

Broj 999

Podgorica, 19. 04. 2017. god.

**UNIVERZITET CRNE GORE
VIJEĆE PRIRODNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA**

Predmet: Izvještaj Komisije za ocjenu magistarskog rada Ilde Softić

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta, na sjednici održanoj 09. 02. 2017. godine, donijelo je *Odluku o imenovanju komisije za ocjenu magistarskog rada* pod nazivom „**Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici**“, kandidata **Ilde Softić** (Odluka br. 473 od 10. 02. 2017. godine).

Imenovana komisija (prof. dr Nevenka Antović – mentor, prof. dr Nataša Raičević i prof. dr Perko Vukotić), tokom ocjene magistarskog rada, imala je različito razumijevanje, između ostalog, pravila, zadataka i same procedure, zbog čega mentor, u skladu sa članom 29 (stav 1) *Pravila studiranja na postdiplomskim studijama Univerziteta Crne Gore*, u propisanom roku, Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta podnosi sopstveni

IZVJEŠTAJ

o magistarskom radu Ilde Softić: „Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici“.

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 (ukupno 79 strana) čini *Sadržaj* (str. 4-5), *Uvod*, šest poglavlja i *Literatura*. Slijede zatim *Popis tabela i slika* i *Prilog*.

Rad sadrži 40 tabela i 32 slike, a njegova struktura je sljedeća:

Uvod (2 stranice),
Terestrijalno gama zračenje (8 stranica),
Doze zračenja – definicije i mjerenje (11 stranica),
Mjerenje doza terestrijalnog gama zračenja u Podgorici (22 stranice),
Rezultati određivanja doza terestrijalnog gama zračenja u Podgorici (13 stranica),
Diskusija rezultata (15 stranica),
Zaključak (3 stranice),
Literatura (3 stranice),
Popis tabela i slika (3 stranice),
Prilog (5 stranica).

Poglavljja sadrže i odgovarajuća potpoglavljja.

U *Uvodu*, kandidat govori o jonizujućem zračenju, definiše cilj magistarskog rada i njegova poglavljja.

U poglavlju 1, *Terestrijalno gama zračenje*, definisani su: gama zračenje terestrijalnog porijekla, dominantne interakcije gama zračenja u materijalnoj sredini, gama zračenje prirodnih radionuklida (^{40}K i radionuklidi iz radioaktivnih nizova ^{235}U , ^{238}U i ^{232}Th) i fisionog produkta ^{137}Cs , koji je takođe uključen u analize, a s kojim u vezi se navodi: „Utvrdeno je da je porijeklo cezijuma, koga danas ima u zemljištu u Crnoj Gori, černobiljsko, tj. da je ovdje dospio nakon havarije u Černobilju 1986. godine“. U istom poglavlju navedene su i koncentracije aktivnosti prirodnih radionuklida u zemljištu zemalja južne Evrope – iz izvještaja *Naučnog komiteta za efekte zračenja Ujedinjenih nacija* iz 2000. godine, a dijelom je napravljen i osvrt i na izvještaj istog *Komiteta* iz 2008. godine.

U poglavlju 2, *Doze zračenja – definicije i mjerenje*, kandidat je definisala dozimetrijske veličine od značaja za zaštitu od zračenja, shodno preporukama *Međunarodne komisije za radiološku zaštitu* iz 2007. godine, uključujući operativne veličine koje se u tom smislu koriste (u potpoglavlju – *Mjerenje doza zračenja kao mjera zaštite od zračenja*). U istom poglavlju kandidat je navela „Kad se radi o terestrijalnom γ -zračenju koje je predmet ovog rada, osnovna veličina je jačina apsorbovane doze, koja se mjeri i procjenjuje da bi se ocijenilo izlaganje čovjeka ovoj vrsti zračenja“, a zatim napisala i izraze pomoću kojih se, bazirano na izvještaju *Naučnog komiteta za efekte zračenja Ujedinjenih nacija* iz 2000. godine i drugim citiranim referencama, na osnovu koncentracija aktivnosti radionuklida u zemljištu, procjenjuju – jačina apsorbovane doze na 1 m visine iznad tla, i godišnja efektivna doza koju odrasla osoba prima od datog, terestrijalnog, zračenja napolju/*outdoors*. U istom poglavlju navedeni su rezultati prethodnog istraživanja – mjerenja doza zračenja u laboratorijama za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Podgorici, i to: personalne ($H_p(10)$) i ambijentalne ($H^*(10)$) doze, uz opis (karakteristika) instrumenta Canberra INSCPECTOR 1000, koji je za direktna mjerenja jačina doza zračenja korišćen i u istraživanjima u okviru magistarskog rada kandidata. Takođe, između ostalog, u ovom poglavlju su navedena ograničenja izlaganja zračenju (stanovništva i profesionalno izloženih lica), u skladu sa propisima koji važe u Crnoj Gori.

U poglavlju 3, *Mjerenje doza terestrijalnog gama zračenja u Podgorici*, kandidat najprije navodi podatke o dozama od terestrijalnog zračenja – u svijetu i u Crnoj Gori (godišnje efektivne doze od prirodnih izvora jonizujućih zračenja – iz izvještaja *Naučnog komiteta za efekte zračenja Ujedinjenih nacija* iz 2008. godine, doze od terestrijalnog γ -zračenja u zemljištu južne Evrope iz izvještaja *Naučnog komiteta za efekte zračenja Ujedinjenih nacija* iz 2000. godine, jačine apsorbovanih doza u vazduhu, izvedene iz koncentracija aktivnosti radionuklida u zemljištu i direktno izmjerene – iz istog izvještaja navedenog *Komiteta*, a zatim i podatke koji se odnose na Crnu Goru – iz naučnih radova koji su objavljeni, kako u međunarodnim naučnim časopisima, tako i u domaćim naučnim časopisima i u zbornicima međunarodnih naučnih skupova). Zatim, kandidat navodi lokacije u Podgorici za koje su određene doze terestrijalnog gama zračenja *outdoors*, opisuje mjerenje jačine doze i uzorkovanje zemljišta za gama spektrometrijske analize, pripremu tih uzoraka i samo mjerenje, uz opis korišćenog ORTEC HPGe spektrometrijskog sistema. Navedeni su i radionuklidi koji su detektovani, i čije su aktivnosti korišćene za dalje analize.

U poglavlju 4, *Rezultati određivanja doza terestrijalnog gama zračenja u Podgorici*, kandidat najprije daje rezultate direktnih mjerenja jačina doza na mjernim lokacijama u Podgorici, uređajem INSCPECTOR 1000, na 1 m visine iznad tla i na „nultoj“ visini, tj. na samom tlu. Slijede zatim rezultati gama spektrometrijskih mjerenja uzoraka zemljišta sa istih lokacija – aktivnosti i koncentracije aktivnosti radionuklida u površinskom sloju (tj. zemljištu iz sloja dubine do 5 cm), te u tri sloja zemljišta (do dubine 15 cm) na tri lokacije, za koje su

dalje izračunate srednje koncentracije aktivnosti ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{137}Cs . Na osnovu dobijenih koncentracija aktivnosti radionuklida izračunate su jačine apsorbovane doze na 1 m visine iznad tla, kao i njihovi odnosi sa jačinama doza koje su (direktno) izmjerene na istim lokacijama. Nadalje, razmatrane su doze koje potiču od prirodnih radionuklida (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) i od vještačkog ^{137}Cs , i procijenjene godišnje efektivne doze koje odrasli stanovnik Podgorice prima (*outdoors*) od ovog izvora zračenja – na osnovu izmjerenih i izračunatih jačina apsorbovanih doza, od prirodnih radionuklida i od ^{137}Cs .

