
(Број захтева)

(Датум)

З А Х Т Е В

за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 3. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета", број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата: **мр физ. хем. Ирене (Раденко) Танасковић**.

КАНДИДАТ: : **мр физ. хем. Ирена (Раденко) Танасковић**, пријавио је докторску дисертацију под називом: "**Радиоактивност подземних вода у типским водоносним срединама Србије**".

Универзитет је, дана 25.03.2010.. године, својим актом, 02 број: 020-851/23-10 АБ од 31.03.2010. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: "**Радиоактивност подземних вода у типским водоносним срединама Србије**".

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације **мр физ. хем. Ирене (Раденко) Танасковић**, образована је на седници Наставно-научног већа Факултета одржаној 16.01.2014. године, одлуком Наставно-научног већа Факултета, број 19/1 од 16.11.2013. године, у саставу:

Име и презиме члана Комисије	звање	научна област
1) др др Шћепан Миљанић	редовни професор	физичка хемија - радиохемија и нуклеарна хемија
3) др Љубиша Игњатовић	ванредни професор	физичка хемија - контрола и заштита животне средине
4) др Мирјана Раденковић	виши научни сарадник	физичке хемија - радиохемија и нуклеарна хемија

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **13.03.2014.** године.

Прилог:

1. Извештај Комисије са предлогом,
2. Одлука Наставно-научног већа Факултета о усвајању извештаја,
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

Д е к а н
Факултета за физичку хемију

Проф. др Шћепан Миљанић

Na osnovu članova 103. i 104. Statuta Univerzitet u Beogradu - Fakulteta za fizičku hemiju, Nastavno-naučno veće Fakulteta, na VI redovnoj sednici, održanoj 13.03.2014. godine, donosi sledeću

O D L U K U

1.- Prihvata se pozitivni izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **mr fiz. hem. Irene (Radenko) Tanasković**, pod nazivom: **"Radioaktivnost podzemnih voda u tipskim vodonosnim sredinama Srbije"**, Komisije u sastavu:

- 1) dr Šćepan Miljanić, redovni profesor, Fakultet za fizičku hemiju,
- 2) dr Ljubiša Ignjatović, vanredni profesor, Fakultet za fizičku hemiju,
- 3) dr Mirjana Radenković, viši naučni saradnik, INN "Vinča"

2.- Univerzitet je, dana 25.03.2010. godine, svojim aktom, 02 broj: 020-851/23-10 AB od 31.03.2010. godine, dao saglasnost na predlog teme doktorske disertacije koja je glasila: **"Radioaktivnost podzemnih voda u tipskim vodonosnim sredinama Srbije"**.

3.- Objavljeni rezultati koji čine deo doktorske disertacije:

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu M₂₂

1. Tanasković I, Golobočanin D, Miljević N, *Multivariate Statistical Analysis of Hydrochemical and Radiological Data of Serbian spa Waters*, Journal of Geochemical Exploration **112** (2012) 226-234.

Rad u međunarodnom časopisu M₂₃

2. Tanasković I, Golobočanin D, Komatina Petrović S, Miljević N, *Natural radioactivity in Serbian spa waters*, Journal of Environmental Protection and Ecology **12**(1) (2011) 286-294.

4.- Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu o urađenoj doktorskoj disertaciji dostavlja se Univerzitetu u Beogradu – Veću naučnih oblasti prirodnih nauka, radi davanja saglasnosti na isti.

5.- Po dobijenoj saglasnosti iz tačke 2., kandidat može da pristupi odbrani doktorske disertacije.

Odbrana doktorske disertacije je javna. Datum i mesto odbrane se oglašavaju na Web lokaciji Fakulteta i oglasnoj tabli Fakulteta, najmanje tri dana pre odbrane.

Doktorska disertacija se brani pred komisijom, koja po završenoj odbrani ocenjuje kandidata, utvrđujući da je "odbranio" ili "nije odbranio" disertaciju.

Odluku dostaviti:

- kandidatu,
- Komisiji,
- Stručnom veću Univerziteta,
- Arhivi Fakulteta.

D e k a n
Fakulteta za fizičku hemiju

Prof. dr Šćepan Miljanić

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA ZA FIZIČKU HEMIJU

Predmet: Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata
Irene Tanasković, magistra fizičkohemijjskih nauka

Odlukom Nastavno-naučnog veća Fakulteta za fizičku hemiju, sa IV redovne sednice održane 16. januara 2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **Irene Tanasković**, magistra fizičkohemijjskih nauka, pod naslovom „**Radioaktivnost podzemnih voda u tipskim vodonosnim sredinama Srbije**“.

Kandidat Irena Tanasković je izradu doktorske disertacije prijavila na Fakultetu za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu 21. januara 2010. godine. Izrada doktorske disertacije pod navedenim naslovom odobrena je odlukom Nastavno-naučnog veća sa VI redovne sednice od 11. marta 2010. godine. Na osnovu te odluke, Veće naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu je na svojoj XXVIII sednici od 25. marta 2010. godine dalo saglasnost da se prihvati predložena tema doktorske disertacije

Kandidat Irena Tanasković je urađenu doktorsku disertaciju predala Fakultetu za fizičku hemiju 13.01.2014 godine. Na osnovu pregleda i analize te disertacije podnosimo Veću sledeći

IZVEŠTAJ

A. Prikaz sadržaja teze

Doktorska disertacija je napisana u skladu sa *Uputstvom za oblikovanje doktorske disertacije Univerziteta u Beogradu*. Predstavljena je na 185 strana, ne uključuje rezime na srpskom jeziku, odnosno 'abstract' na engleskom, i podeljena na sledeća poglavlja: *Uvod* (2 strane), *Opšti deo* (29 strana), *Ekperimentalni deo* (17 strana), *Rezultati i diskusija* (117 strana) i *Zaključci* (5 strana). Na kraju je dat spisak korišćene literature (citirana su 103 izvora), kao i kratka biografija autora. Disertacija sadrži 42 slike i 52 tabele.

U *Uvodu* je dat kratak prikaz oblasti rada i razlozi zbog kojih su ovakva istraživanja rađena. Takođe, jasno je određen cilj rada, uz navođenje osnovnih podataka vezanih za njega i uz isticanje i nekih praktičnih aspekata koje ova disertacija može imati.

U *Opštem delu* su dati opšti pojmovi o radioaktivnosti i njenoj prisutnosti u podzemnim vodama. Predstavljena je geološka i hidrogeološka podela teritorije Srbije, kao i tipovi vodonosnih sredina. Navedeni su hidrogeološki i geohemijski uslovi

formiranja ležišta mineralnih voda. Opisane su statističke metode analize koje su korišćene u disertaciji.

Poglavlje *Ekperimentalni deo* sadrži opis uzorkovanja ispitivanih voda i opis korišćenih metoda za ispitivanje radioaktivnosti i fizičko-hemijskih karakteristika voda. Za merenje radioaktivnosti voda korišćena je gamaspektrometrijska analiza i metoda merenja ukupne alfa- i beta-aktivnosti. Za merenje alkalnosti, Ca^{2+} i Mg^{2+} su primenjene titracione metode. Koncentracije Na^+ i K^+ su određene atomskom apsorpcionom spektrometrijom. Za određivanje hloridnih i sulfatnih jona je korišćena jonska hromatografija.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* su prikazani i komentarisani dobijeni rezultati. Ovo poglavlje se sastoji od tri celine. U prvom delu su prikazani rezultati merenja za banjske vode, u drugom za mineralne vode i u trećem za pijaće vode Srbije. Za svaku vrstu voda data je analiza korelacionih koeficijenata, glavnih komponenata i klaster analiza ispitivanih fizičko-hemijskih karakteristika voda.

U *Zaključcima* su sumirani rezultati dobijeni u okviru doktorske disertacije, imajući u vidu postavljeni cilj.

B. Prikaz postignutih rezultata

Cilj istraživanja u okviru ove disertacije je doprinos uvidu u opštu sliku uticaja geološke strukture nalazišta na radioaktivnost podzemnih voda Srbije, koje se koriste u vodopsnadbavanju naselja i u balneološke svrhe.

U radu su ispitivane fizičko-hemijske i radiološke karakteristike podzemnih voda. Proučavane su banjske vode, mineralne vode i pijaće vode, u zavisnosti od lokaliteta njihovog porekla, hidrogeoloških i geotektonskih jedinica, kao i međusobni odnos proučavanih karakteristika u zavisnosti od tipa vodonosne sredine, geotektonskih jedinica i hidrogeoloških struktura.

