

**UNIVERZITET U BEOGRADU**  
**Tehnološko-metalurški fakultet**  
**Beograd**

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA  
UNIVERZITETA U BEOGRADU

**Predmet:** Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Ivane D. Sredović Ignjatović, dipl. inž. tehnologije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu na sednici održanoj održanoj 09.07.2015. imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Ivane D. Sredović Ignjatović, dipl. inž. tehnologije pod naslovom „**Razvoj metoda za analizu halogenih elemenata u čvrstim uzorcima u atmosferi kiseonika**”.

Kandidat mr Ivana D. Sredović Ignjatović je izradu doktorske disertacije prijavila na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu 14.04.2011. godine. Izrada disertacije pod navedenim naslovom je odobrena odlukom Nastavno-naučnog veća na sednici održanoj 26.05.2011. godine, a saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Ivane D. Sredović Ignjatović data je na sednici Veća naučnih oblasti prirodnih nauka održanoj 30.06.2011. godine. Kandidat mr Ivana D. Sredović Ignjatović je urađenu doktorsku disertaciju predala Tehnološko-metalurškom fakultetu 25.06.2015.godine.

Posle pregleda i analize doktorske disertacije kandidata, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta sledeći

## **IZVEŠTAJ**

### **A. Prikaz sadržaja doktorske disertacije**

Doktorska disertacija mr Ivane D. Sredović Ignjatović odgovara formi zahtevanoj od strane Univerziteta u Beogradu. Predata disertacija napisana je na 145 strana (počev od uvoda, a zaključno sa literaturom. Tekst disertacije je podeljen u šest poglavlja i sadrži 52 slike, 26 tabela i 130 literaturnih navoda. Pored *Apstrakta* napisanog na srpskom i engleskom jeziku, Biografije i Tri izjave, disertacija sadrži sledeća poglavlja: *Uvod* (3 strane), *Teorijski deo* (52 strane), *Ekperimentalni deo* (16 strana), *Rezultati i diskusija* (57 strana), *Zaključak* (4 strane) i *Literatura* (11 strana).

U *Uvodu* je definisan predmet istraživanja i predstavljeni su ciljevi doktorske disertacije. Istaknuti su najvažniji doprinosi istraživanja sprovedenih u okviru ove disertacije.

*Teorijski deo* je organizovan u tri poglavlja. U prvom poglavlju dati su osnovni pojmovi koji obuhvataju nastanak i klasifikaciju uglja. Prikazan je uticaj sagorevanja uglja na životnu sredinu, sa posebnim osvrtom na uticaj halogenih elemenata. Istaknut je značaj

analitičkog određivanja sadržaja halogenih elemenata u uglju. U drugom poglavlju dat je pregled sadržaja i oblika fluora, hlora i broma u uglju prema literaturnim podacima. U trećem poglavlju sistematizovane su i opisane nedestruktivne metode kojima se može odrediti sadržaj halogena u uglju, kao i metode obrade uzoraka uglja za analizu. Dati su principi i teorijske osnove tehnika primenjenih za određivanje koncentracije halogen-jona u rastvoru: direktna potencijometrija - jon-selektivne elektrode (JSE) i jonske-hromatografije (IC).

U *Eksperimentalnom delu* prikazani su svi standardni postupci koji prate metodologiju analitičkih ispitivanja. Dati su uvodni detalji o korišćenim hemikalijama, postupku sagorevanja uglja u atmosferi kiseonika, dizajnu eksperimenata i metodama određivanja koncentracije anjona u rastvoru primenom JSE i IC. U ovom poglavlju su definisani parametri pri sagorevanju uglja u kiseoničnoj bombi i apsorpciji izdvojenih gasovitih jedinjenja. Opisan je frakcionisani faktorijski dizajn (FFD), koji je primenjen u preliminarnim istraživanjima i dizajn odgovora površine, korišćen u eksperimentima optimizacije.

