašini "Denver" u laboratorijskoj ćeliji efektivne zapremine od  $V= 2,8$  l. Opiti flotiranja su izvođeni sa 35%Č faze u pulpi. Da bi se utvrdio optimalni reagentni režim prilikom flotiranja minerala apatita iz rude "Lisina" urađena su dve serije opita. U prvoj seriji koja se sastojala od pet opita, osnovna tehnološka šema koja je primenjena prilikom ispitivanja reagentnog režima je koncipirana na osnovu utvrđene šeme tehnološkog procesa po kojoj je rađena Studija izvodljivosti iz 2008 (Prilog 3). Vreme trajanja pojedinih faza procesa flotiranja je identično kao u utvrđenoj šemi (Prilog 3). U prvoj seriji opita ispitivana je razlika u reagentnom režimu za dati uzorak, u odnosu na režim utvrđen prethodnim istraživanjima. Ovim ispitivanjima, utvrđivana je potreban količina reagenasa: kolektora za uspešno flotiranje minerala apatita i deprimatora za efikasno deprimiranje minerala jalovine, jer dobijeni uzorak (lokalitet Selište) je po svom sadržaju  $\text{P}_2\text{O}_5$  (oko 16,30%) bogatiji nego što je srednji uzorak fosfata iz ležišta "Lisina" (srednji sadržaj  $\text{P}_2\text{O}_5$  oko 9,5%), takođe je sagledavan i uticaj povećanog sadržaja čvrste faze u postupku flotiranja sa 25 na 35%.

Modifikacije osnovne šeme iz opita u opit su bile u tome da je menjana količina kolektora u kondicioniranju pre osnovnog flotiranja. Odnosno u prvom opitu u kondicioniranju osnovnog flotiranja dodato je 250 g/t oleata, a u svakom sledećem opitu po 50g/t više, tako da je u poslednjem petom opitu dodato 450 g/t oleata. Potrošnja deprimatora u kondicioniranju osnovnog flotiranja bila je 400g/t  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  i 10 g/t tanina u svakom opitu.

U kondicioniranju grubog flotiranja u svim opitimama, osim u opitu 3, dodato je 150 g/t oleata i 5g/t tanina. U toku samog procesa grubog flotiranja koji prema utvrđenoj šemi tehnološkog procesa je trajao  $t= 10$  min dodavan je oleat u svakom opitu ukoliko bi prestalo flotiranje pre isteka ovog vremena, odnosno kada bi u pulpi ponestalo kolektora. U opitu 3 u samom kondicioniranju grubog flotiranja nije dodat oleat, već je oleat dodat samo u fazi flotiranju kada je u pulpi to bilo potrebno.

U kondicioniranju kontrolnog flotiranja dodavano je takođe 150 g/t oleata i 5g/t tanina, a pošto kontrolno flotiranje treba da traje prema utvrđenoj šemi tehnološkog procesa  $t= 18$  min, to se dodatna količina oleata u svakom opitu dodavala, pre isteka ovog vremena kada bi prestalo flotiranje, odnosno kada bi u pulpi ponestalo kolektora. U svakom kondicioniranju je dodavan i penušač, a takođe je i kontrolisan pH pulpe i po potrebi je dodavan regulator sredine  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , da bi pH u toku opita bio oko 9,5.

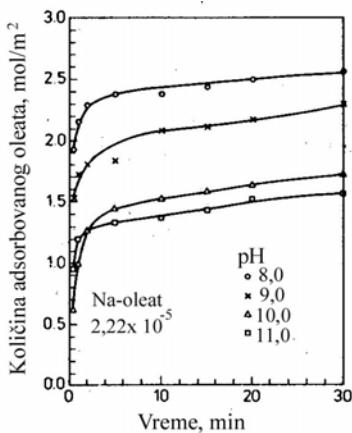
U svim relevantnim opitimama prve serije čiju su rezultati bili dobri, sadržaj gvožđa u zbirnom OK+GK apatita je bio ispod 1%, odnosno posle postupka flotiranja nije bila potrebna magnetna separacija. Dobijeni rezultati i uočene zakonitosti prve serije opita, su poslužili kao osnov za koncipiranje izmenjene tehnološke šeme, prema kojoj je urađena II serija opita. U odnosu na tehnološku šemu I serije opita izvršene su sledeće izmene:

- da bi poboljšali deprimiranje minerala nosioca gvožđa i alumo-silikatne jalovine potrošnja deprimatora  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  u kondicioniranju osnovnog flotiranja je povećana sa 400 na 600 g/t (uzorak je mase 1275 g, pa je potrošnja  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  0,76g). Deprimator "vodeno staklo" u šestom opitu je dodat odjednom u ukupnoj količini od 0,76 g u kondicioniranje osnovnog flotiranja, a u sedmom opitu u dve doze 0,64 g u

kondicioniranju osnovnog flotiranja i još 0,12 g u kondicioniranju grubog flotiranja. Potrošnja tanina ostaje ista kao u prvoj seriji opita 10g/t u kondicioniranju osnovnog flotiranja, i po 5g/t u kondicioniranju grubog i kontrolnog flotiranja

2. da potrošnja kolektora Na-oleata bude 375 g/t u ciklusu kondicioniranja osnovnog flotiranja, dok je u kondicioniranju grubog flotiranja smanjena sa 150 na 100 g/t, a u kondicioniranju kontrolnog flotiranja je ostala ista kao u prvoj seriji opita 150g/t.
3. Potrošnja penušača DOW 250 je ista kao u prvoj seriji opita 5 g/t u svakom kondicioniranju (pre osnovnog, grubog i kontrolnog flotiranja).
4. Odlučeno je da vreme flotiranja grubog koncentrata bude skraćeno sa 10 na 8 minuta u cilju dobijanja kvalitetnijeg zbirnog koncentrata iznad 32% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
5. Vreme kodicioniranja osnovnog flotiranja u drugom opitu II serije produženo je sa 10 na 20 minuta

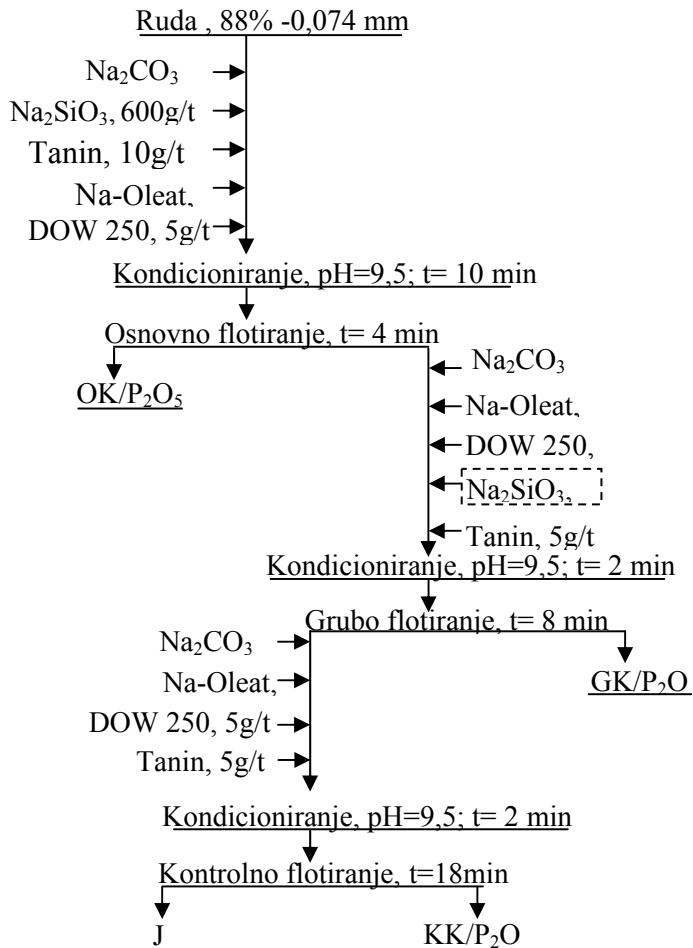
U opitima prve serije primećen je relativno visok sadržaj minerala jalovine u grubom i kontrolno koncentratu. Takodje adsorpcijom kolektora na površinama minerala jalovine smanjena je selektivnost postupka što je dovelo do gubitka apatita u jalovini. Zbog toga je odlučeno da se poveća utrošak deprimatora jalovine Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Osim toga smanjeno je vreme grubog flotiranja sa 10 na 8 minuta, jer se posle utroška kolektora dodatog u kondicioniranje grubog flotiranja (I serije opita) dodatno dodavao oleat u samom flotiranju u dva navrata što je pri kraju procesa grubog flotiranja rezultiralo time da su počeli da flotiraju osim apatita i minerali jalovine. Promena u potrošnji deprimatora jalovine Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> je izvršena na osnovu rezultata ispitivanja na čistim mineralima apatita "Lisina" (doktorat D. Radulović), gde je utvrđeno da Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, ne deprimira hidroksiapatit u prisustvu Na-oleata u širokom opsegu koncentracija Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> od 20 do 130 mg dm<sup>-3</sup>, u prisustvu 10<sup>-4</sup>mol dm<sup>-3</sup> Na-oleata (iskorišćenje apatita I > 97%). Pri ekstremno visokim koncentracijama Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> od preko 160 mg/l, dolazi do pada flotabilnosti apatita ispod 90%, dok pri koncentraciji od preko 200 mg/l, flotabilnost opada ispod 80%. Pri koncentracijama većim od 120 mg/l Na-silikat je u višku u pulpi i počinje da polimerizuje i da samim tim blokira površine minerala apatita, pa samim tim i spečava adsorpciju kolektora na njegovim površinama. Ovoliko velika koncentracija Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> u realnim uslovima nikada neće biti postignuta, ali je u ovim opitima primenjena u svrhu ispitivanja. Vreme kondicioniranja je produženo sa 10 na 20 minuta i na taj način je ispitivan uticaj ovog parametar na uslove flotiranja apatita iz rude ležišta "Lisina". Ovaj parametar je ispitivan na osnovu studije o adsorpciji kolektora na apatita koju je obavio Rao K.H. sa sardnicima i čiji su podaci prikazani su na slici 2.



Slika 2. Količina adsorbovanog oleata u funkciji vremena i pH vrednosti (Rao K.H., 1989)

Posle usvajanja svih ovih izmena koje su imale za cilj dobijanje koncentrat P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potrebnog kvaliteta sa zadovoljavajućim iskorišćenjem, primenjena je sledeća tehnološka

šema kondicioniranja i flotiranja prikazana na slici 3, na kojoj je nazاناčeno mesto i količina dodatih reagenasa.



Slika 3. Osnovna tehnološka šema kondicioniranja i flotiranja primenjena u drugoj seriji opita

Na slici 3. prikazana je osnovna tehnološka šema primenjena u drugoj seriji opita, čijom primenom je trebalo da se utvrde svi potrebni parametri za efikasno flotiranje fosfatne rude "Lisina". Posle završetka opita svi proizvodi su sušeni, izmereni i uzorci su dati na hemijsku analizu. Dobijeni rezultati hemijske analize su sredeni i zajedno sa masama su prikazani u tabeli 2 u obliku skupnog bilansa.

Tabela 2. Bilans rezultata druge serije opita flotiranja

	M,g	M,%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	M%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	I P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %,
Opit 1	OK	392,27	29,09	35,500	1032,8
	GK	244,75	18,15	27,450	498,21
	OK+GK	637,02	47,24	32,407	1531
	KK	141,73	10,51	11,300	118,73
	Jalovina	569,73	42,25	0,525	22,196
	Ulaz	1348,48	100,00	16,719	1671,9
Opit 2	OK	417,51	30,75	33,200	1021
	GK	238,83	17,59	28,020	492,96
	OK+GK	656,34	48,34	31,315	1514
	KK	138,22	10,18	10,440	106,22
	Jalovina	563,20	41,48	0,683	28,322
	Ulaz	1357,76	100,00	16,485	1648,5

#### 4.1.4. Diskusija rezultata laboratorijskih opita

Na osnovu rezultata datih u tabeli 2., gde su dati bilansi za opite flotiranja druge serije uočava se sledeće:

- sa primjenjom tehnološkom šemom postupka flotiranja (slika 3) dobijeni su bolji rezultati, nego što je to bio slučaj u prvoj seriji opita. Kvalitet osnovnog koncentrata OK u opitu 1 je 35,50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a u opitu 2 33,20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dok je kvalitet zbirnog koncentrata OK+GK u opitu 1 32,407% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a u opitu 2 je 31,315 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
- iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u OK je takođe dobro, odnosno u oba opita iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u OK je skoro 62%, dok je iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u zbirnom koncentratu OK+GK preko 91% u oba opita, odnosno 91,57% u opitu 1 i 91,84% u opitu 2
- sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u jalovini je takođe veoma nizak, 0,525% u opitu 1 i 0,683 u opitu 2, tako da je na osnovu toga i gubitak P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u jalovini veoma nizak 1,33 i 1,72%.
- kada se uporede ova dva opita vidi se da je postignut bolji kvalitet osnovnog koncentrata u opitu 1 35,50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kada imamo kraće vreme kondicioniranja za fazu osnovnog flotiranja (10 min. u opitu 1; 20 min. u opitu 2) u odnosu na opit 2 kada je kvalitet koncentrata 33,20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Iz ovoga možemo izvući zaključak da produženo vreme kondicioniranja može dovesti do desorpcije oleata sa površine apatita i pošto je osnovni koncentrat opita 2 maseno veći od OK opita 1 za oko 1,7%, da sa produženim vremenom kondicioniranja dolazi do aktiviranja površina minerala jalovine i njihovog flotiranja u koncentrat, otuda je iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kod ova dva koncentrata skoro isto 61,77% i 61,94% a kvalitet različit. Osim ove razlike u pogledu vremena kondicioniranja kod ova dva opita je ukupna količina deprimatora jalovine Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dodavana različito. U opitu 1 dodata je u kondicioniranje osnovnog flotiranja odjednom ukupna količina Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 600g/t, a u opitu 2 ova količina je dodata u dve doze tj. u kondicioniranje osnovnog flotiranja 500g/t i u kondicioniranje grubog flotiranja još 100 g/t. Kada se uporede rezultati za grubi koncentrat opita 1 i 2 vidi se da je kvalitet GK opita 2 bolji, razlog za postizanje boljeg kvalitet grubog koncentrata može biti to što je dodat deprimatora (100g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) u kondicioniranju grubog flotiranja opita 2.
- zbog povećane količine deprimatora (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dodatno je smanjen sadržaj Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> u zbirnim koncentratima (OK+GK) opita II serije u odnosu na opite I serije, tako da je sadržaj Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> u zbirnom koncentratu opita 1 0,8% i 0,817% u opitu 2 II serije.

#### 4.2. Poluindustrijska ispitivanja

U okviru poluindustrijskih ispitivanja trebalo je snimljene parametre i dobijene rezultate obavljenih laboratorijskih ispitivanja u diskontinualnim uslovima rada preneti i realizovati u kontinualnim poluindustrijskim uslovima rada. Za tu svrhu izvršene su izmene i prilagođavanje uređaja i opreme poluindustrijskog postrojenja u skladu sa snimljenim tehnološkim parametrima laboratorijskih ispitivanja i zahtevima postupka koncentracije fosforitne rude "Lisina" u pogledu definisanog stepena oslobođenosti (85-90% -0,074 mm) koji je trebalo postići postupkom mlevenja i klasiranja. Radi definisanja radnih parametara poluindustrijskog postrojenja izvršena je fizičko-hemijska i mineraloška karakterizaciju polaznog uzorka rude, određivanjem granulometrijskog sastava, mineraloške analize i Bondovog radnnog indeksa.

##### 4.2.1. Granulometrijski sastav

Granulometrijski sastav uzorka rude fosfata usitnjen za poluindustrijska ispitivanja je određivan standardnim metodama prosejavnja na Tyler-ovoj seriji sita, podaci su prikazani u obliku tabele 3.

Tabela 3. Granulo sastav uzorka rude fosfata "Lisina" za poluindustrijska ispitivanja

Klasa krupnoće [mm ]	M, %	$\downarrow \sum M, %$	$\uparrow \sum M, %$
+3,36	0,87	0,87	100,00
-3,36 +2,83	5,72	6,59	99,13
-2,83 +2,00	7,31	13,90	93,41
- 2,00+ 1,6	7,04	20,94	86,10
- 1,6+ 1,19	14,89	35,83	70,96
- 1,19+ 0,83	8,75	44,58	64,17
- 0,83 + 0,701	7,24	51,82	55,42
- 0,701 + 0,5	8,85	60,67	48,18
- 0,5+ 0,4	1,92	62,59	39,33
- 0,4+ 0,3	5,24	67,83	37,41
- 0,3+ 0,2	2,59	70,42	32,17
- 0,2+ 0,153	2,74	73,16	29,58
- 0,153+ 0,1	3,32	76,48	26,84
-0,100+0,074	1,02	77,50	23,52
-0,074+0,053	2,65	80,15	22,50
-0,053+0,037	0,65	80,80	19,85
-0,037+0,00	19,20	100,00	19,20
Ulaz	100,00		

Iz granulometrijske analize uzorka fosfata „Lisina“ vidi se da je ggk usitnjene rude na ulazu u poluindustrijski mlin 3mm.

#### 4.2.2. Mineraloška analiza

Mineraloškom analizom određen je mineralni sastav rude fosfata "Lisina", i optimalna oslobođenost mineralne sirovine koja omogućava efikasnu koncentraciju minerala apatita postupkom flotiranja. Mineraloškom analizom je potvrđen prisustvo poznatih minerala u ležištu "Lisina", s tim da je njihov sadržaj različit u odnosu na uzorak koji je obrađivan u Studiji izvodljivosti iz 2008.

#### 4.2.3. Bondov radni indeks

Da bi se sagledale mogućnosti i kapacitet mlevenja poluindustrijskog postrojenja urađen su ispitivanja meljivosti u Bondovom mlinu u cilju utvrđivanja Bondovog radnog indeksa i potrošnje energije.

##### Izračunavanje Bondovog radnog indeks

- P=128 μm
- P<sub>k</sub>=154 μm
- G=2,14 g/obrt
- F=1800 μm

$$Wi = 1,1 \frac{44,56}{P_k^{0,23} G^{0,82} \left( \frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)} = 12,70 \text{ (kWh/t)}$$

#### 4.2.4. Izmene u tehnološkoj šemi

Izmena tehnološke šeme, izvršena je u smislu prilagođavanja postojeće opreme zahtevima tehnološkog procesa i snimljenim parametrima laboratorijskih ispitivanja. Osnovna razlika između utvrđene šeme tehnološkog procesa i šeme u poluindustrijskom postrojenju koja je napravljena prema raspoloživoj opremi je u sledećem:

1. U poluindustrijiskom postrojenju mlin radi u zatvorenom ciklusu sa mehaničkim hidrauličkim klasifikatorom, odnosno klasiranje je jednostepeno, dok je klasiranje u utvrđenoj tehnološkoj šemi mlevenja-klasiranja predviđeno da bude dvostepeno (prilog 1). Da bi se sa jednostepenim klasiranjem postigla finoća preliva od 85-90% -0,074mm potrebno je da preliv bude male gustine sa veoma mali sadržajem čvrste faze (prema obavljenim snimanjima sa 17-18%Č).
2. Pošto preliv klasifikatora ima sadržaj čvrste faze oko 18%Č, a u postupak kondicioniranja i flotiranja treba da dolazi pulpa koja ima sadržaj čvrste faze od 35%Č, potrebno je pulpu zgusnuti. Za ovu svrhu potrebno je izmeniti tehnološku šemu odnosno uvrstiti uređaj koji može efikasno da izvrši ovaj zadatak.
3. Kako pulpa za flotiranje ima tačno definisane parametre u pogledu gustine i protoka potrebno je da se ona pripremi na način da se kolektiranje odvija bez naglih promena i „udara“, da bi se dobili najbolji (tehnološki najefikasniji) rezultati flotiranja. Zbog amortizacije svih „udara“ do kojih dolazi usled rada svih drugih mašina i uređaja u tehnološkom lancu pre flotiranja, potrebno je umesto jednog „velikog“ i jednog „malog“ postaviti dva „velika“ kondicionera i jedan mali pre flotiranja. U prvom „velikom“ kondicioneru bi dolazila zgusnuta pulpa i u njemu bi se regulisala potrebna gustina i približno pH vrednost na oko 9,4. U drugom „velikom“ kondicioneru se podešava tačan sadržaj čvrste faze od 35%, dodaju se deprimatori jalovine i reguliše se da pH pulpe na ulazu u flotiranje bude tačno 9,5. Iz drugog kondicionera se reguliše protok pulpe na ulazu u flotiranje jer njegov protok predstavlja i protok „malog“ poslednjeg kondicionera (izlazni protok pulpe iz „malog“ kondicionera na ulazu u flotiranje je regulisan protokom izlazne pulpe iz drugog „velikog“ kondicionera u mali kondicioner). Kao zadnji u tehnološkom lancu pripreme pulpe za kondicioniranje ide „mali“ kondicioner u kome se dodaju kolektor i penušač odnosno vrši kondicioniranje pulpe sa kolektorom u optimalnom vremenu trajanja koje je utvrđeno na  $t=10\text{min}$ . Pošto je radna zapremina „malog“ kondicionera  $V=20 \text{ dm}^3$ , protok pulpe kroz njega na ulazu u postupak poluindustrijskog flotiranja se utvrđuje na  $V_p=21/\text{min}$ , što je preduslov za efikasno kolektiranje apatita u postupku flotiranja.
4. U postupku flotiranja ćelije treba da budu povezane tako da potreban broj ćelija i njihova ukupna zapremina omogućava da se definitivni proizvod dobije u postupku osnovnog i grubog flotiranja, dok se kontrolni koncentrat izdvaja kao poseban proizvod, koji se po potrebi i kvalitetu može zasebno tretirati.
5. Uzimanjem uzoraka u toku smene (na svakih pola sata) i njegovom kasnijom hemijskom analizom kontroliše se kvalitet dobijenih proizvoda. Ova analiza u pogledu sadržaja  $\text{P}_2\text{O}_5$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  treba da pokaže da li je moguće i u poluindustrijskim uslovima rada dobiti definitivni proizvod bez magnetne separacije.

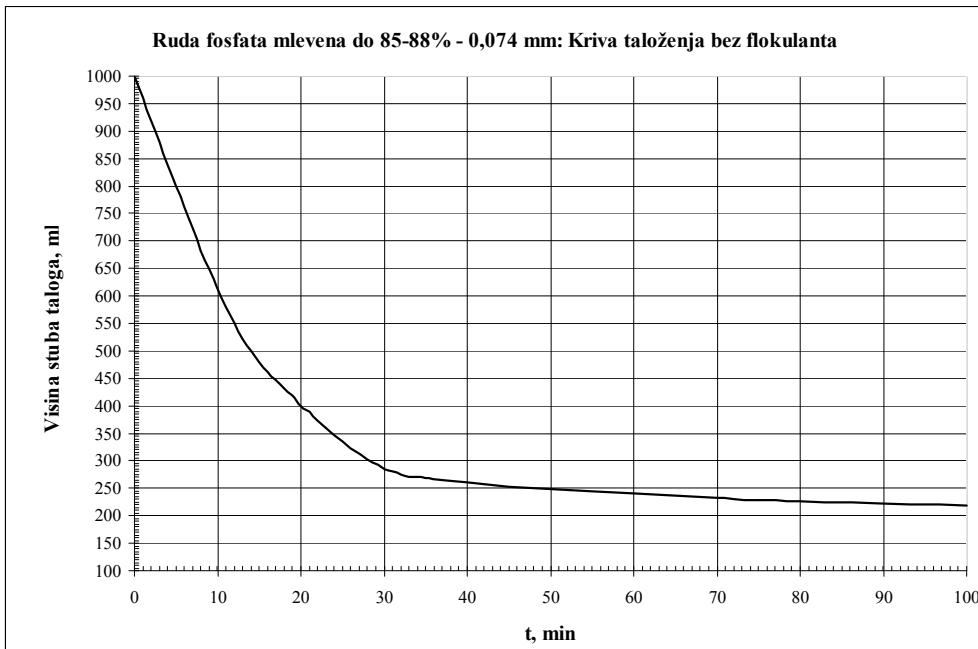
#### 4.2.5. Zgušnjavanje pulpe

Da bi se posle klasiranja, a pre kondicioniranja dobila pulpa čiji bi sadržaj čvrste faze bio 35% potrebno je razređenu pulpu zgusnuti u zgušnjivaču. Naime potrebno je odabratи zgušnjivača koji bi svojim kapacitetom i zapreminom mogao da funkcioniše prema zahtevanom režimu rada da na njegovom ulazu dolazi pulpa sa oko 18%Č a da se na izlazu dobije pulpa sa najmanje 35%Č. Za njegov proračun urađeni su opiti taloženja za uzorak

fosafata koji je usitnjen na finoću 85-90% -0,074 mm i sa sadržajem čvrste faze od 17,7%. Opit taloženja i kriva su prikazani u tabeli 4 i na slici 4.

Tabela 4. Opit taloženja rude fosfata

Z1,min	Uzorak 200g	Voda, ml	%Č u pulpi	bistra faza, ml	istaložena faza, ml
0,0	68,26ml	931,74	17,7	0	1000
0,5		911,74	18,0	20	980
1,0		891,74	18,3	40	960
1,5		871,74	18,7	60	940
2,0		851,74	19,0	80	920
2,5		831,74	19,4	100	900
3,0		811,74	19,8	120	880
4,0		771,74	20,6	160	840
5,0		731,74	21,5	200	800
6,0		693,74	22,4	238	762
7,0		654,74	23,4	277	723
8,0		614,74	24,5	317	683
9,0		580,74	25,6	351	649
10,0		542,74	26,9	389	611
11,0		511,74	28,1	420	580
12,0		481,74	29,3	450	550
13,0		452,74	30,6	479	521
14,0		431,74	31,7	500	500
15,0		411,74	32,7	520	480
16,0		393,74	33,7	538	462
17,0		378,74	34,6	553	447
18,0		363,74	35,5	568	432
19,0		350,74	36,3	581	419
20,0		331,74	37,6	600	400
21,0		320,74	38,4	611	389
22,0		304,74	39,6	627	373
23,0		291,74	40,7	640	360
24,0		279,74	41,7	652	348
25,0		266,74	42,9	665	335
26,0		254,74	44,0	677	323
27,0		244,74	45,0	687	313
28,0		233,74	46,1	698	302
29,3		224,74	47,1	707	293
30,0		216,74	48,0	715	285
31,0		211,74	48,6	720	280
32,0		206,74	49,2	725	275
33,0		202,74	49,7	729	271
34,0		201,74	49,8	730	270
35,0		200,74	49,9	731	269
40,0		191,74	51,1	740	260
45,0		184,74	52,0	747	253
50,0		179,74	52,7	752	248
55,0		175,74	53,2	756	244
60,0		171,74	53,8	760	240
65,0		167,74	54,4	764	236
70,0		163,74	55,0	768	232
75,0		160,74	55,4	771	229
100		149,74	57,2	782	218



Slika 4. Dijagram taloženja uzorka fosfata bez flokulanata sa početnih 17,7%Č u pulpi

Iz rezultata opita taloženja prikazanih u tabeli 4 i na slici 4 vidi se da posle  $t=18$  minuta, dolazi do izbistravanja pulpe i da je bistri stub vode zapremine  $V=568$  ml, dok je u talogu koji ima zapreminu od  $V=432$  ml sadržaj čvrste faze 35,5%. Pošto je proces kontinualan ispitivali smo i vreme koje potrebno da se dobije 40%Č (zbog sigurnosti u prvom „velikom“ kondicioneru se uvodi pulpa sa 40%Č pa se dodaje voda da se podesi gustina pulpe na tačno 35%Č) i to predstavlja vreme od  $t=22$  minuta. To znači da zgušnjivač treba da ima zapreminu od  $V= 91,67 \text{ dm}^3$  za kapacitet postrojenja od 50 kg/h. Zgušnjivač koji smo imali na raspolaganju ima radnu zapreminu od  $V=210 \text{ dm}^3$ , odnosno može da radi sa ovom sirovinom i ovim uslovima za kapacitet postrojenja od  $Q=115 \text{ kg/h}$ , tako da ovaj zgušnjivač zadovoljava u ovim uslovima rada sa fosfatanom rudom „Lisina“.

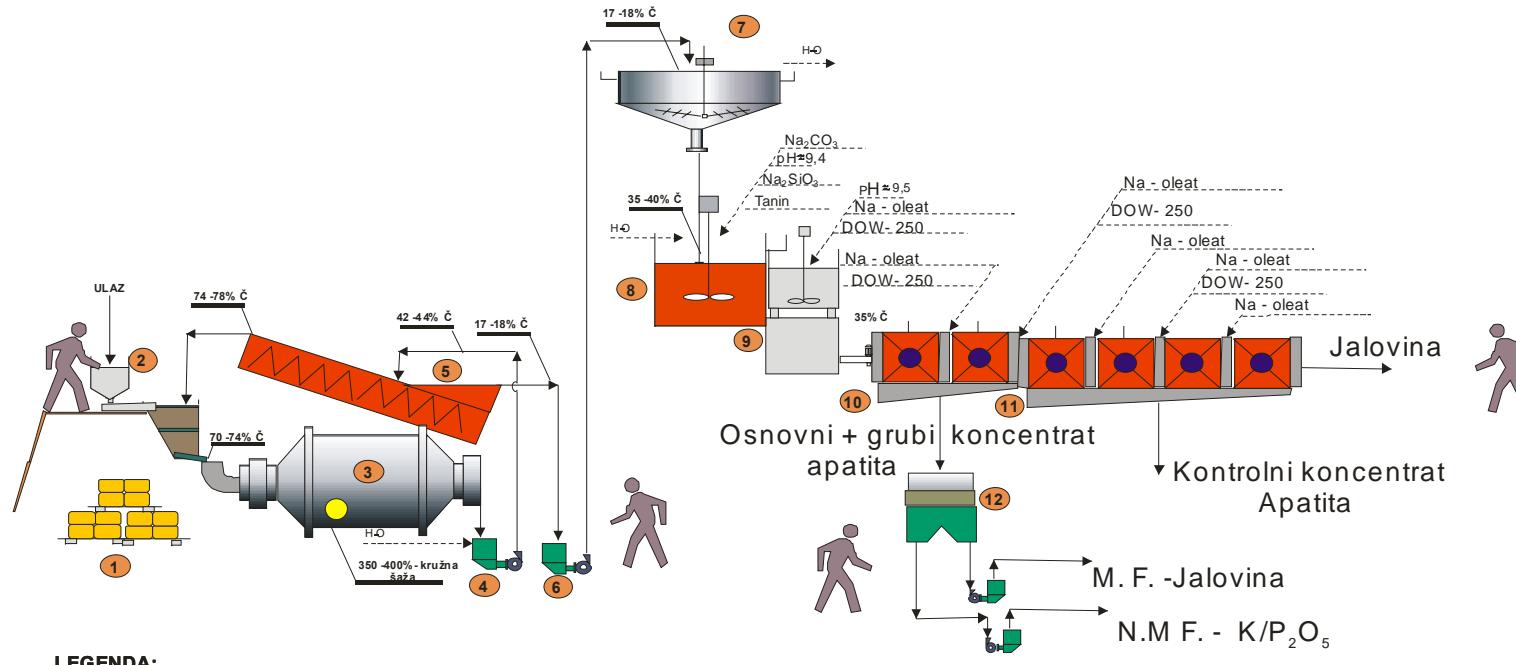
#### 4.2.6. Kondicioniranje i Flotiranje

Prema svim ispitivanjima kondicioniranje se odvija u tri kondicionera, od toga su dva „velika“ radne zapremine od  $V=110 \text{ dm}^3$ , a poslednji u nizu je „mali“ kondicioner radne zapremine  $V=20 \text{ dm}^3$ . U prva dva „velika“ kondicionera vrši se umirivanje pulpe posle transporta (pumpama), podešavljajući sadržaj čvrste faze, podešavajući pH vrednosti i dodavanje deprimatora, u „malom“ kondicioneru dodaje se kolektor i kontroliše se pH vrednost. Protok pulpe se reguliše pomoću drugog „velikog“ kondicionera iz koga ističe pulpa sa protokom od tačno 21/min.

Flotiranje se prema tehnološkim parametrima, kapacitetu postrojenja i protoku pulpe odvija na način da se kao definitivni proizvod izdvaja zbirni koncentrat (osnovni + grubi), dok se kontrolni koncentrat izdvaja kao poseban proizvod. Kontrolni koncentrat nije vraćan na čelo flotiranja, i nije dalje tretiran, jer prema svim parametrima iz laboratorijskih ispitivanja njegov kvalitet nije odgovarajući da se sa njim zatvori ciklus. Samo flotiranje osnovnog i grubog koncentrata se odvija u dve flotacijske celije, a kontrolnog u sledeće četiri, radna zapremina flotacijskih celija je  $V=11 \text{ dm}^3$ .

Tehnološka šema po kojoj se odvija postupak koncentracije u polindustrijskim uslovima data je na slici 5.

**TEHNIČKO REŠENJE ZA POLUINDUSTRIJSKO ISPITIVANJE PRERADE FOSFORITNE RUDE  
"LISINA" I PROIZVODNJU KONCENTRATA FOSFATA ( $K/P_2O_5$ ) - ITNMS**



**LEGENDA:**

1. Izdrobljeni uzorak u džakovima do 40kg - 100% -3mm
2. Vibro hranilica
3. Cilindrični mlin sa kuglama
4. Muljna pumpa
5. Mehanički klasifikator
6. Muljna pumpa
7. Zgušnjivač ( $V=210dm^3$ )
8. Kondicioner - "Veliki" ( $V=110dm^3$ )
9. Kondicioner - "Mali" ( $V=20dm^3$ )
10. Ćelije za osnovno i grubo flotiranje ( $V = 2x11dm^3$ )
11. Ćelije za kontrolno flotiranje ( $V = 4x11dm^3$ )

Slika 5. Tehnološka šema za postupak koncentracije fosforitne rude „Lisina“ sa lokaliteta „Selište“ u poluindustrijskim uslovima

#### **4.2.7. Magnetna separeacija**

Na tehnološkoj šemi (slika 6) prikazana je opcionalno mogućnost primene magnetne separeacije, ukoliko bi rezultati hemijskih analiza pokazali da definitivni koncentrati po smenama nisu zadovoljavajućeg kvaliteta u pogledu sadržaja  $Fe_2O_3$ . Ukoliko se rezultati iz laboratorije ne mogu reproducirati u poluindustrijskoj proizvodnji, odnosno ukoliko sadržaj  $Fe_2O_3$  u definitivnom proizvodu bude suviše visok (iznad 1,5%) tada bi se flotacijski koncentrat podvrgao postupku magnete separeacije.

#### **4.2.8. Poluindustrijska proba**

Poluindustrijska proba se odvijala u dve smene od po 8h, u toku četiri dana. Uhodavanje postrojenja za poluindustrijsku probu je obavljeno na uzorku siromašne rude fosfata „Lisina“ sa lokacije „Manastiriće“ (sadržaj  $P_2O_5$  oko 3%), u toku dva radna dana u ukupnom trajanju od 20h. Prilikom uhodavanja ispitivani i određeni su sledeći tehnološki parametri: kapacitet mlinova, podešena je finoća preliva klasifikatora na 85-88% -0,074mm, sadržaja čvrste faze na ulazu u mlin, na ulazu u klasifikator, u prelivu i pesku klasifikatora. Provereni su i tehnološki parametri rada zgušnjivača (slika 5, poz. 7), kao i protoka kroz kondicionere i flotacijske celije. Okvirno je na ovoj rudi određena količina regulatora sredine koja mora biti dodavana u sve faze postupka kondicioniranja i flotiranja da bi pH vrednost bila u zadatim granicama od 9,4-9,5.

Uzimani su uzorci u toku svake smene (na svakih pola sata), koji su kasnije sušeni a zatim na kraju smene dati na hemijsku analizu u cilju kontrole kvalitet definitivnog proizvoda. Analiza je rađena na sadržaja  $P_2O_5$  i  $Fe_2O_3$ . Prilikom rada u više navrata je uziman i uzorak otoka definitivnog koncentrata, kontrolnog koncentrata i jalovine. Svi ovi uzorci su osušeni homogenizovani i dati na hemijsku analizu u cilju utvrđivanja sadržaja  $P_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  i  $Al_2O_3$ . Rezultati hemijske analize proizvoda koji ostaju posle izdvajanja definitivnog koncentrata prikazani su tabeli 5.

Tabela 5. Hemijska analiza ostalih proizvoda posle izdvajanja definitivnog koncentrata

Proizvodi	Element ili jedinjenje, %			
	$P_2O_5$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	$Al_2O_3$
Otok OK+GK	3,72	3,64	64,50	12,47
KK/ $P_2O_5$	11,89	2,80	43,06	13,61
J/ $P_2O_5$	0,54	2,67	75,50	13,04

Kako su hemijske analize koncentrata iz svih smena pokazale da su oni potrebnog kvaliteta kako u pogledu sadržaja  $P_2O_5$  tako i u pogledu sadržaja  $Fe_2O_3$ , koncentrati su osušeni. Osušeni smenski koncentrati su zatim spojeni i homogenizovan u skupni koncentrat fosfata poluindustrijskog ispitivanja, a zatim je iz skupnog koncentrata uzet uzorak za hemijsku analizu na sve elemente koje je investitor tražio. Rezultati hemijske analize skupnog koncentrata prikazani su u tabeli 6.

Tabela 6. Hemijska analiza definitivnog koncentrata

Komp.	$P_2O_5$	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SiO_2$	$K_2O$	$Na_2O$	$Cl^-$	Cd	Zn	Pb	U	G.Z.
Sadr., %	34,02	0,69	1,62	50,89	0,40	9,89	0,587	0,035	<0,05	0,0005	0,0009	0,001	7,5 ppm,	1,72

Na osnovu rezultata hemijske analize datih u tabeli 8 vidi se da definitivni koncentrat dobijen u poluindustrijskim uslovima ima potreban kvalitet po sadržaju svih elemenata. Na osnovu svih hemijskih analiza i mase uzorka prerađenog u poluindustrijskom postrojenju od  $m=1885\text{kg}$  napravljen je bilans. Bilans ukupne proizvodnje koncentrata fosfata u poluindustrijskim uslovima u svim smenama prikazan je u tabeli 7.

