

Примљено	25.04.2012.		
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
	198/2		

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ОБРАЗАЦ -7

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ УРАЂЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>Nastavno-naučno veće Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, Odluka br. 198/1 od 29.02.2012. g</p>
<p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>Prof. dr Feriz Adrović, uža naučna oblast Eksperimentalna fizika, PMF, Kosovska Mitrovica</p> <p>Prof. dr Svetislav Savović, uža naučna oblast Subatomska fizika, PMF, Kragujevac</p> <p>Dr. sc. Gordana Milić, docent, uža naučna oblast Eksperimentalna fizika, PMF, Kosovska Mitrovica</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Biljana (Stevan) Vučković</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 12. 12. 1966, Priština, Srbija</p> <p>3. Назив факултета, назив студјског програма дипломских академских студија - мастер стечени стручни назив: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Prištini Fizika Profesor fizike 1990</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студјског програма докторских студија Odobrena izrada doktorske disertacije Odlikom Nastavno-naučno veće Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, br. 2/71 od 18.05.2005</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Elektronski fakultet u Nišu „Uticaj načina oksidacije, tehnologije izrade gejtа i polarizacije na formiranje i pasivizaciju radijacionih defekata kod MOS tranzistora“ Primenjena fizika 1997</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Primenjena fizika</p>

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Istraživanje koncentracije aktivnosti radona u mineralnim i termomineralnim vodama Srbije

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Doktorska disertacija je napisana ćirilicom na 148 strana, A4 formatu kompjuterski obraćenog teksta, koji sadrži 30 tabela, 43 slike i grafikona, i 178 referenci.

Doktorska disertacija pored uvoda i popisa literature, sadrži i sledećih deset poglavlja:

1. Radijacija na zemlji
2. Radon
3. Radon u zemljištu
4. Radon u vodi
5. Radon u vazduhu
6. Mineralne i termomineralne vode
7. Banje Srbije
8. Geotermalna energija podzemnih voda,
9. Metode istraživanja radona
10. Rezultati i diskusija

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

U uvodnom poglavlju, koje nosi naziv **Radijacija na zemlji**, kandidat u svojoj doktorskoj disertaciji detaljno razmatra fenomen prirodne radioaktivnosti. Naglašava da skoro svi matriksi u prirodi sadrže određene kolićine prirodnih radioizotopa. Detaljno su razraćene komponente prirodnog jonujućeg zraćenja: kosmićko zraćenje, kosmogeni radionuklidi i zraćenje zemaljskog porekla.

U ovom poglavlju kandidat razmatra uticaj radona i njegovih potomaka na ćoveka. Izlaganje stanovništva visokim koncentracijama radioaktivnog gasa radona, kao i unošenje velikih koncentracija aerosola kratkoživućih produkata raspada radona, dovodi do ozraćivanja prvenstveno organa za disanje. Smatra se da je radon, posle pušenja drugi najveći uzrok kancera pluća.

U drugom poglavlju, **Radon**, koji je predmet interesa ove doktorske disertacije, kandidat detaljno razraćuje fenomen gasa radona. Radon je prirodni radioaktivni elemenat, atomskog broja 86. To je gas bez boje, mirisa i okusa. U prirodi su prisutna tri radioaktivna izotopa radona. ćlanovi su tri prirodna radioaktivna niza, a nastaju  $\alpha$  raspadom atoma radija. Izotop  $^{222}\text{Rn}$  (naziva se radon) ćlan je prirodnog niza  $^{238}\text{U}$ , zatim izotop  $^{219}\text{Rn}$  (aktinon) koji je ćlan niza  $^{235}\text{U}$  i u sastavu prirodnog niza  $^{232}\text{Th}$  se nalazi treći izotop  $^{220}\text{Rn}$  (toron).

