

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, održanoj 29.03.2012. godine, određeni smo za članove komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Nureddin A.A Ben Issa, pod naslovom:

**RAZVOJ I PRIMENA HIBRIDNIH SORBENATA ZA ODREĐIVANJE I
SELEKTIVNO UKLANJANJE ARSENA(III) I ARSENA(V) IZ VODE**

Posle pregleda doktorske disertacije, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

**IZVEŠTAJ
o urađenoj doktorskoj disertaciji**

1. UVOD

Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija kandidata mr Nureddin A.A Ben Issa-e, magistra tehnologije, pod naslovom: „Razvoj i primena hibridnih sorbenata za određivanje i selektivno uklanjanje arsena(III) i arsena(V) iz vode”, napisana je na engleskom jeziku i sadrži 101 stranu, 24 slike, 34 tabele i 159 literaturnih navoda. Disertacija ima uobičajenu strukturu i sadržaj: *Izvod* (na srpskom i engleskom jeziku), *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak*, *Literatura* i *Prilozi*. Po formi i sadržaju podneta doktorska disertacija zadovoljava sve standarde za doktorsku disertaciju.

Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 24.04.2008. godine - sednica Nastavno-naučnog Veća Tehnološko-metalurškog fakulteta na kojoj je doneta odluka o odobravanju predloga teme doktorske disertacije mr Nureddin A.A Ben Issa-e, pod nazivom: „Razvoj i primena hibridnih sorbenata za određivanje i selektivno uklanjanje arsena(III) i arsena(V) iz vode”; za mentora ove doktorske disertacije je imenovana prof. dr Ljubinka Rajaković.
- 16.05.2008. godine - sednica Stručnog veća za hemijsku tehnologiju, hemijsko inženjerstvo, biohemijsko inženjerstvo i metalurgiju (Univerzitet u Beogradu), na kojoj je data saglasnost na predloga teme doktorske disertacije mr Nureddin A.A Ben Issa-e, pod nazivom: „Razvoj i primena hibridnih sorbenata za određivanje i selektivno uklanjanje arsena(III) i arsena(V) iz vode”.
- 29.03.2012. godine - sednica Nastavno-naučnog Veća Tehnološko-metalurškog fakulteta na kojoj je doneta odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Nureddin A.A Ben Issa-e.

Mesto disertacije u naučnoj oblasti

Istraživanja u okviru ove disertacije spadaju u naučnu oblast hemije i hemijske tehnologije, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Biografski podaci o kandidatu

Mr Nureddin A.A Ben Issa, rođen je 06. 01. 1966. godine u Tripoliju. Diplomirao je na Hemijskom fakultetu (Elfateh University) u Tripoliju, 1990. godine. Magistarske studije upisao je 2001. godine na TMF-u, Univerziteta u Beogradu, na Katedri za organsku hemiju. Magistarsku tezu pod nazivom: „Sinteza i karakterizacija 1,5-diazido-3-nitrazo petana”, odbranio je 15.09.2003. Od 1992. godine zaposlen je u laboratoriji za kontrolu kvaliteta u

Tripoliju. Od maja 2008. godine boravi sa porodicom, suprugom i troje dece, u Beogradu gde na TMF-u Beograd radi doktorsku disertaciju. Govori engleski.

2. OPIS DISERTACIJE

Struktura i sadržaj disertacije

Doktorska disertacija mr Nureddin A.A Ben Issa sadrži sedam celina: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultate i diskusiju*, *Zaključak*, *Literaturu* i *Priloge*, kao i izvode na srpskom (jer je rad napisan na engleskom jeziku) i engleskom.

Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

I. U uvodnom delu definisani su glavni ciljevi disertacije, objekti istraživanja i doprinosi disertacije. Cilj izrade disertacije je razvoj i primena hibridnih smola kao sorbenata za selektivno uklanjanje, vezivanje arsenovih vrsta s krajnjim ciljem da se analitički odrede pojedine vrste i oblici arsena u vodi. Objekt ispitivanja su arsenove vrste rastvorne i prisutne u prirodnoj vodi, a to su pre svega neorganska jedinjenja arsena, iAs, arseniti As(III) i arsenati As(V) čije je prisustvo preovlađujuće u prirodnim vodama. Pored iAs analizirane su i organske vrste arsena, oAs, koje su prisutne u tragovima u vodi i to u obliku monometilarsenove, MMAs(V) i dimetilarsenove kiseline, DMAs(V). U okviru postavljenih zadataka, u cilju selektivnog razdvajanja arsenovih vrsta, ispitana je efikasnost tri tipa smola: jako bazna anjonska smola (SBAE) i dve hibridne (HY): HY-Fe koja integriše sorpcionu aktivnost hidratisanog gvožđe oksida, HFO, sa anjonsko-izmenjivačkom funkcijom i HY-AgCl koja integriše efekte hemijske reakcije sa sa anjonsko-izmenjivačkom funkcijom. Ispitivanja su vršena u šaržnom i protočnom (kolona s nepokretnim slojem) sistemu. Najvažniji doprinos ostvaren u izradi ove teze je razvoj tri nove analitičke metode za razdvajanje i određivanje arsenovih vrsta u vodi.

II. Teorijski deo se sastoji od pet poglavlja: 1) Hemija arsena, 2) Specije (vrste) arsena u vodi, 3) Evaluacija rezultata merenja, 4) Pregled radova u kojima su vršena ispitivanja pojedinih vrsta (specija) arsena, i 5) Teorijski pristupi u analizi jonske izmene i adsorpcije arsena iz vode u šaržnom i protočnom sistemu.

Arsen (*greek: arsen = muški*) je sinonim za toksičnost. Istraživanja arsena u nauci, medicini i tehnologiji uvek su u znaku štetnog i toksičnog dejstva arsena na živa bića. Od izolacije, od strane Alberta Magnusa, 1250. godine arsen ne prestaje da bude u centru kontraverznih otkrića. Rangiran je kao dvadeseti element u prirodnim materijalima Zemlje. Na osnovu pregleda naučne i stručne literature sagledano je da arsen i arsenova jedinjenja u vodi uzrokuju mnogobrojne ekološke probleme. Utvrđivanje tačne koncentracije, oblika (organskih i neorganskih jedinjenja arsena), valentnosti (trovalentan, petovalentan) predstavlja problem vezan za analitička ispitivanja, a uklanjanje arsena iz vode u svim oblicima predstavlja problem vezan za komunalno snabdevanje vodom za piće i ekološko inženjerstvo. Sadržaj arsena u vodi (podzemnim vodama, vodi za piće i otpadnim vodama) se mora pratiti i kontrolisati. Ukoliko je sadržaj arsena veći od maksimalno dozvoljenih koncentracija koje su za svaki tip vode propisane, koncentracija arsena se mora smanjiti. U zavisnosti od prisustva arsena u vodi (organska ili neorganska jedinjenja, molekulski ili jonski oblici, trovalentni ili petovalentni arsen) za uklanjanje arsena primenjuju se različiti fizičko-hemijski postupci. U zavisnosti od prisustva arsena u uzorcima i u zavisnosti od koncentracije u okviru ove teze utvrđena je celokupna metodologija određivanja arsena od uzorkovanja do evaluacije rezultata. Proučene su, teorijski i eksperimentalno ispitane mogućnosti uklanjanja arsena(III) i arsena(V) iz vodenih rastvora primenom postupaka jonske izmene i sorpcije. Posebno je ispitana efikasnost hibridnih smola i hibridnih sorbenata, komercijalnih i sintetizovanih u laboratorijskim uslovima. To su materijali i postupci kojima se arsen može ukloniti do ispod 5 µg/L.

III. Eksperimentalni deo se sastoji iz dva dela: 1) Aparati, reagensi, materijali i 2) Analitičke metode i instrumenti za određivanje arsena u vodi.

U sklopu istaknutih zadataka i ciljeva, eksperimentalni deo rada bio je fokusiran na:

- I) razdvajanje As(III) i As(V) vrsta (u cilju određivanja obe ove vrste čije prisustvo preovlađuje u prirodnim vodama) i
- II) sakupljanje, pretkoncentrisanje i uklanjanje svih arsenovih vrsta u vodi.

Primenom ovih metoda razvijena je jedinstvena metodologija određivanja različitih vrsta arsena u vodi za pripremu i preliminarnu obradu vode koja daje pouzdane i reproduktivne rezultate merenja.

U eksperimentalnom delu je proučena i ispitana efikasnost vezivanja arsena u šaržnom i protočnom sistemu; ispitana je zavisnost kapaciteta smole od pH vrednosti vode, vremena kontakta, ulazne koncentracija arsena i mase jonoizmenjivačkih smola i sorbenata. Pored eksperimenata koji će ukazati na efekte vezivanja arsena, koncipirani su eksperimenti koji će ukazati na efekat dejonizacije (uklanjanja arsena sa jonoizmenjivačke smole) i regeneracija smole. Analiza interferentnih, ometajućih anjona koji su karakteristični za prirodne vode je pokazala da se njihov uticaj na određivanje arsena predloženim metodama može zanemariti.

Za određivanja arsena u vodi primenjena je metode: ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry*) osetljivosti od 0,01 do 1 µg/L arsena u vodi, a pored ove osnovne izvršena je komparativna analiza arsena metodama: atomske apsorpcione spektrometrije AAS-GF (postupak sa grafitnom kivetom, *Graphite Furnace-AAS*), AAS-GH ili CV-AAS (postupak generisanja hladnih para hidrida, *Hydride Generation/Cold Vapour*) maksimalne osetljivosti 1 mg/L. Primenom standardnih analitičkih postupaka (pripremom standardnih rastvora, analizom sertifikovanih referentnih materijala i metodom standardnog dodatka) izvršena je verifikacija rezultata. ICP-MS merenja imala su detekcioni limit 0,2 µg/L i relativnu standardnu devijaciju (RSD) za sve ispitivane arsenove vrste u opsegu od 3,5 do 5,1 %.

IV. Rezultati i diskusija, deo u kome su prikazani najvažniji rezultati ispitivanja podeljeno je pregledno na sedam posebnih poglavlja: 1) Preliminarna ispitivanja jonske izmene i sorpcije arsena u šaržnom sistemu, 2) Preliminarna ispitivanja jonske izmene i sorpcije u protočnom sistemu, 3) Koncentrisanje, razdvajanje i određivanje oblika arsena (iAs i oAs) u protočnom sistemu na jonoizmenjivačkim i hibridnim smolama sa standardnim model rastvorima arsena, 4) Uticaj interferentnih materija na analitičko određivanje specija arsena; 5) Efekat temperature na određivanje i razdvajanje specija arsena u vodi; 6) Analitičke karakteristike novih metoda za pretkoncentrisanje; 7) razdvajanje i određivanje oblika arsena u realnim uzorcima, vodi za piće i rečnoj vodi.

U okviru ovog poglavlja predstavljeni su najvažniji rezultati istraživanja, kao i mogućnosti primene tri nove metode za razdvajanje vrsta arsena u vodi.

Prva metoda predstavlja jednostavnu metodu za razdvajanje i određivanje iAs vrsta u prirodnim vodama i vodi za piće, što je i bio glavni zadatak u tezi. Definisani su postupci za pripremu uzoraka, za razdvajanje As(III) i As(V) vrsta, i za pretkoncentrisanje ukupnog sadržaja neorganskog arsena, iAs u protočnom sistemu, u koloni s nepokretnim slojem sorbenta. Ispitane su dve vrste smole: SBAE i HY-Fe. Definisani su i analizirani svi parametri šaržnog i protočnog sistema koji imaju najveći uticaj na jonsku izmenu i sorpciju arsena. Kiselost vode, koja igra vrlo važnu ulogu i u kontroli i prisustvu jonskih i molekulskih vrsta arsena u vodi, predstavlja važan faktor i za razdvajanje iAs arsena u vodi: podešavanjem pH vrednosti na vrednosti manje od 8,00, ostvaruje se mogućnost razdvajanja As(III) i As(V) vrsta: As(V) vrste se zadržavaju jer se nalaze u jonskom obliku, a As(III)

vrste prolaze kroz kolonu bez zadržavanja jer se nalaze u molekulskom obliku. Sorpciona aktivnost čestica HFO integrisanih u HY-Fe smolu bila je pogodna za vezivanje, koncentrisanje, svih vrsta arsena u vodi u širokom opsehu pH vrednosti od 5,00 do 11,00. Kapaciteti smola u protočnom sistemu računati su do tačke proboja i pri pH vrednosti 7,50. Utvrđeno je da SBAE smola vezuje 370 µg/g As(V). HY-Fe smola vezuje 4,150 µg/g As(III) i 3,500 µg/g As(V). Ovi veliki kapaciteti smola predstavljaju prednost za razvoj i primenu dva postupka, jednog za razdvajanje i određivanje As(III) vrsta, sa SBAE smolom, drugi za koncentrisanje i određivanje ukupnog arsena u vodi (s HY-Fe smolom). Analitički parametri i karakteristike metode za razdvajanje i određivanje iAs vrsta u vodi su definisani: granica detekcije, LoD iznosi 0,24 µg/L, granica kvantifikacije, LoQ iznosi 0,80 µg/L, a relativna standardna devijacija, RSD %, za uzorke vode koji sadrže arsen od 10,00 do 300,0 µg/L ima vrednost u opsegu od 1,1 do 5,8 %.

Druga metoda predstavlja takođe jednostavnu i efikasnu metodu za razdvajanje i određivanje iAs i oAs vrsta u prirodnim vodama, vodi za piće i otpadnim vodama.

Ispitane su tri vrste smole: SBAE, HY-Fe and HY-AgCl. Kvantitativno razdvajanje molekulskih i jonskih vrsta iAs i oAs je ostvareno na SBAE podešavanjem pH vrednosti vode, molekulski oblici As(III) koji su prisutni u vodi na pH vrednostima nižim od 8 ne vezuju se za SBAE smolu što je iskorišćeno za direktno određivanje As(III) koncentracije u efluentu. HY-Fe smola je pogodna za razdvajanje DMAs(V) od svih drugih vrsta arsena, sve arsenove vrste osim DMAs(V) zadržavaju se na smoli. Smola ima veliki kapacitet za arsenove vrste, 9000 µg/g. Selektivnost HY-Fe smole iskorišćena je za direktno određivanje DMAs(VI) koncentracije u efluentu. HY-AgCl smola zadržava sve iAs vrste, a propušta oAs vrste što je pogodno za direktno određivanje koncentracije oAs u efluentu. Selektivno vezivanje arsenovih vrsta na tri tipa smola omogućilo je razvoj postupaka za merenje i proračun svih vrsta arsena u vodi.

Treća metoda je jednostavna i efikasna metoda za razdvajanje i određivanje dimetilarsena, DMAs(V). Ispitane su dve smole: SBAE i HY-Fe. Jednostavnim podešavanjem pH vrednosti vode na pH 7,00, ostvareno je da DMAs(V) kvantitativno prolazi kroz kolonu sa HY-Fe bez ikakve promene u strukturi i koncentraciji. Druge arsenove vrste [neorganski arsen i monometilarsen, MMAs(V)] se vezuju kvantitativno za smolu. Kapacitet smole je veliki, smola vezuje 4150 µg/g As(III), 3500 µg/g As(V) i 1500 µg/g MMAs(V). Adsorpcija arsena neometana je od strane nečistoća ili od strane anjona koji se uobičajeno nalaze u vodi. DMAs(V) je određen u efluentu merenjem na ICP-MS-u. Detekcioni limit je bio 0,03 µg/L, a relativna standardna devijacija, RSD je bila u opsegu od 1,1 do 7,5 %.

Na osnovu prikazanih rezultata izveden je *Zaključak* u kome su koncizno izneti postignuti rezultati u istraživanju koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije.

Na kraju rada je dat spisak korišćene literature i prilozi.

OCENA DISERTACIJE

Savremenost, originalnost i značaj

Rezultati doktorske disertacije mr Nureddin A.A Ben Issa pružaju značajan doprinos razvoju i primeni savremenih analitičkih metoda, za potrebe analize i kontrole kvaliteta vode. Postignuti su originalni rezultati u oblasti koncentrisanja, razdvajanja i određivanja vrsta arsena u vodi. Razvijene su tri originalne metode, te se naučni doprinos ove doktorske disertacije ogleda se, pre svega, u razradi, utvrđivanju i verifikaciji te tri metode koje se mogu uspešno primeniti za određivanje sadržaja arsenovih vrsta u vodi. Metode i postupci za

pripremu uzoraka vode mogu se primeniti u analizi realnih uzoraka vode, od vode za piće do otpadnih voda zagađenih arsenovim jedinjenjima.

Naučni cilj doktorske disertacije bio je usmeren je na proučavanje metoda koje omogućuju selektivno određivanje pojedinačnog sadržaja arsenovih jedinjenja. Za razdvajanje neorganskih vrsta, arsena(III) i arsena(V) predložena je metoda zasnovana na efikasnosti jako bazne anjonske jonoizmenjivačke smole. Za razdvajanje iAs i oAs predložena je metoda zasnovana na primeni hibridne smole s srebro-hloridom kao aktivnom komponentom. Razvijena je jedinstvena metodologije koja je dala pouzdane i reproduktivne rezultate za razdvajanje i određivanje svih arsenovih jedinjenja u vodi.

Pored rada na razvoju metodologije određivanja svih vrsta arsenovih jedinjenja u prirodnoj vodi istraživanja su bila posvećena razvoju metoda i postupaka za uklanjanje arsena iz vode. Utvrđivanje optimalnog postupka za prečišćavanje vode od arsena predstavlja doprinos kojim se proširuje mogućnost uklanjanja arsena iz vode. U zavisnosti od prisustva arsena u vodi (organska ili neorganska jedinjenja, molekulski i jonski oblici, valentnost) i u zavisnosti od koncentracije arsena u vodi, u radu je utvrđen najefikasniji postupak za uklanjanje arsena iz vode. Poseban naglasak dat je sistemu za multifunkcionalno prečišćavanje svih zagađujućih supstanci postupkom koji objedinjuje hemijske i fizičke procese (filtraciju, jonsku izmenu, adsorpciju i hemisorpciju).

Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Najveći broj rezultata do kojih se došlo tokom ovih ispitivanja u velikoj meri se poklapao sa rezultatima ispitivanja koja su nedavno izvršena i objavljena u prestižnim naučnim časopisima: *Analytica Chimica Acta*, *The Analyst*, *Talanta*, što ukazuje na to da je analiza tragova arsena i analiza pojedinih vrsta arsena u vodi izuzetno značajan problem kome se pridaje veliki značaj. Od radova u kojima su navedeni rezultati koji su inspirisali izradu ove disertacije treba navesti samo neke: 1) K.A. Francesconi, D.Kuehnelt, *Analyst* 129 (2004) 373-395; 2) P.L. Smedley, D.G. Kinniburgh, *Appl. Geochem.* 17 (2002) 517-568; i 3) C. Xiong, M.He, B.Hu, *Talanta* 76 (2008) 772-779.

Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

Naučne metode korišćene u istraživanju i opisane u ovoj doktorskoj disertaciji primenjene su za razvoj novih metoda pripreme uzoraka vode s ciljem da se arsenova jedinjenja razdvoje i analitički odrede. Navedene metode su zasnovane na teorijskom i eksperimentalnom proučavanju fizičko-hemijskih procesa u vodi, koji utiču na hemijski sastav i hemijske oblike iAs i oAs. U radu su primenjene trenutno najosetljivije metode (osetljivosti na ppb i ppt sadržaje arsena) za određivanje ukupnog arsena (ICP-MS, AAS-GH, AAS-GF). Doprinos disertacije može se sagledati u pronalasku najefikasnijeg postupka i metoda za pripremu uzorka, za razdvajanje arsenovih vrsta pre određivanja, jer trenutno raspoložive tehnike omogućuju određivanje samo ukupnog sadržaja arsena. U disertaciji su primenjene sledeće metode i tehnike:

- metode indukovano spregnute plazme sa masenom spektrometrijom (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*, ICP-MS) za analizu svih arsenovih oblika, ali uvek samo za određivanje ukupan sadržaj arsena (bez mogućnosti prepoznavanja arsenovih oblika);
- metoda jonske hromatografije (*ion chromatography*, IC) za analizu i određivanje neorganskih anjona u vodi koji mogu da utiču na određivanje arsena u vodi (hlorida, sulfata, fosfata, bikarbonata);
- elektroanalitičke metode za merenja pH vrednosti (potenciometrija).

Naučne metode korišćene su za ispitivanje kvaliteta procesa jonske izmene i sorpcije kao i za određivanje sadržaja arsena pre i posle propuštanja rastvora kroz ispitivane materijale za razdvajanje, vezivanje, i koncentrisanja tragova arsena u vodi. Navedene analitičke metode su savremene i adekvatne za primenu u sprovedenom istraživanju.

Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Ovom doktorskom disertacijom postignut je naučni doprinos u razvoju i razradi tri metode za pripremu uzoraka vode u cilju razdvajanja i određivanje arsenovih oblika u vodi. Razvijene su tri originalne metode. Stručni i praktični doprinos rada je rešavanje problema analize tragova i analize pojedinih, karakterističnih oblika arsena u vodi. Određivanje pojedinih oblika arsena u vodi je bitno sa medicinskog, ekološkog, hemijskog i toksikološkog aspekta. Pojedini oblici arsena imaju različitu toksičnost, prepoznavanje tih oblika i analitičko određivanje ima izuzetan značaj.

Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat je tokom izrade doktorske disertacije ispoljio izuzetnu naučno-istraživačku sposobnost za samostalni naučni rad. Sistematičnost u koncipiranju rada, pripremi i vođenju eksperimenata, kao i u analizi postignutih rezultata, ukazuju na to da kandidat mr Nureddin A.A Ben Issa poseduje sposobnost i kvalitet koji su potrebni za samostalni naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Krajnji rezultat ove doktorske disertacije ima dvostruki značaj:

- naučni, jer je osnova celog rada bila razvoj novih metoda, novih postupaka u okviru analitičke hemije, sa posebnim akcentom na razvoj metoda za pripremu uzoraka vode u cilju razdvajanja arsenovih oblika na aktivnim hibridnim smolama tako da se neorganski i organski oblici mogu precizno odrediti ICP-MS metodom;
- praktični, jer predložene metode i postupci mogu da budu primenjene za analizu arsenovih oblika u realnim uzorcima vode, od vode za piće do otpadnih voda.

Kritička analiza rezultata istraživanja

Tokom eksperimentalnog rada kandidat je ukazao na teškoće modifikacije komercijalnih smola u hibridne koje moraju da poseduju homogenost, uniformni raspored aktivne supstance i efikasnost u toku šaržnog i protočnog sistema kojim se neke od arsenovih vrsta potpuno vezuju, a neke nepromenjene propuštaju. Ostvareni doprinosi u ovoj doktorskoj disertaciji svakako mogu označiti početak praktične primene selektivnih hibridnih smole čime se otvara mogućnost razdvajanja preciznog određivanje svih relativatnih arsenovih oblika u prirodnim vodama.

Očekivana primena rezultata u praksi

Standardne, rutinske analize kvaliteta vode ne obuhvataju analizu arsena u vodi. Ako se u nekim specifičnim slučajevima proverava prisustvo arsena, određuje se samo ukupna koncentracija arsena. Saznanja o različitoj toksičnosti arsenovih jedinjenja utiču na zakonsku regulativu i na zahteve da se analiza arsena vrši diferencirano, da se odrede svi oblici arsena u vodi. To se posebno odnosi na zemlje u svetu i u Evropi koje sadrže arsen u podzemnim vodama. Na površini i obodu nekadašnjeg Panonskog mora podzemne vode sadrže visoke koncentracije arsena. MDK arsena za vodu za piće, koju propisuje WHO, iznosi 10 µg/L. U našoj zemlji, u regionu Vojvodine, koncentracija arsena u nekim izvorima premašuju vrednosti od 100 µg/L. Razvoj novih metoda koje omogućuju određivanje oblika i vrsta arsena proširuje mogućnosti i izbor optimalne metode za praktična određivanja arsena u analitičkim laboratorijama.

Objavljeni naučni radovi i saopštenja koji čine deo doktorske disertacije

Deo rezultata iz doktorske disertacije kandidat je prezentovao naučnoj javnosti u zemlji i inostranstvu publikovanjem dva rada u istaknutom časopisu međunarodnog značaja (M21) i jednog rada u časopisu međunarodnog značaja (M23), tri rada saopštena na naučnom skupu međunarodnog značaja štampana u izvodu (M34), jedan rad saopšten na skupu nacionalnog značaja štampan u celini (M63).

M21 – Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. **N.B.Issa**, V.N.Rajaković-Ognjanović, B.M.Jovanović, Lj.V.Rajaković, Determination of Inorganic Arsenic Species in Natural Waters-Benefits of Separation and Preconcentration on Ion Exchange and Hybrid Resins, *Anal. Chim. Acta*, 673 (2010) 185-193, ISSN 0003-2670, IF(2010) 4,311
2. **N.B. Issa**, V.N. Rajaković-Ognjanović, A. Marinković, Lj.V.Rajaković, Separation and Determination of Arsenic Species in Water by Selective Exchange and Hybrid Resins, *Anal. Chim. Acta*, 706 (2011) 191-198, ISSN 0003-2670 IF(2011) 4,555

M23 - Rad u međunarodnom časopisu

1. **N. Ben Issa**, A. D. Marinković, Lj.V.Rajaković, Separation and determination of dimethylarsenate in natural waters, *J. Serb. Chem. Soc.* 77 (6) 775-788 (2012), ISSN 0352-5139 IF(2011) 0,879

M34 – Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu

1. **N.B.Issa**, Lj.Rajaković, Efficiency of ion exchange resins for arsenic removal from water, European Conference on Analytical Chemistry, Euroanalysis, Innsbruck, 2009, P079-B2
2. B. Jovanović, **N.B. Issa**, V. Vukašinović, Lj.V. Rajaković, Removal of arsenic from water by solid phase extraction based on natural, chemicaly modified, synthetic and waste materials, International Conference, Extraction of the organic compounds, ICEOC-2010, Voronezh, Book of abstracts, 181 (2010)
3. Lj.V.Rajaković, **N.B.Issa**, V.N.Rajaković-Ognjanović, Y.I.Korenman: Separation and Determination of Arsenic Species in Water by Selective Hybrid Resins, European Conference on Analytical Chemistry, Euroanalysis, Belgrade, 2011, Poster SC05

M63- Saopštenja sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini

1. **N.B.Issa**, B.Jovanović, Lj.V.Rajaković, Novi jonoizmenjivačko-sorpcioni postupak za uklanjanje arsena iz vode, Međunarodna konferencija: Otpadne vode, komunalni čvrsti i opasan otpad, Zlatibor, Zbornik radova, 34-38 (2009)

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega iznetog Komisija smatra da urađena doktorska disertacija mr Nureddin A.A Ben Issa, pod nazivom: „Razvoj i primena hibridnih sorbenata za određivanje i selektivno uklanjanje arsena(III) i arsena(V) iz vode”, napisana na engleskim jeziku, predstavlja originalni naučni i stručni doprinos u oblasti razvoja savremenih analitičkih metoda za određivanje arsena i arsenovih vrsta u vodi. Ovom doktorskom disertacijom kandidat je dao značajan naučni doprinos u oblasti hemije i hemijske tehnologije, što je potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja i saopštenjima na međunarodnim i domaćim konferencijama.

Komisija smatra da urađena doktorska disertacija kandidata mr Nureddin A.A Ben Issa, pod nazivom: „Razvoj i primena hibridnih sorbenata za određivanje i selektivno uklanjanje arsena(III) i arsena(V) iz vode” u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume i da je kandidat ispoljio izuzetnu naučno-istraživačku sposobnost u svim fazama izrade ove disertacije.

Predlog Komisije Nastavno-naučnom veću

Na osnovu kvaliteta i značaja postignutih rezultata, Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, da prihvati ovaj Izveštaj i da ga zajedno sa podnetom doktorskom disertacijom mr Nureddin A.A Ben Issa, učini dostupnim javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da nakon završetka ove procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

Beograd, 28.06.2012. god.

Članovi Komisije:

1. Dr Ljubinka Rajaković, red. prof. TMF-a Beograd

2. Dr Slavica Stevanović, red. prof. TMF-a Beograd

3. Dr Mirjana Ristić, van. prof. TMF-a Beograd

4. Dr Aleksandra Perić-Grujić, van. prof. TMF-a Beograd

5. Dr Antonije Onjia, naučni savetnik, INN VINČA