U poglavlju 5, *Diskusija rezultata*, prvo su komentarisane koncentracije aktivnosti radionuklida u zemljištu Podgorice, tj. u njegovom površinskom sloju. Ove koncentracije aktivnosti upoređene su sa podacima na svjetskom nivou, i sa podacima koji se odnose na zemlje južne Evrope, Crnu Goru i pojedina njena područja. Poređenja su urađena na odgovarajući način, uz navođenje relevantnih (objavljenih) rezultata prethodnih istraživanja. Doze terestrijalnog gama zračenja *outdoors* u Podgorici, takođe su na odgovarajući način diskutovane, i to: izmjerena jačina apsorbovane doze u vazduhu (na 0 m i na 1 m visine iznad tla), jačina apsorbovane doze na 1 m visine iznad tla koja je izračunata na osnovu koncentracija aktivnosti radionuklida u površinskom sloju zemljišta, doza od prirodnih radionuklida (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) i od ^{137}Cs , i doprinosi pojedinačnih radionuklida toj dozi. Takođe, na odgovarajući način su urađena poređenja izračunate i izmjerene jačine apsorbovane doze u vazduhu, i poređenja njihovog odnosa sa literaturnim podacima. Godišnja efektivna doza od terestrijalnog zračenja *outdoors*, za odraslog stanovnika Podgorice, procijenjena je posebno od prirodnih radionuklida i od ^{137}Cs , na osnovu rezultata direktnih mjerenja i na osnovu rezultata izračunavanja jačine apsorbovane doze u vazduhu na 1 m visine iznad tla, čime je rad kompletiran. Odnosno, u ovom poglavlju, kandidat je uspješno sistematizovala, poredila i diskutovala rezultate, koji su proistekli iz njenog istraživanja. Takođe, učinjena je i svojevrsna sistematizacija rezultata dosadašnjih istraživanja doza terestrijalnog gama zračenja u Crnoj Gori.

U poglavlju 6, *Zaključak*, kandidat je napravila osvrt na predmet i ključne rezultate njenog magistarskog rada, konačno zaključujući da ti rezultati „mogu biti osnova za analize i proračune rizika od terestrijalnog gama zračenja *outdoors* u Podgorici“.

Postavljeni ciljevi i primijenjene metode

Ciljevi istraživanja bili su specificiranje gradskog područja Podgorice u smislu doza koje potiču od terestrijalnog zračenja, tj. doza koje odrasli stanovnici Podgorice godišnje primaju od tog izvora, kao i poređenja direktno izmjerenih jačina doza i jačina doza koje se procjenjuju na osnovu koncentracija aktivnosti radionuklida u zemljištu, izmjerenih standardnom gama spektrometrijom.

Metode primijenjene u istraživanju, direktna mjerenja jačina doza pomoću Canberra INSPECTOR 1000 i mjerenja koncentracija aktivnosti terestrijalnih radionuklida poluprovodničkom (HPGe) spektrometrijom, prethodno ocijenjene kao odgovarajuće, omogućile su postizanje postavljenih ciljeva, tj. uspješno rješavanje postavljenog zadatka. Bez obzira na to što se dozimetrijske analize odnose na samo 11 lokacija u Podgorici, imajući u vidu na osnovu kolikog broja mjerenja/lokacija se određuju srednje doze za mnogo veće teritorije, kandidat je magistarskim radom specificirala gradsko područje Podgorice – u smislu doza koje potiču od terestrijalnog gama zračenja napolju (*outdoors*).

Rezultati i zaključci o realizovanom istraživanju

Poglavlja na osnovu kojih se posebno može suditi o kvalitetu i doprinosu magistarskog rada su: *Mjerenje doza terestrijalnog gama zračenja u Podgorici*, *Rezultati određivanja doza terestrijalnog gama zračenja u Podgorici*, *Diskusija rezultata*. U njima, kao što je prethodno navedeno, postoji i određena sistematizacija dostupnih podataka, i tumačenje dobijenih rezultata u svijetlu tih podataka.

Rezultati dobijeni primjenom navedenih metoda su validni, sprovedeno istraživanje je sa naučnog/stručnog aspekta uspješno, ali i korisno, u smislu zaštite od zračenja – kako stanovništva, tako i životne sredine. Očekuje se da rezultati budu publikovani, i tako prezentovani široj naučnoj i stručnoj javnosti.

Rad sadrži rezultate konkretnih istraživanja, kao i odgovarajuće analize, diskusiju i jasne zaključke. Napisan je u skladu sa pravilima pisanja rada u predmetnoj oblasti, a njegov sadržaj dokazuje da je kandidat savladala nastavni plan i program studija. Rješavanjem aktuelnog problema koji je postavljen kao cilj rada, pokazala je da može da primijeni stečena znanja i metode iz dozimetrije zračenja i gama spektrometrije.

Zaključni stav i predlog

Na osnovu prethodno rečenog, magistarski rad Ilde Softić, „Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici“, zadovoljava propisane uslove.

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

KOMISIJA:



dr Nevenka Antović, redovni profesor
PMF-a, mentor

...