U ovom poglavlju kandidat razmatra i terapijsko delovanje radona. Lećenje radonom je jedna od najstarijih terapija kojom su se ljudi koristili i kojom se i danas koriste. Postoji nekoliko etapa u razvoju ove terapije, ukljućujući i vreme kada je ova terapija bila samo indirektno poznata po svojim pozitivnim efektima tj., od oko pre jednog milenijuma pa sve do prvih decenija naućnog istraživanja njenih osobina i nivoa koncentracije radona u razlićitim mineralnim vodama neposredno nakon njegovog otkrića, i do njegovog koriććenja u starim i novim terapeutskim ustanovama.

Istraživanja u poslednje dve decenije su otkrila neke od potencijalnih terapeutskih mehanizama radona na ljudski organizam. Normalizacija aktivnosti apsorberskih aktivnosti ćelije, koje su smanjene kod reumatićnih oboljenja, ubrzana je radon terapijom. Na ćelijskom nivou, snaga stvaranja slobodnih radikala posmatrana je uz izlaganju alfa ćestica, rezultirala je u porastu aktivnosti ćistih enzima. Porast ovih enzima moće doprineti poboljšanju simptoma bolesti npr. sprećavanju reumatićne upale

Terapija radonom se koristi i pri lećenju mnogih bolesti kao što su: prostata, psorijaza, polenska groznica, burzit, kancer pluća, visok krvni pritisak, bolesti sinusa, hroniće bolesti, bronhitis, migrena, artritis, ekcem, astma, poboljšava pokretljivost i cirkulaciju. Radon terapija pomaće kod dijabetesa, kao ima i pozitivan ućinak na rad kardiovaskularnog sistema: kolićina srćanih kontrakcija opada, arterijski pritisak opada.

U trećem poglavlju, **Radon u zemljištu**, kandidat naglašava da je glavni izvor gasa radona zemljište odnosno, podzemne stene koje sadrže uranijum i radijum ( $^{226}\text{Ra}$ ). Prisutni su u rudnim ležištima urana ili kao primese u rudama fosfata, olova, cinka i drugih sirovina.  $^{226}\text{Ra}$  se nalazi vezan uz magnezijum, kalcijum ili barijum i može biti u ravnoteži sa  $^{238}\text{U}$ . Koncentracija radijuma varira zavisno od tipa zemljišta i mogućih kontaminanata iz spoljašnosti.

Do površine zemlje radon dospeva putem difuzije kroz pore i šupljine u zemljištu i pri tome se veže za vodu ili prirodni gas pod zemljom. Sastav i struktura zemljišta određuju poroznost i moć apsorpcije za različite radioaktivne elemente. Što je zemljište više porozno veći je i koeficijent difuzije, što utiče na propustljivost i emanaciju radona. Kroz propustljivo zemljište, poput peščara, radon se lako prenosi probijajući se prema površini zemlje, dok vlažna glina ili druge vrste nepropustljivih zemljišta su mediji koji, u većoj ili manjoj meri, sprečavaju kretanje radona. Najveću količinu radona oslobađaju granitne i vulkanske stene, aluminijски škrljci, dok sedimentne stene sadrže manje količine, a i manje su porozne, te vrše manju emanaciju radona.

Kandidat naglašava da poseban doprinos izvoru radona daju zone pukotina i raseda preko kojih se gas radon transportuje naviše. Radon se probija prema površini zemlje, izlazi i meša se sa vazduhom, te nastavlja put prema atmosferi.

U poglavlju **Radon u vodi**, kandidat razmatra genezu radona u podzemnim vodama, i njegovu distribuciju u vodi za piće, ali i vodi koja se koristi u druge svrhe, što dovodi do značajnog ozračivanja stanovništva. To se prvenstveno odnosi na vodu koja se koristi u bazenima za kupanje, kao i kadama i kupatilima za inhalaciju u banjama. Doze ozračivanja organizama radionukleidima unetim pitkom vodom zavise od njihove količine u vodi, metabolizma i kinetike u organizmu. Kada se radi o vodi koja se koristi za kupanje i terapiju, najveći doprinos dolazi od inhalacije radona.

