

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 45. став 5. тачка 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације: **МОДЕЛОВАЊЕ ДИСТРИБУЦИЈЕ БАКРА И ПРАТЕЋИХ ЕЛЕМЕНАТА У ПРОЦЕСУ ТОПЉЕЊА СУЛФИДНИХ КОНЦЕНТРАТА**

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Предраг (Наташа) Ђорђевић

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање:

Технички факултет у Бору

3. Година дипломирања: **2008.**

4. Назив магистарске тезе кандидата:

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена:

6. Година одбране магистарске тезе:

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **20.09.2012.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-26-11.2.
Бор, 21. 09. 2012. године

На основу чл. 44. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 20. 09. 2012. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме, кандидата и ментора, докторске дисертације кандидата **Предрага Ђорђевића**, дипл. инж. инжењер. менаџм.-мастер. Извештај је сачинила Комисија у саставу: др Живан Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору, др Иван Михајловић, ванредни професор Техничког факултета у Бору и др Ана Коств, научни саветник Института за рударство и металургију у Бору.

II Одобрава се именованом израда докторске дисертације под називом: „**Моделовање дистрибуције бакра и пратећих елемената у процесу топљења сулфидних концентрата**“.

III За ментора се именује др Живан Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

- Већу научне области Универзитета у Београду
- именованој
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

UNIVERZITET U BEOGRADU
Tehnički fakultet u Boru

Nastavno-naučnom veću

Predmet: Izveštaj Komisije o prihvatanju teme doktorske disertacije kandidata
Predraga Đorđevića

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru br. VI/4-25-16.1. od 05.07.2012. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene teme za izradu doktorske disertacije kandidata Predraga Đorđevića studenta doktorskih studija pod nazivom: "Modelovanje distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata". Predložena tema spada u naučno polje Tehničko-tehnoloških nauka i naučnoj oblasti inženjerskog menadžmenta za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovao studijske programe na sva tri nivoa studija. Na osnovu raspoloživog materijala Komisija podnosi sledeći:

I Z V E Š T A J

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Opšti biografski podaci

Predrag Đorđević rođen je 13.12.1983. godine u Zaječaru gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirao je 2008. godine na Tehničkom fakultetu u Boru na katedri za metalurško inženjerstvo. U toku studiranja pohađao je i završio "International summer school of processing metallurgy (KTH Stockholm, Švedska). Po završetku osnovnih studija upisuje poslediplomske studije na University of Idaho, SAD. U toku ovih studija radi samostalno kao istraživač na projektu vezanom za uvođenje novog industrijskog procesa za masovnu proizvodnju čipova za kompaniju Micron. Po povratku u Srbiju, završava master studije na Tehničkom fakultetu u Boru, na studijskom programu inženjerski menadžment. Od novembra 2010. godine radi kao asistent na Tehničkom fakultetu u Boru za užu naučnu oblast Industrijski menadžment. U svom istraživačkom radu na Tehničkom fakultetu u Boru bavi se problematikom primene naprednih statističkih alata u modelovanju tehnoloških procesa.

1.2. Podaci o doktorskim studijama

Na doktorskim studijama kandidat Predrag Đorđević položilo je sve ispite predviđene nastavnim planom studija prosečnom ocenom 10, odbranio seminarski rad – pristupni rad za izradu doktorske disertacije i time stekao sve uslove predviđene Statutom Tehničkog fakulteta u Boru da prijavi temu za izradu doktorske disertacije.

1.3. Spisak publikovanih i saopštenih radova

Kategorisani časopisi međunarodnog značaja : M21, M22, M23, M24

1. Đorđević, P., Živković, Z., Mihajlović, I., Strbac, N., (2011). Statistical modeling of the copper losses in the reverberatory furnace slag, *Metal. Int.*, 16 (10) 120-125. ISSN: 1582-2214. M23
2. I. Đurić, P. Đorđević, I. Mihajlović, Đ. Nikolić, Ž. Živković, (2010). Prediction of Al₂O₃ leaching recovery in the Bayer process using statistical multilinear regresion analysis, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*, 46 (2), 161-169. ISSN: 1450-5339. M21
3. Arsić, M., Nikolić, D., Đorđević, P., Mihajlović, I., Živković, Ž., (2011). Episodes of extremely high concentrations of tropospheric ozone in the urban environment in Bor - Serbia, *Atmospheric Environment*, 45 (32) 5716-5724. ISSN: 1352-2310. M21
4. Mihajlović, I., Štrbac, N., Đorđević, P., Ivanović, A., Živković, Ž., (2011). Technological process modeling aiming to improve its operations management, *Serbian Journal of Management*, 6 (2) 135-144. ISSN: 1452-4864. M24
5. P. Đorđević, I. Mihajlović, Ž. Živković, Comparison of linear and nonlinear statistics methods applied in industrial process modeling procedure. *Serbian Journal of Management*, 5 (2) (2010) 189 – 281. ISSN: 1452-4864. M24

Radovi saopšteni na međunarodnim naučnim skupovima štampani u celini M33

1. Isidora Milošević, Predrag Đorđević, Ivan Mihajlović, Đorđe Nikolić, Živan Živković, (2011), Controlling the reaction flow of the bauxite leaching process in the Bayer industrial process, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management (EMFM11) - Zbornik radova, Tehnički fakultet u Boru, 91 - 98. ISBN: 978-86-80987-88-0.
2. Milica Arsić, Đorđe Nikolić, Živan Živković, Predrag Đorđević, (2011), Determination of O₃ and its precursors, measured in Belgrade urban area, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management

- (EMFM11) - Zbornik radova, Tehnički fakultet u Boru, 118 – 130. ISBN: 978-86-80987-88-0.
3. Radmilo Nikolić, Goran Stefanović, Aleksandra Fedajev, Nenad Milijić, Predrag Đorđević, (2011), Techno-economical aspects of sanitation and recultivation of the old landfill in Jagodina, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management (EMFM11) - Zbornik radova, Tehnički fakultet u Boru, 131-135. ISBN: 978-86-80987-88-0.
 4. Dejan Bogdanović, Đorđe Nikolić, Predrag Đorđević, (2011), Sustainable development and ecomanagement. International October Conference on Mining and Metallurgy 2011 (IOC 2011) - Zbornik radova, Tehnički fakultet u Boru, 590-593. ISBN: 978-86-80987-87-3.
 5. Ivan Jovanović, Dejan Bogdanović, Predrag Đorđević, (2011), Optimization of the batch for pyrometallurgical process of copper production, International October Conference On Mining And Metallurgy 2011 (IOC 2011) – Zbornik radova, Tehnički fakultet u Boru, 613-616. ISBN: 978-86-80987-87-3.
 6. Đorđe Nikolić, Milica Arsić, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Predrag Đorđević, (2011), The examination of SO₂ episodes using back trajectory analysis and surface data in vicinity of copper smelter, International October Conference On Mining And Metallurgy 2011 (IOC 2011) - Zbornik radova, Tehnički fakultet u Boru, 649-652. ISBN: 978-86-80987-87-3.
 7. Đorđe Nikolić, Predrag Đorđević, Ivan Mihajlović, Živan Živković, (2012), Modeling and surface observation of SO₂ gas dispersion from copper smelter in Bor, Serbia, 2st International Symposium on Environmental and Material Flow Management (EMFM12) - Zbornik radova, Faculty of mechanical engineering in Zenica, 249 – 254. ISBN: 978-9958-617-46-1.
 8. Đorđe Nikolić, Predrag Đorđević, Ivan Mihajlović, Živan Živković, (2012), Modeling and surface observation of SO₂ gas dispersion from copper smelter in Bor, Serbia, 2st International Symposium on Environmental and Material Flow Management (EMFM12) - Zbornik radova, Faculty of mechanical engineering in Zenica, 199 – 204. ISBN: 978-9958-617-46-1.
 9. Marija Savić, Ivan Mihajlović, Predrag Đorđević, Đorđe Nikolić, Živan Živković, (2012), Applying methods of nonlinear statistics in modeling ozone concentration in ambient air, Serbia, 2st International Symposium on Environmental and Material Flow Management (EMFM12) - Zbornik radova, Faculty of mechanical engineering in Zenica, 249-254. ISBN: 978-9958-617-46-1.

1.4. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu prethodnih činjenica, Komisija konstatuje da kandidat Predrag Đorđević ispunjava sve formalne i suštinske uslove za rad na izradi doktorske disertacije kao i naučno – stručne usmerenosti iz oblasti kojoj pripada predložena tema (inženjerski menadžment; modelovanje; višekriterijumsko odlučivanje i tehnološki menadžment) te se ocenjuje podobnim za rad na predloženoj temi. Ove zaključke Komisija izvodi na osnovu činjenice da je kandidat položio sve ispite na doktorskim studijama, položio pristupni rad za izradu doktorske disertacije kao i na osnovu sadržine već publikovanih i saopštenih radova.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

2.1. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja u okviru doktorske disertacije pod nazivom: "Modelovanje distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata", pripada naučnoj oblasti inženjerskog menadžmenta, odnosno užoj naučnoj oblasti tehnološkog menadžmenta za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovan za nivo doktorskih studija.

U pirometalurškom postupku dobijanja bakra iz sulfidnih koncentrata, faza topljenja je prisutna u svim tehnologijama i predstavlja fazu u kojoj se topi najveća masa materijala. U ovoj operaciji u obliku šljake odstranjuje se najveća količina nekorisnog materijala. U procesu topljenja sulfidnih koncentrata bakra razdvajaju se oksidna (nekorisna faza) u vidu šljake i sulfidna faza u kojoj se koncentriše bakar i deo pratećih elemenata. Distribucija bakra i pratećih elemenata između sulfidne faze (kamenca) i šljake predstavlja značajni pokazatelj ukupnog procesa zbog toga što se bakar i prateći elementi koji se koncentrišu u šljaci obično trajno gube. U slučaju naknadne prerade šljake (kod nekih tehnologija) obično se može iskoristiti samo deo elemenata distribuiranih u šljaci (najčešće samo bakar) pri ekonomski nepovoljnim uslovima. Takođe, određena količina sumpora sadržanog u sulfidnom koncentratu distribuira se u dimnim gasovima kao SO_2 i prašina u obliku čestica PM_{10} koje u sebi sadrže neke elemente sadržane u sulfidnom koncentratu (Mihajlović, et.al., 2010). Pored bakra u sulfidnom koncentratu prisutni su i drugi elementi: Ni, As, Cd, Co, Bi, Pb, Zn, Se, Te, Na, K, S ..., kao i platinski i plemeniti metali: Au, Ag, Pt, Pd. Distribucija ovih elemenata između šljake i bakrenca, kao i uslovi koji dovode do maksimalnog koncentrisanja korisnih elemenata u bakrencu, odnosno maksimalne eliminacije nepoželjnih elemenata u šljaci, su veoma važni za upravljanje ovim industrijskim procesom. Prevođenje bakra i plemenitih metala u što većem stepenu u bakrenc važan je element za ukupnu ekonomiju pirometalurškog postupka dobijanja bakra.

U okviru ovog istraživanja utvrđivaće se uticaj određenih ulaznih parametara procesa topljenja sulfidnih koncentrata bakra, na distribuciju najčešće prisutnih elemenata u koncentratima bakra između bakrenca i šljake u procesu topljenja. Na ovaj način stvaraju se mogućnosti za upravljanje procesom distribucije bakra i pratećih elemenata, odnosno upravljanje stepenom iskorišćenja pojedinih elemenata u industrijskim uslovima odvijanja procesa. Na distribuciju pojedinih elemenata između bakrenca i šljake utiče veliki broj parametara poput viskoziteta šljake, parcijalnog pritiska kiseonika i SO_2 , sastava šljake, rastvorljivosti, baziciteta šljake i drugih parametara (Mitevska & Zivkovic, 2002; Mitevska et al., 2000; Zivkovic et al., 2010).

Utvrđivanje uticaja onih parametara procesa kojima se može upravljati distribucijom bakra i pratećih elemenata, podrazumeva merenje ovih parametara u toku procesa topljenja sulfidnih koncentrata u industrijskim uslovima u cilju obezbeđivanja statističkog skupa podataka sa adekvatnom statističkom značajnošću. Modelovanje distribucije bakra i pratećih elemenata između bakrenca i šljake vršiče se modelovanjem prethodno definisanog statističkog skupa primenom savremenih statističkih alata.

2.2. Cilj istraživanja

U savremenoj literaturi javlja se trend statističkog modelovanja pojedinih tehnoloških procesa u cilju utvrđivanja uticaja pojedinih parametara procesa (inputa procesa) na tehnološke rezultate procesa (outputa procesa) u cilju predikcije tehnoloških rezultata. Međutim, radovi koji se bave istraživanjem distribucije bakra i pratećih elemenata između bakrenca i šljake kao i uticaj parametara procesa na distribuciju pojedinih elemenata u literaturi su ograničeni.

Cilj istraživanja baziran je na analizi ulaznih veličina industrijskog procesa topljenja sulfidnih koncentrata bakra. Distribucija bakra i pratećih elemenata definiše se koeficijentom raspodele $L^{S/M}_{Me}$ čime se definiše distribucija pojedinih elemenata između šljake i bakrenca. Vrednosti koeficijenata raspodele predstavljaju dobar pokazatelj za određivanje efektivnosti procesa topljenja, što utiče na ukupnu efektivnost pirometalurškog postupka dobijanja bakra.

Savremeni operativni menadžment kompleksnih tehnoloških procesa se bazira na modelovanju procesa, koji se oslanja na savremene matematičke alate višekriterijumske analize. Modelovanje u sistemu bakrenac – šljaka, sa pojavama koje se dešavaju na granici deobe faza, ukazuju na kompleksnost posmatranog sistema. Svaki novi doprinos kojim se može opisati ovaj proces u cilju predviđanja tehnoloških rezultata, upravljanjem ulaznim elementima procesa, predstavlja poseban interes kako sa stanovišta fundamentalnog proučavanja procesa tako i za praktičnu primenu u industrijskim uslovima odvijanja procesa topljenja sulfidnih koncentrata.

U literaturi se navode rezultati istraživanja distribucije bakra u šljaci u funkciji od sastava šljake (Sridhar et al., 1997). Bilo je takođe pokušaja da se istraži potencijalna zavisnost sadržaja bakra u šljaci od sadržaja bakra u bakrencu (Imris et al., 2000, Sridhar et al., 1997; Nagamori, 1974; Imris et al., 2004). Uticaj baziciteta šljake na distribuciju bakra kao i na koeficijente distribucije As, Sb i Bi između šljake i bakrenca proučavan je za uslove topljenja u plamenoj peći. Gubici bakra sa šljakom topljenja sulfidnih koncentrata u literaturi su prezentirani nekoliko puta. (Jalkanen et al., 2003; Mihajlović et al., 2010; Mitevska, 2000; Mitevska et al., 2000; Živković et al., 2009; Zivkovic et al., 2010), dok se podaci o distribuciji drugih elemenata vrlo retko nalaze.

2.3. Osvrt na relevantne bibliografske izvore

Polazna literatura koja je podstakla ovo istraživanje, a odnosi se na rezultate istraživanja gubitaka bakra sa šljakom topljenja sulfidnih koncentrata i statističkih alata koji se u ovakvim prilikama koriste u novije vreme, je sledeća:

- [1] Imris, I., Rebolledo, S., Sanchez, M., Castro, G., Achurra, G., Hernandez, F. (2000). The Copper Losses in the Slags From the El Teniente Process. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 39(3): 281-290.
- [2] Imris, I., Sanchez, M., Achurra, G. (2004). Copper losses to slags obtained from the El Teniente process. *VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, The South African Institute of Mining and Metallurgy*: 177-182.
- [3] Jalkanen, H., Vehviläinen, J., Poijärvi, J. (2003). Copper in solidified copper smelter slags. *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 32(2): 65-70.
- [4] Mihajlović, I., Nikolić, Đ., Štrbac, N., Živković, Ž. (2010). Statistical modelling in ecological management using the artificial neural networks ANNs. *Serbian Journal of Management*, 5(1): 39-50.
- [5] Mitevska, N., 2000. The influence of technological parameters and the interface phenomena on the copper losses with the slag. PhD, University of Belgrade, Bor, Serbia.
- [6] Mitevska, N., Zivkovic, Z. (2002). Thermodynamics of As, Sb and Bi distribution during reverb furnace smelting. *Journal of Mining and Metallurgy Section B-Metallurgy*, 38(1-2): 93-102.
- [7] Mitevska, N., Zivkovic, Z., Marinkovic, J. (2000). The effect of slag basicity on copper losses in reverber furnace smelting. *Rudy i Metale Nieželazne*, 45(8): 435-438.
- [8] Nagamori, M. (1974). Metal loss to slag: Part I. Sulfidic and oxidic dissolution of copper in fayalite slag from low grade matte. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 5(3): 531-538.
- [9] Sridhar, R., Toguri, J., Simeonov, S. (1997). Copper losses and thermodynamic considerations in copper smelting. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 28(2): 191-200.
- [10] Živković, Ž., Mihajlović, I., Nikolić, Đ. (2009a). Artificial neural network method applied for nonlinear multivariate problem. *Serbian Journal of Management*, 4(2): 143-155.
- [11] Zivkovic, Z., Mitevska, N., Mihajlovic, I., Nikolic, D. (2010). Copper losses in sulfide concentrate smelting slag are dependent on slag composition. *Minerals & Metallurgical Processing*, 27(3): 141-147.
- [12] Živković, Ž., Mitevska, N., Mihajlović, I., Nikolić, Đ. (2009b). The influence of the silicate slag composition on copper losses during smelting of the sulfide concentrates. *Journal of Mining and Metallurgy Section B-Metallurgy*, 45(1): 23-34.

3. POLAZNE HIPOTEZE

Na osnovu navedenog programa i ciljeva istraživanja problematike modelovanja distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata, mogu se definisati sledeće hipoteze koje predstavljaju osnovni okvir za istraživanja u ovome radu:

Ho – U procesu topljenja sulfidnih koncentrata bakra u bilo kojoj tehnologiji pirometalurškog postupka dobijanja bakra postoji univerzalna zakonitost distribucije bakra i pratećih elemenata između bakrenca, šljake i gasne faze koja je zavisna od tehnoloških parametara procesa.

U procesu topljenja distribucija bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca, s obzirom na fizičko-hemijske karakteristike procesa koji se dešavaju u uređaju za topljenje, međufaznih fenomena na granicama faza: bakrenac – šljaka i šljaka gas, ukazuju na činjenicu da između ostalog i koncentracije razmatranih elemenata u pojedinim fazama utiču na njihovu konačnu distribuciju. Ove činjenice ukazuju na mogućnost da se definiše sledeća hipoteza:

H1- Sadržaj bakra u bakrencu ima prepoznatljiv i jasno definisan uticaj na distribuciju bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca.

Sastavom šljake, koji se definiše sastavom šarže za proces topljenja, utiče se na viskozitet šljake, površinski napon i druge fizičko-hemijske karakteristike ovog rastopa. Šljaka u procesu topljenja sulfidnih koncentrata ima značajnu masu, pa sadržaj bakra i pratećih elemenata u njoj ima poseban značaj. Imajući u vidu da distribucija bakra i pratećih elemenata između ostalog zavisi i od fizičko-hemijskih karakteristika same šljake, omogućuje definisanje sledeće hipoteze:

H2 – Sastav šljake definisan preko baziciteta šljake utiče na distribuciju bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca što u najvećoj meri određuje efektivnost celokupnog pirometalurškog postupka dobijanja bakra.

Tehnološki parametri procesa topljenja sulfidnih koncentrata bakra kao što su: sastav šljake, temperatura, parcijalni pritisak O_2 i SO_2 u gasnoj fazi, dinamika rastopa i drugi, u najvećoj meri utiču na efikasnost i efektivnost procesa. S obzirom da se ukupna efektivnost procesa topljenja ocenjuje iskorišćenjem bakra i plemenitih metala koje je u najvećoj meri determinisano u fazi topljenja, upravljanje procesom topljenja i prognoza tehnoloških ishoda procesa u velikoj meri može doprineti upravljanju ovim procesom, radi ostvarivanja boljih tehnoloških i ekonomskih rezultata. Na osnovu ovih činjenica može se definisati sledeća hipoteza:

H3 – Modelovanjem procesa zavisnosti outputa procesa od inputa procesa metodama MLRA i NRA može se definisati adekvatan model za upravljanje ishodima procesa topljenja sulfidnih koncentrata bakra.

U normalnim uslovima rada – stabilnog rada postrojenja dobijaju se konstantni pokazatelji distribucije bakra i pratećih elemenata, gde upravljanje procesom u ovakvim uslovima omogućuje dobijanje očekivanih outputa procesa. Međutim, u realnim uslovima odvijanja procesa dolazi do iznuđenih promena parametara rada topioničkih agregata što dovodi do poremećaja distribucije bakra i pratećih elemenata. U ovakvim situacijama mogu nastati

posledice po ekonomske rezultate (povećani gubitak bakra i plemenitih metala sa šljakom) kao i ekološke posledice (povećane emisije SO₂ i PM₁₀). Predviđanje ovih situacija smanjuje rizik gubitaka koji tom prilikom nastaju. Kod nekih tehnologija, usled intenzivnog odvijanja procesa, ove posledice mogu biti veoma značajne. Ove činjenice omogućuju da se definiše sledeća hipoteza:

H4 – Poremećaj nekih tehnoloških parametara u procesu topljenja dovodi do povećane emisije SO₂ i PM₁₀ što može dovesti do epizoda ekstremno visokih koncentracija (emisija) SO₂ i PM₁₀ u okolini topionice.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Opšte metode

Da bi se uspešno realizovali ciljevi istraživanja i potvrdile postavljene hipoteze u doktorskoj disertaciji koristiće se opšte i posebne metode logičkog rasuđivanja i naučnih saznanja. Od opštih metoda naučnog istraživanja koristiće se sledeće metode:

- Analiza i sinteza
- Apstrakcija i konkretizacija
- Generalizacija i specijalizacija
- Komparacija
- Induktivno i deduktivno zaključivanje

4.2. Posebne metode

Pored opštih metoda istraživanja koristiće se i sledeće posebne i pojedinačne metode koje proizilaze iz specifičnosti postavljenog problema i ciljeva istraživanja:

- Uzimanje uzorka i definisanje dizajna eksperimenta u industrijskim uslovima odvijanja procesa topljenja sulfidnog koncentrata bakra,
- Standardizovane metode hemijskih analiza, faznih analiza i mikroskopske analize (SEM)
- Statističke metode (MLRA, NRA, ANN i druge)

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

U okviru navedenih istraživanja matematičkog modelovanja distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata bakra očekuju se sledeći naučni doprinosi:

- Definisane uticaja sastava bakrenca na distribuciju bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca;
- Definisane uticaja baziciteta šljake na distribuciju bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca;

- Definisanje matematičkog modela zavisnosti sadržaja bakra u šljaci od sastava šljake i drugih tehnoloških parametara procesa;
- Definisanje mogućih odnosa između koeficijenata distribucije bakra i koeficijenata distribucije ostalih pratećih elementa u cilju generalizacije modela distribucije u procesu topljenja sulfidnih koncentrata;
- Definisanje modela za prognozu ekstremnih epizoda emisije SO₂ i PM₁₀ u procesu topljenja sulfidnih koncentrata u uslovima poremećaja parametara tehnološkog procesa.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

6.1. Plan istraživanja

Plan istraživanja, koji određuje tok rada na disertaciji, sastoji se iz sledećih faza:

- Proučavanje relevantnih literaturnih izvora
- Definisanje procedure prikupljanja podataka
- Definisanje procedure uzimanja uzoraka u industrijskim uslovima odvijanja procesa topljenja sulfidnih koncentrata bakra
- Definisanje procedure izrade hemijskih analiza, strukturnih analiza i mikroskopskih (SEM) analiza
- Formiranje statističkog skupa podataka sa potrebnom statističkom značajnošću kao osnove za dalju analizu
- Izrada modela zavisnosti koeficijenta distribucije bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca u zavisnosti od sastava bakrenca i baziciteta šljake
- Izrada modela zavisnosti gubitaka bakra i pratećih elemenata sa šljakom topljenja od sastava šljake i drugih tehnoloških parametara procesa topljenja
- Identifikacija mogućih poremećaja parametara tehnološkog procesa topljenja i utvrđivanje mogućih epizoda ekstremnih emisija i imisija SO₂ i PM₁₀, u cilju definisanja postupka preventivnog delovanja da do njih ne bi došlo.
- Identifikacija ostvarenih naučnih doprinosa i definisanje budućih pravaca istraživanja

6.2. Struktura rada

1. Uvodni deo

Uporedni pregled tehnoloških postupaka topljenja sulfidnih koncentrata bakra
 Uporedni pregled sadržaja bakra i pratećih elemenata u šljaci, bakrencu i dimnim gasovima u pojedinim tehnologijama pirometalurškog postupka dobijanja bakra
 Značaj i sadržaj predmetnog istraživanja
 Kritički osvrt i uporedna analiza dosadašnjih istraživanja
 Metode istraživanja
 Ciljevi istraživanja
 Hipoteze i očekivani naučni doprinos

2. Uticaj sastava bakrenca na distribuciju bakra i pratećih elemenata

Ispitivanje uticaja sastava bakrenca (bakrenca sa različitim sadržajem bakra) na distribuciju bakra i pratećih elemenata između bakrenca i šljake)

Određivanje optimalnog sadržaja bakra u bakrencu na minimiziranje gubitaka bakra i pratećih korisnih elemenata u šljaci topljenja

3. Uticaj baziciteta šljake na distribuciju bakra i pratećih elemenata

Ispitivanja uticaja baziciteta šljake na distribuciju bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca

Određivanje optimalnog baziciteta šljake (sastava šljake) na minimiziranje gubitaka bakra i korisnih pratećih elemenata sa šljakom topljenja

4. Definisane modela zavisnosti gubitka bakra i korisnih pratećih elemenata u procesu topljenja od tehnoloških parametara procesa

Višekriterijumska regresiona analiza sadržaja bakra i pratećih korisnih elemenata u šljaci topljenja u zavisnosti od tehnoloških parametara procesa (MLRA – Multi-Linear Regression Analysis; PCA – Principal Component Analysis)

Nelinearna regresiona analiza (NRA) sadržaja bakra i pratećih korisnih elemenata u šljaci od tehnoloških parametara procesa (ANNs – Artificial Neural Network)

5. Definisane uticaja poremećaja tehnoloških parametara na eksteremne epizode emisije SO₂ i PM₁₀

Identifikacija tehnoloških parametara koji dovode do rizika emisije ekstremno visokih koncentracija SO₂ i PM₁₀

Određivanje epizoda visokih koncentracija emisije SO₂ i PM₁₀ u uslovima poremećenog režima rada u procesu topljenja sulfidnih koncentrata.

6. Diskusija rezultata

- Dokazivanje postavljenih hipoteza
- Diskusija ostvarenih rezultata
- Uticaja sadržaja bakra u bakrencu na koeficijent distribucije bakra i pratećih elemenata između bakrenca i šljake
- Uticaj baziciteta šljake na koeficijent distribucije bakra i pratećih elemenata između bakrenca i šljake
- Diskusija modela MLRA i NRA zavisnosti sadržaja bakra i korisnih pratećih elemenata u šljaci od sastava šljake i parametara procesa
- Diskusija uticajnih parametara tehnološkog procesa na epizode emisije visokih koncentracija SO₂ i PM₁₀ i njihova implikacija na emisiju SO₂ i PM₁₀

7. Zaključak

Pregled i analiza ostvarenih naučnih doprinosa

Predviđeni pravci daljih istraživanja

8. Literatura

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu analize prijave predložene teme doktorske disertacije, Komisija za ocenu ispunjenosti uslova kandidata i naučne zasnovanosti teme, zaključuje da kandidat Predrag Đorđević ispunjava sve zakonske i suštinske uslove za izradu predložene doktorske disertacije, zato što je položio sve ispite predviđene nastavnim planom ovih studija na Tehničkom fakultetu u Boru i položio pristupni ispit za izradu doktorske disertacije. Takođe, na osnovu sadržine do sada urađenih publikovanih i saopštenih radova kandidat je dokazao da je osposobljen da samostalno radi na ovako definisanoj temi. Predložena tema po predmetu istraživanja, ciljevima, sadržaju i očekivanim naučnim doprinosima, predstavlja značajno područje istraživanja i kao takva može biti predmet doktorske disertacije.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da se kandidatu Predragu Đorđeviću odobri izrada doktorske disertacije pod nazivom: "Modelovanje distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata". Takođe, Komisija predlaže da se za mentora imenuje Prof. Dr Živan Živković, redovni profesor Tehničkog fakulteta u Boru koji ispunjava sve Zakonom predviđene uslove (veći broj radova u časopisima sa SCI liste).

U Boru, septembra 2012.

K O M I S I J A

1. Prof. Dr Živan Živković, red.prof
Tehnički fakultet u Boru
2. Prof. Dr Ivan Mihajlović, v.prof.
Tehnički fakultet u Boru
3. Dr. Ana Kostov, naučni savetnik
Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Кандидат: **Предраг Ђорђевић**

Име и презиме ментора: **Проф. Др Живан Живковић**

Звање: Редовни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) који квалификују ментора за вођење докторске дисертације

1. **Ž.Živković**, N.Mitevska, I.Mihajlović, Dj.Nikolić, The influence of the silicate slag komposition on copper losses durin smelting of vthe sulfide concentrates, *Journal of Minig and Metallurgy, Sectuion B.Metallurgy*, 45(1)(2009)23.ISSN:1450-5339; IF (2009)=0.548 M22
2. **Ž.Živković**, N.Mitevska, I.Mihajlović, Dj.Nikolić, Copper losses in sulfide concentrate smelting slag are dependet on slag composition, *Minerals&Metallurgical Processing*, 27(3)(2010) 141. ISSN: 0747-9182; IF (2010)= 0.167; M23
3. Dj.Nikolić, I. Jovanović, I.Mihajlović, **Ž.Živković**, Multi.criteria ranking of copper concentrates according to thier quality – An element of environment management in the vicinity of copper smelting complex in Bor, Serbia, *Journal of Environmental Management*, 91(2)(2009) 509.ISSN : 0301-4795; IF(2009)= 2.367 ; M21
4. Dj.Nikolić, N.Milošević, I.Mihajlović, **Ž.Živković**, V.Tasić, R.Kovačević,N.Petrović. Multi-criteria analysis of air pollution with SO₂ and PM₁₀ in urban area around the copper smelter in Bor, Serbia, *Water Air Solil Pollution*, 206(2010)369. ISSN: 0049-6979; IF (2010) = 1,675 ; M21/M22
5. **Ž.Živković**, I.Mihajlović, I.Djurić, N.Štrbac. Statistical modeling of the industrial sodium aluminate solutions decomposition process, *Metallurgical and Materials Transactions B*, 41B(october) (2010) 1116 – 1122. ISSN: 1073- 5615; IF (2010)= 0,974; M21
6. Djordjević,P., **Živković, Ž.**, Mihajlović, I.,Štrbac, N., Statistical modeling of the copper losses in the reverberatory furnace slag, *Metalurgia International* 16(10)(2011) 120-125. ISSN : 1582-2214; IF (2011) = 0.084; M23

Prof. dr Živan Živković

D e k a n
Prof. dr Milan Antonijević