U delu *Rezultati i diskusija* prikazani su rezultati određivanja fluora i hlora prema definisanom dizajnu eksperimenata. Razmatran je uticaj ispitivanih promenljivih, kako pojedinačno, tako i kroz interakcije parametara primenom statističkog pristupa kroz Pareto-grafik, grafik glavnih efekata i grafik interakcije parametara. Opisani su i diskutovani rezultati optimizacionih eksperimenata. Na osnovu optimizacije utvrđeni su eksperimentalni uslovi određivanja halogenih elemenata primenom grupnog parametra, označenog kao ukupni halogeni u uglju. Prikazani su i prodiskutovani rezultati validacije, koja je izvršena primenom sertifikovanih referentnih materijala i metodom standardnog dodatka. U ovom poglavlju su prikazani i rezultati određivanja, optimizacije i validacije metode za određivanje sumpora u uglju sagorevanjem u kiseoničnoj bombi. Prodiskutovani su rezultati procene granice detekcije i granice kvantifikacije određivanja halogena i sumpora u uglju predloženom metodom. Prikazani su i rezultati ispitivanja mogućnosti primene sagorevanja uglja u kiseoničnoj bombi, kao metode za pripremu uzorka u cilju određivanja teških metala. Dati su rezultati određivanja sadržaja halogena i sumpora u realnim uzorcima sa kopova uglja Kolubara i Kostolac.

Na kraju disertacije su izneta zaključna razmatranja sa istaknutim rezultatima i doprinosima ovih istraživanja u delu *Zaključak*.

U delu *Literatura* je dat spisak citiranih radova i knjiga.

Disertacija sadrži i sledeće priloge: Biografiju kandidata sa spiskom objavljenih radova, Izjavu o autorstvu, Izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada i Izjavu o korišćenju.

## **B. Opis postignutih rezultata**

Istraživanja u okviru ove disertacije koncipirana su s ciljem da se naučno i stručno pronadu primenljiva rešenja za određivanje halogenih elemenata u uglju. Istraživanja obuhvataju primenu pirohidrolitičke metode za određivanje halogenih elemenata i razvoj eksperimentalnog dizajna za sveobuhvatnu analitičku metodologiju. Težište rada ove doktorske disertacije bilo je utvrđivanje jedinstvene metodologije koja bi omogućila obradu uzoraka uglja (bez gubitka halogenih elemenata), prevođenja elemenata u vodeni rastvor i pouzdano određivanje izabranim instrumentalnim tehnikama, JSE i IC. Naučni cilj doktorske disertacije bio je usmeren ka primeni statističkih metoda za organizaciju i izvođenje eksperimenata, kao i primena statističkih tehnika za obradu i analizu dobijenih rezultata.

Primenom FFD ispitan je uticaj šest promenljivih na sagorevanje uglja u kiseoničnoj bombi i apsorpciju gasovitih jedinjenja koja se tokom sagorevanja izdvajaju iz uglja. U tom smislu ispitani su uticaji: I. na sagorevanje uglja: početni pritisak kiseonika, dodatak katalizatora i pomoćnog goriva; i II. na apsorpciju gasovitih jedinjenja: tip apsorpcionog rastvora, dodatak redukcionog agensa i vreme hlađenja bombe.

Statistički pristup u organizovanju i planiranju eksperimenata, podrazumeva analizu ne samo pojedinačnog uticaja ispitivanih promenljivih, već i analizu interakcija promenljivih na određivanje halogenih elemenata u uglju. Pretpostavljajući da se interakcije višeg reda mogu zanemariti, primenom frakcionisanog faktorijskog dizajna urađena su preliminarna istraživanja. Rezultati frakcionisanog faktorijskog dizajna su analizirani primenom statističkog softvera, prikazani su i diskutovani pomoću Pareto-grafika, grafika glavnih efekata i dijagrama interakcije parametara.

Na osnovu Pareto-grafika za određivanje fluora sagorevanjem u kiseoničnoj bombi i merenjem jonske koncentracije fluorid-selektivnom elektrodom, utvrđeno je da su najznačajniji parametri dodatak katalizatora i pomoćnog goriva. Analiza grafika glavnih efekata ukazala je da dodatak katalizatora smanjuje ekstrakciju fluora iz uglja tokom sagorevanja u kiseoničnoj bombi, dok se sa dodatkom pomoćnog goriva povećava i izdvajanje fluora iz uglja.

Analizom Pareto-grafika za određivanje hlora sagorevanjem u kiseoničnoj bombi i merenjem jonske koncentracije jonskom-hromatografijom, zaključeno je da najveći uticaj ima tip apsorpcionog rastvora, a grafik glavnih efekata je ukazao da se sa povećanjem pH vrednosti smanjuje koncentracija hlorid-jona u apsorpcionom rastvoru.