Podzemne vode, mogu akumulirati radon nastao u Zemljinoj kori i kao rezultat toga mogu se ponegde naći vrlo visoke koncentracije radona. Pri normalnoj upotrebi takve vode može se očekivati značajan ulazak radona vrlo visokih koncentracija iz vode u vazduh unutar prostorije. Na taj način, radon iz vode doprinosi ukupnom riziku od udisanja radona u zatvorenom prostoru.

Drugi način izlaganja radonu, je ingestija vode koja sadrži rastvorljiv radon. Tokom poslednjih pedeset godina povećan je broj oboljelih od kancera želudca, koji mnogi povezuju i sa prisustvom radona u vodi za piće.

U poglavlju, **Radon u vazduhu**, naglašava da je koncentracija radona u vazduhu varijabilna i da zavisi od niza meteoroloških parametara. Zbog relativno dugog vremena poluraspada (3.82 dana), radon može da boravi relativno dugo u atmosferi pre nego što se raspadne. Na taj način on učestvuje u turbulentnom prenosu kroz atmosferu i može da dospe do njenih viših slojeva i da pređe velika rastojanja.

Takođe i sezonske promene meteoroloških uslova utiču na varijaciju koncentracije radona u vazduhu, kao i na koncentraciju prirodne radioaktivnosti uopšte. Dnevne varijacije koncentracije radona, takođe su uzrokovane promenama stabilnosti atmosfere. U slobodnom vazduhu koncentracija gasa radona je obično  $10 \text{ Bqm}^{-3}$  i zavisi od pritiska, temperature i vlažnosti vazduha. Kandidat naglašava činjenicu da su građevinski materijali jedan od glavnih izvora radona u kućama, odnosno objektima. Neki materijali sadrže povećane koncentracije  $^{238}\text{U}$  i  $^{226}\text{Ra}$ . Karakteristični prirodni materijali koji sadrže uranijum su određeni graniti, ali je moguće pronaći i uranijumom bogate stene koje se koriste u građevinarstvu. Određena zemljišta, kao na primer, neke gline koriste se u građevinarstvu, a mogu imati povišeni sadržaj uranijuma.

U poglavlju, **Mineralne i termomineralne vode**, kandidat razrađuje genezu mineralnih i termalnih voda, detaljno analizira klasifikacije mineralnih i termalnih voda, što je od posebne važnosti za izvršena eksperimentalna istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji. Naglašava da su mineralne vode oduvek pobuđivale pažnju veoma širokog kruga kako istraživača, tako i korisnika, jer zahvaljujući

svojim fizičkim osobinama i hemijskom sastavu povoljno deluju na ljudski organizam i mogu se koristiti za profilaksu i lečenje. U ovom poglavlju kandidat analizira klasifikacije mineralnih i termalnih voda, i potencira klasifikacije koje su bazirane prema poreklu, temperaturi i hemijskom sastavu voda. U odnosu na geološko poreklo razlikuju se dve vrste voda: juvenilne, koje dolaze neposredno iz vulkanskih terena i, vadozne, meteorskog porekla.

Na osnovu koncentracije sedimenata, jonskog i gasnog sastava, kandidat u ovom poglavlju razrađuje opštu poddelu voda. Posebna pažnja u ovom poglavlju posvećena je nivoima radioaktivnosti voda. Kandidat ističe da je radioaktivnost mineralnih voda uslovljena prisustvom soli radijuma, njegovom emanacijom i proizvodima njegovog raspada. Radioaktivne vode su veoma siromašne mineralnim sastojcima i pripadaju zato grupi prostih voda. Najradioaktivnije su vode koje proizilaze iz granitnih i porfirnih stena. Vode koje sadrže znatnu količinu sulfata imaju obično malu količinu soli radijuma.

