

Broj 1156
Podgorica, 08 05 2020 god. 1

Predmet: Izvještaj o ocjeni magistarskog rada Jasmina Kuča

Odlukom Vijeća Prirodno-matematičkog fakulteta br. 474 od 10. 02. 2017. godine, imenovan sam za člana Komisije za ocjenu magistarskog rada kandidata Jasmina Kuča, pod nazivom „Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice“.

Magistarski rad mi je predat na ocjenu 20. 04. 2017. godine, te nakon pažljivog pregleda rada, a u zahtijevanom roku od 30 dana nakon njegovog prijema, podnosim Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

IZVJEŠTAJ

o ocjeni magistarskog rada Jasmina Kuča „Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice“

Magistarski rad je napisan na 82 stranice formata A4 i pored Predgovora, Izvoda rada, Sažetka (na engleskom) i Uvoda, na početku, kao i Literature i Popisa tabela i slika, na kraju, sadrži šest poglavlja: 1. Radon – karakteristike i izvori, 2. Tehnike mjerenja radona, 3. Podaci o koncentracijama radona u Crnoj Gori, 4. Lokacije i određivanje koncentracija radona u zemljištu, 5. Rezultati mjerenja i diskusija rezultata i 6. Zaključak. Poglavlja 4, 5 i 6 su centralni dio magistarskog rada i predstavljaju istraživački doprinos kandidata razmatranoj temi.

Postavljeni cilj istraživanja bio je da se na gradskom području Podgorice, na desetak lokacija, eksperimentalno odrede koncentracije radona (^{222}Rn) i njegovog roditelja radijuma (^{226}Ra) u zemljištu, kako bi se povećala veoma oskudna baza podataka o radonu u tlu Podgorice, gdje su jedino i rađena takva istraživanja u Crnoj Gori, i da bi se pokušalo ustanoviti postojanje korelacije između koncentracija ova dva genetski povezana radioizotopa. Za eksperimentalni dio istraživanja korišćena je raspoloživa veoma kvalitetna i kalibrisana mjerna oprema: dva RAD7 elektronska detektorska sistema za mjerenje zapreminske koncentracije aktivnosti radona u zemnom gasu i poluprovodnički gama spektrometri za mjerenje koncentracije aktivnosti radijuma u uzorcima zemljišta.

Eksperimenti su rađeni na 10 lokacija u Podgorici. U cilju kontrole tačnosti rezultata mjerenja zapreminskih koncentracija aktivnosti radona u zemljištu, na 5 lokacija radon je mjeran sa oba RAD7 detektora i rezultati su pokazali dobru međusobnu saglasnost – na 4 lokacije su srednje izmjerene vrijednosti saglasne unutar opsega standardnih devijacija, a samo na jednom mjernom mjestu je ta razlika nešto malo veća. Izmjerene koncentracije radona su u opsegu od 5.1 kBq/m^3 do 40.4 kBq/m^3 , sa aritmetičkom sredinom 19.1 kBq/m^3 . Dobijeni rezultati su zatim upoređeni sa rezultatima jedinih ranijih mjerenja radona u zemljištu Podgorice, iz 1994. godine, na ukupno 67 lokacija, kao i sa rezultatima iz okruženja Crne Gore, iz Evrope i svijeta.

Na osnovu jednostavnog modela koji daje UNSCEAR za procjenu koncentracije radona u zemnom gasu na osnovu koncentracije aktivnosti ^{226}Ra u zemljištu, koji ne uključuje transport radona (advekciju i difuziju), i tipičnih vrijednosti parametara koji figurišu u njemu, u magistarskom radu su, uz variranje vrijednosti nekih od tih parametara, rađeni proračuni koncentracije radona u zemljištu na ispitivanim lokacijama u Podgorici na osnovu izmjerenih vrijednosti koncentracija radijuma u tlu na tim lokacijama, ali su dobijena znatna odstupanja od eksperimentalno konstatovanih koncentracija radona u zemnom gasu.

Takođe, na osnovu izmjerenih koncentracija aktivnosti ^{226}Ra u površinskom sloju zemljišta na ispitivanim lokacijama u Podgorici i tipičnih vrijednosti za faktor emanacije, poroznost suvog zemljišta i difuzionu dužinu u formuli koju daje UNSCEAR, urađen je proračun gustine fluksa radona na površini ispitivanih lokacija. Na kraju, u svjetlu izmjerenih koncentracija ^{226}Ra u zemljištu Podgorice razmatran je i diskutovan njihov odnos prema *indoor* koncentracijama radona u Podgorici, do sad publikovanim.

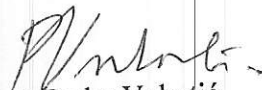
Na osnovu svih ovih razmatranja izveden je ispravan zaključak da korelacije između koncentracije aktivnosti ^{226}Ra u zemljištu i njegovog potomka ^{222}Rn u zemnom gasu, a tim još više između koncentracija aktivnosti ^{226}Ra u zemljištu i koncentracija radona u zgradama, nijesu direktne niti jednostavne, jer zaista mnogobrojni fizički parametri, vrlo specifični za svaku lokaciju i svaku zgradu posebno, utiču na njihov odnos, koji je zato izvanredno teško modeliranjem generalizovati.

Konačno, postavljeni istraživački cilj ovog magistarskog rada uspješno je i kvalitetno realizovan. Magistarski rad je terminološki veoma korektno urađen, a tehničke ili neke druge greške u radu nijesu primijećene. Jedina primjedba je da je u cilju boljeg sagledavanja veoma složenog međusobnog odnosa u zemljištu čvrstog ^{226}Ra , vezanog u česticama tla, i njegovog direktnog, gasovitog potomka ^{222}Rn , zbog njegovog kretanja kroz šupljine i pore u tlu, vođenog procesima emanacije, difuzije i advekcije, trebalo u poglavlju 1.2. Izvori radona detaljnije opisati njihovo ponašanje u tlu, tj. procese koji utiču na pokretljivost radona i njegovu koncentraciju u zemnom gasu.

Zaključni stav i predlog

Magistarski rad Jasmina Kuća „Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice“ sadrži obiman i raznovrstan kvalitetno urađen eksperimentalni dio, uz korišćenje dvije različite analitičke metode, kao i proračune koncentracija radona u zemnom gasu i gustine fluksa radona na površini ispitivanih 10 lokacija u Podgorici, literatura je relevantna za temu rada, a na osnovu nje izvedena su i poređenja u radu dobijenih rezultata sa onima koji karakterišu šire prostore – Crnu Goru, njeno okruženje, Evropu i svijet.

Na osnovu svega prethodno rečenog, smatram da ovaj magistarski rad u svemu zadovoljava propisane uslove, te predlažem Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad prihvati i imenuje komisiju za njegovu odbranu.


Prof. dr Perko Vukotić,
član Komisije

Podgorica, 08. 05. 2017. godine

UNIVERZITET CRNE GORE
VIJEĆE PRIRODNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Podgorica, Broj 1143
07.05.2020. god. A

Predmet: Izvještaj *Komisije za ocjenu magistarskog rada* **Kuč Jasmina**

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta, na sjednici održanoj 09. 02. 2017. godine, donijelo je *Odluku o imenovanju komisije za ocjenu magistarskog rada* pod nazivom „**Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice**“, kandidata **Kuč Jasmina** (Odluka br. 474 od 10. 02. 2017. godine). U komisiji su: prof. dr Nevenka Antović – mentor, prof. dr Nataša Raičević i prof. dr Perko Vukotić.

U skladu sa članom 29 (stav 1) *Pravila studiranja na postdiplomskim studijama* Univerziteta Crne Gore, u propisanom roku, Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta mentor podnosi

IZVJEŠTAJ

o magistarskom radu: „Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice“.

Prikaz rada

Uz naslovne strane i stranicu na kojoj su navedeni „podaci i informacije o magistrandu“, *Predgovor* (str. 1), *Izvod rada* i *Abstract* (str. 2 i 3, redom), tekst rada čini *Sadržaj* (str. 4-5), *Uvod*, šest poglavlja i *Literatura*. Na kraju je dat i *Popis tabela i slika*.