Tabela 7. Bilans proizvodnje koncentrata fosfata u poluindustrijskim uslovima

Proizvodi	M,%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	SiO <sub>2</sub> ,%	I P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,%	I Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,%	I Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	I SiO <sub>2</sub> ,%
<b>OK+GK</b>	33,69	34,02	0,69	1,62	9,89	75,90	11,39	5,83	7,57
<b>KK</b>	28,91	11,89	2,80	13,61	43,06	22,76	39,67	42,05	28,28
<b>J</b>	37,40	0,54	2,67	13,04	75,50	1,34	48,94	52,12	64,15
<b>ULAZ</b>	100,00	15,10	2,04	9,36	44,02	100,00	100,00	100,00	100,00

#### 4.2.9 Diskusija rezultata poluindustrijske probe

Iz bilanasa u tabeli 7. se vidi da je dobijeni koncentrat dobrog kvaliteta sa visokim sadržajem P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i niskim sadržajem štetnih komponenti naročito Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ispod 0,7%. Ako se uporede ovi rezultati sa laboratorijskim ispitivanjima u referentnim opitim (tabela 2) vidi se da su rezultati poluindustrijske probe slabiji nego laboratorijski naročito u pogledu iskorišćenja P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i masenog učešća definitivnog koncentrata u ulazu. Iz bilansa (tabela 7) poluindustrijske probe se vidi da je iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u definitivnom koncentratu svega oko 76%, dok je u laboratorijskom ispitivanju ovo iskorišćenje bilo iznad 91,5%, dok je maseno učešće definitivnog koncentrata u ulazu bilo u polindustriji 33,69%, a u laboratoriji skoro 14% više (između 47 i 48%). Pošto je iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u jalovini kako u poluindustriji tako i u laboratoriji skoro identično oko 1,3%, to se velika razlika između ove dve vrste ispitivanja javlja kod kolektivnog koncentrata. U poluindustrijskoj probi iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u kontrolnom koncentratu je čak 22,76%, dok je u laboratorijskim ispitivanjima bilo između 6 i 7%. Razlog ovome sa jedne strane može biti suviše dobar kvalitet definitivnog koncentrata, mnogo bolji nego u laboratorijskim uslovima. Sigurno je da bi sa lošijim kvalitetom definitivnog koncentrata poraslo i iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u njemu. Drugi razlog za ovako visoko iskorišćenje je objektivne prirode jer su dozeri reagenasa za poluindustrijsku probu bili neadekvatni naročito za dodavanje "vodenog stakla" Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> u postupak flotiranja. Vodeno staklo se u kondicioniranje dodavalo posudom odjednom u "veliki" kondicioner pa je zato ostvareno dobro deprimiranje minerala jalovine samo u osnovnom i grubom flotiranju, međutim u samom postupku flotiranja "vodeno staklo" je dodavano kapalicom iz boce za infuziju preko creva malog promera. Vodeno staklo se pravilo i dodavalo za ovu svrhu kao 10% rastvor što za doziranje na ovaj način nije dobro jer se stvara emulzija koja onda vrlo slabo ili uopšte ne teče kroz crevo, zbog toga se ne dodaje dovoljna količina deprimatora alumosilikata u flotiranje. Sve ovo je rezultovalo time da u kontrolnom koncentratu poluindustrijske probe flotiraju osim minerala aptita i minerali jalovine u povećanom obimu. Ako pogledamo sadržaj Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> u kontrolnom koncentratu i jalovini poluindustrijske probe uočava se da je njihov sadržaj veći u kontrolnom koncentratu nego u jalovini. Ako uporedimo ove sadržaje sa referentnim podacima (tabela 2) u laboratorijskom kontrolnom koncentratu sadržaj Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> uvek je bio manji nego u jalovini. Sve ovo znači da je u samom flotiranju dodavano manje Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> nego što je to bilo u laboratorijskim opitim, odnosno manje nego što je trebalo, a to je dovelo do aktiviranja minerala jalovine i njihovog flotiranja i prelaska u kontrolni koncentrat. Sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u kontrolnom koncentratu otprilike je na nivou onih rezultata iz laboratorijskih opita.

## 5.0. Zaključak

Na osnovu ispitivanja koja su izvedena, u okviru ovog tehnološkog rešenja, sa ciljem da se sagleda uticaj promene sadržaja čvrste faze u pulpi sa 25 na 35% može se konstatovati sledeće:

1. I u laboratorijskim i u polindustrijskim ispitivanjima je pokazano da se može vršiti efikasno kondicioniranje i flotiranje sa povećanim sadržajem čvrste faze u pulpi sa 25 na 35%. Rezultati laboratorijskih opita pokazuju da se pri sadržaju čvrste faze od 35% mogu postići veoma kvalitetni koncentratati (zbirni koncentrat osnovni i grubi su sa komercijalnim sadržajem preko 31% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) sa visokim iskorišćenjem P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> od preko 91%. U kontinualnim (poluindustrijskim) uslovima rada iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u zbirnom koncentratu (OK+GK) je bilo niže oko 76%, dok je gubitak P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u jalovinama kod laboratorijskih opita (tabela 2) i polindustrijske probe (tabela 7) praktično isti oko 1,3%. Razlika između iskorišćenja P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kod kontrolnih koncentrata laboratorijskih opita (I= 7,10% i 6,44%, tabela 2) i poluindustrijske probe (I= 22,76%) je oko 15%. Ovaj relativno lošiji rezultat u poluindustrijskim uslovima je posledica neadekvatnog načina doziranja deprimatora Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> u same flotacijske celije pre i za vreme kontrolnog flotiranja, i može se ispraviti boljim doziranjem (u novom poluindustrijskom ispitivanju), ili prečišćavanjem kontrolnog koncentrata kada bi oko 70% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> iz kontrolnog koncentrata prešlo u definitivni koncentrat. Na ovaj način bi se u definitivnom koncentratu poluindustrijskog postrojenja dobilo iskorišćenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> od preko 90%.
2. da se za istu količinu prerađene rude, kod gušće pulpe troši daleko manja količina vode. Razlika u potrošnji vode u postupku flotiranja sa 25%Č i sa 35%Č je 1,143l/kg, što je za velike kapacitete prerade ogromna ušteda. U Studiji izvodljivosti iz 2008., za ceo proces prerade rude (1.000.000 t/god) sa 25%Č, u svim fazama procesa bilo je potrebno 3,42 m<sup>3</sup> vode po toni rude. Za isti kapacitet prerade sa sadržajem od 35% čvrste faze u pulpi potrebno je 2,654 m<sup>3</sup> vode za 1t rude, što na godišnjem nivou predstavlja uštedu od 766.0000 m<sup>3</sup> vode.
3. Osim uštede vode, u uslovima kondicioniranja i flotiranja u gušćoj pulpi potrošnja reagenasa je takođe manja pa je efekat uštede po ovom osnovu takođe značajan. Ušteda u potrošnja reagenasa u toku laboratorijskih i industrijskih ispitivanja (35%Č) u odnosu na potrošnju sa kojom se kalkulisalo u Studiji izvodljivosti 2008. (25%Č), je sledeća:

- za natrijumkarbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	375g/t rude	(45,45%)
- za tannin iznosi	40 g/t rude	(300%)
- za natrijumoleat	77 g/t rude	(12,36%)
- za penušače	15 g/t rude	(100%)

Povećana je potrošnja deprimatora „vodenog stakla”:

- natrijumsilikat (Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )	-100 g/t rude	(-20%)
---	---------------	--------

Jedino imamo povećanu potrošnju  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  za 20% kojom se dobija bolji kvalitet koncentrata sa manjim sadržajem minerala jalovine. Pri ovom poređenju ne sme se smetnuti sa uma da su u pitanju različiti uzorci rude fosfata za koje se vrši obračun reagenasa. Studija je rađena za rudu koja ima srednji sadržaj  $\text{P}_2\text{O}_5$  od 9,72%, dok su ova ispitivanja rađena na uzorku iz dela ležišta "Lisina" gde je srednji sadržaj  $\text{P}_2\text{O}_5$  preko 16%. Ako se ova činjenica uzme u obzir to znači da bi za rudu siromašniju u pogledu sadržaja  $\text{P}_2\text{O}_5$  potrošnja kolektora bila znatno manja, ali isto tako ovakva ruda koja ima veći sadržaj jalovine zahtevala bi povećanu potrošnju deprimatora ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  i tanina). Pored svih ovih razlika u sastavu rude "Lisina" koje su evidentne, sigurno je da sa porastom gustine pulpe opada potrošnja reagenasa.

4. poluindustrijska proba sa povećanim sadržajem čvrste faze je izvedena uspešno i to je i praktično pokazano dobijanjem preko 600kg koncentrata fosfata (ugovorom traženo 500kg), boljeg kvaliteta (tabela 6), nego što je to investitor zahtevao (prilog 4)
5. efikasno su prenešeni i prilagođeni kontinualnom poluindustrijskom procesu snimljeni tehnološki parametri iz laboratorijskih ispitivanja, tako da ova ispitivanja predstavljaju dobru osnovu za buduća ispitivanja
6. u postupku flotiranja i u laboratorijski i u poluindustrijskim uslovima sa 35%Č, dobijen je definitivni koncentrat kao skupni proizvod osnovnog i grubog koncentrata bez prečišćavanja
7. i u laboratorijskim i u poluindustrijskim uslovima rada efikasno je rešeno deprimiranje minerala nosioca gvožđa, tako da je njihov sadržaj u koncentratu sведен ispod 0,7%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  u postupku flotiranja
8. effikasnim deprimiranjem gvožđa izbegнутa magnetna separacija kao posebna faza postupka pripreme, što umnogome pojedstavljuje proces prerade fosforitske rude "Lisina"
9. effikasnim rešenjima primenjene tehnološke šeme u poluindustrijskoj probi (slika 5) bez prečišćavanja u postupku flotiranja i bez magnetne separacije flotacijskog koncentrata, veoma je uprošćena šema procesa i smanjeni su troškovi dobijanja koncentrata
10. zbog toga što se vrši kondicioniranje i flotiranje u gustoj pulpi, odnosno zbog manipulacije sa manjom količinom pulpe, automatski postoji ušteda prilikom izbora mašina i uređaja u kojma se pulpa tretira.
11. pored svih tehničko-tehnoloških prednosti koje sa sobom nosi manipulacija sa gušćom pulpom nesumnjivo postoji i jedan nedostatak, sa gušćom pulpom zbog većeg sadržaja čvrste faze pulpa je abrazivnija i zbog toga imamo povećano habanje kako pokretnih tako i statičnih delova mašina i uređaja

Na kraju treba istaći da je potrebno nastaviti ispitivanje uticaja sadržaja čvrste faze u pulpi na postupak flotiranja, u cilju unapređenja tehnološkog procesa sa stanovišta dobijanja koncentrata fosfata zadovoljavajućeg kvaliteta sa optimalnim iskorišćenjem. Da bi ova i sva druga neophodna ispitivanja imala pravi značaj neophodno bi bilo da se obave na reprezentativnom uzorku rude fosfata "Lisina". Sva dosadašnja istraživanja koja su obavljana u velikom broju navrata tokom poslednjih skoro pedeset godina uključujući i ova poslednja pate od velike manjkavosti da su rađena na uzorcima koji nisu reprezentativni na način kako to nalaže svetski standardi. Zato se može reći da su svi dosadašnji rezultati parcijalni i važe samo za pojedine uzorke ili pojedine delove ležišta i to im je najveća mana. Investitor naših ispitivanja "Victoriagroup" je odlučio da angažuje firmu koja će rudarskim radovima izvaditi uzorak koji će biti reprezentativan i imaće sve karakteristike ležišta u celini. Sva ispitivanja

koja se obave i podaci koji se dobiju na ovom uzorku predstavljaće pravo i potpuno tehnološko rešenje za celo ležište fosforitske rude “Lisina”.

## 6.0. Pordška privrednih subjekata

„Victoria phosphate“ kao deo „Victoria group“ podržava realizaciju ovog programa koji je proistekao iz angažovanja na dva projekta TR 31003 i TR34013 koje finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije u periodu 2011-2014.

Razlog: Primenom ovog tehnološkog rešenja, zbog povećanja sadržaja čvrste faze u pulpi (sa 25 na 35%), ostvaraju se veoma velike uštede. Pre svih za istu količinu prerađene rude, potrošnja vode se dalekosežno smanjuje. Značaj ovakvog načina proizvodnje je naročito bitan za područje Bosilegrada gde postoji hroničan nedostatak vode kako tehničke tako i za piće. Tačnije pri gušćoj pulpi potrošnja vode je  $0,77 \text{ m}^3/\text{t}$  manja nego pri ređoj pulpi što na kapacitet prerade od 1,5 mil. tona znači ogromnu uštedu.

Ovo tehnološko rešenje predstavlja sublimaciju svih ranijih laboratorijskih ispitivanja, a dobijeni parametri unapređenja tehnološkog postupka iz laboratorijskih opita prenešeni su efikasno u poluindustrijske (kontinualne) uslove, koji sami po sebi predstavljaju jedan viši tehnološki nivo ispitivanja i rada. Primenom ovog tehnološkog rešenja, u postupku flotiranja apatita pokazano je da se može u kontinualnim uslovima rada dobiti skupni koncentrat OK + GK, sa visokim iskorišćenjem  $\text{P}_2\text{O}_5$ , koji po kvalitetu predstavlja definitivni koncentrat. Pošto grubi koncentrat zajedno sa osnovnim ima zadovoljavajući kvalitet u pogledu sadržaja  $\text{P}_2\text{O}_5$  to dalje znači da nije potrebno dvostruko prečišćavanje grubog koncentrata kao što je to bilo predviđeno prethodnom utvrđenom tehnološkom šemom procesa (Prilog 2 i 3). Osim toga postupkom flotiranja dobijen je definitivni proizvod koncentrat fosafata u kontinualnim uslovima rada, koga nije bilo potrebno podvrgavati postupku magnetne separacije u cilju uklanjanja viška minerala gvožđa. Na osnovu ovoga se definiše nova šema tehnološkog procesa bez prečišćavanja grubog koncentrata i magnetne separacije čijom primenom bi se pojednostavio proces prerade rude i povećala bi mu se efikasnost.

Nova tehnološka šema flotiranja fosfata „Lisina“ sa 35% čvrste faze, donosi uštede u potrošnji vode i potrošnji reagenasa. Manja zapremina pulpe dodatno omogućava izbor mašina (kondicionera i flotacijskih čelija) i transportnih uređaja pulpe manje zapremina što takođe predstavlja veliku uštedu. Dodatne uštede su posledica pojednostavljenja tehnološke šeme koja bi smanjila investicionih troškova. Pre svih smanjio bi se broj i zapremina čelija u prečišćavanju, kao i broj i vrsta uređaja za transport i manipulaciju sa pulpom, a zatim bi izbegavanjem magnetne separacije bila moguća drastična ušteda za sve uređaje i opremu koja je vezana za ovu operaciju.

Sa svim ovim uštedama kapitalni troškovi (ulaganja u izgradnju postrojenja) se u startu bitno smanjuju, kao i sami troškovi eksploatacije i prerade fosforitne sirovine iz ležišta “Lisina”-Bosilegrad.

### Literatura:

- [1] Dragan .S. Radulović: “Uticaj jona apatita i kalcita na njihove površinske osobine“, doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2011.
- [2] Ilić M.: “Specijalna mineralogija, I deo”, Beograd, 1978.
- [3] Tućan F.: “Specijalna mineralogija”, Zagreb, 1957.

- [4] Hana H.S. and Somasundaran P.: "Flotation of Salt-Type Minerals", in M.C. Fuerstenau (ED.), Flotation, A.M. Gaudin Memorial Vol.1, AIME, New York, NY, (1976), pp. 197-271
- [5] Weis H. L.: "SME Mineral procesing Handbook", Volume 1, 1985.
- [6] Weis H. L.: "SME Mineral procesing Handbook", Volume 2, 1985.
- [7] Pavlica J., Draškić D.: "Priprema nemetaličnih mineralnih sirovina", Rudarsko-Geološki fakultet, Beograd, 1997.
- [8] Vakanjac B.: "Geologija ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina", Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1992.
- [9] Ćalić N.: "Teorijski osnovi pripreme mineralnih sirovina", Beograd, 1990.
- [10] Draškić D.: "Industrijska primena pripreme mineralnih sirovina", II Knjiga, Beograd, 1986.
- [11] Lešić Đ., Marković S.: "Priprema mineralnih sirovina", Beograd, 1968.
- [12] Gaudin A. M.: "Flotation", McGraw Hill Book Co, 1957.
- [13] Manojlović-Gifing M.: "Faze flotacijske pulpe", Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1989.
- [14] Manojlović-Gifing M.: "Teorijske osnove flotiranja", Rudarski Institut, Beograd, 1969.
- [15] Kruyt H. R., Editor, "Colloid Science", Vol. 1. Elsevier, Amsterdam, 1952.
- [16] Salatić D.: "Flotacijski reagensi", Prvi deo, Beograd, 1985
- [17] Gazarek M.: "Kolektori u flotaciji nemetala", IX Jugoslovenski Simpozijum o PMS-u, Ljubljana, 1983.
- [17] Milošević S.: "Flotacijska koncentracija", Beograd, 1994.
- [18] Popov S.: "Sastav i struktura adsorpcionih slojeva na mineralima", Publikacija, Teorijski aspekti flotiranja, Beograd, 1997.
- [19] Schulz P., Dobias B.: "Effect of lattice ions in the selective flotation of salt-type minerals", XVth International Mineral Processing Congress, Cannes, 1985.
- [20] Joy A. S., and Robinson A. J.: "Flotation", "Recent progress in surface science", J. F. Danielli, K. G. A. Pankhurst, and A. C. Riddiford, eds., Academic Press, Vol. 2, 1964.
- [21] Eigeles M. A.: "Selective flotation of non-sulfide minerals", "Progress in mineral dressing", Transactions 4<sup>th</sup> International Mineral Dressing Congr., Stockholm, 1957.
- [22] Sollenberger C. L. and Greenwalt R. B.: "Relative effectiveness of sodium silicates of different SiO<sub>2</sub>:Na<sub>2</sub>O ratios on gangue depressants in nonmetallic flotation", Min. Engng., Vol. 10, No. 6, June 1958.
- [23] Hanna H. S.: "Adsorption of tanin on spar minerals", Paper presented at 3rd Arab. Chem. Conference, Cairo, 1972.
- [24] Milosavljević R.: "Metode ispitivanja mineralnih sirovina u pripremi mineralnih sirovina", Beograd, 1985.
- [25] Rao K.H., Antti B.M. and Forssberg E., *Int. J. of Miner. Process.* 28 (1990) 59-79
- [26] Somasundaran P. and Wang Y.H. in „Adsorption and Surface Chemistry of Hydroxyapatite“ Plenum Press, D.N. Mishra Ed., New York (1984) p. 129-149
- [27] Moudgil B.M., Vasudevan T.V. and Blaakmeer J., "Adsorption of oleate on apatite", *Mine. Metall. Process.*(1987) p.50-54

- [28] Moudgil M. and Barnett D.H., "Agglomeration-skin flotation of coarse phosphate rock", Mining Eng. 31 (3): (1979) p. 283-289.
- [29] (<http://pubs.usgs.gov/fs/fs155-99/fs155-99.pdf>)
- [30] (<http://minerals.usgs.gov/minerals/>)
- [31] Houot R.: "Benefication of Phosphatic Ores Through Flotation: Review of Industrial Applications and Potential Developments" Int. J. Miner. Process., 9 (1982) pp. 353-384.
- [32] [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/)
- [33] [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/mis-2007cy-phosp.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mis-2007cy-phosp.pdf)
- [34] "Fertilizers-Sustaining Global Food Supplies" U.S. Geological Survey Publications, Fact Sheet 155-99, 1999.
- [35] "Marketable Phosphate Rock" U.S. Geological Survey Publications, Mineral Industry Surveys, crop year 2007.
- [36] „Izveštaj o poluindustrijskom opitu prerade rude fosfata „Lisina“ RI Zavod za PMS, Arhiva ITNMS-a, Beograd 1963.
- [37] „Elaborat o tehnološkoj preradi rude fosfata –Bosilegrad“, ITNMS, Arhiva ITNMS, Beograd 1964
- [38] „Program investicione izgradnje objekata pogona za opleminjivanje rude apatita „Lisina“. ITNMS, Arhiva ITNMS, Beograd 1966.
- [39] „Laboratorijsko ispitivanje sirovih fosfata iz Donje Lisine“ ITNMS, Arhiva ITNMS, Beograd 1970
- [40] Projekat: „Dobijanje visokokvalitetnih koncentrata iz sirovina Ležišta fosfata u Lisini“, ITNMS, Arhiva ITNMS, Beograd 1974
- [41] „Sumarni elaborat programa za izgradnju rudnika fosfata „Lisina“ Bosilegrad“, Arhiva ITNMS, Bor 1980.
- [42] „Program potrebnih radova za verifikaciju kvaliteta fosfatnih sirovina u izdvojenom delu ležišta Lisina kod Bosilegrada“, ITNMS, Arhiva ITNMS, Beograd 1993
- [43] „Tehno-ekonomska studija izgradnje postrojenja za proizvodnju prirodнog mineralnог đubriva na bazi fosfat iz ležišta "Lisina"-I Sveska, ITNMS, Arhiva ITNMS, Beograd 1999
- [44] S. Milošević, D. Radulović, B. Ivošević, V. Antanasković, D. Vidanović, V. Đošić Studija Izvodenjivosti: "Eksploracija Fosforitne Rude iz Ležišta "Lisina" kod Bosilegrada i Proizvodnja Koncentrata Fosfata (K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) Tržišnog Kvaliteta", Knjiga 2: "Primarna Prerada Fosforitne Rude "Lisina" – Proizvodnja Koncentrata Fosfata (K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) Tržišnog Kvaliteta", Tehnolološko-mašinski deo, ITNMS, Beograd, 2008.
- [45] D. Radulović, B. Ivošević, V. Antanasković, D. Vidanović, V. Đošić Inovirana Studija Izvodenjivosti: "Eksploracija Fosforitne Rude iz Ležišta "Lisina" kod Bosilegrada i Proizvodnja Koncentrata Fosfata (K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) Tržišnog Kvaliteta", Knjiga 2: "Primarna Prerada Fosforitne Rude "Lisina" – Proizvodnja Koncentrata Fosfata (K/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) Tržišnog Kvaliteta za kapacitet od 1.500.000 t", Tehnolološko-mašinski deo, ITNMS, Beograd, 2009.
- [46] "Izveštaj o laboratorijskim i poluindustrijskim ispitivanjima uzoraka fosforitske rude "Lisina" – Bosilegrad, lokalitet Selište", Arhiva ITNMS, Beograd, 2009.



INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

Институт за технологију нуклеарних  
и других минералних сировина са по.

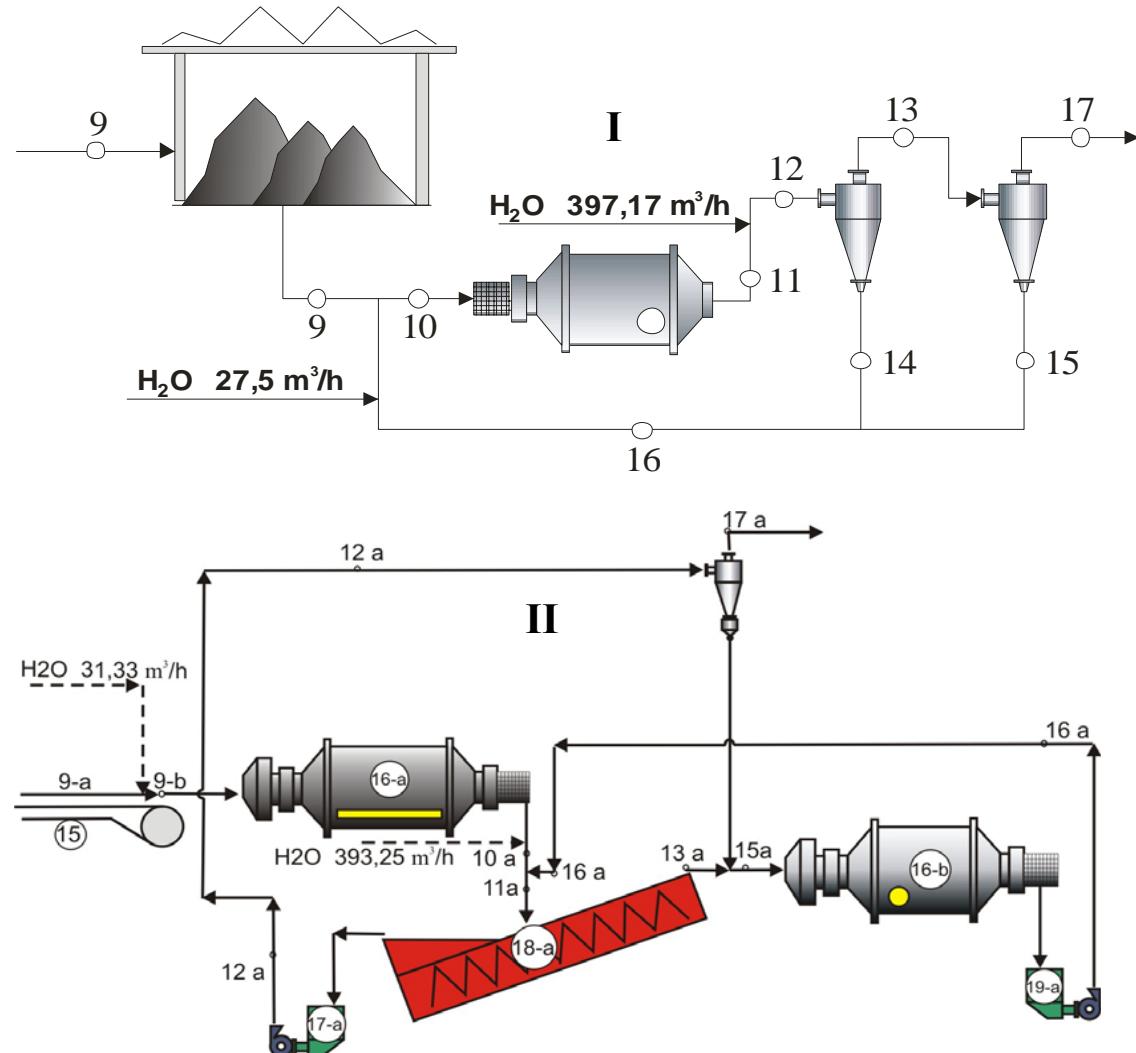
Број 4143-1

25.04.2013. год.

Београд  
вознице Д'Епере-а 86, пошт. док. 39г

**PRILOZI:**

1. UTVRĐENA ŠEMA MLEVENJA-KLASIRANJA (VARIJANTA I I II)
2. UTVRĐENA ŠEMA FLOTIRANJA SA MAGNETNOM SEPARACIJOM
3. UTVRĐENA ŠEMA DODAVANJA REAGENASA U POSTUPKU FLOTIRANJA
4. POTREBAN KVALITET KONCENTRATA



ŠEMA MLEVENJA I KLASIRANJE Varijanta I i Varijanta II

(Studija izvodljivosti 2008.)

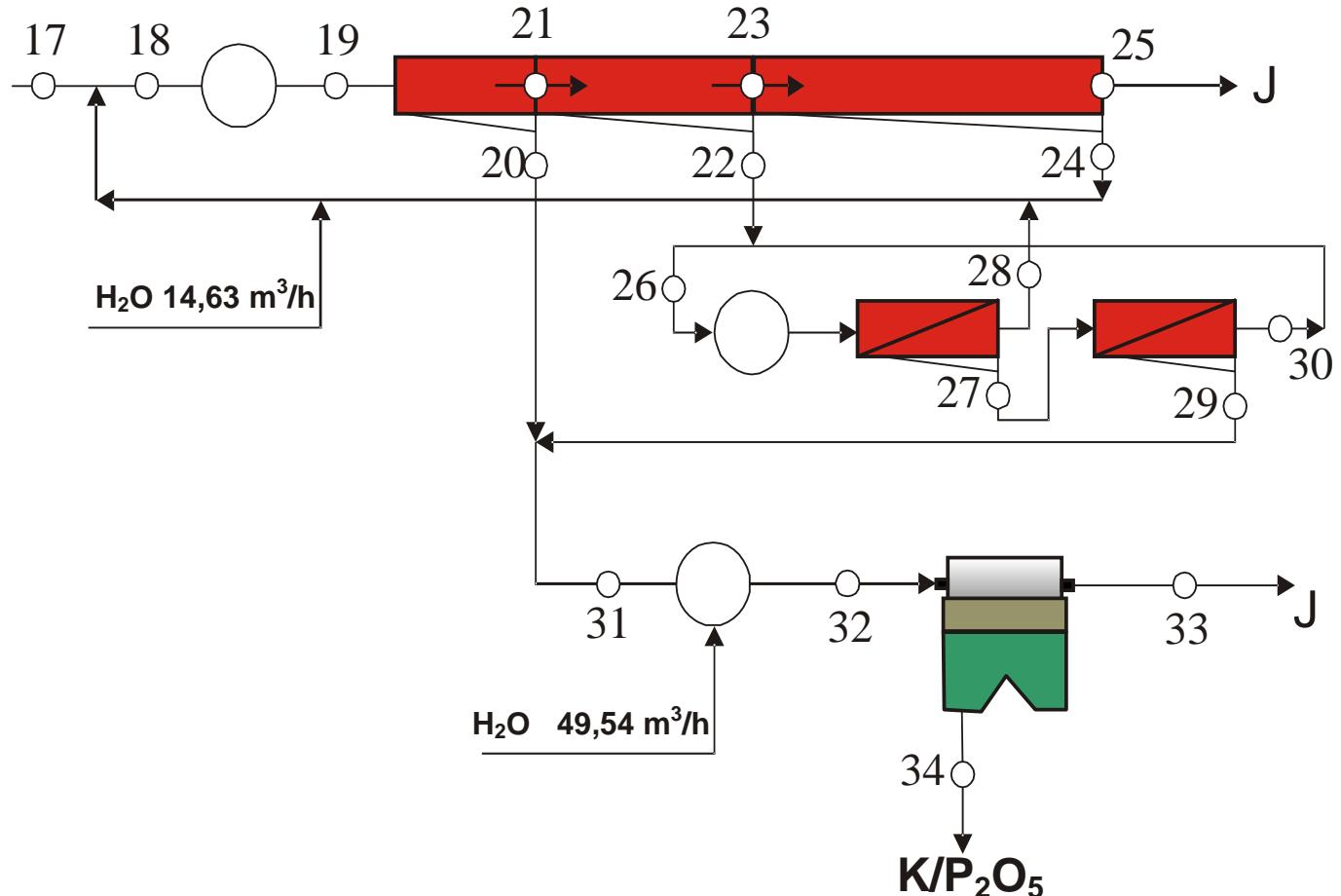
PRILOG 1.

### C - FLOTACIJA FOSFATA (APATITA) I MAGNETNA SEPARACIJA FLOTACIJSKOG KONCENTRATA

- Tehnološka šema flotacije i magnetne separacije

**LEGENDA:**

17	Preliv sekundarnog ciklona iz procesa mlevenja rude
18	Ulas u kondicioner
19	Ulas u osnovno flotiranje
20	Osnovni koncentrat
21	Otok grubog flotiranja
22	Grubi koncentrat
23	Otok grubog flotiranja
24	Kontrolni koncentrat
25	Otok kontrolnog flotiranja – defininitivna jalovina (1)
26	Ulas u kondicioner za fazu prečišćavanja grubog koncentrata
27	Koncentrat I prečišćavanja
28	Otok I prečišćavanja
29	Koncentracija II prečišćavanja
30	Otok II prečišćavanja
31	Definitivan flotacijski koncentrat ( $K/P_2O_5$ )
32	Ulas u magnetnu separaciju
33	Magnetična frakcija-jalovina (2)
34	Nemagnetična frakcija definitivan koncentrat fosfata ( $K/P_2O_5$ )



UTVRĐENA TEHNOLOŠKA ŠEMA FLOTIRANJA FOSFORITSKE RUDE "LISINA" PRIMENJENA U STUDIJI IZVODLJIVOSTI  
2008. PRILOG 2.

### FLOTACIJA FOSFATA (APATITA) I MAGNETNA SEPARACIJA FLOTACIJSKOG KONCENTRATA

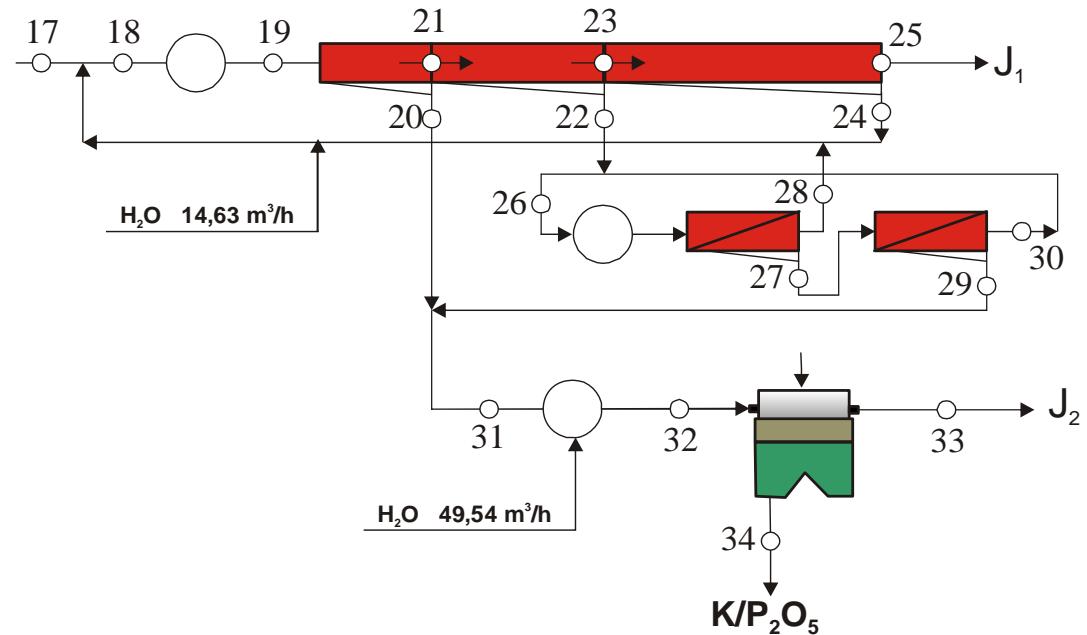
- Šema dodavanja (doziranja) reagenasa i osnovni procesni parametri u flotaciji i magnetnoj separaciji

#### A - Doziranje reagenasa za flotaciju

Reagensi	Mesto dodavanja (doziranja) (gr/t)							
	Mlevenje teh.poz.16	Kondicioniranje teh.poz.21	Osnovna flotacija teh.poz.22	Grubo flotiranje teh.poz.23	Kontrolna flotacija teh.poz. 24	I prečišćavanje teh.poz.27	Zgušnjavanje teh.poz. 34	$\Sigma$
- Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.100	-	-	-	-	100	-	1.200
- Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	300	200	-	-	-	-	-	500
- Tanin	30	30	-	-	-	-	-	60
- Natrijumoleat	-	-	400	100	200	-	-	700
- Penušač	-	-	-	-	-	-	-	30
- Aluminijumsulfat	-	-	-	-	-	-	100	100

#### B- Osnovni procesni parametri

B - 1 Flotacija (poz.18-31)	Parametri	
	pH	Vreme(min)
- Kondicioniranje (poz.18)	9,5	10,00
- Osnovno flotiranje (poz.19)	9,5	4,00
- Grubo flotiranje (poz.21)	9,4	10,00
- Kontrolna flotacija (poz.23)	9,4	18,00
- I prečišćavanje (poz.26)	9,5	6,00
- II prečišćavanje (poz.27)	9,5	8,00
<b>B – 2 Magnetna separacija (poz. 32-34)</b>		
- Tip magnetnog separatora:"Sala Magnetics" (VGMS)		
- Jačina magnetnog polja.....	0,26T	
- Vreme punjenja matrice .....	20 sec	
- Matrica .....	57	
- Otvor dizne .....	8,7 mm	



UTVRĐENA TEHNOLOŠKA ŠEMA FLOTIRANJA FOSFORITSKE RUDE "LISINA" PRIMENJENA U STUDIJI IZVODLJIVOSTI  
2008.

PRILOG 3.

## KVALITET KONCENTRATA FOSFATA ZAHTEVAN OD STRANE INVESTITORA

Element ili jedinjenje	Sadaržaj, %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	~ 32
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	~ 70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	~ 1,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	~ 0,97
CaO	~ 44
MgO	~ 0,1
SiO <sub>2</sub>	max 7
K <sub>2</sub> O	~ 0,56
Na <sub>2</sub> O	~ 0,15
Cl <sup>-</sup>	konstatovati
Cd	konstatovati
Zn	konstatovati
Pb	konstatovati
Hg	konstatovati
CO <sub>2</sub>	1,56
C <sub>org</sub>	konstatovati
U	konstatovati

Број 41/43  
09.05.2013 год.  
Београд  
Улазница Д'Епере-а 86, пошт. фах 390

Техничко решење TR 34013, TR 31003  
Бр. 1-53 датум 09.05.2013.  
Франше Д'Епере-а 86 пошт. фах 390

На основу Правилника о верификацији и валидацији техничко-технолошких решења и процедуре ИП 19 Израда и поступак верификације и валидације техничко-технолошких решења, Научно веће Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина, на седници одржаној 09.05.2013. год., донело је

## ОДЛУКУ

Да се резултат истраживачког рада „Унапређење технолошког поступка флотирања апатита из фосфоритне руде „Лисина”, повећањем садржаја чврсте фазе са 25 на 35%, у лабораторијским и полуиндустријским условима“, који је проистекао као резултат рада на Пројектима МПН

TR34013 и TR31003

Назив пројекта:

**ОСВАЈАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПОСТУПАКА ДОБИЈАЊА ЕКОЛОШКИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ НЕМЕТАЛИЧНИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА и РАЗВОЈ ПРОИЗВОДА НА БАЗИ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА И ОТПАДНЕ БИОМАСЕ У ЦИЉУ ЗАШТИТЕ РЕСУРСА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БЕЗБЕДНЕ ХРАНЕ**

аутора:

1. др Драгана С. Радуловића, научног сарадника, ИТНМС, Београд,
2. проф. др Душице Вучинић, редов. професор. Рударско-геолошки факултет Београд
3. др Мирјане Стојановић, научног саветника, ИТНМС, Београд,
4. Бранислава Ивошевића, стручног сарадника, ИТНМС, Београд,
5. мр Дејана Тодоровића, истраживача сарадника, ИТНМС, Београд.
6. мр Владимира Јовановића, истраживача сарадника, ИТНМС, Београд.
7. мр Зорана Бартуловића, истраживача сарадника, ИТНМС, Београд.

верификује као техничко решење према индикаторима научне компетентности

М 84 – битно побољшан технолошки поступак, у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. гласник РС бр. 38/2008), а након усвајања рецензија рецензената проф. др Предрага Лазића, Рударско-геолошки факултет Београд, и проф др Славен Деушић, Рударско-геолошки факултет Београд.

Коначну одлуку о верификацији доноси надлежни Матични научни одбор МПН Р Србије.

Доставити:

- руководиоцу Пројекта,
- ауторима,
- архиви НВ.