U poglavlju, **Banje Srbije**, kandidat daje detaljan prikaz glavnih banjско-rekreativnih centara Srbije. Naglašava da je područje Srbije, zahvaljujući geografskom položaju, geološkoj strukturi, složenosti i rasčlanjenosti reljefa, klimi, mineralnim i termomineralnim vodama ubraja se u najlepše komplekse nenarušene životne sredine na Balkanu i šire. Banje i klimatska lečilišta Srbije imaju dugogodišnju tradiciju omiljenih mesta za lečenje, oporavak, odmor i opuštanje zbog izuzetnih lekovitih i okrepljujućih karakteristika. Mnogobrojne mineralne vode, čija lekovita svojstva, prema hemijskom sastavu, temperaturi i drugim okrepljujućim faktorima su neophodna komponenta u lečenju brojnih bolesti.

Na osnovu pojavljivanja i rasprostranjenosti mineralnih voda, i njihovih fizičko-hemijskih osobina, izdvajaju se sledeći reoni: reon Karpatobalkanoida, reon Srpskog kristalastog jezera, Šumadijsko-kopaoničko-kosovski reon, reon Dinarida, reon Panonskog basena.

Reon Karpatobalkanoida karakteriše složena geološka građa, gde naslage idu od najstarijih kristalastih škriljaca do najmlađih aluvijalnih nanosa od metamorfnih, magmatskih i sedimentnih naslaga. Temperatura voda je u intervalu od 20° do 35°C, retki su izdani sa temperaturom preko 45°C. Predstavnici ovog reona su u prvom redu Niška Banja, a za njom su takođe poznate Soko Banja, Gamzigradska Banja, Brestovačka Banja.

Reon Srpskog kristalastog jezera zauzima centralno mesto na teritoriji Srbije i obuhvata najveći deo sliva Velike Morave. Kada je o geološkoj strukturi reč, najstarije stene ovog reona su kristalasti škriljci višeg i nižeg kristaliniteta sa gnajsevima, amfibolitima i sličnim stenama. Reonom preovadavaju naslage mezozojske, tercijarne i kvartarne starosti. Vode karakteriše jako visoka temperatura isticanja, preko 100°C, što je još jedna potvrda velikog geotermalnog potencijala. Veoma su raznovrsnog hemijskog sastava, kao i velikog opsega mineralizacije. Poznate banje ovog regiona su: Prolom Banja, Sijarinjska Banja, Vranjska Banja, Bujanovačka banja i Ribarska Banja.

Osnovna karakteristika Šumadijsko-kopaoničko-kosovskog reona je rasedna struktura nastala intenzivnim delovanjima magmatskih i vulkanskih aktivnosti. Na terenu najzastupljenije su tvorevine kredne starosti: glinci, peščari (gvoždjeviti i glaukonitski), konglomerati, kao i krečnjaci. Hidrogeološki karakter reona ukazuje na veliki broj pojava i ležišta mineralnih voda. Ovo je reon sa najbrojnijim i najraznovrsnijim mineralnim vodama, koje prema tome imaju i veliki temperaturski opseg. Poznate banje Šumadijsko-kopaoničko-kosovskog reona su: Bukovička Banja, Banja Gornja Trepča, Bogutovačka, Novopazarska, Mataruška, Jošanička Banja, Vrnjačka Banja, Lukovska, Kuršumlijska Banja, Klokot Banja, Banjska.

Reon Dinarida u geomorfološkom pogledu je pretežno reon brdsko-planinskog karaktera sa značajnom zastupljenošću stena paleozojske starosti: škriljavi kompleksi gnajseva, filita, mikašista. Po jonskom sastavu najveći broj mineralnih voda pripada grupi hidro-karbonatnih ili hidrokarbonatno-sulfidnih voda. Nešto su manje zastupljene hloridne vode. Poznatije banje oblasti Dinarida su: Banja Koviljača, Banja Badanja, Ovčar Banja, Pribojska Banja, Pečka Banja.

U reonu Panonskog basena prisutni su kristalasti škrljci, koji izgrađuju Vršacke planine, a zatim slede konglomerati, peščari, krečnjaci i dolomiti (trijas), breče, peščari, rožnaci i druge stene jurske i kredne starosti. U građi basena učestvuju i stene magmatskog porekla: spiliti, keratofiri, rioliti, kao i vulkaniti. Debljina ovih kompleksa varira od nekoliko desetina do nekoliko stotina metara. Preko ovih kompleksa stena nalazi se naslage glinovito-peskovitog sastava. Završni deo sedimentnog ciklusa su naslage kredne starosti jezerskog i jezersko-rečnog porekla: pesak, šljunak, gline, glinoviti peskovi i slične stene.