Podgorica, 18. 04. 2017. godine

Predmet: Izvještaj o ocjeni magistarskog rada Ilde Softić

Odlukom Vijeća Prirodno-matematičkog fakulteta br. 473 od 10. 02. 2017. godine, imenovan sam za člana Komisije za ocjenu magistarskog rada kandidata Ilde Softić, pod nazivom „Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici“.

U zahtijevanom roku od 30 dana od prijema magistarskog rada, a nakon pregleda tog rada, podnosim Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

IZVJEŠTAJ

o ocjeni magistarskog rada Ilde Softić „Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici“

Pored Predgovora, Izvoda rada i Uvoda, kao i Literature i Priloga na kraju, magistarski rad sadrži šest poglavlja, od kojih poglavlja Rezultati određivanja doza terestrijalnog gama zračenja u Podgorici, Diskusija rezultata i Zaključak, ukupnog obima 31 stranice, imaju centralni značaj jer predstavljaju originalni istraživački doprinos kandidata razmatranoj temi.

Postavljeni cilj istraživanja bio je da se na gradskom području Podgorice odrede jačine apsorbovane doze spoljašnjeg terestrijalnog gama zračenja i na osnovu njih procijene godišnje efektivne doze koje odrasli stanovnici ispitivanog područja primaju od ovog zračenja. Za postizanje tog cilja uspješno su primijenjene dvije odgovarajuće standardne metode: 1) direktno mjerenje jačine apsorbovane doze u vazduhu i 2) mjerenje koncentracija aktivnosti radionuklida (prirodnih ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th i tehnogenog ^{137}Cs) u uzorcima tla, na osnovu kojih je zatim rađen proračun jačine apsorbovane doze u vazduhu na standardnoj visini od 1 m iznad tla. Kod obje metode korišćeni su adekvatni savremeni mjerni uređaji, Canberra INSPECTOR 1000 kod prve i poluprovodnički HPGe spektrometar kod druge.

Eksperimenti su rađeni na 11 lokacija u Podgorici, što je veoma reprezentativan uzorak za izvođenje relevantnih zaključaka o dozama zračenja na gradskom području Podgorice.

Rezultati dobijeni dvjema primijenjenim metodama određivanja doza usljed spoljašnjeg zračenja terestrijalnog porijekla pokazali su u ovom radu generalno dobru međusobnu saglasnost, tako da su iz njih izvedene srednje vrijednosti jačina apsorbovanih doza na ispitivanom području praktično jednake – 70 nGy/h i 74 nGy/h, a sljedstveno tome i srednje godišnje efektivne doze za odraslog stanovnika gradskog područja Podgorice – 0.086 mSv i 0.091 mSv. Svi rezultati dobijeni u magistarskom radu su analizirani i diskutovani u svjetlu postojećih rezultata odgovarajućih istraživanja u Crnoj Gori i svijetu i izvedeni su jasni zaključci. Time je u potpunosti, uspješno i kvalitetno, realizovan postavljeni istraživački cilj ovog magistarskog rada.

Nekoliko uočenih manjih grešaka, uglavnom tehničke prirode, ni u čemu ne umanjuju veoma pozitivan utisak o magistarskom radu.

Zaključni stav i predlog

Magistarski rad Ilde Softić „Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici“ terminološki je veoma korektno urađen, sadrži obiman i raznovrstan kvalitetno urađen eksperimentalni dio i proračune doza, literatura je obimna i relevantna za temu rada, a na osnovu nje izvedena su i poređenja u radu dobijenih rezultata sa onima koji karakterišu šire prostore – Crnu Goru, Južnu 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, 20. 04. 2017. godine

UNIVERZITET CRNE GORE
VIJEĆE PRIRODNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA

UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Podgorica, 20. 10. 2017.
Broj 1016/09-2017

Predmet: Izvještaj člana Komisije za ocjenu magistarskog rada Ilde Softić

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta, na sjednici održanoj 09. 02. 2017. godine, donijelo je Odluku o imenovanju komisije za ocjenu magistarskog rada pod nazivom „**Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici**“, kandidata **Ilde Softić** (Odluka br. 473 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 (72 stranice) i *Literatura* (3 stranice) uz dodatne stranice koje sadrže *Predgovor*, *Izvod rada*, *Abstract* i *Sadržaj*. Na kraju rada su *Popis tabela i slika* i *Prilog*. Rad sadrži 32 slike i 40 tabela. Struktura rada ispunjava sve zahtjeve propisane članom 27 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama.

Postavljeni cilj

Cilj ovog rada je da se provjeri nivo izloženosti stanovništva Podgorice terestrijalnom γ zračenju outdoors tj. γ zračenju terestrijalnog porijekla napolju. Cilj se planira realizovati kroz analizu doza zračenja koje se dobijaju direktnim mjerenjem i onih koje se dobijaju gama-spektrometrijskim mjerenjem koncentracija aktivnosti radionuklida za koje se smatra da su dominantno prisutni u zemljištu.

Primijenjene metode

Jačine doze outdoors na 11 lokacija u gradskom području Podgorice su direktno mjerene korišćenjem uređaja Canberra INSPECTOR 1000 sa NaI sondom. Na izabranim lokacijama mjerenja su vršena na visini od 1 m iznad tla i na samom tlu.

Do vrijednosti jačina doza dolazi se i mjerenjem koncentracija aktivnosti terestrijalnih radionuklida poluprovodničkom (HPGe) spektrometrijom. Primijenjena je i opisana standardna procedura uzimanja i pripreme uzoraka zemljišta za analizu ORTEC HPGe spektrometrijskim sistemom. Za tri lokacije analizirane su koncentracije aktivnosti u tri sloja zemljišta dubine do 15 cm, a za ostale lokacije analiziran je površinski sloj zemljišta na dubini do 5 cm.

Procjena godišnje efektivne doze koju odrasle osobe koje žive na ispitivanom području primaju zbog izlaganja zračenju (terestrijalno γ -zračenje, *outdoors*) dobijena je na osnovu jačina apsorbovanih doza u vazduhu, na 1 m visine iznad tla. Procjene su dobijene direktnim mjerenjem jačine apsorbovanih doza i iz jačine doza koje se računaju na osnovu koncentracija aktivnosti ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th (prirodni radionuklidi) i ^{137}Cs (vještački radionuklid) u uzorcima zemljišta (uz

pretpostavku da su u najvećoj mjeri u zemljištu prisutni navedeni radionuklidi).

Dobijeni rezultati

Dobijene su koncentracije aktivnosti radionuklida u površinskom sloju zemljišta u gradskom području Podgorice za ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{137}Cs . Rezultati su upoređeni sa postojećim vrijednostima dobijenim sa drugih područja u Crnoj Gori, sa srednjim vrijednostima na svjetskom nivou i u pojedinim zemljama južne Evrope. Analize koncentracija aktivnosti na različitim dubinama pokazuju da aktivnosti nisu velike i da su najveće u površinskom sloju.

Izmjerene doze terestrijalnog γ zračenja outdoors pokazuju da su doze izmjerene na tlu veće od doza koje su izmjerene na visini 1 m iznad tla. Rezultati su upoređeni sa rezultatima u svijetu i postojećim u Crnoj Gori. Jačine apsorbovanih doza na visini od 1 m iznad tla procijenjene su i na osnovu koncentracija aktivnosti radionuklida u zemljištu i upoređeni sa postojećim rezultatima u Crnoj Gori i u svijetu. Utvrđeno je da je odnos računatih i direktno izmjerenih doza na odabranim lokacijama u opsegu od 0.6 do 1.5. U radu su i posebno procijenjene jačine apsorbovanih doza koje odrasli stanovnik Podgorice prima napolju od ^{137}Cs i od prirodnih radionuklida (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) i upoređene sa rezultatima u svijetu i kod nas. Na osnovu direktno izmjerene i na osnovu izračunate jačine apsorbovane doze, u radu su dobijene i vrijednosti za godišnje efektivne doze od terestrijalnog zračenja outdoors u Podgorici i upoređene sa postojećim rezultatima u Crnoj Gori i u svijetu.

Zaključci o realizovanim istraživanjima

Nakon pregleda magistarskog rada kandidata Ilde Softić, 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 „Doze terestrijalnog gama zračenja u Podgorici“ autora, specijaliste fizike, Ilde Softić.

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

U Podgorici, 19.04.2017.

ČLAN KOMISIJE:

dr Nataša Raičević - redovni profesor PMF-a

N. Raičević