Rad sadrži 33 tabele i 33 slike, a njegova struktura je sljedeća:

Uvod (2 stranice),
Radon – karakteristike i izvori (7 stranica),
Tehnike mjerenja radona (8 stranica),
Podaci o koncentracijama radona u Crnoj Gori (8 stranica),
Lokacije i određivanje koncentracija radona u zemljištu (9 stranica),
Rezultati mjerenja i diskusija rezultata (33 stranice),
Zaključak (2 stranice),
Literatura (4 stranice),
Popis tabela i slika (4 stranice).

Nakon odgovarajućeg **Uvoda**, u poglavlju 1 (**Radon – karakteristike i izvori**), date su karakteristike najznačajnijih izotopa radona (potpoglavlje: *Radon, aktinon i toron*), a zatim su razmatrani izvori i koncentracije radona – u potpoglavlju *Izvori radona, outdoor i indoor koncentracije*, u okviru koga je komentarisano i doprinos koji udisanje radona daje srednjoj godišnjoj efektivnoj dozi od svih prirodnih izvora jonizujućeg zračenja na svjetskom nivou.

U poglavlju 3 (**Tehnike mjerenja radona**), date su karakteristike uređaja kojim je vršeno mjerenje (potpoglavlje: *Osnovne karakteristike uređaja RAD7*). Opisan je detektor i njegov spektar, kao i karakteristike uređaja pri mjerenju koncentracija aktivnosti gasa radona

u zemljištu. Takođe, u potpoglavlju *Procjene koncentracija ^{222}Rn na osnovu koncentracija aktivnosti ^{226}Ra u zemljištu*, definisano je na koji će način koncentracije radona u zemljištu na mjernim lokacijama u Podgorici biti procijenjene, kao i na koji način će biti procijenjena gustina fluksa radona iz tla na istim lokacijama. Ovo je bazirano na izvještaju Naučnog komiteta za efekte zračenja Ujedinjenih nacija iz 2000. godine. U istom potpoglavlju, date su karakteristike HPGe spektrometara koji su korišćeni za mjerenja koncentracija aktivnosti ^{226}Ra u uzorcima zemljišta.

Poglavlja 3, 4 i 5, su ključna poglavlja magistarskog rada, i na osnovu njih se može suditi o njegovom kvalitetu.

Redom,

u poglavlju 3 (**Podaci o koncentracijama radona u Crnoj Gori**), sa dva potpoglavlja (*Radon u vazduhu indoor* i *Mjerenje radona u zemljištu u Crnoj Gori*), sistematizovani su i komentarisani relevantni naučni rezultati u vezi sa mjerenjima koncentracija radona u stambenom prostoru i u zemljištu u Crnoj Gori. Naime, radi se o publikovanim rezultatima o radonskim indoor koncentracijama vezanim za teritoriju Nikšića, Primorja, centralnog dijela Crne Gore i, posebno, Podgorice. Navedeni su, uz kratak opis korišćenog metoda, i jedini do sada publikovani podaci o koncentracijama radona u zemljištu u Crnoj Gori, koji se odnose upravo na Podgoricu;

u poglavlju 4 (**Lokacije i određivanje koncentracija radona u zemljištu**), kroz odgovarajuća potpoglavlja, definisane su mjerne lokacije (koordinate, njihov bliži opis i prikaz na mapi Podgorice) i postupci mjerenja (koncentracija radona u zemljištu uređajem RAD7, i koncentracija aktivnosti radijuma u uzorkovanom zemljištu – HPGe spektrometrima, uz opis uzorkovanja, pripreme uzoraka i samog mjerenja);

u poglavlju 5 (**Rezultati mjerenja i diskusija rezultata**), najobimnijem poglavlju rada, komentarisane su koncentracije aktivnosti ^{226}Ra (potpoglavlje: *Radijum-226 u zemljištu Podgorice*), s kojima u vezi su, uz odgovarajuće statističke analize, data i određena poređenja sa literaturnim podacima. U najvažnijem potpoglavlju, koje rješava postavljene zadatke, *Radon-222 u zemljištu Podgorice*, na početku su komentarisane izmjerene koncentracije radona u zemljištu na 10 lokacija, javnih površina, na gradskoj teritoriji Podgorice. Upoređeni su rezultati mjerenja dobijeni pomoću dva ista uređaja (RAD7), na istim lokacijama. Rezultati su komentarisani i u svjetlu onih koji su prethodno, pasivnim radiometrom, dobijeni za teritoriju Podgorice, a data su i poređenja sa određenim podacima koji se vezuju za teritoriju Srbije, Bugarske, Slovenije, i drugih evropskih zemalja. U sljedećem potpoglavlju, *Odnos izmjerenih i procijenjenih koncentracija ^{222}Rn* , prvo su urađene procjene koncentracija ^{222}Rn pomoću parametara iz izvještaja Naučnog komiteta za efekte zračenja Ujedinjenih nacija iz 2000. godine (za različite uslove, a za nivo aktivnosti ^{226}Ra registrovan u uzorcima zemljišta iz Podgorice), a zatim su i konačno urađene procjene koncentracija ^{222}Rn na osnovu izmjerenih aktivnosti ^{226}Ra u zemljištu Podgorice, uzimajući u obzir gustine uzorkovanog i za mjerenje pripremljenog zemljišta. Ovo su prve analize te vrste u Crnoj Gori. U istom poglavlju, urađene su i procjene gustine fluksa radona na površini suvog zemljišta na ispitivanim lokacijama, čija je srednja vrijednost (za 10 lokacija) uporediva sa procjenama iste veličine na svjetskom nivou.

Postavljeni ciljevi i primijenjene metode

Ciljevi istraživanja bili su određivanje koncentracija radona u zemljištu na gradskom području Podgorice – mjerenjem pomoću radonskog detektora RAD7 i procjenama na osnovu rezultata gamaspektrometrijskih mjerenja aktivnosti ^{226}Ra , radioaktivnog roditelja ^{222}Rn . Istraživanje je realizovano i ciljevi su postignuti, uz primjenu odgovarajućih (i u prijavi teme navedenih) eksperimentalnih metoda.

Rezultati i zaključci o realizovanom istraživanju

Rezultati dobijeni u istraživanju, i prezentovani u magistarskom radu, su naučno validni, sprovedeno istraživanje je uspješno, ali i korisno, tim prije što u Crnoj Gori nema dovoljno podataka o koncentracijama radona u zemljištu, dok su, s druge strane, urađena sistematska i detaljna ispitivanja radonskih koncentracija indoor (u stambenom prostoru).

Rad je originalan, sadrži rezultate konkretnih istraživanja, odgovarajuće analize, diskusiju i jasne zaključke, uključujući i naznake šta bi trebalo uraditi u budućim istraživanjima. Napisan je u skladu sa pravilima pisanja rada u predmetnoj oblasti, a njegov sadržaj dokazuje da je kandidat savladao nastavni plan i program studija. Rješavanjem problema koji je postavljen kao cilj rada, pokazao je da može da primijeni stečena znanja i metode iz oblasti mjerenja radona i gama spektrometrije.

Zaključni stav i predlog

Iz rečenog slijedi, magistarski rad Kuč Jasmina, „Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice“, zadovoljava sve propisane uslove.

Mentor predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad prihvati, i imenuje komisiju za njegovu odbranu.

KOMISIJA:

M. Antović

dr Nevenka Antović, redovni profesor
PMF-a – mentor

Podgorica, 05. 05. 2017. godine

Predmet: Izvještaj člana Komisije za ocjenu magistarskog rada Jasmina Kuča

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta, na sjednici održanoj 09. 02. 2017. godine, donijelo je Odluku o imenovanju komisije za ocjenu magistarskog rada pod nazivom „**Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice**“, kandidata **Jasmina Kuča** (Odluka br. 474 od 10. 02. 2017. godine).

Kao član imenovane komisija (prof. dr Nevenka Antović – mentor, prof. dr Nataša Raičević i prof. dr Perko Vukotić), nakon pregleda magistarskog rada, u skladu sa članom 29 stav 1 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama Univerziteta Crne Gore, Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta podnosim

IZVJEŠTAJ

Tekst rada čini *Uvod* (2 stranice), šest poglavlja (67 stranica) i *Literatura* (4 stranice) uz dodatne stranice koje sadrže *Predgovor*, *Izvod rada*, *Abstract* i *Sadržaj*. Na kraju rada je *Popis tabela i slika*. Rad sadrži 33 slike i 33 tabele. Struktura rada ispunjava sve zahtjeve propisane članom 27 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama.

Postavljeni cilj

Cilj ovog rada je prikupljanje podataka o koncentracijama radona u zemljištu na teritoriji glavnog grada, Podgorice. Svaki podatak o koncentraciji radona, a naročito o koncentraciji u zemljištu iz kojeg ovaj gas dospijeva do nas je od velike važnosti jer je poznato da se udisanje radona, pored konzumacije duvana, smatra glavnim uzročnikom kancera pluća. Cilj se planira realizovati kroz direktno mjerenje koncentracija, uzorkovanjem gasa iz zemljišta i indirektno, mjerenjem aktivnosti radioaktivnog roditelja radona, ^{226}Ra , u zemljištu.

Primijenjene metode

Direktna mjerenje koncentracije radona u zemljištu Podgorice dobijena su detektorom RAD7 koji ima više režima rada. Sami detektor je čvrstotijelni, poluprovodnički detektor (Si) koji omogućava mjerenje energija α čestica nastalih u raspadima potomaka radona i torona. Vazduh se usisava pomoću pumpe sa protokom oko 800 mL/min.

Na istim lokacijama uzeti su uzorci zemljišta i analizirano pomoću ORTEC HPGe spektrometra za određivanje koncentracije radonovog radioaktivnog roditelja ^{226}Ra . Za uzorkovanje i pripremu zemljišta za ove analize korišćene su standardne procedure koje obuhvataju njegovo sušenje, prosijavanje, pakovanje i hermetizaciju. Mjerenje aktivnosti ^{226}Ra vrši se nakon uspostavljenе radioaktivne ravnoteže sa potomcima koji se raspadaju uz emisiju gama zračenja. Energetski opseg spektrometra je od 40 keV do 3000 keV i pokriva gama linije od interesa. Izmjerene koncentracije ^{226}Ra su korišćene za procjene koncentracije njegovog potomka ^{222}Rn u zemljištu korišćenjem nalaza i preporuka iz UNSCEAR 2000 izvještaja (United

Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).

Dobijeni rezultati

U ovom radu izmjerene su i procijenjene koncentracije radona u zemljištu na 10 lokacija u Podgorici. Gas za mjerenje RAD7 detektorom crpljen je sa dubine 0.5-0.6 m. Za procjenu koncentracije radona iz mjerenja koncentracije ^{226}Ra , na svim lokacijama uzet je površinski sloj zemljišta (dubine do 5 cm). Pored površinskog sloja, sa tri lokacije zemljište je uzorkovano i iz slojeva dubine 5-10 cm i 10-15 cm.

Upoređeni su rezultati izmjerene koncentracije radona i procijenjene na osnovu aktivnosti ^{226}Ra u površinskom sloju zemljišta. Odnos ovih koncentracija je u intervalu od 0.7 do oko 4.4 sa srednjom vrijednošću oko 2.

Određena je srednja vrijednost gustine fluksa radona na površini suvog zemljišta koja se veoma dobro slaže sa srednjim fluksom koji je procijenjen za globalni nivo.

Upoređivanjem sa postojećim rezultatima, utvrđeno je da su koncentracije radona u zemljištu značajno veće od indoor koncentracija radona u stanovima u Podgorici. Zaključeno je takođe da ne postoji direktna korelacija između koncentracije radona u gasu u zemljištu i koncentracije njegovog radioaktivnog roditelja, ^{226}Ra , u tom zemljištu.

Zaključci o realizovanim istraživanjima

Nakon pregleda magistarskog rada kandidata Jasmina Kuča, analize njegovog teksta i ostvarenih rezultata, smatram da je rad napisan jasno, da je cilj rada realizovan i da rad ispunjava sve uslove naučnog rada predviđene Pravilima studiranja na postdiplomskim studijama.

Zaključni stav i prijedlog

Na osnovu prethodno napisanog, pozitivno ocjenjujem magistarski rad „ **Koncentracije radona (^{222}Rn) u zemljištu Podgorice**“ autora, specijaliste fizike, Jasmina Kuča.

Predlažem Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad prihvati i imenuje komisiju za njegovu javnu usmenu odbranu.

U Podgorici, 8.05.2017.

ČLAN KOMISIJE:

dr Nataša Raičević - redovni profesor PMF-a

N. Raičević