U poglavlju, **Geotermalna energija podzemnih voda**, kandidat ističe da na teritoriji Srbije postoje 159 istraženih prirodnih termalnih izvora, koja se nalaze uglavnom na dubinama 200-300m. Najveći protok je iz termalnih izvora nastalih prolazom kroz stene mezozoika, a zatim iz stena tercijarnih granitoida i vulkanskih stena. Ukupna geotermalna energija je 800MWt, ali iskorišćenost ovog temperaturnog sistema je slaba, oko 80MWt, svega 10% potencijala. Geotermalna energija se uglavnom koristi za zagrevanje banjskih objekata, a u nekim banjama koristi se i za zagrevanje staklenika i farmi, ili u manjim industrijskim postrojenjima.

Istraženi lokaliteti pokazuju da geotermalna energija u Srbiji može biti znatan deo energetske resursa Srbije. Postojeće geotermalne rezerve se procenjuju na  $400 \times 10^6$  tona. Intenzivno korišćenje ovih voda je u agro i akva-kulturi, kao i u glavnim sistemima za zagrevanje gradova, čime bi se umnogome olakšao i poboljšao i standard i život stanovništva Srbije.

Kandidat u ovom poglavlju ističe činjenicu, da rezervoari termalne energije, vrela, uglavnom karakterišu visok toplotni protok i velika koncentracija radona. Na svom dugom putu kroz unutrašnjost zemlje do mesta izbijanja, termalna voda dolazi u kontakt sa velikim površinama radioaktivnih vulkanskih stena, kao što su granit, kvarc i bazalt koji sadrže velike količine radijuma u sebi. Na koncentraciju radona u geotermalnim rezervoarima utiče ubacivanje radona u tečnost iz stena, kao i prenos tečnosti kroz rezervoar.

U poglavlju, **Metode istraživanja radona**, kandidat je na suptilan način i na profesionalno visokom nivou, izložio merne metode i merne sisteme koje je koristio u eksperimentalnom delu svoje doktorske disertacije. Kandidat je za realizaciju svoje doktorske disertacije imao na raspolaganju najsavremenije merne sisteme za detekciju radona i gama zračenja koji egzistiraju na tržištu.

Postoje različite metode i tehnike merenja koje se koriste u svrhu detekcije jonizujućeg zračenja. Za merenje koncentracije aktivnosti radona kandidat je koristio dva merna sistema: AlphaGUARD sistem (Genitron Instruments) i RadoSys (RadoSys Company) profesionalni sistem. Merni sistem AlphaGUARD se koristio za kontinuirano merenje koncentracije aktivnosti radona u svim ambijentalnim sredinama. Pomoću integriranih senzora ovaj uređaj je merio i određene meteorološke parametre sredine: temperaturu vazduha, atmosferski pritisak i relativnu vlažnost vazduha. Merni uređaj AlphaGUARD koristi DSP tehnologiju (engl. Digital Signal Processing) za obradu izlaznog signala iz jonizacione komore. Simultanom primenom tri različita sistema za oblikovanje impulsa u kombinaciji s analogno-digitalnim pretvaračima te složenim matematičkim algoritmima dobivaju se različite informacije iz signala šuma. Za obradu snimljenih podataka se koristio program DataEXPERT koji omogućava multiparametarsku analizu, kao i grafičku vizualizaciju dobivenih podataka.