Pokazano je da se većina banjskih voda, zasnovano na poziciji u Van Windurm-ovom dijagramu, nalazi u zoni litotrofne vode. Najveće koncentracije izotopa ^{226}Ra i ^{228}Ra su izmerene u banjskim vodama koje se pojavljuju iz krečnjaka i mermera, kao dominantne geološke strukture. Visoke vrednosti aktivnosti ^{226}Ra su povezane sa dubokim peščarnim nalazištima. Najveći odnos aktivnosti ^{226}Ra i ^{228}Ra koji dostiže 13,2 u Niškoj Banji može da se poveže sa specifičnim tipovima krečnjačkih sistema načinjenih od izlomljenih krečnjaka iz doba Jure i Krede. Od 18 analiziranih fizičko-hemijskih (T, pH, MO, EP, HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} i SiO_2) i radioloških (UA, UB, ^{238}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra i ^{40}K) parametara „jaka“ korelacija vrednosti Pearson-ovih koeficijenata korelacije ($r \geq 0,75$) su nađene između EP i MO, EP i HCO_3^- , EP i Na^+ , UB i ^{40}K , UB i HCO_3^- , UB i K^+ ; MO i HCO_3^- , MO i Na^+ i Na^+ i K^+ . Analizom glavnih komponenti izdvojena su tri klastera uzoraka. Prvi klaster čine vode srpsko-makedonskog masiva (istočni deo centralne Srbije) poreklom iz vulkanske ili metamorfne oblasti, vode hidrogeološke strukture M (oblast metamorfita). Drugi klaster pretežno čine vode vardarske zone i srpsko-makedonskog masiva (centralni deo Srbije), vulkanitnog masiva i oblasti metamorfita. Treći klaster čine vode panonskog basena (severni deo Srbije). Klaster analizom banjskih voda Srbije iz

dendograma su na osnovu procene glavnih grupa i podgrupa dobijena 4 klastera (glavne grupe) na osnovu 60% različitosti i 8 podrupa na osnovu 40%-ne različitosti.

Zasnovano na poziciji u Van Wirdum-ovom dijagramu pokazano je da većina mineralnih voda, koje vode poreklo iz različitih vodonosnih sredina, uglavnom pripadaju litotrofnim tipovima voda. Vode aluvijalnih vodonosnih sredina pripadaju mešavini sva tri tipa voda. Analizom korelacionih koeficijenata po grupama vodonosnih sredina mineralnih voda nađeno je da ukupna alfa i ukupna beta aktivnost uzoraka karstne vodonosne sredine K nije u jakoj niti umerenoj korelaciji ni sa jednom drugom merenom karakteristikom voda. Vode iz vodonosne sredine kompleksa jezerskih sedimenata neogene starosti L pokazuju jaku korelaciju između alfa-aktivnosti i ukupne beta-aktivnosti, ^{226}Ra , Ca^{2+} i Mg^{2+} , a ukupna beta-aktivnost je u jakoj korelaciji sa ^{40}K , HCO_3^- i K^+ . Ukupna alfa-aktivnost voda aluvijalne vodonosne sredine M je u jakoj korelaciji sa: ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{228}Ra , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} i Na^+ . Ukupna beta-aktivnost ove vodonosne sredine pokazuje jaku korelaciju sa ^{226}Ra i HCO_3^- . Vode pukotinske vodonosne sredine P pokazuju jaku korelaciju ukupne alfa-aktivnosti sa ukupnom beta-aktivnošću i ^{226}Ra , a ukupna beta aktivnost je u jakoj korelaciji sa ^{226}Ra i HCO_3^- . Vode pukotinsko-karstne vodonosne sredine PK ne pokazuju jaku korelaciju ukupne alfa-aktivnosti ni sa jednom merenom karakteristikom, a jaku korelaciju pokazuje ukupna beta-aktivnost sa ^{40}K , elektroprovodljivošću, koncentracijom bikarbonata, koncentracijom Na^+ i K^+ . Ukupna alfa-aktivnost uzoraka vode pukotinsko-jezerskih sedimenata vodonosne sredine PL je u jakoj korelaciji sa ^{226}Ra , pH, Cl^- , SiO_2 i Ca^{2+} , a ukupna-beta aktivnost je u jakoj korelaciji sa ^{40}K , ^{137}Cs , ^{238}U , EP, HCO_3^- i Na^+ . Analizom glavnih komponenti grupa M i 5M nije uočeno jasno izdvajanje uzoraka po klasterima. Razlog za ovo je raznolikost starosti mineralnih voda na teritoriji Srbije, i verovatno postojanje većeg broja mineralnih voda relativno male starosti kod kojih dolazi do mešanja i/ili stalnog priliva novih količina voda (npr. kišnice).

Prema poziciji u Van Wirdum-ovom dijagramu pokazano je da se većina pijaćih voda nalazi u zoni litotrofnih voda. Najveće koncentracije ^{226}Ra su izmerene kod uzoraka koji pripadju karstnoj vodonosnoj sredini K i pukotinskoj vodonosnoj sredini P, a najveće vrednosti ^{228}Ra su izmerene kod uzorka koji pripadaju karstnoj vodonosnoj sredini K (voda iz Niša). Kod voda karstne vodonosne sredine K ukupna alfa-aktivnost nije u jakoj korelaciji ni sa jednom drugom merenom karakteristikom; kod voda vodonosne sredine kompleksa jezerskih sedimenata neogene starosti L ukupna alfa-aktivnost je u jakoj korelaciji sa koncentracijom Ca^{2+} ($r = 0,78$), kod voda aluvijalne vodonosne sredine M je u jakoj korelaciji sa koncentracijama Cl^- i Ca^{2+} ($r = 0,86$ i $0,81$ respektivno), a kod voda pukotinske vodonosne sredine P je u jakoj korelaciji sa aktivnošću ^{228}Ra i koncentracijom Mg^{2+} .

Ukupna beta-aktivnost kod grupe voda vodonosne sredine K nije ni u jakoj ni u umerenoj korelaciji ni sa jednom drugom merenom veličinom., kod voda vodonosne sredine L je u umerenoj korelaciji sa aktivnostima ^{137}Cs , ^{134}Cs , temperaturom, elektroprovodljivošću, koncentracijama Cl^- , SO_4^{2-} , SiO_2 , i koncentracijom Mg^{2+} , a kod voda vodonosne sredine M je u jakoj korelaciji sa aktivnošću ^{40}K i koncentracijom K^+ . Analizom glavnih komponenti, nije zapaženo značajnije grupisanje uzoraka pijaćih voda u klastera ni po geotektonskim jedinicama niti po tipovima vodonosnih sredina. Iz dendograma su dobijene tri grupe (korišćenjem 30%-ne sličnosti) i 4 podgrupa (korišćenjem 20%-ne sličnosti).

C. Usporedna analiza rezultata kandidata sa rezultatima iz literature

U literaturi se mogu naći istraživanja koja prate zavisnost koncentracija (tj. aktivnosti) radiaktivnih izotopa u vodi od geohemijskih karakteristika akvifera, mada postoji veći broj radova koji se bave radioaktivnošću vode u cilju monitoringa i ispitivanja pogodnosti voda za piće (S. Labidi et al, *J. Environ. Radioact.* 62 (2002) 87–96; A. Walencik et al, *Appl. Radiat. Isot.* 68 (2010) 839–843; Shaver SA et al, *Int. J. Coal Geol.* 67 (2006) 47–78. Rezultati dobijeni u ovoj tezi pokazuju dobro slaganje sa pomenutim rezultatima. Kod banjskih voda dokazana je zavisnost fizičkohemijskih karakteristika od geološke strukture nalazišta.

Pokazano je da su najveće koncentracije ^{222}Ra nađene kod eruptivnih, metamorfnih i kvarcitnih stena. Srednje vrednosti su nađene kod škriljaca i sedimentnih stena. Oslobođanje radona i njegov transport u Zemljinoj kori uključuje proces emanacije, difuzije i adsorpcije. Dokazano je da najniže vrednosti radona sadrže podloge tla od krečnjaka (M. Galan Lopez, A. Martin Sanchez, *J. Environ. Radioact.* 99 (2008) 1539-1543; UNSCEAR, New York (2000); UNSCEAR, New York (1993). Rezultati dobijeni u ovoj tezi za koncentracije ^{226}Ra u banjskim vodama pokazuju dobro slaganje sa pomenutim rezultatima.

