

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **Ane Perošević-Bajčeta**

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, br. 35/95 od 28.05.2020. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Ane Perošević-Bajčeta, master inženjera tehnologije, pod naslovom

„Elementi u tragovima u mediteranskoj dagnji sa aspekta ljudskog zdravlja i uticaja fizičko-hemijskih parametara morske sredine“.

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- **Školske 2014/2015.** godine Ana Perošević-Bajčeta je upisala doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Hemijsko inženjerstvo.
- **30.11.2017.** – Ana Perošević-Bajčeta je predložila temu doktorske disertacije pod nazivom „Elementi u tragovima u mediteranskoj dagnji sa aspekta ljudskog zdravlja i uticaja fizičko-hemijskih parametara morske sredine“, a Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu je donelo Odluku o imenovanju Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije (Odluka br. 35/470).
- **22.02.2018.** – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka o prihvatanju Referata Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije (Odluka br. 35/40), a za mentora je imenovana dr Slavka Stanković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.
- **26.03.2018.** – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost (br. 61206-1370/2-18) na predlog teme doktorske disertacije kandidata Ane Perošević-Bajčeta, master inženjera tehnologije, pod nazivom „Elementi u tragovima u mediteranskoj dagnji sa aspekta ljudskog zdravlja i uticaja fizičko-hemijskih parametara morske sredine“.
- **28.05.2020.** – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka o imenovanju Komsije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Ane Perošević-Bajčeta, pod nazivom „Elementi u tragovima u

mediteranskoj dagnji sa aspekta ljudskog zdravlja i uticaja fizičko-hemijskih parametara morske sredine“, u sastavu: dr Slavka Stanković, redovni profesor TMF-a u penziji, dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni profesor TMF-a, dr Antonije Onjia, vanredni profesor TMF-a, i dr Mihajlo Jović, viši naučni saradnik INN „Vinča“ (Odluka br. 35/95).

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Hemijsko inženjerstvo, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Mentor ove doktorske disertacije je dr Slavka Stanković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta u penziji, koja je publikovala veliki broj naučnih radova i pet monografskih poglavlja iz ove oblasti. Na osnovu dosadašnjih rezultata i iskustva prof. dr Slavke Stanković, može se doneti zaključak o njenoj kompetentnosti za rukovođenje izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Ana R. Perošević-Bajčeta, master inženjer tehnologije, rođena je 23.7.1988. godine u Nikšiću, Crna Gora, gde je završila osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirala je 2011. godine na Metalurško-tehnološkom fakultetu Univerziteta Crne Gore, odsek Hemijska tehnologija, sa prosečnom ocenom 9,27. U toku studija bila je dobitnik više priznanja i nagrada za najboljeg studenta Metalurško-tehnološkog fakulteta (studentska nagrada Glavnog grada – Podgorice za 2009. godinu, nagrada Univerziteta Crne Gore u studijskoj 2009/10. godini, nagrada Kombinata aluminijuma za uspeh na studijama 2010. godine). Master studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, odsek Hemijsko inženjerstvo, završila je 2014. godine na Katedri za analitičku hemiju i kontrolu kvaliteta (prosečna ocena 9,13), gde je iste godine upisala i doktorske studije pod mentorstvom prof. dr Slavke Stanković. U okviru doktorskih studija uspešno je položila sve ispite predviđene planom i programom, uključujući i završni ispit, sa prosečnom ocenom 10,00.

Po završetku fakulteta kratko je radila kao nastavnik hemije i fizike u osnovnoj školi, nakon čega je pripravnički staž odradila u Institutu za crnu metalurgiju u Nikšiću, u Laboratoriji za hemijska ispitivanja. U periodu od 2015. do 2019. godine bila je angažovana kao istraživač doktorand na prvom centru izvrsnosti u Crnoj Gori (Centar izvrsnosti u bioinformatici, BIO-ICT), u Institutu za biologiju mora Univerziteta Crne Gore. Eksperimentalni deo doktorata, osim u Institutu za biologiju mora u Kotoru, obavljala je i u Institutu za javno zdravlje Crne Gore u Podgorici, partnerskoj instituciji u okviru BIO-ICT projekta. Od novembra 2019. godine zaposlena je u Institutu za biologiju mora, u Laboratoriji za hemiju mora i okeanografiju, u zvanju saradnik u istraživanju. Uža oblast istraživanja odnosi se na geohemiju i bioakumulaciju metala, u okviru čega obavlja laboratorijski i naučno-istraživački rad, a učestvuje i u pisanju projektnih aplikacija i predavanjima gostujućim studentima i učenicima.

Kao istraživač Instituta za biologiju mora, Ana Perošević-Bajčeta je angažovana na više međunarodnih i bilateralnih naučno-istraživačkih projekata, a učestvovala je na brojnim međunarodnim i nacionalnim obukama i kursevima, od kojih se izdvajaju: (i) Training course on marine ecosystems and industries at risk: impact of multiple stressors, International Atomic Energy Agency (IAEA), Monako, novembar 2015. godine; (ii) Increasing Montenegrin capacities for participation in HORIZON 2020, European Commission (EC), IBF, Podgorica, septembar 2017. godine; (iii) MED POL Training course on analytical techniques for the determination of trace elements in environmental samples, IAEA Environment Laboratories, Monako, 29.10. – 9.11.2018. Autor je i koautor većeg broja naučnih radova publikovanih u međunarodnim časopisima, saopštenja na konferencijama i poglavlja u monografijama.

Tečno govori engleski jezik.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidatkinje Ane Perošević-Bajčeta, master inženjera tehnologije, napisana je na 151 strani, uključuje 26 tabela, 46 slika, kao i 326 literaturnih navoda. Disertacija sadrži sedam poglavlja: Uvod, Teorijski dio, Eksperimentalni dio, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura i Prilog. Na početku disertacije dat je rezime na srpskom i engleskom jeziku, kao i spisak korišćenih skraćenica. Kandidat je uz tekst disertacije priložio i Biografiju i podatke propisane pravilima Univerziteta u Beogradu o podnošenju doktorskih disertacija na odobravanje. Po formi i sadržaju, napisana doktorska disertacija zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Uvodni deo doktorske disertacije daje kratak osvrt na područje ispitivanja, toksikologiju metala, kao i uvid u problematiku prisustva ovih elemenata u morskoj sredini. Ukazano je na značaj analize elemenata u tragovima u mekom tkivu dagnji sa aspekta ljudskog zdravlja. Osim toga, ukratko su opisani faktori koji utiču na koncentraciju metala u dagnji, kao značajnom bioindikatoru zagađenja morske sredine. U uvodnom delu su jasno predstavljeni ciljevi ove doktorske disertacije.

Poglavljje *Teorijski dio* podeljeno je na dva manja poglavlja. U prvom poglavlju je dat pregled podataka relevantnih istraživanja iz literature koji se odnose na definiciju i podelu elemenata u tragovima (teških metala), njihovo poreklo, kao i ulogu i toksično dejstvo, sa osvrtom na svaki pojedinačni element koji je ispitivan u ovoj doktorskoj disertaciji. Drugo poglavljje se odnosi na elemente u tragovima u morskoj sredini. Opisana je njihova biodostupnost i toksičnost i razmotreni su literaturni podaci o prisustvu ovih elemenata u morskom sedimentu, kao sekundarnom izvoru metala u morskoj sredini. Zatim je predstavljena upotreba živih organizama kao bioindikatora zagađenja morske sredine. Dat je opis vrste *Mytilus galloprovincialis* (mediteranska dagnja) i pregled rasprostranjenosti vrsta roda *Mytilus*, kojem pripada ispitivana vrsta, kao i njen značaj u biomonitoringu, zbog čega se ove dagnje smatraju najboljim bioindikatorima zagađenja morske sredine metalima. Nakon toga su opisane zdravstvene koristi i rizici prilikom konzumiranja dagnji, sa akcentom na toksične efekte metala. Na kraju ovog poglavlja razmotreni su literaturni podaci o uticaju različitih parametara (biološki i faktori morske sredine) na sadržaj elemenata u tragovima u mekom tkivu dagnji.

U poglavlju *Eksperimentalni dio* predstavljeno je područje istraživanja, ispitivane lokacije, kao i vremenski period uzorkovanja. Zatim su opisane metode uzorkovanja i priprema uzoraka za analizu, pojedinačno za morsku vodu, dagnje i površinski sediment. Prikazano je i mikrotalasno razaranje uzoraka dagnji i sedimenta za analizu metala. Nakon toga su opisane hemijske analize, tj. metode za određivanje sadržaja nutrijenata u morskoj vodi (nitrita, nitrata, fosfata i silikata), sadržaja ukupnog organskog ugljenika (TOC) u morskoj vodi i sedimentu, kao i metode za određivanje sadržaja elemenata u tragovima u mekom tkivu dagnji i sedimentu. Dat je kratak opis primenjenih instrumentalnih metoda za analizu elemenata u tragovima: optička emisiona spektrometrija sa indukovanom kuplovanom plazmom (ICP-OES), grafitna tehnika atomske apsorpcione spektrofotometrije (GF-AAS) i tehnika direktne Hg analize (DMA). U ovom delu su opisane i korišćene metode statističke obrade podataka, korelaciona analiza, analiza glavnih komponenti (PCA) i klasteraska analiza (CA), kao i metode za procenu rizika po ljudsko zdravlje (HHRA) prilikom unosa ispitivanih metala kroz konzumiranje dagnji.