Sistem RadoSys poslužio je kandidatu da odredi koncentraciju radona metodom detektora nuklearnih tragova (engl. Solid State Nuclear Track Detectors-SSNTD). Osnovne komponente ovog sistema su: CR-39 detektori, difuzione komore, Radobath-jedinica za obavljanje hemijskog nagrizanja detektora, Radometer-jedinica za automatsko očitavanje detektora. Princip metode se zasniva na registraciji tragova  $\alpha$  čestica, iz raspada radioaktivnog radona, u dielektričnom detektoru. Ova metoda spada u grupu pasivnih tehnika merenja, jer se koncentracija radona određuje pod prirodnim uslovima. Kandidat je u svojoj doktorskoj disertaciji profesionalno i detaljno opisao ovu metodu.

Za snimanje doza gama zračenja u vazduhu na ispitivanom području, kandidat je koristio merni sistem GammaTRACER. Autonomna merni sistem GammaTRACER registruje kontinuirano vrednosti jačine ekvivalentne doze gama zračenja u izabranim vremenskim intervalima. Kompletna elektronika i izvor

napajanja ovog uređaja su smešteni u hermetički zatvorenom vodootpornom kućištu, što omogućava upotrebu i u sredinama sa otežanim klimatskim uslovima.

U poglavlju, **Rezultati i diskusija**, kandidat prikazuje rezultate svojih istraživanja i detaljno ih analizira i diskutuje. Kandidat naglašava da predmet istraživanja ove doktorske disertacije su bili nivoi koncentracije aktivnosti radona u mineralnim i termomineralnim vodama banjskih centara Srbije, sa posebnim akcentom na vode u bazenima za kupanje, kadama i kupatilima za inhalaciju, kao i na nekim napuštenim izvorima gde se najveće ozračivanje javlja kao posledica udisanja radona. U nekim slučajevima, kada je to god bilo moguće, merenja koncentracije spoljašnjeg radona su izvršena i na samim izvorima kao i lokacijama gde se vrši kaptiranje ovih voda. Zato su uporedo praćene koncentracije aktivnosti radona i u vodi i u vazduhu. U isto vreme merila se i jačina doze gama doze zračenja.

Istraživanje se odvijalo u određenim vremenskim intervalima tokom 2009, 2010 i 2011. godine, kada su postojali realni uslovi za terenski rad. Istraživanjem je obuhvaćeno 18 banja u Srbiji, koje su podeljene u tri regiona, prema geološkoj strukturi tla na kome se nalaze. Merenja su se odvijala na području sledećih banjsko-zdravstvenih centara kao i nekih izvorišta mineralnih i termomineralnih voda: Niška Banja, Soko Banja, Gamzigradska Banja (reón Karpato-balkanoida); Sijarinska Banja, Vranjska Banja, Ribarska Banja, Prolom Banja (reón Srpskog kristalastog jezera) i Novopazarska Banja, Bogutovačka Banja, Mataruška Banja, Banja Gornja Trepča, Bukovička Banja, Jošanička Banja, Vrnjačka Banja, Lukovska Banja, Kuršumlijska Banja, Banja Banjska, Klokot Banja (Šumadijsko-kopaoničko-kosovski reón).

Koncentracije aktivnosti radona u vodi i u vazduhu merene su AlphaGUARD mernim sistemom, sistematizovane su po tabelama: tabela 10.1.1.-reón Karpato-balkanoida, tabela 10.2.1.-reón Srpskog kristalastog jezera i tabela 10.3.1.-Šumadijsko-kopaoničko-kosovski reón. Usled tehničkih poteškoća koncentracije aktivnosti radona u vodi očitavane su nakon 15 dana, i u tabelama označene kao  $C_{uv}$  (koncentracija radona u uzorkovanoj mineralnoj vodi). Oslanjajući se na istraživanja iz literature, vrednost koja odgovara koncentraciji aktivnosti radona u trenutku uzorkovanja se definiše korigovanim vrednošću,  $C_{corr}$  i određuje se obrascem (9.1.2.3) i smatra se validnom vrednošću. Prilikom uzorkovanja mineralne vode su imale različite temperature, a pošto su vrednosti očitavane nakon određenog vremena, sobna temperatura od 20°C uzima se kao jedinstvena temperatura ispitivanih voda. Godišnja efektivna doza koju stanovništvo primi usled ingestije radona,  $E$  čija se vrednost određuje izrazom (1.2.5.) predstavljena je u tabelama. Za odgovarajuće koncentracije aktivnosti radona u vazduhu,  $C_v$  računata je i efektivna ekvivalentna doza udahnutog radona, EED na godišnjem nivou, obrascem (1.2.3.).

Tokom istraživanja brižljivo su praćeni meteorološki parametri na mestima merenja, pošto njihove promene uslovljavaju i promenu koncentracije aktivnosti radona. To se prvenstveno odnosilo na mineralne i termomineralne izvore koji se pojavljuju geografski daleko od mesta nastanka, kada postoji povećana mogućnost mešanja obične atmosfere vode i dubinskih voda.

Jačina doze gama zračenja, merena je Gamma Tracer-om. Očitane vrednosti prikazane su u tabeli 10.1.2. vezane za reón Karpato-balkanoida, tabeli 10.2.2. vezane za reón Srpskog Kristalastog jezera i tabeli 10.3.2. vrednosti koje su očitane u banjama Šumadijsko-kopaoničko-kosovskog reóna.

Za kontinuirano praćenje koncentracije aktivnosti radona u privatnim kućama u Niškoj i Soko Banji, korišćeni su čvrsti CR-39 trag detektori. Po podacima iz literature, a i na osnovu preliminarnih rezultata istraživanja za potrebe ove doktorske disertacije, ovo su banje sa visokom koncentracijom radona, pa je bilo zanimljivo pratiti nivo koncentracije radona i u kućama. Izabrane su kuće koje se nalaze neposrednoj blizini izvora mineralnih voda. Koncentracija aktivnosti radona merena je u periodu zima-proleće, u jednoj polu-sezoni uzimajući u obzir postojeća klimatska dešavanja u prirodi. Iz dobijenih vrednosti, izračunata je i efektivna ekvivalentna doza udahnutog radona na godišnjem nivou, EED. Detaljna statistička analiza eksperimentalnih rezultata: maksimalna i minimalna vrednost, srednja aritmetička sredina, kao i parametri log normalne raspodele, sistematizovani je po reonima i predstavljeni u odeljku 10.4.

Na kraju svoje doktorske disertacije, u poglavlju **Zaključci**, kandidat sumira rezultate svog istraživanja. Kandidat naglašava da je prioritetni cilj ove doktorske disertacije bio, da se naučnom metodologijom i najsavremenijom mernom tehnikom u ovoj oblasti istraživanja, odrede nivoi koncentracije aktivnosti radona i jačine ekvivalentne doze gama zračenja istraženih lokacija.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Rezultati istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji publikovani su u časopisu međunarodnog značaja: *Levels of Gamma Radiation Dose Rate and Radon Activity Concentration in Air at Niska Banja*, ТЕМ-(ISSN-1840-1503), Vol5(1) p-27-31, 2011, (M23), dva rada u časopisu nacionalnog značaja, *Uticaj radona na čoveka*, Medicinska praksa (ISSN-0350-2945) 34 str.27-31 2011(M53) i *Istraživanje koncentracije aktivnosti radona u zatvorenim prostorijama*, Medicinska praksa (ISSN-0350-2945) 35, 2011(M53), kao i u tri naučna rada koji su saopšteni na simpozijumu i konferencijama nacionalnog značaja a štampani u celini.

#### **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

**Najvažniji rezultati koje je kandidat mr Biljana Vučković izložila u svojoj doktorskoj disertaciji**

1. U priloženoj doktorskoj disertaciji prikazani su po prvi put rezultati istraživanja koncentracije aktivnosti radona u vodi i vazduhu većine poznatih banjskih centara Srbije.
2. U slučajevima gde su detektovane povećane koncentracije aktivnosti radona u banjskim centrima, istraženo je i prisustvo radona u porodičnim kućama u neposrednoj blizini termalnih izvora.
3. Izmerene vrednosti jačine doza gama zračenja na većini istraženih lokacija, nalaze se u dobroj korelaciji sa izmerenim nivoima radona.
4. Izračinata je godišnja efektivna doza koju stanovništvo primi usled ingestije radona na istraženim lokacijama.
5. Praćenjem meteoroloških parametara na mernim lokalitetima, uočeni su dominantni faktori koji utiču na promenu koncentracije aktivnosti radona.
6. Po prvi put su istovremeno i kontinuirano mereni nivoi koncentracije aktivnosti radona u vazduhu pomoću dva najsavremenija merna sistema, što daje poseban doprinos pouzdanosti istraživanja.
7. Nivoi koncentracije aktivnosti radona na većini istraženih lokacija nalaze se u okviru dozvoljenih vrednosti.
8. Nivoi jačine ekvivalentne doze gama zračenja na većini istraženih lokacija nalaze se u okviru dozvoljenih vrednosti i u korelaciji su sa nivoima radona.
9. Najveća koncentracija aktivnosti radona u vazduhu, izmerena je bazenu hotela „Radon“, u Niškoj Banji. Pokazano je da ona direktno zavisi od ekshalacije radona iz termomineralnih voda.
10. Kod relativno malog broja banja Srbije, postoji zdravstveni rizik od povećanih nivoa koncentracije aktivnosti radona.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Rezultati istraživanja u priloženoj doktorskoj disertaciji prikazani su na jasan i pregledan način, detaljno analizirani i razrađeni. Kandidat je bio u mogućnosti, koristeći obimnu literaturu, da svoje rezultate uporedi sa rezultatima drugih autora u ovoj oblasti istraživanja. Kandidat je na visokom naučnom nivou aplicirao savremene naučne metode u svom istraživanju.

**IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Nakon detaljne analize doktorske disertacije pod naslovom : „ **Istraživanje koncentracije aktivnosti radona u mineralnim i termomineralnim vodama Srbije**“, kandidata **mr Biljane Vučković**, komisija je utvrdila sledeće:

1. Doktorska disertacija je urađena u skladu sa obrazloženjem datim u prijavi teme.
2. Doktorska disertacija sadrži sve bitne elemente naučnoistraživačkog rada.
3. Istraživanja koja su izvršena u ovoj doktorskoj disertaciji su od posebnog značaja kako za posetioce i pacijente banjskih centara, tako i za stručno osoblje postojećih banjskih centara.
4. Ova doktorska disertacija daje originalne podatke za nivoe aktivnosti radona u vodi i vazduhu većine banjskih centara i izvorišta mineralnih i termomineralnih voda Srbije.
5. Ova istraživanja direktno su u funkciji primene određenih mera u slučajevima kada su nivoi aktivnosti radona bliski akcionim nivoima.
6. Rezultati istraživanja ove doktorske disertacije osim medicinskog aspekta, biće direktno u funkciji različitih primena, kao što su prospekcija minerala, za geotermalna istraživanja, pretskazivanje zemljotresa i vulkanskih erupcija
7. U ovoj doktorskoj disertaciji nisu uočeni nedostaci koji bi u suštini umanjili njenu vrednost.

**X ПРЕДЛОГ:**

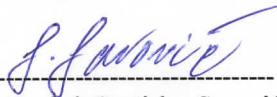
Na osnovu ukupne ocene disertacije, komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučno veću Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Prištini da **PRIHVATI** doktorsku disertaciju „**Istraživanje koncentracije aktivnosti radona u mineralnim i termomineralnim vodama Srbije**” kandidata **mr Biljane Vučković** i **ODOBRI** njenu odbranu.

Kosovska Mitrovica, Kragujevac, 05.04. 2012.

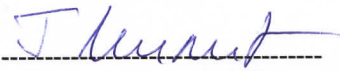
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



1. Prof. dr Feriz Adrović,  
PMF, Kosovska Mitrovica



2. Prof. dr Svetislav Savović,  
PMF, Kragujevac



3. Dr. Gordana Milić, docent,  
PMF, Kosovska Mitrovica