Multivarijacione statističke metode se koriste za karakterizaciju i evaluaciju kvaliteta vode, vodnih tela i predstavljaju koristan alat za utvrđivanje vremenskih i sezonskih varijacija usled prirodnih i antropogenih pritisaka. Faktorska analiza se koristi za objašnjenje korelacije između posmatranja preko osnovnih faktora koji nisu direktno uočljivi. Visoka korelisanost podataka u faktorskoj analizi (pozitivno ili negativno) pretpostavlja i veliku verovatnoću da su podaci pod uticajem istih faktora, dok su relativno nekorelisani podaci pod uticajem različitih faktora, što je i aksiom faktorske analize (S. Vujović et al, <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0367-598X/2013%20OnLine-First/0367-598X1300007V.pdf>; M. Adamu, A.Z. Aris, *J. Appl. Sci. Environ. Sanit.* 6 (2011) 411-426; H. Boyacioglu, H. Boyacioglu, *Environ. Monit. Assess.* 31 (2007) 371–376; A.M. Taiwo, *Geofizika* 29 (2012); P. Papić, J. Stojković, *XIV srpski hidrogeološki simpozijum sa međunarodnim učešćem*, Rudarsko-geološki institut (2012) 483-487). Za analizu izmerenih fizičkohemijskih karakteristika voda u ovoj disertaciji su korišćene statističke metode koje su navedene u pomenutoj literaturi i dobijena su dobra slaganja.

U literaturi se mogu naći i istraživanja koja prate radioaktivnu kontaminaciju podzemnih voda veštačkim izotopima i zavisnost migracije fisionih produkata od geološke strukture zemljišta (Tompson A.F.B. et al, *Environ. Geol.* 42 (2002) 235-247; Gordeev S.K. et al, *Radioprotection* 40, Suppl. 1 (2005) 399-405). Rezultati dobijeni u ovom eksperimentu pokazuju niske koncentracije fisionih produkata ^{134}Cs i ^{137}Cs u mineralnim i pijaćim vodama.

U celini posmatrano, ispitivanja uticaja geološke strukture nalazišta na fizičkohemijske karakteristike podzemnih voda u ovoj disertaciji su slabo istražena. Zato su ova istraživanja pre svega aktuelna i neophodna. Sastojala su se od terenskog rada na prikupljanju uzoraka, laboratorijskih merenja i jedinstvene obrade svih rezultata.

D. Objavljeni radovi koji čine deo teze

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu M₂₂

3. Tanasković I, Golobočanin D, Miljević N, Multivariate Statistical Analysis of Hydrochemical and Radiological Data of Serbian spa Waters, Journal of Geochemical Exploration **112** (2012) 226-234.

Rad u međunarodnom časopisu M₂₃

4. Tanasković I, Golobočanin D, Komatina Petrović S, Miljević N, Natural radioactivity in Serbian spa waters, Journal of Environmental Protection and Ecology 12(1) (2011) 286-294.

E. Zaključak komisije

Na osnovu materijalâ i analiza izloženih u ovom izveštaju smatramo da je razmatrana doktorska disertacija dala naučni doprinos znanjima u oblasti primene fizičkohemijskih metoda u istraživanjima uticaja geološke strukture nalazišta na fizičkohemijske karakteristike podzemnih voda Srbije. Posebno ističemo da je nađeno da su se kod podzemnih voda izdvojile banjske vode, čije su fizičkohemijske karakteristike pokazale znatnu zavisnost od geološke strukture tla, tj. litološkog sastava nalazišta. Pored svog naučnog značaja, ova disertacija je važna i sa praktičnog aspekta, jer se prvenstveno bavi vodama koje ljudi koriste za piće i u balneološke svrhe.

Zbog svega navedenog u ovom izveštaju predlažemo Nastavno-naučnom veću Fakulteta za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu da doktorsku disertaciju kandidata Irene Tanasković pod naslovom „**Radioaktivnost podzemnih voda u tipskim vodonosnim sredinama Srbije**“ prihvati i odobri njenu javnu odbranu, čime bi bili ispunjeni svi uslovi da kandidat stekne zvanje doktora fizičkohemijskih nauka.

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Šćepan Miljanić
redovni profesor Fakulteta za fizičku hemiju

dr Ljubiša Ignjatović
vanredni profesor Fakulteta za fizičku hemiju

dr Mirjana Radenković
naučni saradnik INN "Vinča"

Beograd, 18. februar 2014. godine.