Uopšteno, utvrđeno je da katalizator i bazna sredina (apsorpcioni rastvor NaOH) smanjuju izdvajanje i apsorpciju gasovitih jedinjenja fluora i hlora iz uglja, a da se izdvajanje halogenih elemenata tokom sagorevanja uglja povećava sa povećanjem pritiska i dodatkom pomoćnog goriva. Dodatak vodonik-peroksida kao redukcionog sredstva ne utiče na koncentraciju fluorid-jona u apsorpcionom rastvoru, dok se koncentracija hlorid-jona povećava sa povećanjem koncentracije vodonik-peroksida do srednje ispitivane vrednosti. Statistička analiza je pokazala da vreme hlađenja bombe nakon sagorevanja uglja ne utiče na rastvaranje gasovitih jedinjenja fluora, a da se rastvorljivost jedinjenja hlora povećava sa povećanjem vremena hlađenja.

Na osnovu rezultata preliminarnih istraživanja, dobijenih frakcionisanim faktorijskim dizajnom izdvojeni su parametri koji su dodatno ispitani, u cilju optimizacije i utvrđivanja jedinstvene metodologije određivanja fluora i hlora u uglju metodom sagorevanja u atmosferi kiseonika. Izabrani parametri, pritisak kiseonika i zapremina pomoćnog goriva su ispitani primenom metodologije odgovora površine. Rezultati optimizacionih eksperimenata razmatrani su analizom grafika odgovora površine, procene regresionih koeficijenata i analize varijansi. Utvrđena je linearna zavisnost određivanja halogena u funkciji ispitivanih promenljivih, i to: za određivanje fluora u funkciji pritiska kiseonika, a za određivanje hlora u funkciji pritiska kiseonika i kvadratnog člana za uticaj pomoćnog goriva. Pošto su se optimalni uslovi za određivanje fluora i hlora razlikovali, definisan je grupni parametar - ukupni halogeni u uglju (TCX). Na osnovu rezultata optimizacionih eksperimenata, definisani su optimalni uslovi metode određivanja ukupnih halogena u uglju, i data je jednačina matematičkog modela, koja opisuje kako se procenat izdvojenih halogena iz uglja menja sa promenom pritiska kiseonika i zapremine dodatog pomoćnog goriva.

Validacija predložene metode za određivanje fluora i hlora sagorevanjem u kiseoničnoj bombi urađena je analizom internih referentnih uzoraka uglja i sertifikovanih referentnih ugljeva (BCR 460 i NIST 1632c). Procena (evaluacija) rezultata određivanja halogena u uglju sagorevanjem u kiseoničnoj bombi i primenom IC, izvršena je izračunavanjem statističkih pokazatelja. Tačnost je određena izračunavanjem relativne greške, a preciznost (reproduktivnost) izračunavanjem standardne devijacije i relativne standardne devijacije. Relativna greška kao mera tačnosti, ukazuje da se tačnost određivanja fluora predloženom metodom smanjuje sa povećanjem sadržaja fluora u uglju. Relativna standardna devijacija merenja je manja od 5,0 %, a procenat izdvojenog fluora u odnosu na referentnu vrednost je veći od 95 %, što znači da je određivanje fluora predloženom metodom precizno i reproduktivno. Tačnost određivanja hlora u uglju predloženom metodom je veća za niže sadržaje hlora u uglju. Sa povećanjem sadržaja hlora iznad 0,1 % opada tačnost određivanja, pošto se smanjuje i procenat izdvojenog hlora iz uglja u odnosu na njegov stvarni sadržaj. Sa povećanjem sadržaja hlora u uglju preciznost određivanja opada, što se zaključuje na osnovu povećanja vrednosti standardne devijacije. Relativna standardna devijacija određivanja hlora bila je manja od 6,0 %, a procenat izdvojenog hlora opada sa povećanjem sadržaja hlora u uglju.

Na osnovu koncentracije sulfat-jona u apsorpcionom rastvoru određen je sadržaj sumpora u uglju prema primenjenom frakcionisanom faktorijskom dizajnu. Na osnovu Pareto-grafika utvrđeno je da na određivanje sumpora u uglju sagorevanjem u kiseoničnoj bombi utiču katalizator, pomoćno gorivo, pritisak kiseonika i dodatak vodonik-peroksida u apsorpcioni rastvor. Statistički, na određivanje sumpora značajno utiču i interakcije drugog i trećeg reda. Na osnovu grafika glavnih efekata zaključeno je katalizator i bazna sredina (apsorpcioni rastvor NaOH) smanjuju izdvajanje i apsorpciju gasovitih jedinjenja sumpora, a da se izdvajanje sumpora tokom sagorevanja uglja povećava sa povećanjem pritiska i dodatkom pomoćnog goriva. Analizom rezultata optimizacionih eksperimenata, utvrđeno je da se procenat izdvojenog sumpora u funkciji pritiska kiseonika i zapremine pomoćnog goriva, matematički može opisati interakcijskom regresijom. Validacija predložene metode za određivanje sumpora je pokazala da je standardna devijacija merenja manja od 6 %, uz dobru ponovljivost.

Granica detekcije (*LOD*) i granica kvantifikacije (*LOQ*) je procenjena za metodu jonske hromatografije i standardnu devijaciju određivanja jona u mešovitom standardnom rastvoru najniže koncentracije. Utvrđeno je da su *LOD* i *LOQ* za: fluor 0,4 mg/kg i 1,26 mg/kg; hlor 0,84 mg/kg i 2,79 mg/kg; sumpor  $2,2 \cdot 10^{-5}$  % i  $7,2 \cdot 10^{-5}$  %.

Sagorevanje uglja u kiseoničnoj bombi kao metoda za pripremu uzorka je ispitana i za određivanje teških metala. Utvrđeno je da se Pb, Cu, Cd, Cr i Ni mogu analizirati na ovaj način, ali je potrebno detaljnije istraživanje, kako bi se utvrdili parametri koji utiču na sagorevanje uglja u cilju izdvajanja teških metala i odredili optimalni uslovi.

Sadržaj fluora i hlora je određen u uzorcima uglja iz basena Kolubare i Kostolca. Poređenje sadržaja fluora i hlora u uzorcima uglja sa ovih basena, pokazalo je da kolubarski basen ima nešto veći srednji sadržaj halogena u odnosu na kostolački ugalj. Sadržaj fluora u svim analiziranim realnim uzorcima je reda veličine svetskog proseka. Sadržaj hlora u uzorcima iz Kostolca je 2,5 puta manji u odnosu na sadržaj u uzorcima iz kolubarskog basena. Srednji sadržaj sumpora u uzorcima kostolačkog uglja je skoro dva puta veći u odnosu na sadržaj sumpora u uzorcima iz kolubarskog basena.

### C. Upporedna analiza rezultata kandidata sa rezultatima iz literature

Najveći broj metoda za analizu čvrstih supstanci podrazumeva prethodnu pripremu uzoraka, razaranjem čvrste matrice i prevođenje analita u rastvor. Jedan od osnovnih problema u određivanju halogenih elemenata u čvrstim uzorcima je izdvajanje ovih elemenata iz kompleksne matrice. Najveći broj predloženih metoda za određivanje halogenih elemenata u čvrstim uzorcima uključuje destilaciju, pirohidrolizu, alkalno topljenje, sagorevanje u otvorenim ili zatvorenim sistemima. Merenja iz rastvora se vrše spektrofotometrijskim, hromatografskim ili potenciometrijskim metodama. Mnoge od ovih metoda su kompleksne i dugotrajne, ne dovode do potpunog razaranja uzorka ili dolazi do gubitka supstance volatilizacijom usled neodgovarajuće temperature pri spaljivanju.

Sagorevanje u otvorenim sistemima podrazumevaju kontinualni protok kiseonika ili vazduha i povezano je sa pirohidrolitičkom metodom. Sagorevanje uzorka se vrši u aparaturi od kvarcnog stakla, pomoću plamenika ili u indukcionim pećima. Pirohidrolitička metoda za određivanje fluora u geološkim i biološkim uzorcima primenjena je u uslovima sagorevanja u atmosferi vazduha i upotrebom vanadijum(V)-oksida kao katalizatora (V.L. Dressler, D. Pozebon, E.L.M. Flores, J.N.G. Paniz, E.M.M. Flores, 2002, *Analytica Chimica Acta*, 466, 117). U radu je naznačeno da za analizu fluora u uglju nije potrebno koristiti katalizator tokom sagorevanja uglja, dok su rezultati u okviru ove disertacije pokazali da se primenom vanadijum(V)-oksida kao katalizatora smanjuje ekstrakcija halogena tokom sagorevanja, kao i da je za kvantitativnu ekstrakciju fluora potrebno ugalj sagorevati u atmosferi kiseonika. Za određivanje halogenih elemenata pirohidrolitičkim sagorevanjem, predložena je metoda sagorevanja u indukcionoj peći i uz mešanje uzorka uglja sa silicijum-dioksidom (B. Peng, D. Wu, J.Lai, H. Xiao, P.Li, 2012, *Fuel*, 94, 629). Autori su predložili metodu pirohidrolitičke pripreme uzoraka uglja, praćenu jon-hromatografskim određivanjem jona  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$  i  $I^-$  u apsorpcionom rastvoru. Validacija metode je urađena sertifikovanim uzorcima uglja, za koje je karakteristično da imaju za red veličine veći sadržaj fluora u odnosu na hlor. Istraživanja pirohidrolitičke metode koje je uradio kandidat, utvrđeno je da se u uslovima sagorevanja sa povećanom koncentracijom kiseonika, smanjuje koncentracija hlorid-jona u apsorpcionom rastvoru, pri čemu su istraživanja rađena sa sertifikovanim materijalima i realnim uzorcima u kojima su koncentracije fluora i hlora približne, ili je koncentracija hlora veća u odnosu na koncentraciju fluora.