Poglavljje *Rezultati i diskusija* obuhvata prikaz dobijenih eksperimentalnih rezultata, njihovu analizu i diskusiju koja uključuje poređenje sa literaturnim podacima. U prvom delu prikazane su dobijene koncentracije elemenata u tragovima (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn i Hg) u sedimentu i tkivu dagnji sa tri ispitivane lokacije u Bokokotorskom zalivu u toku dve godine. Prvo su razmotrane razlike između lokacija u odnosu na sadržaj pojedinačnih elemenata u

sedimentu, kao i razlike između različitih godina uzorkovanja. Opisan je granulometrijski sastav sedimenta na ispitivanim lokacijama i uticaj na sadržaj elemenata u tragovima u sedimentu. Uočeno je da se sediment na lokaciji Žanjice u velikoj meri razlikuje od sedimenta sa druge dve lokacije (IBMK i COGI), kako po granulometrijskom sastavu, tako i po sadržaju ispitivanih elemenata. Tako su u peskovitom sedimentu sa lokacija Žanjice nađene niže koncentracije svih elemenata, osim Sr, kao i najniža koncentracija ukupnog organskog ugljenika (TOC), u odnosu na sitnozrne sedimente sa druge dve lokacije. Dobijeni rezultati su poređeni sa podacima iz literature, koji se odnose na različite oblasti Jadranskog i Sredozemnog mora i Zemljinu koru uopšte, kao i sa dozvoljenim vrednostima za sediment, definisanim od strane različitih zemalja. Podaci koji se odnose na sadržaj elemenata u tragovima i TOC-a u sedimentu analizirani su primenom statističkih metoda (korelaciona analiza, klusterska analiza i analiza glavnih komponenti). Korelaciona analiza je ukazala na zajedničko, litogeno poreklo većine elemenata, izuzev Hg, Pb i Cd, kao i Sr. Klusterska analiza i analiza glavnih komponenti su još jednom ukazale na razlike u sastavu sedimenta između ispitivanih lokacija, ali i na zajedničko poreklo određenih elemenata. Nakon diskusije vezane za sediment, dat je prikaz dobijenih koncentracija elemenata u tragovima u uzorcima dagnji sa tri ispitivane lokacije u svim sezonama u toku dvogodišnjeg perioda. Razmotrene su razlike u koncentracijama u tkivu dagnji između lokacija, kao i sezonska varijabilnost sadržaja elemenata tokom ispitivanog perioda. Osim sezonskih variranja u koncentracijama, naročito između zime i leta, uočene su i razlike u koncentracijama između uzoraka sa različitih lokacija. Tako su, za razliku od sedimenta, najviše prosečne koncentracije većine elemenata nađene u uzorcima dagnji sa lokacije Žanjice. Dobijeni rezultati su poređeni i sa literaturnim podacima koji se odnose na različite oblasti Jadranskog i Sredozemnog mora, sa posebnim osvrtom na vrednosti zabeležene tokom ranijih istraživanja u Bokokotorskom zalivu.

U drugom delu su predstavljene vrednosti ispitivanih fizičko-hemijskih parametara (temperatura, salinitet, rastvoreni O₂, nitriti, nitrati, fosfati, silikati i TOC) u morskoj vodi tokom celog ispitivanog perioda i diskutovane su uočene razlike u vrednostima između ispitivanih lokacija. Nakon toga se prešlo na diskusiju elemenata u tragovima u dagnji sa aspekta uticaja fizičko-hemijskih parametara morske sredine. U okviru toga je na početku dat pregled fizičko-hemijskih karakteristika morske vode od značaja za analizu i razmotrena sezonska varijabilnost ispitivanih parametara. Zatim je uticaj svih navedenih parametara na koncentraciju metala u tkivu dagnji analiziran primenom različitih metoda statističke obrade podataka, korelacione analize, klusterske analize i analize glavnih komponenti. Diskusija vezana za statističku obradu podataka obuhvata i poređenje sa dosadašnjim saznanjima iz oblasti uticaja izabranih parametara morske sredine na koncentracije elemenata u tragovima. Ukazano je na značaj razmatranja većeg broja parametara životne sredine koji istovremeno deluju u prirodnim uslovima. Međutim, uočeno je i da ovakav pristup umnogome otežava određivanje pojedinačnog uticaja svakog izabranog parametra na sadržaj elemenata u tragovima u tkivu dagnji. Klusterska i PCA analiza su još jednom ukazale na sezonsku varijabilnost u koncentracijama ispitivanih elemenata i fizičko-hemijskih parametara morske vode, kao i na povezanost između njih. Sadržaj elemenata u tragovima u tkivu dagnji i TOC-a u morskoj vodi, razmatran je i sa aspekta uticaja sadržaja elemenata i TOC-a iz sedimenta. Imajući u vidu negativne korelacije za većinu elemenata, zaključeno je da adsorpcija elemenata od strane sedimenta igra značajnu ulogu u raspodeli elemenata u tragovima u morskoj sredini.

U trećem i poslednjem delu *Rezultata i diskusije* je predstavljena procena zdravstvenog rizika čoveka (HHRA) izazvana unosom ispitivanih metala kroz konzumiranje dagnji. Koncentracije elemenata u tragovima u tkivu dagnji su poređene sa graničnim vrednostima, propisanim od strane različitih autoritativnih tela. Na osnovu uočene sezonske varijabilnosti u koncentracijama većine elemenata u tkivu dagnji, zaključeno je da je za procenu zdravstvenog rizika čoveka neophodno koristiti prosečne koncentracije elemenata u uzorcima dagnji, uzetim u različitim sezonama tokom dužeg vremenskog perioda. Određene su vrednosti koeficijenta rizika (THQ) za ispitivane elemente u pojedinačnim periodima istraživanja i za celokupan period istraživanja, kao i indeksa opasnosti (HI), kojim se procenjuje zajednički uticaj svih ispitivanih elemenata. Pokazalo se da koncentracije nekih elemenata mogu predstavljati ograničavajuće faktore

za konzumiranje dagnji čak i kada ne prelaze definisane granične vrednosti za same dagnje. Na osnovu dva pristupa u proračunima za HHRA, primenom oralnih referentnih doza i najviših dozvoljenih unosa (engl. provisional tolerable intake), procenjen je broj obroka dagnji koji se može konzumirati sedmično u toku života, u odnosu na pojedinačne elemente, bez opasnosti od štetnog dejstva metala na organizam čoveka. Na kraju je određen i indeks opasnosti za različite stope potrošnje dagnji sa ispitivanih lokacija, kao i na nivou zaliva.

U poglavlju *Zaključak* su sumirani rezultati doktorske disertacije i relevantni zaključci, izvedeni na osnovu izvršenih ispitivanja, a koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije.

Poglavljje *Literatura* obuhvata 326 referenci iz oblasti istraživanja i pokriva sve delove disertacije.

U poglavlju *Prilog* data je tabela sa vrednostima fizičko-hemijskih parametara morske vode na svim ispitivanim dubinama tokom celokupnog perioda istraživanja, koja je zbog svog obima u disertaciji navedena u skraćenom obliku.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Dagnje su veoma značajni bioindikator, i to zbog geografske rasprostranjenosti, sedelačkog načina života i lakog uzorkovanja. Kako žive u zonama plime i oseke i hrane se filtrirajući morsku vodu, akumuliraju metale iz zagađene sredine često u koncentracijama koje su znatno više od onih nađenih u morskoj sredini. Lanac ishrane, a naročito konzumiranje plodova mora, je jedan od glavnih izvora izloženosti čoveka metalima. Zbog toga, ali i zbog činjenice da proizvodnja i udeo školjki u ishrani ljudi sve više raste, redovna kontrola koncentracije metala u mekom tkivu dagnji je od javnog interesa. Iako se ovi elementi nalaze u prirodi i neki od njih su esencijalni u niskim koncentracijama, kada su prisutni u višim koncentracijama mogu postati toksični za organizme. U cilju smanjenja potencijalno štetnih efekata koje metali mogu imati po zdravlje konzumenata, od naročitog značaja je procena zdravstvenog rizika čoveka (engl. human health risk assessment, HHRA).

Iako postoje brojna istraživanja vezana za procenu zdravstvenog rizika populacije izložene metalima kroz konzumiranje dagnji, ovakve studije su i dalje aktuelne upravo zbog činjenice da udeo plodova mora u ljudskoj ishrani sve više raste. Osim toga, pojedini elementi do sada nisu ispitivani u mediteranskoj dagnji. Veliki broj autora koncentrisao se samo na nekoliko elemenata istovremeno, prvenstveno na neesencijalne, toksične elemente. Ovim istraživanjem prvi put su ispitivane koncentracije Li u mediteranskoj dagnji, *Mytilus galloprovincialis*, dok su i Li i Al prvi put ispitivani u dagnjama iz Jadranskog mora. Takođe, rezultati predstavljeni u ovoj doktorskoj disertaciji odnose se na sve sezone tokom ispitivanog dvogodišnjeg perioda, dok se u literaturi češće nalaze studije koje se odnose na jednu ili dve sezone. To je od posebnog značaja s obzirom na uočena sezonska variranja u koncentracijama elemenata u tkivu dagnji i, samim tim, neophodnost upotrebe prosečnih koncentracija elemenata u tkivu dagnji, uzetih u različitim sezonama tokom dužeg perioda.

Organizmi koji žive u priobalnim vodama, a naročito u zonama plime i oseke, kao što su dagnje, su izloženi velikom broju faktora stresa vezanih za morsku sredinu, među kojima su zagađenje morske vode i sedimenta, ali i prirodna variranja temperature, kiseonika, ukupnog organskog ugljenika, dostupnost hrane i slično. Svi ovi parametri pojedinačno ili udruženi mogu uticati na koncentraciju elemenata u tragovima u mekom tkivu dagnje. Istraživanje predstavljeno u ovoj doktorskoj disertaciji je sprovedeno u prirodi, što mu daje poseban značaj u odnosu na ostale studije iz oblasti ispitivanja uticaja različitih parametara morske sredine na koncentraciju elemenata u tkivu dagnji. Naime, dosadašnja istraživanja su vršena u laboratorijskim uslovima, kada su dagnje

izložene uglavnom jednom faktorom stresa u zadatom vremenskom intervalu, što u prirodi nikada nije slučaj.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U literaturnom pregledu doktorske disertacije dato je 326 literaturnih navoda, koji pripadaju relevantnim oblastima vezanim za problematiku disertacije i ukazuju na aktuelnost istraživanja u ispitivanoj oblasti. Većinu navedenih referenci čine naučni radovi iz međunarodnih časopisa novijeg datuma, koji 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. Kandidat je proširio saznanja o zagađenju morske sredine metalima, njihovom sadržaju u mekom tkivu dagnji, kako sa aspekta ljudskog zdravlja, tako i sa aspekta uticaja različitih fizičko-hemijskih parametara morske sredine. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova kandidata, kao i iz pregleda literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja, kao i poznavanje aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Za realizaciju predstavljenih istraživanja korišćene su savremene analitičke instrumentalne tehnike prema metodama iz literature, kao i adekvatne metode za obradu podataka. Za pripremu uzoraka za analizu elemenata u tragovima, upotrebljena je metoda liofilizacije uzoraka dagnji i sedimenta i mikrotalasno rastvaranje liofilizovanih uzoraka. Analiza tragova elemenata vršena je upotrebom indukovanu kuplovane plazme sa optičkim emisionim spektrometrom (ICP-OES), osim za određivanje Cd u sedimentu, za koji je upotrebljena grafitna tehnika atomske apsorpcione spektrofotometrije (GF-AAS). Koncentracije Hg su određivane direktno iz liofilizovanih i homogenizovanih uzoraka tkiva dagnji i sedimenta koristeći direktni Hg analizator (DMA). Ukupan organski ugljenik u prethodno konzerviranim uzorcima morske vode i sedimentu određen je pomoću TOC/TN analizatora, rastvoreni kiseonik u morskoj vodi „Winklerovom metodom”, dok su za određivanje nutrijenata u morskoj vodi korišćene spektrofotometrijske metode. Temperatura i salinitet morske vode su određivani na licu mesta, odmah nakon uzorkovanja, korišćenjem odgovarajućih sondi.

U proračunima prilikom procene uticaja konzumiranja dagnji na ljudsko zdravlje (HHRA) korišćene su vrednosti najviših dozvoljenih unosa (PTI vrednosti), kao i oralne referentne doze, u cilju što boljeg određivanja mogućnosti štetnih efekata ispitivanih elemenata po ljudsko zdravlje, kao i upoređivanja rezultata dobijenih različitim metodama HHRA. Za obradu rezultata merenja, pri proceni uticaja različitih parametara morske sredine na koncentraciju elemenata u tragovima u tkivu dagnji, ali i za karakterizaciju ispitivanih uzoraka, korišćene su hemometrijske metode, i to Pearson-ov koeficijent korelacije (r), klasterka analiza (CA) i analiza glavnih komponenti (PCA). Statistička analiza prikazana u ovom radu urađena je primenom StatSoft Statistica 10 programa.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Rezultati dobijeni u okviru ove doktorske disertacije pružaju naučnu osnovu za buduća ispitivanja uticaja različitih parametara morske sredine na koncentracije elemenata u tragovima u tkivu dagnji. Naime, pokazano je da je takva istraživanja neophodno sprovoditi u prirodnim uslovima, jer laboratorijska ispitivanja često ne pružaju realnu sliku o uticaju pojedinačnih parametara na koncentraciju elemenata u dagnji. Primarni razlog je to što su u laboratoriji dagnje u datom vremenskom intervalu izložene samo jednom faktorom stresa, što u prirodi nikada nije slučaj.

Osim toga, saznanje da neki elementi (u datom slučaju Co, Pb, Cd i Li) mogu predstavljati faktore ograničenja za konzumiranje dagnji čak i kada nisu prisutni u koncentracijama iznad

dozvoljenih, je od posebne važnosti. Ovo zapažanje je naročito značajno kada je u pitanju Li, za koji u literaturi nisu nađeni podaci koji se odnose na dagnju *Mytilus galloprovincialis*. Takođe, Al i Li su prvi put ispitivani u dagnjama iz Jadranskog mora. Zabeleženo je i da nije preporučljivo konzumirati više od jednog obroka dagnji (250 g) u toku dve sedmice, kao i da je u proračunima za procenu zdravstvenog rizika čoveka izloženog metalima kroz konzumiranje dagnji neophodno koristiti prosečne koncentracije elemenata u tkivu dagnji, uzetih u različitim sezonama tokom dužeg perioda.

Podaci dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji pružaju i uvid u stanje morske sredine Bokokotorskog zaliva, kako u toku ispitivanog perioda, tako i poređenje na nivou jedne cele dekade, kao i saznanja o mogućim izvorima zagađenja u zalivu i uticaju sezonskih promena na koncentraciju metala u ispitivanim uzorcima.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Tokom rada na doktorskoj tezi i angažovanja na naučno-istraživačkim projektima, Ana Perošević-Bajčeta, master inženjer tehnologije, je ispoljila sposobnost samostalnog kreiranja i realizacije istraživanja, samostalnog eksperimentalnog rada, uz korišćenje različitih instrumentalnih tehnika analize, kao i upotrebe različitih metoda za obradu rezultata. Osim toga, pokazala je izuzetnu sposobnost za samostalno pisanje naučnih radova i prezentaciju dobijenih rezultata, kao i kompetentnost za rešavanje novih problema i izazova. Na osnovu dosadašnjeg zalaganja i postignutih rezultata, Komisija je mišljenja da kandidat poseduje sve kvalitete neophodne za samostalan naučno-istraživački rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Naučni doprinos ove doktorske disertacije ogleda se kroz više značajnih razloga, pri čemu se mogu izdvojiti sledeći:

- istraživanje u prirodnim uslovima, kada su dagnje istovremeno izložene višestrukom dejstvu brojnih parametara životne sredine, što predstavlja značajan korak napred u istraživanjima ovog tipa;
- saznanje da laboratorijska istraživanja često ne pružaju realnu sliku o uticaju pojedinih parametara morske sredine na koncentraciju elemenata u tragovima, a time i o značaju razmatranja većeg broja parametara životne sredine koji istovremeno deluju u prirodnim uslovima;
- zapažanje da se prilikom analize navedenih uticaja moraju uzeti u obzir sezonske i fiziološke promene;
- saznanje da neki elementi mogu predstavljati faktore ograničenja za konzumiranje dagnji čak i kada nisu prisutni u koncentracijama iznad dozvoljenih;
- činjenica da je Li prvi put ispitivan u dagnji *Mytilus galloprovincialis* generalno i da su Al i Li prvi put ispitivani u dagnjama Jadranskog mora;
- potvrda polazne hipoteze da je u proračunima za procenu zdravstvenog rizika čoveka izloženog metalima konzumiranjem dagnji neophodno koristiti prosečne koncentracije elemenata u tkivu dagnji, uzetih u različitim sezonama tokom dužeg perioda;
- utvrđeno je da nije preporučljivo konzumirati više od jednog obroka dagnji sa ispitivanih lokacija u toku dve nedelje.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Cilj ove doktorske disertacije bio je da se ispita uticaj različitih fizičko-hemijskih faktora morske sredine na sadržaj elemenata u tragovima u mekom tkivu mediteranske dagnje, *Mytilus galloprovincialis*, kao i da se izvrši procena rizika po ljudsko zdravlje, izazvanog konzumiranjem istih. Primenom adekvatnih metoda instrumentalne analize, a kasnije i metoda obrade rezultata, dobijeni su relevantni podaci o uticaju fizičko-hemijskih parametara morske sredine na koncentraciju elemenata u tragovima u tkivu dagnji, kao i o proceni rizika po ljudsko zdravlje, izazvanog unosom ispitivanih elemenata. Rezultati ispitivanja uticaja različitih parametara na sadržaj elemenata u tragovima u tkivu dagnji su ukazali na značaj istraživanja u prirodnim uslovima, kao što je to bio slučaj u ovom istraživanju. To je ujedno i izuzetno unapređenje naučnih saznanja u ovoj oblasti, imajući u vidu činjenicu da su ranija istraživanja vršena u laboratorijskim uslovima. Prilikom istraživanja u laboratoriji, dagnje su izložene uglavnom jednom faktoru stresa u zatom vremenskom intervalu, što u prirodi nikada nije slučaj. Međutim, pokazalo se i da određivanje uticaja pojedinačnih parametara na koncentracije elemenata u tragovima u dagnji može biti veoma složeno, ali i da je u cilju unapređenja u ovoj oblasti neophodno razmatrati veći broj parametara životne sredine koji istovremeno deluju u prirodnim uslovima.

Podaci koji se odnose na procenu rizika po ljudsko zdravlje značajni su iz više razloga. Prvi od njih je činjenica da su neki elementi prvi put ispitivani u dagnjama iz Jadranskog mora i da je upravo koncentracija jednog od tih elemenata, Li, među ograničavajućim faktorima za konzumiranje dagnji sa ispitivanih lokacija iz Bokokotorskog zaliva. Pored Li, za koji u literaturi nisu nađeni podaci koji se odnose na dagnju *Mytilus galloprovincialis*, i Al je prvi put ispitivan u dagnjama iz Jadranskog mora. Oba elementa, Al, kao definisana zagađujuća supstanca u hrani, i Li, kao potencijalno toksičan element, značajni su u proceni rizika po ljudsko zdravlje. Osim toga, ovo istraživanje je uključilo sve sezone tokom dvogodišnjeg perioda, za razliku od brojnih istraživanja koja su sprovedena u toku jedne ili dve sezone. Na taj način je dobijena realna slika o mogućem štetnom uticaju unosa metala putem konzumiranja dagnji tokom dužeg perioda.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Ana Perošević-Bajčeta je svoje rezultate potvrdila objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja, kao i saopštavanjem radova na međunarodnim skupovima. Iz rezultata doktorske disertacije su proistekla dva rada objavljena u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), dva rada objavljena u istaknutim međunarodnim časopisima (M22) i 16 saopštenja na međunarodnim skupovima, od kojih je šest štampano u celini (M33), a deset u izvodu (M34).

Spisak objavljenih radova proisteklih iz rezultata disertacije je:

Radovi u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21):

1. **Perošević, A.**, Pezo, L., Joksimović, D., Đurović, D., Milašević, I., Radomirović, M., Stanković, S.: The impacts of seawater physicochemical parameters and sediment metal contents on trace metal concentrations in mussels – a chemometric approach, – *Environmental Science and Pollution Research*, 25(28):28248–28263, 2018, **IF (2018) = 2,914**, ISSN: 0944-1344, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2855-8>
2. Joksimović, D., **Perošević, A.**, Castelli, A., Pestorić, B., Šuković, D., Đurović, D.: Assessment of heavy metal pollution in surface sediments of the Montenegrin coast: a 10-year review, – *Journal of soils and sediments*, 2019, **IF (2018) = 2,669**, ISSN: 1439-0108, <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02480-7>

Radovi u istaknutom međunarodnom časopisu (M22):

1. **Perošević, A.**, Joksimović, D., Đurović, D., Milašević, I., Radomirović, M., Stanković, S.: Human exposure to trace elements via consumption of mussels *Mytilus galloprovincialis* from Boka Kotorska Bay, Montenegro, – *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50:554-559, 2018, **IF (2018) = 2,895**, ISSN: 0946-672X, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.03.018>
2. Joksimović, D., Castelli, A., **Perošević, A.**, Đurović, D., Stanković, S.: Determination of trace metals in *Mytilus galloprovincialis* along the Boka Kotorska Bay, Montenegrin coast, – *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50:601–608, 2018, **IF (2018) = 2,895**, ISSN: 0946-672X, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.04.017>

Saopštenja na međunarodnim skupovima štampana u celini (M33):

1. Joksimović, D., Pestorić, B., Drakulović, D., **Perošević, A.**: Determination of trix index in sea water in Boka Kotor Bay, - *Proceedings of the 44th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society "WATER 2015"*, Kopaonik, Serbia, 2-4 June 2015, pp. 277-286, ISBN 978-86-916753-2-5
2. **Perošević, A.**, Joksimović, D., Đurović, D., Stanković, S.: Heavy metal contents in *Mytilus galloprovincialis* from Boka Kotorska Bay, Adriatic Sea, - *Proceedings of the 41st CIESM Congress*, Kiel, Germany, 12-16 September 2016, pp. 160, <http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/41/index.php#>
3. Joksimović, D., **Perošević, A.**, Đurović, D., Stanković, S.: Contents of heavy metals in coastal surface sediments from Montenegrin coast, - *Proceedings of the 41st CIESM Congress*, Kiel, Germany, 12-16 September 2016, pp. 158, <http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/41/index.php#>
4. **Perošević, A.**, Joksimović, D., Drakulović, D., Đurović, D., Milašević, I., Stanković, S.: Physical-chemical parameters and phytoplankton in Boka Kotorska Bay, - *Zbornik radova sa XXII međunarodnog naučno - stručnog skupa INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost, IT '17*, Žabljak, Montenegro, 27.februar-3.mart, 2017, pp. 141-144, <http://www.it.ac.me/zbornici/Zbornik%20IT17.pdf>
5. Joksimović, D., **Perošević, A.**, Pestorić, B.: Assessment of seawater quality by analysis of physico-chemical parameters, - *Proceedings of the 46th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society "WATER 2017"*, Vršac, Serbia, 6-8 June 2017, pp. 209-216, ISBN 978-86-916753-4-9
6. Stanković, S., **Perošević, A.**, Petrović, N., Ivković, M., Radomirović, M., Tanaskovski, B., Onjia, A.: The chemical composition of mussels samples, including Al and Li, - *Proceedings of the 47th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society "WATER 2018"*, Sokobanja, Serbia, 12-14 June 2018, pp. 305-312, ISBN 978-86-916753-6-3

Saopštenja na međunarodnim skupovima štampana u izvodu (M34):

1. **Perošević, A.**, Joksimović, D., Đurović, D., Mugoša, B.: Total organic carbon in sediments of Boka Kotorska Bay (Montenegrin coast), - *Book of Abstracts of the 6th International Symposium of Ecologists of Montenegro ISEM6*, Ulcinj, Montenegro, 15-18 October 2015, pp. 14, ISBN 978-86-908743-5-4
2. Đurović, D., Mugoša, B., Joksimović, D., **Perošević, A.**: Assessment of heavy metals pollution in the sediments of Boka Kotor Bay, - *Book of Abstracts of the 6th International Symposium of Ecologists of Montenegro ISEM6*, Ulcinj, Montenegro, 15-18 October 2015, pp. 13, ISBN 978-86-908743-5-4
3. **Perošević, A.**, Joksimović, D., Đurović, D., Milašević, I., Stanković, S.: Human exposure to Cd via consumption of mussels *Mytilus galloprovincialis* in Boka Kotorska Bay, Montenegrin

- coast, - *Book of abstracts of TEMA-16, Joint 16th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, 12th Conference of the International Society for Trace Element Research in Humans and 13th Conference of the Nordic Trace Element Society*, Saint-Petersburg, Russia, 26–29 June, 2017, pp. 47, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.03.012>
4. Joksimović, D., **Perošević, A.**, Đurović, D., Stanković, S.: Determination of heavy metals in *Mytilus galloprovincialis* along the Boka Kotorska Bay, Montenegrin coast, - *Book of abstracts of TEMA-16, Joint 16th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, 12th Conference of the International Society for Trace Element Research in Humans and 13th Conference of the Nordic Trace Element Society*, Saint-Petersburg, Russia, 26–29 June, 2017, pp. 47, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.03.012>
 5. **Perošević, A.**, Joksimović, D., Đurović, D., Milašević, I., Pezo, L., Radomirović, M., Stanković, S.: The impact of seawater physico-chemical parameters and sediment metal contents on the mussel's heavy metal concentrations - a chemometric approach, - *Book of abstracts of TEMA-16, Joint 16th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, 12th Conference of the International Society for Trace Element Research in Humans and 13th Conference of the Nordic Trace Element Society*, Saint-Petersburg, Russia, 26–29 June, 2017, pp. 17, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.03.012>
 6. **Perošević, A.**, Joksimović, D., Đurović, D., Milašević, I., Stanković, S.: Assessment of metal pollution in Boka Kotorska Bay, - *Book of Abstracts of the 7th International Symposium of Ecologists of Montenegro ISEM7*, Sutomore, Montenegro, 4-7 October, 2017, pp. 164, ISBN 978-86-908743-7-8, <http://www.ucg.ac.me/objava/blog/18294/objava/5066-isem7-book-of-abstracts>
 7. Stanković, S., **Perošević, A.**, Petrović, N., Ivković, M., Kojić, M., Radomirović, M., Onjia A.: The influence of seawater physicochemical parameters on the content of trace elements in mussels and surface sediment, - *Book of abstracts of the 8th Symposium Chemistry and Environmental Protection with international participation, ENVIROCHEM 2018*, Kruševac, Serbia, 30 May–1 June 2018, pp. 71-72, http://www.envirochem.rs/doc/EnviroChem_2018--Book_of_Abstracts.pdf
 8. Stanković, S., **Perošević, A.**, Petrović, N., Ivković, M., Radomirović, M., Tanaskovski, B., Onjia, A.: Analiza hemijskog sastava površinskog sedimenta u blizini morske obale, - *Proceedings of the 47th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society "WATER 2018"*, Sokobanja, Serbia, 12-14 June 2018, pp. 313-314, ISBN 978-86-916753-6-3
 9. Joksimović, D., **Perošević, A.**, Castelli, A.: Assessment of heavy metals pollution in surface sediment of Montenegro coastline, - *Sediment as a dynamic natural resource from catchment to open sea, - Book of abstracts of the 11th International SedNet Conference*, Dubrovnik, Croatia, 3-5 April 2019, pp. 106
 10. Joksimović, D., **Perošević, A.**, Pešić, A., Mitrić, M., Castelli, A.: Risk assessment of some heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) for human health, - *Book of abstracts of BioEco2019 - International Biodiversity & Ecology Sciences Symposium*, Istanbul, Turkey, 26-28 September 2019, pp.314, ISBN: 978-605-80198-0-5

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu navedenog, Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata Ane Perošević-Bajčeta, master inženjera tehnologije, pod nazivom „Elementi u tragovima u mediteranskoj dagnji sa aspekta ljudskog zdravlja i uticaja fizičko-hemijskih parametara morske sredine“, predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u datoj oblasti, što je potvrđeno objavljivanjem više radova u relevantnim časopisima međunarodnog značaja i prezentovanjem rezultata istraživanja na međunarodnim konferencijama. Kandidatkinja je definisanjem teme, eksperimentalnim pristupom, kao i detaljnim razmatranjem dobijenih rezultata i pisanjem radova, ispoljila izuzetnu naučno-

istraživačku sposobnost i ostvarila zadate ciljeve. Predmet i postavljeni ciljevi ove doktorske disertacije, koji su jasno navedeni, u potpunosti su i ostvareni. Originalnost doktorske disertacije je potvrđena objavljenim radovima u časopisima međunarodnog značaja, kao i proverom originalnosti primenom programa iThenticate.

Komisija je mišljenja da ova doktorska disertacija ispunjava sve zahtevane kriterijume, kao i da je kandidatkinja tokom izrade disertacije pokazala naučno-istraživačku sposobnost u svim fazama izrade disertacije. Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih i prikazanih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati ovaj Referat, pruži na uvid javnosti podnetu doktorsku disertaciju pod nazivom „Elementi u tragovima u mediteranskoj dagnji sa aspekta ljudskog zdravlja i uticaja fizičko-hemijskih parametara morske sredine“, kandidata Ane Perošević-Bajčeta, master inž. tehnologije, u zakonski predviđenom roku, kao i da Referat uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu i da nakon završetka procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 15. 06. 2020.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
Dr Slavka Stanković, redovni profesor u penziji
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

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

.....
Dr Antonije Onjia, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Mihajlo Jović, viši naučni saradnik
Institut za nuklearne nauke „Vinča“