

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET

35/123

(Broj zahteva)

12.07.2010.

(datum)

Obrazac 2
UNIVERZITET U BEOGRADU
VEĆE NAUČNIH OBLASTI TEHNIČKIH
NAUKA

(naziv veća naučne oblasti kome se zahtev
upućuje)

Beograd
Studentski trg br. 1

ZAHTEV

za davanje saglasnosti na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji

Molimo da, shodno članu 46. st.5 Statuta Univerziteta u Beogradu ("Glasnik Univerziteta" broj 131/06), date saglasnost na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata

Mr TATJANE (Slobodana) KALUĐEROVIĆ-RADOIČIĆ

(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

KANDIDAT: **Mr TATJANA (Slobodan) KALUĐEROVIĆ-RADOIČIĆ** prijavila je doktorsku disertaciju pod nazivom:

**„IZUČAVANJE MEHANIZAMA SORPCIJE TEŠKIH METALA APATITOM:
MOGUĆNOST PRIMENE U REMEDIJACIJI ZAGAĐENOG ZEMLJIŠTA I PODZEMNIH
VODA“**

Iz naučne oblasti: **HEMIJA I HEMIJSKA TEHNOLOGIJA**

Univerzitet je dana **19.10.2007.** svojim aktom pod br. **011 612-1206/89/07** dao saglasnost na predlog teme doktorske disertacije koja je glasila

**„IZUČAVANJE MEHANIZAMA SORPCIJE TEŠKIH METALA APATITOM:
MOGUĆNOST PRIMENE U REMEDIJACIJI ZAGAĐENOG ZEMLJIŠTA I PODZEMNIH
VODA“**

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata: **Mr TATJANE (Slobodana) KALUĐEROVIĆ-RADOIČIĆ** obrazovana je na sednici održanoj **22.04.2010.** Odlukom fakulteta pod br. **35/79.** u sastavu:

Ime i prezime člana komisije	Zvanje	Naučna oblast
1. Dr Željko Grbavčić	Redovni profesor	Hemijsko inženjerstvo
2. Dr Slavica Raičević	Naučni savetnik	Zaštita životne sredine
3. Dr Mirjana Ristić	Vanredni profesor	Inženjerstvo zaštite životne sredine
4. Dr Srdan Pejanović	Vanredni profesor	Hemijsko inženjerstvo

Nastavno-naučno veće fakulteta prihvatilo je izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije na sednici održanoj dana **10.06.2010. god.**

DEKAN
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA

Prof. dr Ivanka Popović

Prilog:

1. Izeštaj Komisije sa predlogom.
2. Akt Nastavno-naučnog veća Fakulteta o usvajanju izveštaja.
3. Primedbe date u toku stavljanja izveštaja na uvid javnosti, ukoliko je takvih primedbi bili

DIV

Na osnovu čl. 128. Zakona o visokom obrazovanju i čl. 122. Statuta TMF-a, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 10.06.2010. godine, doneta je

O D L U K A

o prihvatanju Izveštaja o oceni doktorske disertacije

Prihvata se Izveštaj Komisije za ocenu **doktorske disertacije** **Mr TATJANE KALUĐEROVIĆ-RADOIČIĆ**, dipl. inž., pod nazivom: „**IZUČAVANJE MEHANIZAMA SORPCIJE TEŠKIH METALA APATITOM: MOGUĆNOST PRIMENE U REMEDIJACIJI ZAGAĐENOG ZEMLJIŠTA I PODZEMNIH VODA**“.

Izveštaj o oceni doktorske disertacije dostavlja se na uvid javnosti, a po isteku roka od 30 dana na saglasnost odgovarajućem Veću naučnih oblasti Univerziteta.

Odluka se dostavlja: Univerzitetu, doktorantu, Službi za nastavno-studentske poslove, Biblioteci i arhivi fakulteta.

D E K A N

Prof. dr Ivanka Popović

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
U BEOGRADU

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu održanoj 22.04.2010. godine određeni smo za članove Komisije za ocenu doktorske disertacije **Mr Tatjane Kaluderović Radoičić, dipl. inž.**, asistenta Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, pod nazivom:

"Izučavanje mehanizama sorpcije teških metala apatitom: mogućnost primene u remedijaciji zagađenog zemljišta i podzemnih voda "

Posle pregleda doktorske disertacije Nastavno-naučnom veću podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

A. Prikaz disertacije

Doktorska disertacija **Mr Tatjane Kaluderović Radoičić, dipl. inž.** tehnologije pod nazivom **"Izučavanje mehanizama sorpcije teških metala apatitom: mogućnost primene u remedijaciji zagađenog zemljišta i podzemnih voda"** napisana je na 112 strana, sadrži 25 tabela, 29 slika i 119 literaturnih navoda. Doktorska disertacija sadrži sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Materijali i metode, Matematički model stabilnosti čvrste faze, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura i Prilog.*

U *Uvodu* je naglašeno da je zagađenje životne sredine teškim metalima jedan od najvećih ekoloških problema. Imajući u vidu tu činjenicu, cilj ove doktorske disertacije je bio da se utvrdi primenljivost prirodnog apatita iz ležišta Lisina kod Bosilegrada za remedijaciju zemljišta i podzemnih voda zagađenih teškim metalima. Ovo ležište sadrži velike količine fosfatnog minerala apatita koji bi mogao da predstavlja jeftinu sirovinu u ovim procesima. Sorpcione osobine prirodnog apatita (LA) upoređene su sa osobinama sintetičkog hidroksiapatita (HAP), $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. S obzirom na to da su pojedini teški metali izuzetno toksični, a nisu biorazgradivi, imaju tendenciju da se akumuliraju u živim organizmima i prirodnoj sredini. Mnogo energije i materijalnih sredstava se troši na saniranje lokacija zagađenih teškim metalima. Do nedavno je osnova za procenu rizika koji neka zagađujuća materija predstavlja za životnu sredinu bila ukupna koncentracija te supstance na datom prostoru. Novi pristup proceni rizika koji zagađenje predstavlja za biosferu zasniva se na određivanju dela koncentracije zagađujuće supstance koji je rastvorljiv, odnosno lako dostupan živim organizmima. Na osnovu ovog pristupa predloženi su procesi potpomognute prirodne remedijacije, odnosno *in situ* metode stabilizacije zagađenja široko rasprostranjenim prirodnim materijalima. Supstance koje se koriste u svrhu stabilizovanja teških metala bi trebalo da budu jeftine, neškodljive u osnovnom obliku i da daju jedinjenja sa teškim metalima koja su stabilna pri različitim uslovima.

U okviru *Teorijskog dela* dat je kratak opis metoda remedijacije zagađenih zemljišta koje su trenutno u upotrebi, kako *ex situ*, tako i *in situ* metoda. Definisane su vrste i rastvorljivost minerala u kojima se nalazi olovo u zemljinoj kori, kao i struktura i hemijske osobine apatita. Na osnovu ovih podataka objašnjena je ideja potpomognute prirodne remedijacije. U ovom poglavlju dat je pregled literature iz ove oblasti, a posebna pažnja je posvećena analizi literature koja je vezana za stabilizaciju olova sintetičkim hidroksiapatitom i prirodnim apatitima, iz raznih oblasti u svetu. Takođe je dat pregled literature vezane za

remedijaciju zagađenih zemljišta i navedeni su mehanizmi koje autori u različitim radovima predlažu kao dominantne u procesu remedijacije.

U poglavlju *Materijali i metode* opisani su sintetički hidroksiapatit i prirodni apatit (LA) koji su korišćeni u eksperimentalnom delu ove disertacije. Sintetički hidroksiapatit ima formulu $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, dok se prirodni apatit sastoji od tri minerala: hlorapatita, kvarca i muskovita. Takođe su detaljno opisane metode eksperimentalnog ispitivanja mehanizma i kinetike sorpcije olova korišćenjem ova dva minerala. Dat je prikaz metode difrakcije x-zraka koja je korišćena za ispitivanje čvrste faze pre i posle reakcije sorpcije. Na kraju ovog poglavlja ukratko je opisan program Visual MINTEQ koji je korišćen za termodinamičko modelovanje sistema, odnosno za određivanje vrsta jona prisutnih u rastvoru, kao i vrste čvrste faze (minerala) koji mogu da se talože u ispitivanim sistemima.

U poglavlju *Matematički model stabilnosti čvrste faze* date su osnovne jednačine teorijskog modela jon-jon interakcionih potencijala. Opisani teorijski model je upotrebljen za procenu stabilnosti čvrste faze nastale reakcijom teških metala sa prirodnim i sintetičkim apatitom. Primenjeni model jon-jon interakcionih potencijala omogućava preliminarni izbor najpogodnijeg aditiva za imobilizaciju teških metala u zagađenom zemljištu ili podzemnim vodama sa stanovišta stabilnosti novonastale čvrste faze, odnosno sistema čvrsta matrica/zagađujuća materija. Jon-jon interakcioni potencijal predstavlja osnovni član kohezije energije određenog sistema. Ovaj fizički parametar primenjen na sisteme koji su ispitivani u ovoj doktorskoj tezi definiše: 1) kapacitet čvrste matrice za inkorporaciju zagađenja i 2) stabilnost novonastale matrice čvrsta supstanca/zagađujuća materija. Na ovaj način, primenom ovog fizičkog parametra, može da se izvrši preliminarna procena da li je neki mineral pogodan za proces remedijacije ili ne, čime se postižu uštede u vremenu potrebnom za eksperimentalna ispitivanja.

Poglavlje *Rezultati i diskusija* sastoji se od nekoliko delova. U prvom delu prikazani su rezultati teorijske procene stabilnosti sistema čvrsta matrica/teški metali dobijeni u ovom radu. Detaljno su razmotreni sledeći sistemi: hidroksiapatit-kadmijum, hidroksiapatit-olovo i različiti prirodni apatiti-olovo. Na osnovu prikazanih rezultata predloženi su mehanizmi koji mogu biti dominantni prilikom procesa sorpcije teških metala iz vodenih rastvora u ispitivanim sistemima. U drugom delu, dati su rezultati eksperimentalnih merenja i modelovanja kinetike sorpcije olova iz vodenih rastvora korišćenjem prirodnog i sintetičkog apatita. Definisane su jednačine koje opisuju kinetičke modele pseudo-prvog i pseudo-drugog reda koji su korišćeni u ovoj tezi. U ovom delu su takođe prikazani rezultati eksperimentalnog merenja sorpcionih osobina HAP i LA. Opisano je pet modela adsorpcionih izoterma koje su korišćene za analizu sorpcionih podataka. Objasnjene su standardne greške koje su korišćene prilikom modelovanja, i rezultati primene ANOVA statističke analize. U ovom poglavlju takođe su dati rezultati ispitivanja čvrste faze metodom difrakcije x-zraka. Izvršeno je poređenje rezultata ispitivanja minerala ovom metodom pre i posle reakcije sa rastvorenim olovom. Na osnovu svega opisanog predloženi su mehanizmi koji dominiraju u procesu sorpcije. U poslednjem delu ovog poglavlja dati su rezultati primene Visual MINTEQ programa za termodinamičko modelovanje sistema Pb/HAP i Pb/LA.

Na kraju je dat *Zaključak* do kojeg se došlo na bazi prikazanih rezultata.

B. Kratak opis postignutih rezultata

Rezultati modelovanja sistema čvrsta matrica/teški metali korišćenjem jon-jon interakcionog potencijala pokazali su da ovaj teorijski model može uspešno da se primeni u proceni stabilnosti čvrstih sistema. Na osnovu poređenja sa vrednostima Gibsove slobodne energije (ΔG^0_f) koja se u literaturi koristi kao mera stabilnosti čvrste faze sa vrednostima jon-jon interakcionih potencijala, $V(r_0)$, izračunatim u ovom radu, utvrđeno je da ove dve veličine imaju veoma sličan trend.

Rezultati primene modela na sistem hidroksiapatit – kadmijum pokazuju da Cd-apatit ima izrazito malu vrednost parametra $V(r_0)$, što ukazuje na veću stabilnost ovog sistema u poređenju sa čistim stehiometrijskim HAP-om. Rezultati takođe ukazuju na mogućnost postojanja dvofaznog mehanizma imobilizacije Cd pomoću HAP-a. Prva faza bi mogla da bude rastvaranje HAP-a i formiranje nove stabilne Cd-apatit faze na njegovoj površini. U drugoj fazi, stabilnost Cd-apatit faze bi bila dalje povećana difuzijom Cd jona unutar kristalne rešetke HAP-a.

Podaci dobijeni modelovanjem sistema hidroksiapatit – olovo pokazuju da Pb-supstituisani apatit (piromorfit) ima značajno veću stabilnost ($V(r_0)_{\text{piromorfit}} = -0,152$ Ry) nego čisti HAP ($V(r_0)_{\text{HAP}} = -0,026$ Ry). Ova razlika u stabilnosti između HAP-a i piromorfita ukazuje na mogućnost korišćenja HAP-a kao sredstva za imobilizaciju olova u zagađenom zemljištu i vodotokovima. Mehanizam sorpcije olova koji se može pretpostaviti korišćenjem teorijskog modelovanja stabilnosti baziran je na formiranju nove, stabilnije faze piromorfita koja se taloži na površini HAP-a.

Primena modela jon-jon interakcionih potencijala na sistem prirodni apatit – olovo pokazuje da je inkorporacija olova u kristalnu rešetku LA u početku praćena smanjenjem vrednosti $V(r_0)$ i zbog toga povećanjem stabilnosti sistema. Prema ovim podacima, LA ima još jednu specifičnu osobinu: u sistemu LA/Pb difuzija Pb-jona u kristalnu rešetku apatita praćena je opadanjem vrednosti $V(r_0)$ i stoga, povećanjem stabilnosti sistema. Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da su tokom imobilizacije olova korišćenjem LA prisutna dva mehanizma: prvi mehanizam uključuje direktnu inkorporaciju jona olova iz rastvora u kristalnu rešetku LA. Drugi uključuje dvostepeni mehanizam, odnosno prvobitno taloženje Pb-apatita i zatim njegovu difuziju u čvrstu fazu LA.

Eksperimentalna merenja kinetike sorpcije olova izvršena su na tri temperature: 25 °C, 37 °C i 50 °C, za oba ispitivana minerala. Rezultati pokazuju da se reakcija u oba slučaja (pri korišćenju HAP-a i LA-a) sastoji od dve faze: prva je veoma brza i traje 5 – 10 min. Posle nje sledi druga, nešto sporija faza, koja vodi do postizanja pseudo – stacionarnog stanja. Međutim, uticaj temperature na ova dva sistema je različit, što ukazuje na različite mehanizme prisutne u ovim reakcijama.

Modelovanje kinetike reakcija prisutnih u ispitivanim sistemima izvršeno je korišćenjem modela pseudo-prvog i pseudo-drugog reda. Utvrđeno je da model pseudo-drugog reda dobro opisuje eksperimentalne podatke u sistemu hidroksiapatit - olovo, kao i u sistemu prirodni apatit - olovo.

Rezultati eksperimentalnih merenja sorpcionih osobina HAP-a i LA pokazuju da oba minerala mogu uspešno da se koriste za sorpciju olova. Izmerene vrednosti sorpcionog kapaciteta prirodnog apatita (LA) su niže u odnosu na sorpcioni kapacitet sintetičkog hidroksiapatita. Ovaj rezultat je, delimično, posledica činjenice da ispitivani prirodni apatit sadrži samo 43,3 % apatita. Međutim, s obzirom na mnogo nižu cenu prirodnog materijala, predlaže se upotreba prirodnog apatita iz ležišta Lisina za remedijaciji zagađenih zemljišta i podzemnih voda. Na ispitivane sisteme primenjeno je pet adsorpcionih izoterma. Primenom ANOVA statističke metode utvrđeno je da Freundlich-ova adsorpciona izoterma najbolje opisuje sistem Pb-HAP, dok se za opisivanje sorpcije olova pomoću LA mogu koristiti Freundlich-ova i Redlich-Peterson-ova adsorpciona izoterma, sa podjednakom tačnošću.

Rezultati ispitivanja čvrste faze difrakcijom x-zraka pokazuju da je korišćeni sintetički apatit čist stehiometrijski HAP, formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Prirodni apatit iz ležišta Lisina sastoji se od tri minerala: fluorapatita, kvarca i muskovita $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$. Nakon reakcije sorpcije olova iz vodenog rastvora korišćenjem prirodnog apatita došlo je do smanjenja pikova samo minerala apatita, što ukazuje na to da je ovaj mineral odgovoran za sorpciju olova iz rastvora, bez obzira na prisustvo ostalih minerala u uzorku.

Rezultati modelovanja sistema Pb/HAP korišćenjem Visual MINTEQ programa za termodinamičko određivanje stabilnosti sistema pokazuju da je rastvaranje hidroksiapatita i taloženje piromorfita termodinamički povoljan proces. Međutim, ovi proračuni ukazuju na mogućnost formiranja piromorfita samo u uskom intervalu pH vrednosti od 6 do 8. U kiseloj sredini, termodinamički je najpovoljnije taloženje PbHPO_4 , što međutim nije u saglasnosti sa eksperimentalnim rezultatima. Na osnovu ovog je zaključeno da bez obzira na veću termodinamičku stabilnost PbHPO_4 , neki drugi mehanizam, kao što je lakša nukleacija sličnih kristala HPM na površini HAP-a upravljaju formiranjem čvrste faze. Rezultati modelovanja sistema Pb/LA ukazuju da bi i u ovom slučaju došlo do formiranja hidroksiapiromorfita u intervalu pH od 6 do 8 bez obzira na prisustvo F^- jona u rastvoru, zbog veće stabilnosti ovog minerala u odnosu na fluoropiromorfit.

C. Uparedna analiza rezultata kandidata sa rezultatima iz literature

Procesi potpomognute prirodne remedijacije zemljišta i podzemnih voda, zagađenih teškim metalima predstavljaju jedan od savremenih trendova istraživanja u ovoj oblasti. Razlog za ovu činjenicu je što je zagađenje teškim metalima široko rasprostranjeno, a materijalna sredstva potrebna za saniranje zagađenih lokacija velika. Osnovni cilj ovih istraživanja je pronalaženje rešenja koja će, uz najmanja ulaganja, dati dobre rezultate u saniranju zagađenja. U ovu svrhu se danas ispituje veliki broj prirodnih supstanci, koje uz minimalne modifikacije mogu biti upotrebljene za remedijaciju.

Jedna od grupa materijala koji pokazuju veliki potencijal za primenu u procesima potpomognute prirodne remedijacije su različite vrste apatita. Pošto je u velikom broju radova pokazano da je sintetički hidroksiapatit veoma efikasan u sorpciji teških metala iz prirodne sredine, javila se ideja o korišćenju široko rasprostranjenog, prirodnog minerala apatita kao jeftine alternative. S obzirom na činjenicu da u Srbiji postoji nalazište prirodnog apatita, veoma je značajno ispitati mogućnost primene ovog minerala za saniranje lokacija zagađenih teškim metalima.

Naučni doprinos rezultata prikazanih u okviru ove doktorske disertacije sastoji se u razumevanju mehanizama sorpcije olova korišćenjem prirodnog apatita iz ležišta Lisina, kao i sintetičkog hidroksiapatita. Rezultati dobijeni u ovom radu publikovani su u vodećim časopisima međunarodnog značaja, i do sada su citirani 35 puta. Prikazani rezultati su pokazali da prirodni apatit iz ležišta Lisina ima veliki potencijal za primenu u remedijaciji zagađenih zemljišta i podzemnih voda. Sveobuhvatnost istraživanja ogleda se u tome što su izvršena eksperimentalna merenja kinetike i sorpcionih osobina u sistemima prirodni apatit – olovo i hidroksiapatit - olovo, kao i matematičko modelovanje dobijenih rezultata. Na ovaj način postavljena je teorijska osnova neophodna za praktičnu primenu prirodnog apatita iz ležišta Lisina. U okviru ovog rada postavljen je i teorijski model pomoću kojeg je, na osnovu procene stabilnosti sistema čvrsta matrica/zagađujuća materija, moguće izvršiti pred-selekciju materijala pogodnih za remedijaciju zagađenja teškim metalima, čija primena može značajno olakšati buduća istraživanja. Svi opisani rezultati doprineće boljem razumevanju procesa u ispitivanim sistemima, čime će se omogućiti praktična primena prirodnog apatita iz ležišta Lisina u saniranju zagađenja teškim metalima.

D. Objavljeni ili saopšteni rezultati koji čine deo disertacije

Radovi u vodećim časopisima međunarodnog značaja (M21)

1. S. Raicevic, **T. Kaludjerovic-Radoicic** and A.I. Zouboulis, In situ stabilization of toxic metals in polluted soils using phosphates: theoretical prediction and experimental verification, *J. Hazard. Mater.*, **117(1)** (2005) 41-53 (ISSN 0304-3894, IF=1,504, citiran 35 puta)
2. **T. Kaludjerovic-Radoicic**, S. Raicevic, Aqueous Pb sorption by synthetic and natural apatite: Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies, *Chem. Eng. J.* 160 (2010) 503–510 (ISSN 1385-8947, IF=2,813)

Radovi u časopisima međunarodnog značaja (M23)

3. S. Raičević, V. Stanić and **T. Kaluđerović-Radoičić**, Theoretical Assessment of Calcium Arsenates Stability: Application in the Treatment of Arsenic Contaminated Waste, *Mater. Sci. Forum* **555** (2007) 131-136 (ISSN 0255-5476, IF=0,399)
4. **T. Kaluđerović Radoičić**, S. Raičević, In situ lead stabilization using natural and synthetic apatite, *CI&CEQ* **14 (4)** (2008) 269-271 (ISSN 1451-9372)

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u izvodu (M34)

5. S. Raicevic, **T. Kaludjerovic**, I. Smiciklas, M. Mandic, I. Plecas, Synergetic Effect of Morphology and Stability of the Solid Matrix/Impurity System on the Sorption Capacity of Hydroxyapatite (HAP) for the Immobilization of Heavy Metals (Pb, Cd and Sr), 2nd International Conference of the Chemical Societies of the South-Eastern European Countries on Chemical Sciences for Sustainable Development, Book of Abstracts, Vol. II, pp. 200, Halkidiki, Greece, June 6-9, 2000
6. **T. Kaludjerovic**, A. Dudukovic, I. Plecas and S. Raicevic, Natural Apatite – an Efficient and Inexpensive material for Large-Scale Remediation of Lead Contamination, Fifth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, Book of Abstracts, pp. 256, Prague, Czech Republic, September 12-14, 2000
7. **T. Kaludjerović-Radoičić**, A. Duduković and S. Raičević, Selection of natural materials for in situ remediation and prevention of environment contamination by lead, Proceedings of International Conference on the Protection and Restoration of the Environment, Vol. 1, 483-488, Skiathos, Greece, July 1-5, 2002

Radovi u domaćim časopisima (M52)

8. **T. Kaluđerović**, A. Duduković and S. Raičević, Remediation of environment contaminated by lead using synthetic and natural apatites, *Hem. Ind.* **55 (3)** (2001) 114-119

Radovi saopšteni na skupu nacionalnog značaja štampani u celini (M63)

9. **T. Kaluđerović-Radoičić**, S. Raičević, Adsorption isotherms of aqueous Pb on synthetic and natural apatite, Proceedings on CD-rom of 48th Meeting of the Serbian Chemical Society 83-86, Novi Sad, April 17-18, 2010

Radovi saopšteni na skupu nacionalnog značaja štampani u izvodu (M64)

10. S. Raičević, M. Mandić and **T. Kaluđerović**, Theoretical basis of remediation of heavy metal contamination by apatite, 3rd International Yugoslav nuclear society conference, Book of Abstracts pp. 112, Belgrade, Yugoslavia, October 2-5, 2000
11. S. Raičević and **T. Kaluđerović**, Remediation of lead, cadmium and uranium contaminated water and soil by apatite amendment, First International Conference on Environmental Recovery of Yugoslavia – ENRY 2001, Book of Abstracts, pp. 76, Belgrade, Yugoslavia, September 27-30, 2001

E. Zaključak

Na osnovu svega napred iznetog, Komisija je zaključila da doktorska disertacija Mr Tatjane Kaluđerović-Radoičić, dipl. inž. tehnologije, asistenta TMF, pod naslovom **"Izučavanje mehanizama sorpcije teških metala apatitom: mogućnost primene u remedijaciji zagađenog zemljišta i podzemnih voda"** predstavlja značajan originalni naučni doprinos u oblasti hemijskog inženjerstva, što je potvrđeno objavljivanjem radova u međunarodnim časopisima. Rezultati ovih istraživanja doprinose boljem razumevanju mehanizama sorpcije olova i drugih teških metala pomoću prirodnog i sintetičkog apatita, što je preduslov za korišćenje ovih materijala za remedijaciju zagađenog zemljišta i podzemnih voda.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF da prihvati ovaj izveštaj i da ga zajedno sa podnetom disertacijom Mr Tatjane Kaluđerović Radoičić učini dostupnim na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da nakon ove procedure pozove kandidata na usmenu odbranu pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 25.5.2010.

Članovi Komisije:

1. Dr Željko Grbavčić, red. prof. TMF-a u Beogradu
2. Dr Slavica Raičević, naučni savetnik Instituta Vinča
3. Dr Mirjana Ristić, vanredni prof. TMF u Beogradu
4. Dr Srđan Pejanović, van. prof. TMF u Beogradu