Sagorevanje u zatvorenim sistemima, podrazumeva konstantan početni pritisak kiseonika i može se vršiti u kiseoničnoj bombi ili sagorevanjem pomoću mikrotalasa. Sagorevanje u kiseoničnoj bombi je primenjeno za određivanje halogena i/ili sumpora u uglju, otpadu i biološkim uzorcima. Sagorevanje se vrši uz početni pritisak kiseonika od 2.0 MPa do 3.4 MPa, uz dodatak pomoćnog goriva. Pojedini autori su u apsorpcioni rastvor dodavali hidrazin kao redukciono sredstvo, u cilju redukcije oxihalogen-jona do odgovarajućih halogenida. Koncentracija jona u apsorpcionom rastvoru, koji je slabo bazan, određivana je uglavnom pomoću jonske hromatografije (Y.S. Fung, K.L. Dao, 1995, *Analytica Chimica Acta* 315, 347; Y.S. Fung, K.L. Dao, 1996, *Analytica Chimica Acta*, 334, 51; H. Belavi, H. Mönh, 2000, *Analisis* 28, 988; M.A. Cortes-Pena, L.V. Perez-Arribas, M.E. Leon-Gonzalez, L.M. Polo-Diez, 2002, *Waste Management and Research*, 20, 302; G.B. Souza, E.N.V.M. Carrilho, C.V. Oliveira, A.R.A. Noqueira, J.A. Nobrega, 2002, *Spectrochimica Acta Part B*, 57, 2195). U istraživanjima u okviru ove disertacije, utvrđeno je da se sa povećanjem baznosti apsorpcionog rastvora smanjuje koncentracija halogen-jona u rastvoru i za apsorpciju

gasovitih jedinjenja koja se izdvajaju tokom sagorevanja uglja korišćena je destilovana voda. Utvrđeno je da se ekstrakcija halogenih elemenata, ali i sumpora, tokom sagorevanja uglja povećava dodatkom parafinskog ulja kao pomoćnog goriva. Kao redukciono sredstvo korišćen je rastvor vodonik-peroksida, umesto hidrazina koji je toksičan. Vodonik-peroksid je izabran i iz razloga što je i oksidaciono sredstvo, i pokazano je da povećanjem koncentracije peroksida u apsorpcionom rastvoru se povećava i koncentracija sulfat-jona. Rezultati istraživanja iz okvira ove disertacije ukazali su da se sa povećanjem početne koncentracije kiseonika povećava ekstrakcija fluora i sumpora, dok se kvantitativna ekstrakcija hlora ostvaruje i za niži početni pritisak kiseonika. Za određivanje halogenih elemenata u uglju predložena je u literaturi metoda za pripremu uzoraka uglja sagorevanjem pomoću mikrotalasa, praćena jon-hromatografskim merenjem koncentracije jona u apsorpcionom rastvoru (E.M.M. Flores, M.F. Mesko, D.P. Moraes, J.S.F. Pereira, P.A. Mello, J.S. Barin, G.Knapp, 2008, *Analytical Chemistry* 80, 1865). Poredeći granice detekcije metoda koju su predložili dati autori i one ustanovljene u okviru ove disertacije, uporedive su za hlor i fluor, a prednost metode izložene u ovom radu su njena jednostavnost i niži troškovi analize.

Rezultati istraživanja u okviru doktorske disertacije pokazuju značaj i kompleksnost utvrđivanja analitičke metodologije za određivanje halogenih elemenata u uglju. Primena statističkog pristupa u planiranju i izvođenju eksperimenata omogućila je da se sa relativno manjim brojem eksperimenata, uz istovremeno variranje ispita uticaj većeg broja promenljivih na sagorevanje uglja u atmosferi kiseonika i apsorpciju izdvojenih gasovitih jedinjenja. Definisanjem grupnog parametra - ukupni halogeni u uglju, omogućeno je određivanje optimalnih uslova za analizu halogena u uglju sagorevanjem u atmosferi kiseonika. Doprinos disertacije nije samo u razvoju analitičke metodologije za određivanje halogena u uglju, već i u sagledavanju značaja i uticaja halogena na životnu sredinu, kao posledica upotrebe uglja u industriji.

#### **D. Objavljeni ili saopšteni rezultati koji čine deo teze**

Deo istraživanja predstavljenih u okviru su publikovani u časopisima međunarodnog značaja i materijalima naučnih skupova, a spisak tih publikacija je sledeći:

*Rad u vrhunskom časopisu međunarodnog značaja (M21)*

1. **I. Sredović**, Lj. Rajaković, „Pyrohydrolytic determination of fluorine in coal: A chemometric approach”, *Journal of Hazardous Materials* 177(1-3) (2010) 445-451 (ISSN: 0304-3894, IF<sub>2010</sub>=3,723, Engineering, Environmental=6/45)

*Rad u časopisu međunarodnog značaja (M23)*

1. **I.D. Sredović Ignjatović**, A.E. Onjia, Lj.M. Ignjatović, Ž. Todorović, Lj.V. Rajaković, „Experimental Design Optimization of the Determination of Total Halogens in Coal by Combustion - Ion Chromatography”, *Analytical Letters*, rad prihvaćen za štampu, doi:10.1080/00032719.2015.1041029 (ISSN 0003-2719, IF<sub>2014</sub>=1,030, Chemistry, Analytical=58/74)

*Saopštenja na skupovima međunarodnog značaja štampani u izvodu (M34)*

1. **I. Sredović**, Đ. Čokeša, A. Onjia, Lj. Rajaković, „Use of experimental design in the optimisation of pyrohydrolytic extraction of fluorine from coal”, International Conference, *Extraction of the organic compounds*, ICEOC-2010, Voronezh, Book of abstracts, 152 (2010) (ISSN 2079-3510)
2. **I. Sredovic**, Dj. Cokesa, A. Onjia, Lj. Rajakovic, „Experimental design applied on pyrohydrolytic extraction of fluorine and chlorine from coal”, *Chemicke Listy* 106, s587-s1423 (2012) s1152. (ISSN 0009-2770)

*Saopštenja na skupovima nacionalnog značaja štampani u celini (M63)*

1. **I. Sredović Ignjatović**, A. Onjia, M. Rajković, Lj. Rajaković, „Primena frakcionog faktorijskog dizajna za određivanje fluora u uglju”, 6. *Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine* - EnviroChem 2013 sa međunarodnim učešćem, 21.-24. maj 2013., Vršac, Srbija, Knjiga izvoda, str. 66-67. (ISBN 978-86-7132-052-8)
2. **I. Sredović Ignjatović**, A. Onjia, Lj. Ignjatović, Lj. Rajaković, „Primena jonske hromatografije za određivanje fluora u uglju posle sagorevanja u kiseoničnoj bombi”, 6. *Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine* - EnviroChem 2013 sa međunarodnim učešćem, 21.-24. maj 2013, Vršac, Srbija, Knjiga izvoda, str. 212-213. (ISBN 978-86-7132-052-8)

## E. Zaključak

Na osnovu izložene analize doktorske disertacije mr Ivane D. Sredović Ignjatović, dipl. inž. tehnologije pod naslovom „**Razvoj metoda za analizu halogenih elemenata u čvrstim uzorcima u atmosferi kiseonika**” Komisija je došla do zaključka da je ona dala originalan i značajan naučni doprinos u oblasti analitičke hemije. Deo rezultata istraživanja iz oblasti disertacije kandidat je publikovao u vidu 2 rada (jedan u vrhunskom) i 4 saopštenja na međunarodnim i nacionalnim skupovima.

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata u okviru ove disertacije, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da prihvati ovaj Izveštaj i da ga zajedno sa podnetom disertacijom kandidata da na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu, te da, nakon završetka ovog postupka, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije, pred Komisijom u istom sastavu.

Beograd, 16.07.2015.

## ČLANOVI KOMISIJE

---

Dr Ljubinka Rajković, redovni profesor  
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

---

Dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni profesor  
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

---

Dr Antonije Onjia, naučni savetnik,  
Institut za nuklearne nauke Vinča, Univerzitet u Beogradu

---

Dr Miloš B. Rajković, redovni profesor  
Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu