

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO – METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, održanoj 29.11.2012. godine, određeni smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije kandidata mr Maje D Gajić-Kvašček, dipl. fizičara pod naslovom **„Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika”**.

Posle pregleda doktorske disertacije Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

o urađenoj doktorskoj disertaciji

1. UVOD

1.1. Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija pod naslovom **„Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika“**, kandidata mr Maje Gajić-Kvašček, dipl. fizičara, napisana je na 177 strana, sadrži 39 slika, 24 tabele i 104 literaturna navoda. Sadržaj teze ima uobičajenu strukturu: Rezime (na srpskom i engleskom jeziku), Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura i Prilozi.

1.2. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

21.06.2012. godine – kandidat je prijavio doktorsku disertaciju pod naslovom **„Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika“** i Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta je imenovalo Komisiju za ocenu naučne zasnovanosti i prihvatanje teme doktorske disertacije u sastavu prof. dr Radmila Jančić-Heinemann, prof. dr Radoslav Aleksić, prof. dr Viktor Pocajt, prof. dr Željko Đurović i prof. dr Boris Lončar.

20.09.2012. godine – na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o prihvatanju predloga teme doktorske disertacije mr Maje Gajić-Kvašček, dipl. fizičara, pod naslovom **„Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika“**, a za mentora je imenovana dr Radmila Jančić-Heinemann, vanredni profesor TMF.

22.10.2012. godine – na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Maje Gajić-Kvašček, dipl. fizičara, pod naslovom **„Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika“**.

29.11.2012. godine – na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Maje Gajić-Kvašček, dipl. fizičara, pod naslovom **„Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika“**, u sastavu prof. dr Radmila Jančić-

Heinemann (mentor), prof. dr Radoslav Aleksić, prof. dr Viktor Pocajt, prof. dr Željko Đurović i prof. dr Boris Lončar.

1.3. Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

1.4 Biografski podaci o kandidatu

Kandidat mr Maja Gajić-Kvašček, rođena je 28.04.1973. godine u Požarevcu. Osnovno i srednje obrazovanje završila je u Velikom Gradištu. Fizički fakultet u Beogradu upisala je školske 1991/92. godine. Diplomski rad odbranila je 1997. godine sa ocenom 10 i stekla zvanje: diplomirani fizičar. Fizički fakultet je završila sa prosečnom ocenom 8,68. Poslediplomske studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu upisala je školske 1997/98. godine. Magistarski rad pod naslovom: "Mehanizam električnog proboja gasova u okolini Pašenovog minimuma" odbranila je 14.02.2003. godine i time stekla akademsko zvanje magistra elektrotehničkih nauka za oblast elektrotehničkih materijala i tehnologija.

Od 1998-2000. godine bila je stipendista Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije. To vreme bila je angažovana i kao asisitent-pripravnik za izvođenje nastave na Elektrotehničkom fakultetu. Školske 2000/2001 godine bila je zaposlena kao asistent-pripravnik na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu na katedri za fiziku. Od aprila 2001. godina zaposlena je u institutu za nuklearne nauke "Vinča" u laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita". U laboratoriji je bila raspoređena na poslovima u okviru grupe za kontrolu okoline.

Od 1998. godine bila je angažovana na različitim projektima osnovnih i tehnoloških istraživanja koje je finansiralo Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije: 11M01E1-Štednja energije kroz tribologiju, koji se realizovao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, pod rukovodstvom prof dr Miodraga Zlatanovića, 2016-"Fizika zaštite od zračenja", rukovodilac prof dr Marko Ninković, 1985-"Istraživanje i razvoj postupaka i materijala u obradi radioaktivnog i opasnog otpada i procena opasnosti po okolinu", rukovodilac dr Ilija Plećaš, 2007. godine raspoređena je na aktivnosti za realizaciji projekta VIND-Vinca Institute Nuclear Decommissioning Program, koji se realizuje uz tehničku i ekspertsku podršku MAAE (IAEA), u 2010. godini angažovana je na projektu osnovnih istraživanja 142050- "Istraživanje hemijskih i fizičkih fenomena u obradi radioaktivnog i opasnog otpada", rukovodilac dr Ilija Plećaš i u tekućem projektnom ciklusu angažovana je na dva projekta TR 37021- Ispitivanje i verifikacija metoda za multidisciplinarne forničke analize u funkciji neprolifracije OMU, kojim rukovodi dr Tatjana Maksin i III 43009 – Nove tehnologije za monitoring i zaštitu životnog okruženja od štetnih hemijskih supstanci i radijacionog opterećenja, kojim rukovodi dr Antonije Onjia. U 2008. godini učestvovala je, kao lice odgovorno za obezbeđenje kvaliteta, u realizaciji projekta "Sistem rane najave radijacionog akcidenta", čiji je rukovodilac dr Milan Orlić, iste godine rukovodila je dvema aktivnostima na projektu "Preuzimanje radijuma-226 iz Instituta za onkologiju i radiologiju Srbije, njegov transport, kondicioniranje i skladištenje u Institutu "Vinča"", rukovodilac dr Milan Orlić, a koji je finansiralo Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije.

Od 01.03.2011. godine zaposlena je Laboratoriji za hemijsku dinamiku i permanentno obrazovanje u Institutu u Vinči i angažovana na aktivnostima vezanim za izučavanje predmeta kulturnog nasleđa.

U 2007. godini bila je stipendista IAEA, koja je realizovana u IAEA Laboratory, Seibersdorf, Wien.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Struktura i sadržaj disertacije

Doktorska disertacija mr Maje Gajić-Kvašček sadrži sledeća poglavlja: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Određivanje porekla arheološke keramike, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura i Prilozi. Na početku disertacije dat je Rezime na srpskom i engleskom jeziku.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U uvodnom delu predstavljeni su trendovi savremenih istraživanja čiji je predmet izučavanje i zaštita predmeta kulturnog nasleđa. Poseban akcenat stavljen je na multidisciplinarni karakter ovakvih istraživanja. Detaljno su predloženi savremeni svetski trendovi, a povučena je i paralela sa domaćim istraživanjima. Takođe, u uvodnom delu jasno su predstavljeni ciljevi ove doktorske disertacije.

Teorijski deo doktorske disertacije podeljen je na tri poglavlja: Izučavanje keramičkih predmeta u arheometrijskom kontekstu, Nedestruktivne i petrografske metode karakterizacije keramičkih predmeta i Metode prepoznavanja obeležja primenjene u arheometrijskim istraživanjima. U prvom poglavlju prikazani su različiti arheometrijski pristupi izučavanju keramičkih predmeta kulturnog nasleđa u svetlu njihovog neprocenjivog značaja koji potiče od sledećih svojstava: keramički artefakti su najbrojniji materijal na arheološkim lokalitetima i kao materijal-što se tiče sastava i svojstava, ovi predmeti imaju neznatne promene tokom i pod uticajem vremena, pa predstavlja nepresušan izvor informacija o prošlosti ljudske civilizacije. Od širokog spektra analitičkih tehnika koje su uspešno našle primenu u arheometrijskim istraživanjima u poglavlju Nedestruktivne i petrografske metode karakterizacije keramičkih predmeta detaljnije su prikazane nedestruktivne tehnike sa posebnim osvrtom na korišćenje mobilne opreme pogodne za istraživanja u terenskim uslovima. Kako bi rezultati dobijeni petrografskom analizom mogli biti veoma značajni nosioci informacija o poreklu arheološke keramike, ova metoda je iskorišćena za poređenje postignutih rezultata i u tom kontekstu su prikazani osnovni elementi ove metode. U poglavlju Metode prepoznavanja obeležja primenjene u arheometrijskim istraživanjima dat je teorijski prikaz raspoloživih metoda prepoznavanja oblika. Načinjen je kratak osvrt na značaj primene ovih metoda u arheometriji. Definisana je skup arheometrijskih podataka i objašnjena multivarijantna priroda ovog skupa. Naglašeno je kakvi se rezultati mogu očekivati primenom metoda prepoznavanja oblika na arheometrijski skup podataka. Ukratko su predstavljene mogućnosti i primeri korišćenja pojedinačnih metoda. Poseban akcenat stavljen je na prikaz metoda prepoznavanja oblika korišćenih za klasifikaciju keramičkih artefakata.

U Eksperimentalnom delu, koji se sastoji iz tri poglavlja: Uzorci arheološke keramike – izbor, opis i priprema za analitički postupak, Nedestruktivno određivanje elementarnog sastava arheološke keramike EDXRF spektrometrijskom metodom i Petrografske analize neolitske keramike i analiza slike kao metoda za selekciju obeležja prikazani su svi eksperimentalni uslovi pod kojima su ispitivani keramički artefakti u cilju određivanja njihovog porekla. U poglavlju Uzorci arheološke keramike – izbor, opis i priprema za analitički postupak, opisani su uzorci neolitske keramike koji su korišćeni u radu. Pobrajani su kriterijumi kojima su obrabrani uzorci, izgled i karakteristike uzoraka detaljno su opisani, kao i način njihove pripreme za analizu. Priložene su i fotografije korišćenog arheološkog materijala. Pored toga prikazane su sve značajne karakteristike glina koje su korišćene u procesu donošenja odluke o lokalnoj proizvodnji na lokalitetu Pločnik. U poglavlju Nedestruktivno određivanje elementarnog sastava arheološke keramike EDXRF

spektrometrijskom metodom prikazan je analitički postupak određivanja elementarnog sastava fragmenata keramičkih predmeta. Prikazana je instrumentacija kojom se nedestruktivnim i neinvazivnim postupkom analiziraju keramički predmeti sa Neolitskih lokaliteta. Detaljno su opisani uslovi pod kojima su generisani podaci koji će daljom analizom biti iskorišćeni za utvrđivanje porekla. Mogućnost realizacije analitičkog postupka u uslovima na terenu (in-situ merenja) prikazana je u kontekstu specifičnosti u odnosu na rad u laboratorijskim uslovima. U poslednjem poglavlju, Petrografske analize neolitske keramike i analiza slike kao metoda za selekciju obeležja, prikazani su rezultati petrografskih analiza uzoraka neolitske keramike i pločica napravljenih pečenjem gline sa nalazišta u blizini arheološkog lokaliteta Pločnik. Prikazani su i načini obrade petrografskih slika tehnikama koje se koriste za analize digitalnih slika, čime je omogućena kvantifikacija petrografskih karakteristika analiziranih keramika i pečenih glina. Dobijeni rezultati prikazani su u kontekstu selekcije obeležja za formiranje novog skupa ulaznih podataka, kojima je testirana predložena procedura za utvrđivanje porekla neolitske keramike.

Poglavlje Određivanje porekla arheološke keramike donosi prikaz osnovnih metoda utvrđivanja porekla arheološke keramike. Poglavlje se sastoji od sledećih delova: Algoritam procedure za donošenje odluke o poreklu arheološke keramike, Metode za redukciju dimenzija, Projektovanje klasifikatora i klasifikacija i Metode za testiranje uspešnosti klasifikacije, kroz koje je detaljno razrađen algoritam kojim se donosi odluka o poreklu.

U odeljku Rezultati i diskusija dat je prikaz postignutih rezultata koji su organizovani u četiri poglavlja: Elementarni sastav kao skup ulaznih podataka za određivanje porekla keramike, Klasifikacija arheološke keramike na osnovu elementarnog sastava određenog EDXRF spektrometrijskom metodom i dobro definisanog porekla, Testiranje uspešnosti klasifikacije, Petrografska analiza kao komparativna metoda. U poglavlju Elementarni sastav kao skup ulaznih podataka za određivanje porekla keramike dat je prikaz generisanja slučajnih vektora kojima se definiše elementarni sastav arheološke keramike. Za zadate eksperimentalne uslove, posebno podešene za simuliranje terenskih uslova rada, generisano je 67 različitih slučajnih vektora elementarnog sastava predmeta koji su ispitivani. Prikazani su rezultati nedestruktivne analize tela keramike korišćenjem prenosnog EDXRF spektrometra. Kako je ovaj segment procedure za donošenje odluke o poreklu od izuzetnog značaja na njen dalji tok, posebna pažnja posvećena je identifikaciji i ispitivanju uticaja na rezultat merenja i kasniji tok realizacije procedure. Identifikovana su sva ključna mesta koja mogu imati značajan uticaj na proceduru i njen konačan ishod. Na ovaj način predložena su i ispitana dva pristupa u pripremi podataka iz spektara za dalju obradu tehnikama prepoznavanja oblika. Pristup obradi EDXRF spektara korišćenjem neuralnih mreža sa radijalnom osnovom za ekstrakciju obeležja do sada nije primenjivan u literaturi, a kao rešenje je pokazao niz prednosti u odnosu na sve dosadašnje pristupe. Sledeći korak u realizaciji procedure za donošenje odluke o poreklu keramike predstavlja redukcija dimenzija vektora generisanih u toku merenja. Predložena su dva pristupa za izvedenje ovog dela procedure sa ciljem poređenja sa dosadašnjim publikovanim rezultatima i utvrđivanja najefikasnijeg pristupa kojim se obezbeđuje efikasnost narednih koraka u proceduri. Vrlo detaljno i kritički su prikazani svi aspekti primenjenih tehnika za redukciju dimenzija. Nakon ovoga ispitana je mogućnost klasifikacije keramičkih predmeta sa tri arheološka lokaliteta u Srbiji. Na osnovu svih pomenutih razmatranja razvijen je matematički model (klasifikator) kojim se vrši klasifikacija nepoznatih uzoraka. Svi ovi rezultati sa diskusijom prikazani su u poglavlju Klasifikacija arheološke keramike na osnovu elementarnog sastava određenog EDXRF spektrometrijskom metodom i dobro definisanog porekla. U poglavlju Testiranje uspešnosti klasifikacije izvršena je detaljna verifikacija postignutih rezultata. Prvi korak bio je identifikacija i merenje veličine nepouzdanosti koju svaki od koraka u proceduri za donošenje odluke o poreklu unosi. Predložene su i testirane metode za određivanje nepouzdanosti,

kvantifikovana je mera ove nepouzdanosti i ocenjen je pojedinačni doprinos na konačnu odluku o poreklu. Nema podataka da je i jedan dosadašnji predložen model određivanja porekla testiran na bilo koji način i iz tog razloga je u okviru disertacije izvršeno najšire testiranje. Predloženo je da se vrši određivanje moći prepoznavanja, unakrsnom validacijom bez jednog člana, ocenom sposobnosti predviđanja preko testiranja na skupu koji nije korišćen u procesu obučavanja. Svaka od predloženih metoda za testiranje detaljno je ispitana, a izvršena je i kritička ocena postignutih rezultata. U poglavlju Petrografska analiza kao komparativna metoda, prikazani su rezultati testiranja mogućnosti procedure za donošenje odluke o poreklu keramike korišćenjem skupa koji je generisan drugim analitičkim postupkom. Testiranje je izvršeno korišćenjem morfoloških karakteristika minerala u sastavu neolitske keramike i pečenih glina kao ulaznih podataka za proceduru. Rezultati klasifikacije pokazuju široku mogućnost primene predložene procedure, tj. njenu nezavisnost od vrste analitičkog postupka kojim se generišu ulazni podaci kojima se opisuju svojstva neolitske keramike.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1 Savremenost, originalnost i značaj

Intenzivan razvoj prenosnih (pEDXRF) i ručnih (HHEDXRF) EDXRF spektrometara, kao i njihova sve veća dostupnost rezultirala je u širokoj primeni ovih uređaja u oblastima karakterizacije predmeta kulturnog nasleđa. Ove karakterizacije za cilj imaju, u najvećem broju slučajeva, ili utvrđivanje porekla ili autentifikaciju ispitivanog materijala. Bilo koji da je cilj ove analize pristup obradi rezultata generisanih u toku merenja je isti. Generisanje rezultata korišćenjem bilo pEDXRF bilo HHEDXRF je jednosavan postupak koji je u poslednje dve godine otvorio izuzetno intenzivnu raspravu u svetskoj stručnoj javnosti o tome da li je analiza-proces “proizvodnje” spektra istovremeno i postupak koji može dovesti do utvrđivanja porekla ili autentifikacije. Ova polemika još uvek traje, ali je zaključak koji se sve češće može sresti kod različitih autora da je ne samo za “proizvodnju” spektara već i za raspolaganje njima potreban ekspertski nivo. To je temu ove doktorske disertacije stavilo u žižu svetskog istraživačkog interesa.

Izuzetno dobar uvid u savremene trendove u oblasti istraživanja omogućio je dobro poznavanje svih segmenata problematike. Ovo je za rezultat imalo široko sagledavanje većine problema i nedostataka sa kojim se istraživači u ovoj oblasti širom sveta suočavaju. Na taj način predložena su nova rešenja. Ovo se odnosi i na segment analitičkog postupka, ali pogotovo na segment manipulacije analitičkim rezultatima.

Rezultati koji su ostavareni u okviru izrade ove doktorske disertacije značajni su širokoj stručnoj javnosti iz razloga

- uspostavljanja originalnog pristupa u interpretaciji EDXRF spektara,
- definisanja efikasne i pouzdane procedure za utvrđivanje porekla keramičkih materijala i
- univerzalnosti njene primene koja se ogleda u nezavisnosti od primenjenog analitičkog postupka.

Jedan od najznačajnijih rezultata ove doktorske disertacije je prvo sistematsko analitičko ispitivanje keramičkog kulturnog nasleđa sa arheoloških lokaliteta na teritoriji Srbije.

3.2 Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U literaturnom pregledu doktorske disertacije dato je 104 literaturna navoda, od kojih najveći broj čine najnoviji radovi iz međunarodnih časopisa sa tematikom značajnom za izradu doktorske disertacije. Navedene reference su novijeg datuma i sadrže eksperimentalne rezultate istraživanja mnogih istraživača, analizu i diskusiju dobijenih rezultata i izvedene zaključke, kao i teorijske osnove primenjenih metoda ispitivanja, njihove mogućnosti i

ograničenja. U okviru korišćenih literaturnih navoda nalaze se i reference kandidata mr Maja Gajić-Kvašćev, proistekle iz rezultata istraživanja u oblasti doktorske disertacije, a koje su objavljene u časopisima međunarodnog značaja. Time je kandidat proširio do sada poznata saznanja o načinima i mogućnostima utvrđivanja porekla arheoloških keramičkih predmeta. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova koje je kandidat priložio, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se adekvatno poznavanje oblasti istraživanja, kao i poznavanje aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

3.3 Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

U ovoj doktorskoj disertaciji primenjene su savremene naučne metode za karakterizaciju keramičkih materijala. Prenosnim EDXRF spektrometrom, pored nedestruktivne karakterizacije omogućeno je da se ispitivani materijali analiziraju upravo na mestu gde se nalaze, što je svakako jedna od najznačajnijih karakteristika primenjene metode za analizu keramičkih artefakata. Pored ove analitičke tehnike, u cilju testiranja dobijenih rezultata, primenjena je potpuno različita analitička tehnika petrografske analize. Na ovaj način primenjenim analitičkim postupcima generisani su rezultati na način koji je uobičajno korišćen u istraživanjima u ovoj oblasti.

Rezultati generisani analitičkim postupkom obrađeni su na uobičajen način predložen u literaturi, ali su na osnovu uočenih nedostataka u ovom pristupu predloženi i novi pristupi od kojih je izabran način obrade pomoću neuralnih mreža sa radijalnom osnovom kao najefikasniji.

Za obradu dobijenih rezultata razvijen je matematički model – klasifikator kojim se može utvrditi poreklo keramičkih predmeta. Ovaj model je višestruko testiran, čime je potvrđena adekvatnost primenjenih metoda za projektovanje klasifikatora. Na ovaj način je potvrđena i pouzdanost čitave procedure za određivanje porekla.

3.4 Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Na osnovu objavljenih literaturnih podataka iz ove oblasti, eksperimentalnih ispitivanja i dobijenih rezultata iz ovog rada, ostvaren je veliki doprinos u razvoju metodologije za određivanja porekla arheoloških keramičkih predmeta, korišćenjem podataka generisanih nedestruktivnom *in-situ* analizom. Iako umanjene infomativnosti (u poređenju sa ostalim analitičkim tehnikama) rezultati nedestruktivne EDXRF analize mogu se dobro osmišljenim pristupom analizirati tako da se iz njih mogu ekstrahovati informacije o poreklu. Predloženi algoritam za utvrđivanje porekla, osmišljen i razrađen u okviru ove doktorske disertacije, može se koristiti za utvrđivanje porekla i karakterizaciju ispitivanih keramičkih predmeta. Verifikacija rezultata je potvrđena i od strane međunarodne naučne javnosti, objavljivanjem u časopisima međunarodnog značaja iz domena ove problematike.

Ocena sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

Kandidat mr Maja Gajić-Kvašćev, dipl. fizičar je tokom izrade doktorske disertacije ispoljila izuzetnu stručnost u pripremi i realizaciji eksperimenata, korišćenju različitih tehnika karakterizacije materijala i analize rezultata. Kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalni naučni rad, izuzetnu kompetentnost za rešavanje novih izazovnih problema kao i sposobnost za saradnju sa kolegama iz različitih oblasti istraživanja koja je ispoljena tokom izrade ove doktorske disertacije.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1 Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove doktorske disertacije najznačajniji doprinos ostvaren je u razvoju analitičkog postupka nedestruktivnog ispitivanja keramičkih materijala u van laboratorijskim uslovima rada. Na instrumentu posebno konstruisanom za ove namene izvršeno je ispitivanje različitih i utvrđivanje najefikasnijeg mernog postupka za analizu keramičkih predmeta kulturnog nasleđa.

Značajan pomak u analizi dobijenih rezultata predstavlja način interpretacije EDXRF spektara. Uobičajna procedura koja se najčešće koristi zamenjena je potpuno novim pristupom koji podrazumeva upotrebu neuralnih mreža sa radijalnom osnovom za ekstrakciju podataka iz spektara. Na ovaj način ostvaren je potpuno novi pristup koji omogućava da se za opisivanje elementarnog sastava ne vrši kvantifikacija sadržaja pomoću standardnog referentnog ili referentnog materijala. Na ovaj način izbegnuta je ultimativna kvantifikacija (što je uobičajan pristup u gotovo svim istraživanjima). Verifikacija ovakvog pristupa izvršena je testiranjem rezultata uobičajno korišćenim metodama.

I u segmentu klasifikacije koja za cilj ima utvrđivanje porekla, načinjem je svojevrstan pomak, jer je utvrđeno da se redukcija dimenzija mora vršiti mnogo pažljivije nego što se to obično izvodi i da se statističke metode prepoznavanja oblika (kao što su PCA ili neke druge) moraju koristiti tako da se postignuti rezultati verifikuju u arheološkom kontekstu. Najšire izvršeno testiranje predloženog pristupa u utvrđivanju porekla potvrdilo je sve polazne hipoteze.

Na osnovu izloženog može se zaključiti da je kandidat svojim rezultatima dao veliki naučni doprinos pre svega u oblasti nedestruktivne karakterizacije keramičkih materijala i razvoju efikasne i pouzdane procedure za utvrđivanje porekla arheoloških keramičkih predmeta.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru ove disertacije koncipirana su na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti karakterizacije predmeta kulturnog nasleđa, sa posebnim akcentom na keramičke predmete. S obzirom na složenost problematike primenjeno je više metoda istraživanja. U okviru ove doktorske disertacije primenjena je metodologija istraživanja zastupljena u literaturi, ali je pri karakterizaciji keramičkih materijala, primenjena i metoda karakterizacije na terenu koja se u dosadašnjim istraživanjima nije smatrala za metodu čijom analizom mogu da se generišu podaci kojim bi se na pouzdan način definisalo poreklo. Primenjena metodologija za karakterizaciju omogućila je da se dobiju relevantni podaci koji su karakteristika datih materijala za utvrđivanje njihovog porekla. Uvidom u dostupnu literaturu iz ove oblasti istraživanja i rezultate istraživanja dobijene u okviru ovoga rada, može se primetiti da dobijeni rezultati predstavljaju korak napred u ovoj oblasti. Ovo se pogotovo odnosi na kritički osvrt i uočene nedostatke uobičajno korišćenih pristupa, koji su u okvirima ove disertacije detaljno izloženi. Pored toga predloženi su i načini njihovog prevazilaženja, korišćenjem sasvim novih pristupa u analizi EDXRF spektara, klasifikaciji i testiranju klasifikacije. Poseban doprinos predstavlja celovitost i povezanost analitičkog i statističkog postupka, koji je izražen kroz pažljivo osmišljenu i detaljno razrađenu i testiranu proceduru za donošenje odluke o poreklu.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi

Pored očigledne primene razvijenog analitičkog postupka za karakterizaciju keramičkih artefakata razvijen je i postupak kojim se na efikasan i pouzdan način može utvrditi poreklo predmeta koji se ispituje. Analitičkim postupkom omogućeno je sistematsko ispitivanje i karakterizacija srpskog kulturnog nasleđa koje do sada nije rađeno. Na ovaj način istraživačima iz oblasti humanističkih nauka otvaraju se sasvim nove mogućnosti u utvrđivanju činjenica koje su vezane za istoriju ovih prostora. Pored toga što se sada lokalna proizvodnja keramike na lokalitetima u Srbiji može karakterizovati, ona se može razdvojiti od

predmeta trgovine. Time se vrši zaštita našeg kulturnog nasleđa, ali se i produbljuju rezultati istraživanja puteva trgovine i migracija u praistoriji.

Kako su sva istraživanja obuhvaćena ovom doktorskom disertacijom izvedena prateći najsavremenije svetske trendove, postignuti rezultati mogu biti iskorišćeni za kreiranje baze podataka o arheološkoj keramici sa srpskih lokaliteta, a takođe i ugrađeni u već postojeće evropske baze.

4.4. Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenjima

Kandidat mr Maja Gajić-Kvasčev je svoje rezultate potvrdila objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja i saopštavanjem radova na međunarodnim i domaćim skupovima. Iz disertacije su proistekla dva rada objavljena u vrhunskim međunarodnim časopisima

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu – M21

1. **Maja Gajic-Kvascev**, Milica Maric-Stojanovic, Radmila Jancic- Heinemann, Goran Kvascev, Velibor Andric, Non-destructive characterisation and classification of ceramic artefacts using pEDXRF and statistical pattern recognition, Chemistry Central Journal 2012, 6:102 doi:10.1186/1752-153X-6-102 (ISSN 1752-153X, Chemistry, Multidisciplinary, 37/154, **IF 3,281**).

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu – M22

1. **Gajic-Kvascev Maja**, Maric-Stojanovic Milica, Smit Ziga, Kantarelou Vasiliki, Karydas Andreas Germanos, Sljivar Dusan, Milovanovic Dragan, Andric Velibor, New evidence for the use of cinnabar as a colouring pigment in the Vinča culture, Journal of Archaeological Science, 2012, vol. 39 (4), pp. 1025-1033 (ISSN 0305-4403, Geosciences, Multidisciplinary, 53/170, **IF 1,914**)

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini – M33

1. Lj. Damjanović, J. Đurđević, V. Andrić, M. Gajić-Kvasčev, M. Stojanović, T. Lazić, S. Nikolić, Spectroscopic Investigation of Milo Milunović's Canvas Painting "The Inspiration of the Poet", Proceedings of the 10th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, September 2010., Vol II, pgs 667-669
2. M. Gajić-Kvasčev, V. Svoboda, R. Jančić-Heinemann, M. Dimitrijević, D. Milovanović, S. Polić-Radovanović, Classification of Neolithic Ceramics and Clays According to Their Morphological Characteristics, CMA4CH 2012, Mediterranean Meeting Use of Multivariate Analysis and Chemometrics in Cultural Heritage and Environment 4th ed., Rome, Italy, Europe, 27-30 May 2012.
3. Goran Kvascev, Maja Gajic Kvascev and Zeljko Djurovic, Radial Basis Function Network Based Feature Extraction for Improvement the Procedure of Sourcing Neolithic Ceramics, Proceedings of the 11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering - NEUREL 2012, Belgrade, Serbia, 2012, 95-100.

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu – M34

1. V. Andric, M. Stojanovic, M. Gajic-Kvascev, Z. Smit, V. Kantarelou, Investigation of the Cinnabar Usage in Neolithic Period on the Territory of Serbia, Proceedings of the EXRS 2010, Figueira da Foz, Coimbra, Portugal.
2. M. Gajić-Kvasčev, M. Stojanović, Lj. Damjanović, V. Andrić, 2011, Classification of Neolithic Ceramics Using EDXRF Spectrometry and Multivariate Statistical Analysis, Euroanalysis-1^{6th} European Conference on Analytical Chemistry, Book of Abstracts, B, AH06 (M34).
3. V. Andrić, M. Stojanović, M. Gajić-Kvasčev, 2011, Investigation of XVIII Century Robert Hubert's Painting with EDXRF, SEM-EDX and OM Analytical Techniques,

Euroanalysis-16th European Conference on Analytical Chemistry, Book of Abstracts, B, AH01 (M34).

4. Maja Gajić-Kvašček, Dragana Rogić and Velibor Andrić, The Roman wall paintings from Viminacium- analysis of the pigments, Proceedings of the EXRS 2012, Vienna, Austria, 185
5. Velibor Andrić, Maja Gajić Kvašček, Milica Marić Stojanović, Danijela Korolija Crkvenjakov, Jasna Gulan, Nedeljko Marković, Comparative Study of Pigments on Post Byzantine Icons in Krusedol Monastery, Proceedings of the EXRS 2012, Vienna, Austria, 205

5. ZAKLJUČAK

5.1. Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega napred iznetog Komisija smatra da doktorska disertacija mr Maja Gajić-Kvašček, dipl. fizičara, pod nazivom „ **Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika** “ predstavlja značajan, originalni naučni doprinos u oblasti Hemije i hemijske tehnologije, što je potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja i saopštenja na međunarodnim konferencijama.

5.2. Predlog Komisije Nastavno-naučnom veću

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF-a da prihvati ovaj Izveštaj i da ga zajedno sa podnetom doktorskom disertacijom mr Maja Gajić-Kvašček stavi na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da, nakon završetka ove procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije, pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 17.12.2012.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Radmila Jančić-Heinemann, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Radoslav Aleksić, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Viktor Pocajt, docent
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Željko Đurović, red. prof.
Elektrotehnički fakultet, Beograd

Dr Boris Lončar, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd