



UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË MATEMATIKE DHE INXHINIERISË FIZIKE
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE

DISERTACION

PËR MARRJEN E GRADËS “DOKTOR I SHKENCAVE”

**EKSPOZIMI I POPULLATËS SË KOSOVËS NDAJ IZOTOPIT
RADIOAKTIV ^{222}Rn NË HAPËSIRA TË MBYLLURA**

Kandidati: Gazmend NAFEZI

Udhëheqësi: Prof. Dr. Zenun MULAJ

Tiranë, 2016



UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË MATEMATIKE DHE INXHINIERISË FIZIKE
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE

DISERTACION
Paraqitur nga:
Gazmend NAFEZI
për marrjen e gradës

“DOKTOR I SHKENCAVE”

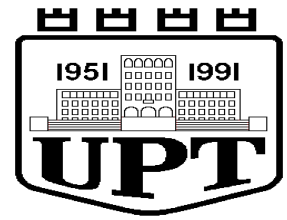
TEMA:

EKSPOZIMI I POPULLATËS SË KOSOVËS NDAJ IZOTOPIT
RADIOAKTIV ^{222}Rn NË HAPËSIRA TË MBYLLURA

Mbrohet më datë ____/____/_____, para Komisionit të përbërë nga:

1. Prof. Dr. Pellumb BERBERI Kryetar
2. Prof. Dr. Konstandin DOLLANI Oponent
3. Prof. As. Margarita KUQALI Oponent
4. Prof. Dr. Jovan ZOTO Anëtar
5. Prof. Dr. Antoneta DEDA Anëtar

UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MATEMATIKE DHE
INXHINIERISË FIZIKE
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE



Gazmend Nafezi

EKSPOZIMI I POPULLATËS SË KOSOVËS NDAJ IZOTOPIT
RADIOAKTIV ^{222}Rn NË HAPËSIRA TË MBYLLURA

Disertacion i doktoraturës

Udhëheqës: Prof. Dr. Zenun Mulaj

Tiranë, Shqipëri, 2016

PËRMBAJTJA

Abstract	VIII
Abstrakti	X
Shkurtesat	XII
1 Hyrje	1
2 Qëllimet e hulumtimit dhe teoria	3
2.1 Qëllimi i hulumtimit	3
2.2 Llojet e rrezatimeve jonizuese	6
2.2.1 Rrezatimi α	6
2.2.2 Rrezatimi β	7
2.2.3 Rrezatimi γ	9
2.2.4 Radoni si një nga kontribuesit kryesor të rrezatimit jonizues	10
2.2.4.1 Fillet e studimit të radonit dhe izotopet e tij	10
2.2.4.2 Madhësitë dhe njësitë e rëndësishme gjatë llogaritjes së dozave efektive	11
2.2.4.3 Limitet për dozat e rrezatimit dhe ato të radonit	13
2.2.4.4 Limitet dhe vlerat e përqendrimit në rajon dhe në Kosovë	17
2.2.4.5 Limitet dhe vlerat e përqendrimit në vendet e Evropës	17
2.2.4.6 Limitet dhe vlerat e përqendrimit në botë	24
2.2.2 Rëndësia e hulumtimit të radonit brenda objekteve të ndryshme	26
2.2.2.1 Prejardhja e radonit dhe proceset që çojnë në daljen e tij në ajër	26
2.2.2.2 Radoni në çerdhe dhe shkolla	35
2.2.2.3 Radoni në vendbanime	39

2.2.2.3.1 Llogaritja e dozës efektive vjetore në vendbanime	42
<u>2.2.2.4 Radoni në vende të punës</u>	43
2.2.2.4.1 Llogaritja e dozave efektive për vende të punës	47
<u>2.2.2.5 Rreziqet shëndetësore nga ekspozimi me radon në hapësira të mbyllura</u>	47
<u>2.2.2.6 Metodat për eliminimin dhe reduktimin e nivelit të radonit</u>	51
3 Zonat e hulumtimit dhe metodat e studimit	54
3.1 Zonat e studimit	54
3.2 Metodat afatshkurtëra dhe metodat afatgjata të matjeve	55
3.2.1 Metodat afatshkurtëra (aktive) të matjeve të radonit	55
3.2.1.1 Pajisjet për matje afatshkurtëra	56
3.2.2 Metodat afatgjata (pasive) të matjeve të radonit	57
3.2.3 Metodat tona të matjeve	61
4 Rezultatet	66
4.1. Ekspozimi ndaj radonit në vendbanimet e rajonit të Prishtinës	66
4.1.1 Gjeologjia e zonës së hulumtuar	67
4.1.2 Procedura e matjeve	68
4.1.3 Analiza statistikore e rezultateve	69
4.1.4 Radoni në vendbanimet e rajonit të Prishtinës me kohëzgjatje më shumë se 6 muaj	80
4.1.5 Korelacioni me gazin e Tokës	87
4.2 Radoni në vende të punës	89
4.2.1 Procedurat e matjes	91
4.2.2 Llogaritja e dozave efektive dhe parametrave statistikorë	92
4.3 Radoni në shkolla dhe çerdhe	93

4.4 Radoni në zona të prirura	95
4.4.1 Varësia e përqendrimit të radonit nga materiali ndërtimor i objekteve	96
5 Diskutimet	101
5.1 Krahasimet e rezultateve dhe varësia nga parametrat	101
5.1.1 Krahasimi i rezultateve ndërmjet shkollave, vendbanimeve dhe vendeve të punës në lokacione të afërta të matjeve	101
5.1.2 Krahasimi i rezultateve ndërmjet zonave të ndryshme të hulumtimit	102
5.1.3 Varësia e përqendrimit të radonit nga parametra të ndryshëm	102
5.1.4 Krahasimi i rezultateve me vendet e tjera në rajon dhe botë	106
5.1.4.1 Vendbanimet	106
5.1.4.2 Vendet e punës	108
5.1.4.3 Shkollat	108
6 Përfundimet	111
6.1 Nivelet e radonit krahasuar me studimet e vendeve tjera	111
6.2 Rekomandimet dhe aktivitetet në të ardhmen	113
6.3 Kontributi i studimit	115
7 Mirënjohjet	117
8 Referencat	118
Indeksi i Figurave	131
Indeksi i Tabelave	134
Shtojca	140

Abstract

In this study radon (^{222}Rn) activity concentration has been surveyed in different zones of Kosovo in dwellings, workplaces and schools. The radon (^{222}Rn) activity concentration has been measured in winter, spring and summer using different methods. The radon (^{222}Rn) activity concentration has been measured with the aim to complement the national radon survey and to compare the results of different measurement techniques. The radon (^{222}Rn) activity concentration has been measured also to estimate the impact of an open-cast lignite mine and two lignite-fired power plants on indoor radon concentration, to know about exposure to radon in dwellings of a radon prone area and in some locations of underground workplaces other than mines as hospitals, faculties and other public institutions. Measurements of radon concentration were carried out also in indoor air of about 50 elementary and secondary schools with the aim to know about the level of indoor radon concentration in these locations and to enhance the national radon survey for schools. Other reasons for radon investigations in these areas was to estimate the relationship of radon levels with the age of buildings, building material and local geology, floor of measurements, time and season of measurements, to show the correlation between indoor radon concentrations and soil gas radon concentrations and in some cases to diminish the general concern among residents about impact of depleted uranium used in the last war in Kosovo on indoor radon levels.

The main active method for indoor radon measurement was direct sampling in alpha scintillation cells associated with two continuous methods, CRM-510 and Alpha GUARD radon monitor. But in cases with an increased instantaneous and continuous radon concentrations the additional method of track-etch detectors were applied. In many locations in particular in dwellings and workplaces the main and the only method was by exposing solid-state nuclear track detectors for a period three or six months.

Radon activity concentration in different zones of dwellings ranged from 41 Bq m^{-3} to 327 Bq m^{-3} , 44 to 266 Bq m^{-3} and 42 to 868 Bq m^{-3} while, the resulted annual effective doses, from 0.74 mSv y^{-1} to 5.83 mSv y^{-1} , 0.78 mSv y^{-1} to 4.74 mSv y^{-1} and 0.75 to

15.46 mSv y⁻¹.

In workplaces the radon activity concentrations ranged from 24 to 360 Bq m⁻³ respectively 0.36 to 6.41 mSv y⁻¹ for annual effective doses. The results of indoor activity radon concentrations in schools were measured to be from 35 Bq m⁻³ to 814 Bq m⁻³. Radon activity concentrations and the resulting annual effective doses are higher than in some other locations investigated before in Kosovo, and also higher than at several places in the neighboring and other countries. The national limit (adopted from ICRP 65) of 200 Bq m⁻³ for new buildings was exceeded in some houses, workplaces and schools and in some of them also the national limit (adopted from ICRP 65) of 400 Bq m⁻³ for old buildings was exceeded. The impact of lignite-fired power plants on indoor radon concentration has not been observed. Also no impact of depleted uranium on radon levels has been observed.

With these results the radon situation in Kosovo has been upgraded. They have also contributed to fill in the missing data in the European radon map for these zones.

Abstrakti

Në këtë studim përqendrimi i aktivitetit të radonit (^{222}Rn) është hulumtuar në zona të ndryshme të vendbanimeve, shkollave dhe vendeve të punës në Kosovë. Përqendrimi i aktivitetit të radonit (^{222}Rn) është matur në dimër, pranverë dhe verë duke përdorur metoda të ndryshme.

Përqendrimi i aktivitetit të radonit (^{222}Rn) është matur me qëllim të kompletimit të hulumtimit shtetëror të radonit dhe për të krahasuar rezultatet e teknikave të ndryshme të matjeve. Gjithashtu ky studim është bërë edhe për të vlerësuar ndikimin e një miniere të hapur dhe dy termocentraleve me djegje të linjtit në përqendrimet e radonit brenda objekteve të shqyrtuara, për të njohur ekspozimin ndaj radonit në vendbanimet e zonave me aktivitet të lartë të radonit dhe në lokacione të vendeve të punës nëntokësore jo miniera si spitale, fakultete dhe institucione tjera publike. Matjet e përqendrimit të radonit janë bërë gjithashtu edhe në ajrin e brendshëm të rreth 50 shkollave fillore dhe të mesme me qëllimin për të njohur nivelin e radonit brenda këtyre hapësirave dhe për të ngritur nivelin shtetëror të hulumtimeve të radonit në shkolla. Arsye të tjera të studimit në këto hapësira ka qenë edhe vlerësimi i varësisë së niveleve të radonit nga vjetërsia e objekteve, materiali ndërtimor, gjeologjia lokale e zonës, parametrat meteorologjik, për të parë korelacionin ndërmjet përqendrimit të radonit brenda objekteve dhe në gazin e Tokës dhe në disa raste për të zvogëluar shqetësimin e banuesve rreth ndikimit që mund të ketë uraniumi i varfëruar i përdorur në luftën e fundit në Kosovë në nivelet e radonit brenda objekteve.

Metoda kryesore aktive për matje të radonit brenda lokacioneve të shqyrtuara ka qenë marrja e mostrave të çastit përmes qelive shintiluese e shoqëruar edhe me metoda aktive të vazhduara si ajo përmes pajisjes CRM-510 dhe monitorit të radonit Alpha GUARD. Por në rastet e vlerave të ngritura me anë të metodave aktive është aplikuar metoda shtesë pasive me anë të ekspozimit të detektorëve të ngurtë të gjurmëve. Në shumë lokacione veçanërisht në vendbanime dhe vende të punës metodë kryesore dhe e vetme ka qenë ajo përmes ekspozimit të detektorëve të ngurtë për një periudhë prej tre deri në gjashtë muaj.

Përqendrimi i aktivitetit të radonit në zona të ndryshme të vendbanimeve shtrihej prej 41 Bq m^{-3} deri 327 Bq m^{-3} , 44 deri 266 Bq m^{-3} dhe 42 deri 868 Bq m^{-3} ndërsa dozat efektive rezultuese prej 0.74 mSv y^{-1} deri 5.83 mSv y^{-1} , 0.78 mSv y^{-1} deri 4.74 mSv y^{-1} dhe 0.75 deri 15.46 mSv y^{-1} .

Në vende të punës përqendrimet e aktivitetit të radonit shtriheshin prej 24 deri 360 Bq m^{-3} respektivisht për dozat efektive 0.36 deri 6.41 mSv y^{-1} . Rezultatet e aktivitetit të përqendrimit të radonit në shkolla shtriheshin ndërmjet 35 Bq m^{-3} deri 814 Bq m^{-3} .

Përqendrimet e aktivitetit të radonit dhe dozat efektive përkatëse janë më të larta se në lokacione të tjera të hulumtuara më herët në Kosovë, dhe gjithashtu më të larta se në shumë vende tjera fqinje dhe shtete tjera. Limiti shtetëror për ndërtesa të reja (i adoptuar sipas ICRP 65) prej 200 Bq m^{-3} është kaluar në disa vendbanime, vende të punës dhe shkolla gjithashtu limiti shtetëror për ndërtesat e vjetra (i adoptuar sipas ICRP 65) prej 400 Bq m^{-3} është kaluar në disa raste. Ndikimi i termocentraleve me djegje të linjtit në përqendrimin e radonit brenda hapësirave të shqyrtuara nuk është vërejtur. Gjithashtu nuk është verëjtur ndikimi i uraniumit të varfëruar në nivelet e radonit brenda objekteve të shqyrtuara.

Me këto rezultate situata e radonit në Kosovë është përmirësuar. Këto rezultate gjithashtu kanë ndihmuar në plotësimin e të dhënave të humbura të këtyre zonave në hartën e radonit të Evropës.

Shkurtesat

- (^{222}Rn) – izotopi i radonit 222;
- (RnDP) – produktet jetëshkurtëra të zbërthimit të radonit;
- C – përqendrimi i aktivitetit të nukleideve të veçanta;
- C_{Rn} - përqendrimi i aktivitetit të radonit;
- SI – sistemi ndërkombëtar i njësive;
- ICRP –Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtje Radiologjike;
- EPA – Agjensia për Mbrojtjen e Mjedisit;
- ARPANSA – Agjensia për Mbrojtje nga Rrezatimi dhe Siguri Bërthamore në Australi;
- UNSCEAR – Komiteti Shkencor i Kombeve të Bashkuara për Efektet e Rrezatimit Atomik;
- DCF – faktori i konvertimit të dozës;
- OBSH – Organizata Botërore e Shëndetësisë;
- SSNTD – detektorët e ngurtë të gjurmëve;
- TD – track detectors (detektorët e ngurtë);
- AM – mesatarja aritmetike;
- ASD – devijimi standard aritmetik;
- GM – mesatarja gjeometrike;
- GSD - devijimi standard gjeometrik;
- DN – detektorët e ngurtë;
- -1 – bodrum-kati nën Tokë;
- 0 – kati përdhësë;
- 1 – kati i parë;
- 2 – kati i dytë;

1 HYRJJE

Gazi inert radioaktiv i radonit dhe produktet e tij radioaktive jetëshkurtëra ndeshen në zingjirët e tri zbërthimeve që ndodhin në natyrë të kryesura nga ^{238}U , ^{235}U dhe ^{232}Th . Nga tri këto izotope që gjenden nëpër shkëmbinjë dhe tokë, ^{235}U dhe toriumi janë prezentë në sasi të vogël ndërsa me pjesëmarrje me mbi 99 % është izotopi ^{238}U në zingjirin e të cilit ndodhet $^{222}\text{Rn}^{(1)}$. Gazi radioaktiv i radonit (^{222}Rn) vjen nga transformimi alfa i radiumit (^{226}Ra) në zingjirin e zbërthimit natyror të ^{238}U në minerale⁽²⁾. Një pjesë e atomeve të radonit dalin nga grimcat e ngurta të mineraleve në hapësirat e lira ndërmjet tyre, nga ku ata fillojnë të migrojnë nëpër mjedis përmes difuzionit dhe të dalin në atmosferë, të akumulohen në miniera nëntokësore, shpella dhe gjithashtu të depërtojnë edhe brenda ndërtesave⁽³⁾. Për shkak të transformimit të tij alfa (koha e gjysëmzbërthimit, $t_{1/2} = 3.82 \text{ d}$), radoni në ajrin e mjedisit çdokund shoqërohet me produktet e tij jetëshkurtëra të zbërthimit (RnDP): ^{218}Po (alfa, $t_{1/2} = 3.05 \text{ min}$), ^{214}Pb (beta dhe gama, $t_{1/2} = 26.8 \text{ min}$), ^{214}Bi (beta dhe gama, $t_{1/2} = 19.7 \text{ min}$) dhe ^{214}Po (alfa, $t_{1/2} = 164 \mu\text{s}$). Përqendrimet e përbashkëta të aktivitetit të këtyre produkteve të radonit shpesh jepen me anë të përqendrimit të aktivitetit ekuivalent të ekuilibrit, me anë të shprehjes^(2,4):

$$C_{\text{RnDP}} = 0,105C_{^{218}\text{Po}} + 0,515C_{^{214}\text{Pb}} + 0,380C_{^{214}\text{Bi}}$$

ku C paraqet përqendrimin e aktivitetit të nukleideve të veçanta të shënuara me indeks. Ekuilibri shekullor në mes të radonit dhe RnDP vështirë që mund të arrihet në mjedisin e ajrit dhe shkalla e tij shprehet me anë të të ashtuquajturit faktor i ekuilibrit, të përkufizuar si: $F = C_{\text{RnDP}}/C_{\text{Rn}}$ ku C_{Rn} është përqendrimi i aktivitetit të radonit^(4,5).

Radoni dhe produktet e tij jetëshkurtër të zbërthimit në atmosferë janë nga kontribuesit kryesor të ekspozimit të popullatës nga burimet natyrore të rrezatimit. Përderisa rreziqet shëndetësore të shoqëruara nga ekspozimet e larta me radon në miniera nëntokësore kanë qenë të njohura shumë herët, ekspozimit ndaj radonit në mjedise tjera deri në vitet 1970 i është kushtuar pak vëmendje, kur disa shkencëtarë vlerësuan se ekspozimet ndaj radonit brenda hapësirave të mbyllura të çfarëdo objekti mund të kenë në

disa raste rrezikun e krahasueshëm me minierat nëntokësore. Që nga atëherë rritja e interesimit dhe informacioneve rreth radonit fillon të shtohet me anë të shumë studimeve, punimeve dhe konferencave të shumta⁽⁴⁾. Përgjithësisht pranohet se mesatarisht në tërë botën radoni dhe produktet e tij të zbërthimit jetëshkurtër kontribuojnë në rreth gjysmën e dozës efektive vjetore që një person pranon nga të gjitha burimet e rrezatimit natyror radioaktiv⁽³⁾. Studimet më të zgjeruara në përqendrimin e radonit brenda objekteve tregojnë ndryshime të konsiderueshme në vende të ndryshme të botës⁽⁴⁾. Edhe përkundër avancimit të hulumtimeve dhe kuptimit më të mirë të proceseve mjedisore që shkakton ekspozimi ndaj radonit ende ka shumë probleme të shoqëruara me vlerësimet e sakta të ekspozimit dhe dozave që pranon popullata nga ky ekspozim.

Si rrjedhim, radoni mbetet një problem serioz i shoqërisë dhe një çështje sfiduese e hulumtimit. Një numër i madh i vendeve të botës kanë kryer studime gjithëpërfshirëse të hulumtimeve rreth radonit si në shkolla, shtëpi banimi, vende të punës etj, në mënyrë që të dihen nivelet e radonit në këto mjedise, për të vlerësuar ekspozimin e popullatës dhe për të marrë masa të reduktimit në vende me ekspozim të lartë. Si rrjedhim radoni dhe produktet e tij të zbërthimit janë një shkaktar i dukshëm i vdekjeve. Vlerësohet se përafërsisht 5-15 % e të gjitha rasteve të kancerit të mushkërive në tërë botën vijnë nga radoni⁽⁴⁾.

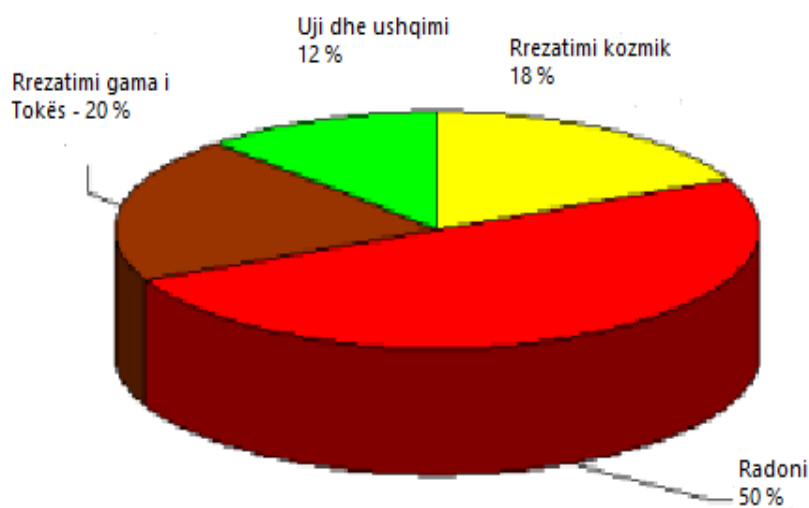


Figura 1.1 Burimet dhe shpërndarja mesatare e rrezatimit natyror për popullatën e Botës sipas UNSCEAR 2000.

2 QËLLIMET DHE TEORIA

2.1 QËLLIMI I HULUMTIMIT

Hulumtimet rreth problemit të radonit në Kosovë, rreth niveleve të ekspozimit ndaj radonit dhe dozave të pranura nga popullata vazhdimisht kanë hasur në vështirësi financiare por edhe ka pasur një mungesë të informacionit të mjaftueshëm rreth rrezikut që paraqet ky gaz radioaktiv brenda mjediseve të shkollave, vendbanimeve, vendeve të punës dhe shumë lokacioneve të tjera ku frekuentojnë njërëzit dhe kalojnë kohë të gjatë. Prandaj vazhdimi dhe thellimi i hulumtimeve rreth nivelit të radonit në mjedise të mbyllura në Kosovë është mjaft i vonuar në krahasim me vendet e rajonit e shumë më larg atyre evropiane. Në mungesë të të dhënave të mjaftueshme të studimeve rreth përqendrimeve të radonit si në gazin e Tokës, në ambientin e jashtëm ashtu edhe në ajrin e brendshëm të lokacioneve të ndryshme mungon një bazë e besueshme e të dhënave mbi radonin në mjediset e Kosovës.

Qëllimi themelor i këtij studimi është që të sigurohen të dhëna të sakta të përqendrimit të radonit në hapësirat e mbyllura dhe dozës së rrezatimit si dhe vlerësimi i rrezikut shëndetësor në mjediset e çerdheve, shkollave, vendbanimeve dhe vendeve të punës në Kosovë.

Prej arsyeje tjera të hulumtimit është përdorimi i metodave të reja aktive të matjeve në Kosovë si ajo me anë të pajisjes gjerësisht të përdorur në Botë Alpha GUARD dhe krahasimin e këtyre rezultateve edhe me metodat tjera aktive dhe pasive të matjeve në mënyrë që të bëhet krahasimi i rezultateve të fituara ndërmjet metodave të ndryshme për të arritur deri tek rezultatet sa më të sakta.

Duke pasur parasysh faktin se aktiviteti i përqendrimeve të radionukleideve në qymyr, hi dhe mbetje të hirit mund të jetë i lartë zgjedhja e lokacioneve në zonat rreth termocentraleve me djegie të linjtit në afërsi të Prishtinës dhe në komunat e Obiliqit dhe Fushë Kosovës është bërë me qëllimin për të parë ndikimin që mund të ketë linjiti dhe produktet e tij në përqendrimin e radonit brenda hapësirave të vendbanimeve. Gjithashtu

hulumtime janë kryer edhe në zona të rajonit të Prishtinës që ndodhen më larg termocentraleve si ato të Drenasit dhe Podujevës për të bërë krahasimin e rezultateve me zonat që janë në afërsi të tyre.

Për të vlerësuar faktorët të cilët ngrisin nivelin e radonit brenda objekteve në afërsi të disave nga këto vendbanime janë vendosur detektorët e ngurtë edhe në Tokë në mënyrë që të gjendet ndonjë korelacion me përqendrimin e radonit brenda objekteve.

Duke pasur parasysh se tashmë në Kosovë ka disa hulumtime të kryera rreth niveleve të radonit në disa vende të punës nëntokësore të cilat konsiderohen më të rrezikuara nga ekspozimi ndaj radonit si ato të kryera në shpellën për vizitorë të Gadimes dhe disa miniera nëntokësore, studimet tona janë përqendruar në vende të punës të cilat më parë nuk janë studiuar dhe që konsiderohen të rrezikuara nga përqendrimet e larta të radonit. Këto vende të punës kanë qenë vende të punës nëntokësore jominiera si spitale, fakultete dhe institucione të tjera publike të cilat ndodhen në të shumtën e rasteve nën katin përdhësë (bodrume).

Hulumtimet tona janë zgjeruar edhe në një numër të caktuar të shkollave dhe çerdheve. Zgjedhja e shkollave si në shumë vende të tjera është bërë për arsye se shkollat janë mjediset ku frekuentojnë popullata më e re e shoqërisë, dhe njohja e nivelit të radonit në shkolla në të cilat më parë nuk është bërë ndonjë hulumtim. Shkollat janë zgjedhur në zona të njëjta edhe me matjet e vendbanimeve dhe vendeve të punës me qëllim krahasimi të rezultateve dhe që të vendoset një bazë për një hulumtim shtetëror ku do të përfshiheshin të gjitha shkollat dhe çerdhet e vendit.

Në Kosovë nga disa hulumtime të kryera më herët në zonën e Stubllës në komunën e Vitisë është identifikuar nivel i lartë i uraniumit në gurët lokal të kësaj zone. Përdorimi i këtij guri lokal në ndërtimin e objekteve (i cili konsiderohet se ka përmbajtje të lartë të uraniumit) mund të jetë si shkaktari kryesor në ngritjen e nivelit të radonit brenda vendbanimeve. Në këtë aspekt nuk ka pasur studime më të zgjeruara për të treguar se sa është e ekspozuar popullata e kësaj zone nga niveli i lartë i përqendrimit të radonit brenda objekteve të vendbanimeve. Në hulumtimet tona në këtë zonë matjet janë kryer në një numër më të madh të vendbanimeve të shtrira në një distancë të caktuar nga njëri tjetri. I është kushtuar shumë rëndësi varshmërisë së përqendrimit të radonit nga materiali ndërtimor për të parë ndikimin e gurëve lokal të përdorur në ndërtimin e objekteve në nivelet e radonit brenda tyre.

Në disa lokacione hulumtime janë kryer edhe në vendbanimet afër lokacioneve ku

gjatë luftës së fundit në Kosovë janë goditur nga projektilet me uranium të varfëruar nga NATO. Këto lokacione janë përzgjedhur në mënyrë që të zvogëlojnë shqetësimin e përgjithshëm në mesin e banorëve.

Nga arsyet e tjera të studimit të niveleve të radonit brenda hapësirave të përfshira në hulumtim është edhe vlerësimi i ndikimit të faktorëve tjerë si vjetërsia e objekteve, lloji i materialit ndërtimor, parametrat meteorologjikë, gjeologjia e Tokës si dhe mënyra e ventilimit të objekteve në përqendrimin e radonit brenda tyre.

Metodat e matjeve të përdorura për këtë studim janë metodat më të reja që përdoren në vendet ndryshme të rajonit dhe Evropës. Aparaturat e përdorura për matje fillimisht janë kalibruar në kuadër të bashkëpunimit tonë me Institutin Jožef Stefan në Lublanë – Qendra e Radonit dhe Institutit për Radioekologji dhe Radiokimi në Veszprem të Hungarisë – Qendra e Radonit.

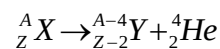
Arsye të tjera të hulumtimeve tona janë edhe krahasimet e rezultateve me hulumtimet e mëhershme të kryera në Kosovë, krahasimin e vlerave me studime të ngjashme të kryera në vendet e rajonit, të Evropës dhe Botës.

Rezultatet e fituara pritet që të plotësojnë të dhënat që mungojnë për këtë pjesë të Evropës dhe të kontribuojnë në plotësimin e hartës evropiane dhe botërore të radonit.

2.2 Llojet e rrezatimeve jonizuese

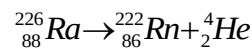
2.2.1 Rrezatimi α

Një nga strukturat e lidhura majft fortë është bërthama e heliumit ${}^4_2\text{He}$. Ajo emetohet si një grimcë alfa nga një numër i bërthamave me numra atomikë të lartë (>80), dhe për herë të parë është zbuluar nga H. Becquerel dhe përshkruar nga E. Rutherford rreth vitit 1900. Një kalim alfa mund të përshkruhet me anë të relacionit:



ku bërthama X ndryshon në bërthamën tjetër Y . Bërthama bijë (që lind) shpesh është në një gjendje të eksituar duke çuar në emetimin e një gama fotoni të shoqëruar me kthimin në gjendjen themelore energjetike.

Mund të vërehet se shuma e numrave të masës dhe numrave atomikë të bërthamës bijë dhe grimcës alfa është e barabartë me shumën e numrit të masës dhe numrit atomik të bërthamës përkatëse prind. Energjia e kalimit diskret zakonisht ndahet ndërmjet energjisë kinetike të grimcës alfa dhe gama fotonit. Për këtë arsye, grimcat alfa emetohen me energji diskrete⁽³⁹⁾. Një zbërthim klasik alfa është zbërthimi i ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ në ${}^{222}_{86}\text{Rn}$:



Skema e këtij zbërthimi radioaktiv mund të paraqitet si në figurën 2.2.1.1⁽⁴⁰⁾.

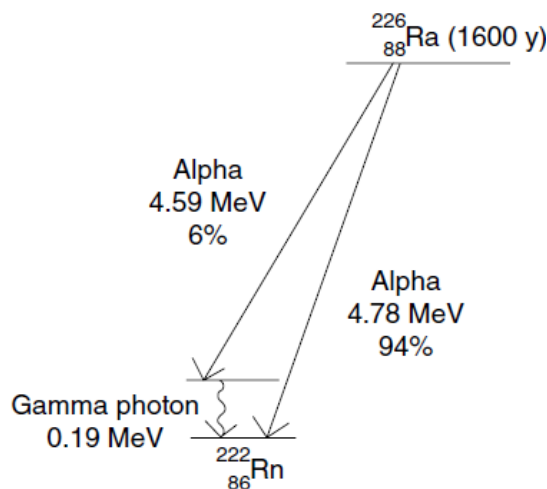


Figura 2.2.1.1: Skema e zbërthimit radioaktiv të ${}^{226}\text{Ra}$.

Grimcat alfa duke bashkëvepruar me lëndën nëpër të cilën kalojnë e humbasin energjinë e tyre nëpërmjet jonizimit dhe ngacmimit të atomeve dhe molekulave të lëndës. Pasi e humbasin energjinë e tyre, këto grimca kapin dy elektrone dhe transformohen në atomin neutral të heliumit. Energjitë e grimcave që lëshojnë elementet radioaktive luhet nga 4 MeV deri në 8 MeV⁽⁷⁾.

Rruga e grimcës alfa në lëndë është drejtvizore, kurse aftësia depërtuese varet nga energjia fillestare e grimcës. Ajo karakterizohet nga rendja e grimcës në lëndë d , që paraqet thellësinë e depërtimit të rrezatimit në lëndë. Rendja e grimcave alfa në ajër, për energji të tyre nga 3 MeV deri në 8 MeV përcaktohet në bazë të formulës së Gaigerit⁽⁷⁾:

$$d = 0,33 \cdot \sqrt{E^3} (cm)$$

ku E është energjia e grimcës alfa në MeV. Vlera e rendjes së grimcës alfa në lëndë të ndryshme nga ajri mund të përcaktohet në bazë të formulës së Bregut:

$$d = \frac{\sqrt{A \cdot E^3}}{\rho} (\mu m)$$

ose formulës së Glesenit:

$$d = \frac{A \cdot \sqrt{E^3}}{\rho \cdot \sqrt[3]{Z^2}} (\mu m)$$

ku E është energjia e grimcës alfa në MeV, A është masa atomike e lëndës, Z është numri atomik dhe ρ densiteti i lëndës.

2.2.2 Rrezatimi beta

Grimcat beta gjatë kalimit nëpër lëndë e humbasin energjinë e tyre nëpërmjet ngacmimit dhe jonizimit të atomeve si dhe nëpërmjet rrezatimit të frenimit⁽⁷⁾. Raporti i humbjeve energjetike nëpërmjet frenimit E_{fr} dhe nëpërmjet jonizimit dhe ngacmimit E_j jepet me shprehjen:

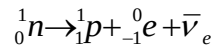
$$\frac{E_{fr}}{E_j} = \frac{E \cdot Z}{800}$$

Ku E është energjia maksimale e grimcave beta ose energjia fillestare e elektroneve

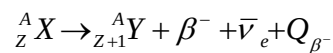
monoenergjetike⁽⁷⁾.

Rrezatimi beta mund të jetë dy llojesh:

Zbërthimi β^- - mund të vërehet kur neutronet janë tepriçë në bërthamë. Ky proces ndodh përmes bashkëveprimeve të dobëta ku një neutron bëhet proton me anë të çlirimit të një elektroni negativ (negatron) dhe një antineutrino elektronik (pa ngarkesë elektrike) dhe energji të qetësisë ($<15 \text{ eV}/c^2$)⁽³⁹⁾:



Në zbërthimin β^- një bërthamë prind, A_ZX , zbërthehet vetvetiu në bërthamën bijë, ${}^{A}_{Z+1}Y$, duke emetuar një grimcë β^- dhe një antineutrino $\bar{\nu}_e$ dhe çlirimin e një energjie Q_{β^-} ⁽⁴¹⁾:

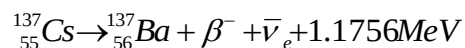


Grimca β^- është një elektron e^- prezencja e të cilit në reaksion e plotëson ligjin e ruajtjes së ngarkesës (meqënëse nukleonet ruhen në anën e djathtë të reaksionit kemi një proton shtesë). Antineutrino $\bar{\nu}_e$ ka masë zero (ose shumë të vogël), nuk ka ngarkesë, dhe prezencja e tij në reaksion është për të siguruar ruajtjen e leptoneve⁽⁴¹⁾.

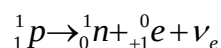
Sipas ligjit të ruajtjes së energjisë në reaksion vlen:

$$m_X c^2 + K_X = m_Y c^2 + K_Y + m_e c^2 + K_{\beta^-} + K_{\bar{\nu}}$$

Një shembull tipik i zbërthimit β^- është ai i ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ (me kohë të gjysëmzbërthimit $T_{1/2} = 30.07$ vite) në ${}^{137}_{56}\text{Ba}$:

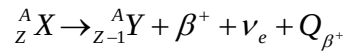


Zbërthimi β^+ - mund të vërehet kur protonet janë tepriçë në bërthamë. Procesi në këtë rast mund të shkruhet në formën:



ku ${}_{+1}^0e$ është një antielektron, i quajtur pozitron, ν_e është një elektron-neutrino(39).

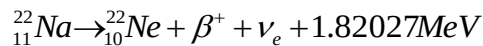
Në zbërthimin β^+ një bërthamë prind, ${}_Z^AX$, zbërthehet vetvetiu në bërthamën bijë, ${}_{Z-1}^AY$, duke emetuar një grimcë β^+ dhe një neutrino ν_e dhe çlirimin e një energjie Q_{β^+} ⁽⁴¹⁾:



Sipas ligjit të ruajtjes së energjisë në reaksion vlen:

$$m_X c^2 + K_X = m_Y c^2 + K_Y + m_e c^2 + K_{\beta^+} + K_{\nu}$$

Një shembull tipik i zbërthimit β^+ është ai i ${}^{22}\text{Na}$ (me kohë të gjysëmzbërthimit $T_{1/2} = 2.609$ vite) në ${}^{22}\text{Ne}$ ⁽⁴¹⁾:



2.2.3 Rrezatimi gama

Në zbërthimet alfa dhe beta të përshkruara më sipër zbulohet se bërthama bijë në zbërthimet e tilla zakonisht lind në një gjendje të eksituar. Këto gjendje zakonisht kanë jetë të shkurtër dhe vetvetiu deekscitohen duke emetuar rrezatim elektromagnetik të quajtur rrezatimi γ ndërsa zbërthimi quhet zbërthimi γ . Energjia, E_γ , e rrezeve γ përcaktohet nga diferenca energjetike ΔE e të dy gjendjeve⁽⁴¹⁾:

$$\Delta E = E_{\text{filltare}} - E_{\text{përfundimtare}} = E_\gamma + K_{\text{zbrapsjes}}$$

ku $K_{\text{zbrapsjes}}$ është energjia kinetike e bërthamës së zbrapsur.

Si rezultat një numër i madh i radionukleideve me skema të ndryshme të zbërthimit përmbajnë emisionet γ në spektrat e tyre rezultues⁽³⁹⁾.

Nga ligjet e bashkëveprimit të rrezatimit gama me lëndën, dihet se dobësimi i intensitetit

të këtij rrezatimi në lëndë ka karakter eksponencial dhe shprehet me anë të shprehjes së njohur⁽⁷⁾:

$$H = H_0 \cdot e^{-\mu x}$$

ku me H dhe H_0 shënohen dozat ekuivalente në një pikë të hapësirës përkatësisht në prani dhe në mungesë të mbrojtjes, μ koeficienti linear i dobësimit të rrezatimit në lëndë dhe x trashësia e materialit mbrojtës.

2.2.4 Radoni si një nga kontribuesit kryesor të dozës së përgjithshme që vjen nga rrezatimi jonizues

2.2.4.1 Fillet e studimit të radonit dhe izotopet e tij

Radoni për herë të parë si substancë e vetme ishte identifikuar në vitin 1900, vetëm katër vite pas zbulimit të radioaktivitetit nga Henri Becquerel në Paris më 1896. Ernest Rutherford në fillim të vitit 1900 duke punuar me oksidin e Thoriumit, vërejti se përveç jonizimit nga rrezatimet alfa dhe beta aty ishte edhe një rrezatim shtesë i gaztë që difuzonte nga shtresat e trasha të komponimeve të Thoriumit. Ky ishte emanacioni i Thoriumit i cili më vonë u quajt thoron. Pak muaj më vonë më 1900, Fritz Dorn duke studiuar kripërat e radiumit vërejti një gaz të ngjashëm radioaktiv të cilit ai iu referua si një emanacion i radiumit i cili më vonë u quajt radon në bazë të ‘‘Radium emanation’’⁽⁹⁾.

Numri i lartë i vdekjeve nëpër miniera në Evropën qendrore ishte vërejtur para vitit 1600 dhe si shkak kryesor i këtyre vdekjeve në fund të shekullit 19 ishte identifikuar të jetë kanceri i mushkërive. Më 1924 këto raste të kancerit të mushkërive iu atribuuan ekspozimit ndaj radonit. Matjet e para të radonit në hapësira të mbyllura janë bërë në vitet 1950 edhe pse në atë kohë zgjoi pak interesim. Në vitet e mëvonshme pati një rritje të shpejtë të interesimit të nivelit të radonit në vendbanime dhe vende të punës^(15,51).

Dy izotopet më të rëndësishëm të radonit janë ^{222}Rn , një produkt i ndërmjetëm i zbërthimit të radiumit (^{226}Ra) që rrjedh nga seritë e uraniumit të radionukleideve natyrore dhe izotopi ^{220}Rn i njohur si toron, një produkt i ndërmjetëm i zbërthimeve të radiumit (^{224}Ra) që rrjedh nga seritë e toriumit. Tek izotopi ^{220}Rn për shkak të kohës së shkurtër të gjysëmzbërthimit është i rëndësishëm më shumë produkti i tij i zbërthimit ^{212}Pb i cili ka kohën e gjysëmzbërthimit 10.6 h ndërsa, vetë izotopi ^{220}Rn është shumë më pak i rëndësishëm se izotopi ^{222}Rn ^(15,51).

2.2.4.2 Madhësitë dhe njësitë e rëndësishme gjatë llogaritjes së dozave efektive të radonit

Energjia potenciale alfa E_p , e një atomi në zingjirin e zbërthimit të radonit është energjia totale alfa e emetuar gjatë zbërthimit të këtij atomi deri tek elementi stabil ^{210}Pb . Energjia potenciale alfa për njësi të aktivitetit (Bq) të radionukleidit të shqyrtuar është:

$$\frac{E_p}{\lambda_r} = \frac{E_p t_r}{\ln 2}$$

Ku λ_r është konstanta e zbërthimit dhe t_r koha e gjysëmzbërthimit radioaktiv të bërthamës. Përqendrimi i energjisë potenciale alfa c_p , të ndonjë përzierje të produkteve jetëshkurtëra të zbërthimit të radonit në ajër është shuma e energjisë potenciale alfa të këtyre atomeve prezent për njësi të vëllimit të ajrit. Si rrjedhim, nëse c_i është përqendrimi i aktivitetit të produktit të zbërthimit të bërthamës i , energjia potenciale alfa e përqendrimit të produkteve të përziera është:

$$c_p = \sum_i c_i \left(\frac{E_{p,i}}{\lambda_{r,i}} \right)$$

Kjo madhësi në njësitë e SI shprehet si J m^{-3} ($1 \text{ J m}^{-3} = 6,242 \times 10^{12} \text{ MeV m}^{-3}$).

Energjia potenciale alfa e përqendrimit të ndonjë përzierje të produkteve të radonit në ajër gjithashtu mund të shprehet në termat e të ashtuquajturit përqendrim ekuivalent i ekuilibrit, c_{eq} , të bërthamës së tyre prind, radonit. Njësia e përqendrimit ekuivalent të ekuilibrit në SI është Bq m^{-3} . Faktori i ekuilibrit, F , definohet si raport i përqendrimit ekuivalent të ekuilibrit me përqendrimin e aktivitetit të bërthamës prind të radonit në ajër. Ky faktor shpreh disekuilibrin ndërmjet përzierjes së produkteve jetëshkurtëra dhe bërthamave të tyre prind në ajër në termat e energjisë potenciale alfa^(15,51).

Njësia e madhësisë së ekspozimit është J h m^{-3} ndërsa, për njësi të madhësisë së ekspozimit ekuivalent kemi Bq h m^{-3} . Energjia potenciale e ekspozimit alfa shpesh shprehet edhe me anë të njësisë historike WLM (Working Level Month). 1 WL ishte përkufizuar si përqendrim i energjisë potenciale alfa të shoqëruar me produkte të radonit në ekuilibër me 100 pCi l^{-1} (213700 Bq l^{-1}). Ky përqendrim është rreth $1.3 \times 10^5 \text{ MeV l}^{-1}$, por vlera e saktë varet në llogaritjet e energjisë alfa për dezintegrime. Tani WL përkufizohet si përqendrim i energjisë potenciale alfa prej $1.3 \times 10^8 \text{ MeV m}^{-3}$. Meqënëse madhësia ishte futur për të specifikuar ekspozimin profesional, një muaj ishte marrë të jetë 170 orë. Meqënëse $1 \text{ MeV} = 1.602 \times 10^{-13} \text{ J}$, marrëdhënia ndërmjet madhësisë historike dhe asaj në SI është^(15,51):

$$1 \text{ WLM} = 3.54 \text{ mJ h m}^{-3}$$

$$1 \text{ mJ h m}^{-3} = 0,282 \text{ WLM}$$

Njësia e dozës së radonit është madhësi e ndryshme nga njësia e përqendrimit të radonit që në SI është Bq m^{-3} . Doza e radonit jep energjinë e depozituar nga radoni dhe pasardhësit e tij për njësi të masës së absorberit siç është trupi i njeriut apo mushkëritë e tij. Doza e radonit zakonisht shprehet në mSv e cila është një madhësi e ponderuar e rrezatimit ose madhësi e ponderuar e indit. Për shkak se përqendrimi i radonit dhe doza e radonit janë dy madhësi të ndryshme fizike, një faktor i konvertimit përdoret për të vlerësuar dozën e radonit për njësi të ekspozimit të radonit⁽⁴⁹⁾.

Megjithatë konvertimi nga ekspozimi ndaj radonit në dozë efektive nuk ka të bëjë asgjë me ndonjë parametër dozimetrik dhe nuk mbështetet në inde ose faktorë të peshimit të rrezatimit. Kjo bazohet vetëm në barazinë e dëmeve rezultuese nga dy skenarë të ndryshëm të ekspozimit. Një emër më i mirë për këtë lloj të dozës do të ishte "dozë ekuivalente e rrezikut"⁽⁴⁹⁾.

Duke supozuar 2000 orë për vit si kohë qëndrimi brenda në vende të punës ndërsa 7000 orë brenda shtëpive, është e përshtatshme që të përdoret një faktor i ekuilibrit prej 0.4. Mbi këtë bazë, një ekspozim i vazhdueshëm ndaj përqendrimit të radonit prej 1 Bq m^{-3} rezulton në një ekspozim vjetor në shtëpi prej $1.56 \times 10^{-2} \text{ mJ h m}^{-3}$. Sipas kësaj ekspozimi ndaj radonit në 100 Bq m^{-3} do të ishte ekuivalent me një doze efektive vjetore prej 1.72 mSv ^(15,49).

Për të përcaktuar dozën e radonit në mushkëri që paraqet dozën e absorbuar ose dozën ekuivalente efektive duhet të njihen shumë madhësi që kanë të bëjnë me analizën e informacioneve rreth madhësisë së aerosoleve, fraksioneve të pabashkangjitura, shpejtësisë së frymëmarrjes dhe shumë madhësive të tjera. Vlerësimet e tilla janë fuqishëm të varura nga modelet dhe shoqërohen me shumë pasaktësi sa i përket të dhënave që futen.

Përsëri nëse supozojmë 7000 orë qëndrim brenda shtëpive dhe faktorin e ekuilibrit prej 0.4 doza vjetore e absorbuar në mushkëri në përqendrimin e radonit prej 100 Bq m^{-3} do të jetë 2.5 mGy . Doza ekuivalente është doza e absorbuar e rrezatimit të ponderuar. Faktori ponderues i rrezatimit për grimcat alfa është 20. Duke aplikuar faktorin e ponderimit prej 20, doza ekuivalente vjetore në mushkëri prej 100 Bq m^{-3} do të jetë 50 mSv ^(49,51).

Në termat e dozës efektive, për një vit të ekspozimit ndaj radonit në 100 Bq m^{-3} , llogaritja sipas trajtimit dozimetrik është 6 mSv , përderisa llogaritja nga trajtimi epidemiologjik

është 1,7 mSv. Vlerësimi dozimetrik si rrejdhim, është rreth 3.5 herë më i lartë se vlerësimi epidemiologjik^(49,51).

2.2.4.3 Limitet për dozat e rrezatimit dhe ato të radonit

Qëllimet e mbrojtjes nga rrezatimi kanë mbetur të pandryshuara në esencë që kur janë vedosur standardet e para dhe atë:

- (i) për të parandaluar efektet akute të rrezatimit; dhe
- (ii) për të kufizuar rrezikun e efekteve kronike në një nivel të pranueshëm.

Për të arritur deri tek objektivat e mësipërme është detyrë për operuesit/menaxherët që të respektojnë standardet e pranuar për mbrojtjen nga rrezatimi dhe praktikat⁽⁵¹⁾.

Limiti i dozës definohet si ‘‘vlera e dozës efektive ose doza ekuivalente në persona nga praktikat e kontrolluara të cilat nuk duhet të tejkalohen’’. Për sa i përket vendeve të punës ekspozimi profesional i ndonjë punëtori duhet të kontrollohet dhe nuk duhet të kalohen këto limite:

- (a) doza efektive prej 20 mSv për vit e mesatarizuar gjatë pesë viteve të njëpasnjëshme;
- (b) doza efektive prej 50 mSv për një vit të vetëm;
- (c) doza ekuivalente e lenteve të syrit deri në 150 mSv në një vit dhe
- (d) doza ekuivalente e ekstremiteteve (duart dhe këmbët) ose lëkura deri në 500 mSv në një vit^(46,50).

Për praktikantët e moshave 16 deri në 18 vjeç të cilët janë duke u trajnuar të punojnë në vendet ku i ekspozohen rrezatimit dhe për studentët e moshave 16 deri në 18 vjeç të cilëve u kërkohet të përdorin burimet në kursin e studimeve të tyre, ekspozimi profesional duhet të kontrollohet dhe nuk duhet të kalohen këto limite:

- (a) doza efektive prej 20 mSv për vit e mesatarizuar gjatë pesë viteve të njëpasnjëshme;
- (b) doza efektive prej 6 mSv për një vit;
- (c) doza ekuivalente e lenteve të syrit deri në 50 mSv në një vit dhe
- (d) doza ekuivalente e ekstremiteteve ose lëkurës deri në 150 mSv në një vit^(46,50).

Këto limite mund të ndryshojnë vetëm nën kushte të rrethanave të veçanta dhe i përkasin kategorisë së punëtorëve në vende të punës ku përdoren burime të rrezatimeve.

Për sa i përket publikut të gjerë dozat efektive vjetore dhe dozat ekuivalente për person

nuk duhet të kalojnë limitet:

- (a) doza efektive prej 1 mSv për vit;
- (b) në kushte të rrethanave të veçanta një dozë efektive deri në 5 mSv për një vit të vetëm duke u siguruar se doza mesatare gjatë pesë viteve të njëpasnjëshme nuk e kalon 1 mSv për vit;
- (c) doza ekuivalente e lenteve të syrit deri në 15 mSv në një vit dhe
- (d) doza ekuivalente e e lëkurës deri në 50 mSv në një vit^(50,52).

Në rastin e ekspozimit ndaj pasardhësve të radonit, duke përdorur koeficientin e konvertimit prej 1.4 mSv për mJ h m^{-3} , limitet e dozave profesionale duhet të interpretohen në formën:

- (a) 20 mSv i korrespondon $14 \text{ mJ}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ (4 WLM, ose $2.5 \times 10^6 \text{ Bq}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ekspozim ekuivalent i ekuilibrit të radonit);
- (b) 50 mSv i korrespondon $35 \text{ mJ}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ (10 WLM ose $6.3 \times 10^6 \text{ Bq}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ekspozim ekuivalent i ekuilibrit të radonit);
- (c) 20 mSv i korrespondon $42 \text{ mJ}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ (12 WLM ose $5.6 \times 10^5 \text{ Bq}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ekspozim ekuivalent i ekuilibrit të toronit);
- (d) 50 mSv i korrespondon $105 \text{ mJ}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ (30 WLM or $1.4 \times 10^6 \text{ Bq}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ekspozim ekuivalent i ekuilibrit të toronit)^(46,50).

Në shumë situata limitet e dozave profesionale për sa i përket radonit është shumë më e përshtatshme të shprehen në termat e përqendrimit të gazit të radonit. Një ekspozim prej 1 h ndaj përqendrimit të gazit të radonit prej 1 Bq m^{-3} në një faktor të ekuilibrit prej 0,4 i korrespondon dozës efektive prej 3,2 nSv. Për 2000 h punë në vit limitet e dozave korresponduese të përshkruara më sipër mund të bëhen:

- (a) 20 mSv i korrespondon përqendrimit të radonit prej 3000 Bq m^{-3} ,
- (b) 50 mSv i korrespondon përqendrimit të radonit prej 8000 Bq m^{-3} ⁽⁴⁶⁾.

Për praktikantët e moshave 16 deri në 18 vjeç të cilët janë duke u trajnuar të punojnë në vendet ku i ekspozohen radonit dhe për studentët e moshave 16 deri në 18 vjeç të cilëve u kërkohet të përdorin burimet në kursin e studimeve të tyre, për ekspozimin e tillë profesional nuk duhet të kalohen të njëjtat limite sikurse me burimet tjera të rrezatimit të përshkruara më sipër^(46,52).

Për sa i përket publikut të gjerë limitet e dozave efektive janë si më poshtë:

Limiti i dozës efektive për ekspozim publik në 1 mSv në vit;

Limiti i dozës ekuivalente për lentet e syrit duhet të jetë 15 mSv në një vit;

Limiti i dozës ekuivalente për lekurën duhet të jetë 50 mSv në një vit, i mesatarizuar mbi një sipërfaqe prej 1 cm^2 , pa marrë parasysh sipërfaqen e ekspozimit⁽⁵²⁾.

Tabela 2.2.4.3.1 Limitet e futura në organizëm dhe ekspozimi për pasardhësit e radonit dhe toronit

Madhësia	Njësia	Vlera për pasardhësin e radonit	Vlera për pasardhësin e toronit
Mesatarja vjetore gjatë pesë viteve			
Potenciali i energjisë α i futur në organizëm	J	0,017	0,051
Ekspozimi në potencialin e energjisë α	J h m ⁻³	0,014	0,042
	WLM	4	12
Maksimumi në një vit			
Potenciali i energjisë α i futur në organizëm	J	0,042	0,127
Ekspozimi në potencialin e energjisë α	J h m ⁻³	0,035	0,105
	WLM	10	30

Tabela 2.2.4.3.2 Koeficientët e konvertimit për njësitë në tabelën 2.1.1.2.1 për radonin dhe pasardhësit e radonit

Madhësia	Njësia	Vlera
Shndërrimi i pasardhësit të radonit	(mJ h m ⁻³) për WLM	3,54
Konvertimet e ekspozimit në pasardhës/ radon (faktori i ekuilibrit 0,4)	(mJ h m ⁻³) për (Bq h m ⁻³)	$2,22 \times 10^{-6}$
	WLM për (Bq h m ⁻³)	$6,28 \times 10^{-7}$
Ekspozimi vjetor në pasardhës të radonit për njësi të përqendrimit të radonit	(mJ h m ⁻³) për (Bq m ⁻³)	$1,56 \times 10^{-2}$
Në shtëpi	(mJ h m ⁻³) për (Bq m ⁻³)	$4,45 \times 10^{-3}$
Në punë	WLM për (Bq m ⁻³)	$4,40 \times 10^{-3}$

Në shtëpi	WLM për (Bq m^{-3})	$1,26 \times 10^{-3}$
Në punë		
Marrëveshja e konvertimit të dozës, doza efektive për njësi të ekspozimit të pasardhësit të radonit:		
Në shtëpi	mSv për (mJ h m^{-3})	
Në punë		1,1
Marrëveshja e konvertimit të dozës, doza efektive për njësi të ekspozimit të pasardhësit të radonit:	mSv për (mJ h m^{-3})	1,4
Në shtëpi	mSv për WLM	4
Në punë	mSv për WLM	5
Konvertimi i përqendrimit të radonit Pasardhës/radon		
Me faktor të ekuilibrit $F = 0,4$		
Në përgjithësi	WL për (Bq m^{-3})	$1,07 \times 10^{-4}$
	WL për (Bq m^{-3})	$2,67 \times 10^{-4}$

*Vlerat janë nga ICRP Publication 65⁽⁵⁰⁾

Zbulimet e fundit epidemiologjike nga studimet në vendbanime kanë treguar një rritje statistikisht të rëndësishme të rrezikut nga kanceri i mushkërive nga ekspozimi për kohë të gjatë në nivelet e përqendrimit të radonit edhe të rendit 100 Bq m^{-3} .

Është e njohur se kombinimi i pirjes së duhanit se bashku me ekspozimet e larta ndaj radonit paraqet një rrezik individual substancialisht më të lartë nga kanceri i mushkërive se sa secili nga këta dy faktorë individualisht gjithashtu, pirja e duhanit e përforcon rrezikun e ekspozimit ndaj radonit në nivel të popullatës⁽⁵²⁾.

Duke marrë parasysh udhëzimet e IAEA (1996) për nivelet e veprimit në situatat e ekspozimit kronik për përqendrimin mesatar vjetor të ^{222}Rn në ajrin e vendbanimeve që është $200\text{--}600 \text{ Bq m}^{-3}$ dhe publikimet ICRP 65⁽¹⁵⁾ ku për ndërtesat e reja vlerat nuk duhet të kalojnë 200 Bq m^{-3} ndërsa për ndërtesat e vjetra 400 Bq m^{-3} , shtetet e ndryshme në bazë të legjislacioneve të tyre përkatëse kanë vendosur limitet shtetërore.

2.2.4.4 Limitet dhe vlerat e përqendrimit në rajon dhe në Kosovë

Sipas legjislacionit shtetëror Maqedonia⁽¹⁶⁾ përdor standardet sipas publikimeve ICRP 65⁽¹⁵⁾ ku për ndërtesat e reja vlerat nuk duhet të kalojnë përqendrimit prej 200 Bq m⁻³ ndërsa për ndërtesat e vjetra 400 Bq m⁻³ ndërsa shtetet e ndryshme përdorin standarde të ndryshme p.sh. sipas legjislacionit shtetëror të Bullgarisë vlera e përqendrimit brenda objekteve duhet të jetë <300 Bq m⁻³⁽¹⁷⁾. Në mungesë të legjislacionit përkatës që e rregullon këtë çështje vlerat sipas publikimeve ICRP 65⁽¹⁵⁾ deri më tani janë pranuar si limite shtetërore edhe në Kosovë ku për ndërtesat e reja vlerat nuk duhet të kalojnë përqendrimit prej 200 Bq m⁻³ ndërsa për ndërtesat e vjetra 400 Bq m⁻³⁽¹⁸⁾.

Në Shqipëri nga 110 vendbanime të përfshira në hulumtim para vitit 1998 vlera mesatare e përqendrimit të radonit ka qenë 135 Bq m⁻³. Në Kroaci nga 782 shtëpi të përfshira në hulumtim vlera mesatare e përqendrimit të radonit ishte 382.4 Bq m⁻³ me një vlerë maksimale prej 508 Bq m⁻³⁽⁵⁷⁾. Në Serbi nga 968 shtëpi të përfshira në hulumtim vlera mesatare e përqendrimit të radonit ishte 144 Bq m⁻³ me një vlerë maksimale prej 893 Bq m⁻³⁽⁵⁷⁾. Në Slloveni hulumtimet janë ndarë në disa kategori të objekteve sipas tabelës 2.2.4.4.1⁽⁵⁷⁾:

Tabela 2.2.4.4.1 Hulumtimet e radonit në Slloveni

Periudha e hulumtimit	Objektet e hulumtuara	Matje/objekt
Çerdhe: 1990-1992	730	1
Shkolla: 1992-1994	890	1
Shtëpi: 1990-1992	892	1
Çerdhe dhe shkolla me nivele të radonit > 400 Bq m ⁻³ : 1996-2005	45 çerdhe 78 shkolla	6/objekt

2.2.4.5 Limitet dhe vlerat e përqendrimit në vendet e Evropës

Në Evropë shumica e shteteve kanë përdorur rekomandimet evropiane⁽⁵⁸⁾ sipas të cilave vlera mesatare vjetore e përqendrimit të radonit nuk duhet të kalojë 400 Bq m⁻³ në ndërtesat ekzistuese dhe 200 Bq m⁻³ për ndërtimet e reja, si referencë për përcaktimin e hartave të rrezikut të radonit.

Në tabelën 2.2.4.5.1 në formë të përmbledhur jepen të dhënat për shtetet kryesore të Evropës rreth limiteve shtetërore për sa i përket niveleve të veprimit për ndërtesat ekzistuese, limiteve për ndërtesat e reja dhe protokolleve të cilat përdor secili shtet (në origjinal)^(55,57):

Tabela 2.2.4.5.1 Limitet dhe hulumtimet e kryera në vende të ndryshme të Evropës

Shteti	Niveli i veprimit për reduktimin e radonit (Bq m ⁻³)	Limiti për ndërtesat e reja (Bq m ⁻³)	Numri i shtëpive në të cilat janë marrë masa për parandalim	Standardet dhe protokollat shtetërore për reduktim dhe parandalim (në origjinal)
Austria	400	200	15	• <i>ICS 13.280 Radon Part 3: Remedial measures on buildings.</i> • <i>ICS 13.280 Radon Part 2: Technical precautionary measures in the case of buildings.</i>
Belgjika	400	200	Nuk është i njohur	• <i>Le Radon et votre habitation: méthodes de remédiation et de prévention, 30 pp., AFCN.</i> • <i>Le radon dans les habitations: mesures préventives et curatives – Note d'information technique 211, Centre Scientifique et Technique de la Construction, 1999.</i>
Çekia	400	200	210 000	• <i>ČSN 730601 Protection of houses against radon from the soil.</i> • <i>ČSN 730602 Protection of houses against radon and gamma radiation from building materials.</i>
Finlanda	400	200	60 000	• <i>Arvela H, Reisbacka H. Asuntojen radonkorjaaminen (Indoor radon mitigation).</i> <i>STUK-A229. Helsinki: Radiation and Nuclear Safety Authority; 2008. (In</i>

				<i>Finnish, abstract in English, national mitigation guide, 131 pp.).</i> <i>Swedish translation of STUK-A229 published as STUK-A237 in 2009.</i> • <i>Radon remediation of low-rise residential houses. Sub-slab depressurization. Ministry of the Environment. Environmental guide 4. Helsinki: Edita; 1996.</i>
Franca	400	Në pritje të legjislacionit	Nuk është raportuar	• <i>Le radon dans les bâtiments. Guide pour la remédiation dans les constructions existantes et la prévention dans les constructions neuves. Guide technique CSTB, juillet 2008. (In French).</i>
Gjermania	100	100	1 000	• <i>Radon Handbuch Deutschland.</i>
Greqia	400	200	Nuk është raportuar	• <i>Greek Atomic Energy Commission</i> • <i>General Secretariat of the National Statistical Service of Greece</i> • <i>Technical Chamber of Greece</i>
Irlanda	200	200	700 000	• <i>Radon in existing buildings – Corrective options. Dublin: Department of the environment and local government; 2002.</i> • <i>Understanding radon remediation – A householder's guide. Radiological Protection Institute of Ireland.</i>
Italia	Nuk ka	Nuk ka	Nuk është raportuar	• <i>Minach L, Giovani C, Garavaglia M. Linee guida relative ad alcune tipologie di azioni di risanamento per la riduzione del radon (Guidelines referring to some remediation methods for radon reduction in buildings). APAT –RTI CTN_AGF 4/2005.</i> • <i>Linee Guida su azioni preventive nei nuovi edifici (Guidelines for radon prevention in new buildings). (In Italian)</i>

Norvegjia	100	100	Nuk është raportuar	• <i>Byggforsk: Tiltak mot radon I eksisterende bygninger. Byggforskserien, Byggforvaltning 701.706, Sending 1 – 2006,</i> • <i>Statens bygningstekniske etat: Radon, temaveiledning. Melding HO-3/2001, BE, NRPA, Norges byggforskningsinstitutt, and for prevention</i> • <i>Byggforsk: Sikring mot radon ved nybygging. Byggdetaljer 2–2006.</i>
Portugalia	400	400	Në pak raste	-
Spanja	Nuk ka	Nuk ka	Nuk është raportuar	-
Zvicrra	1 000	400	5 000	• <i>Swiss radon handbook. Swiss Federal Office of Public Health; 2000. (In French, German, Italian, English)</i>
Mbretëri e Bashkuar	200	200	Nuk është raportuar	• <i>Radon sump systems: BRE guide to radon remedial measures in existing dwellings. BRE report BR227. Authors: C Scivyer, A Cripps and MPR Jaggs. 1998</i> • <i>Radon: protective measures for new buildings. BRE report BR211, 2007.</i>

Në tabelat në vijim jepen rezultatet në mënyrë më të detajuar për disa shtete të Evropës rreth numrit të shtëpive të përfshira në hulumtim, atyre që kalojnë nivelin e veprimit sipas legjislacionit shtetëror dhe atyre në të cilat tashmë janë marrë masa për reduktimin e niveleve të radonit.

Tabela 2.2.4.5.2. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Austri

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	1 900 000	1 800 000
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	80 000	9 000
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	25	0

Tabela 2.2.4.5.3. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Belgjikë

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	3 612 000	1 431 000
	Në zona të prirura të radonit 68 000	
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	20 000	
	Në zona të prirura të radonit 10 000	
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	< 1 000	

Tabela 2.2.4.5.4. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Çeki

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	1 640 000	2 200 000
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit		76 440
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim		4 000

Tabela 2.2.4.5.5. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Finlandë

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	1 640 000	2 200 000
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	51 000	8 000
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	4 200	300

Tabela 2.2.4.5.6. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Francë

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	18 625 000	2 200 000
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	968 500	Ska të dhëna
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	Ska të dhëna	Ska të dhëna

Tabela 2.2.4.5.7. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Gjermani

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiara	18 300 000	21 600 000
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	1 930 000	Ska të dhëna
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	< 1000	Ska të dhëna

Niveli referent për ekspozim afatgjatë në radon për shtëpitë ekzistuese dhe ato të reja në Irlandë është 200 Bq m^{-3} . Nivelet e radonit në shtëpitë ekzistuese janë studiuar nga Instituti për Mbrojtje Radiologjike i Irlandës (RPII). RPII në vitin 2002 publikoi rezultatet e një hulumtimi shtetëror në shtëpitë ekzistuese. Nga ky hulumtim është vlerësuar që 91 000 shtëpi ose 7 % e numrit të përgjithshëm kanë përqendrimin e radonit mbi nivelin referent. Bazuar në rezultatet e hulumtimit RPII gjithashtu ka identifikuar zonat e prirura të radonit ku më shumë se 10 % e shtëpive kanë përqendrimet e radonit mbi $200 \text{ Bq m}^{-3(55)}$. Nga viti 2009 janë kryer mbi 23 000 matje të përqendrimit të radonit në shtëpi në Irlandën veriore me mbi 1200 shtëpi mbi nivelin e veprimit. Nga këto hulumtime vlera mesatare e përqendrimit të radonit në shtëpi në Irlandën veriore është $19 \text{ Bq m}^{-3(1)}$. Të dhënat tjera jepen në tabelën 2.2.4.5.8.

Tabela 2.2.4.5.8. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Irlandë

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiara	1 740 600	193 000
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	91 000 në total	
	Nuk është bërë dallimi në mes të shtëpive dhe banesave	
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	Deri më tani numri është shumë i vogël dhe nuk dihet saktë.	

Në Greqi niveli i veprimit për reduktimin e radonit është 400 Bq m^{-3} dhe niveli i rekomanduar limit në ndërtesa të reja është 200 Bq m^{-3} . Nga 1277 shtëpi të hulumtuara niveli mesatar i përqendrimit ka qenë 55 Bq m^{-3} me 2% të shtëpive që kalojnë 200 Bq m^{-3} dhe 1.1 % që kalojnë $400 \text{ Bq m}^{-3(57)}$. Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim nuk janë të raportuara⁽⁵⁵⁾. Në Qipro nga 84 shtëpi të hulumtuara niveli mesatar i

përqendrimit ka qenë $19,3 \text{ Bq m}^{-3}$ me një vlerë maksimale prej $102.8 \text{ Bq m}^{-3(57)}$.

Tabela 2.2.4.5.9. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Itali

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	22 000 000	
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	902 000	
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	450	

Tabela 2.2.4.5.10. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Norvegji

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	1 779 689	21 600 000
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	147 663 mbi 200 Bq m^{-3} 387 600 mbi 100 Bq m^{-3}	14 840 mbi 200 Bq m^{-3} 39 375 mbi 100 Bq m^{-3}
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	Ska të dhëna	Ska të dhëna

Në Portugali niveli i veprimit për reduktim të radonit është 400 Bq m^{-3} . Niveli i rekomanduar limit në ndërtesa të reja është 400 Bq m^{-3} . Kjo aplikohet vetëm në ndërtesa të mëdha. Nga 3347 shtëpi të hulumtuara mesatarja ka qenë 86 Bq m^{-3} dhe vlera maksimale e arritur $3 588 \text{ Bq m}^{-3}$. Nuk ka raportime rreth numrit të shtëpive të sakta që kalojnë nivelin e veprimit dhe të atyre ku janë marrë masa për reduktim⁽⁵⁷⁾.

Në Spanjë nuk ka nivele referente ose udhëzues për metodat e reduktimit dhe parandalimit të radonit. Por megjithatë edhe pse nuk janë marrë veprime të reduktimit për popullatën e gjerë aktivitetet e hulumtimit janë bërë në pilot shtëpi nga Universiteti i Kantabrisë. Hulumtimet e para janë bërë në vitet 1988-1989. Përqendrimi i radonit brenda vendbanimeve është matur në 5 600 shtëpi⁽⁵⁷⁾. Më vonë hulumtimet kanë arritur në 15 000 matje të përqendrimit brenda objekteve të ndryshme. Vlera mestare ka qenë 41 Bq m^{-3} ndërsa ajo maksimalja $15 400 \text{ Bq m}^{-3}$. Në 4 % të shtëpive niveli i përqendrimit të radonit ka kaluar 400 Bq m^{-3} . Më vonë hulumtimet kanë vazhduar edhe në 5400 shtëpi të tjera në të gjithë vendin me një mesatare gjeometrike prej 45 Bq m^{-3} dhe vlerë më të lartë prej 130 Bq m^{-3} në zonat në nivele më të larta të radonit^(55,56).

Tabela 2.2.4.5.11. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Zvicërr

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	Totali: 4 000 000	
	- në shtëpi: 30%	
	në banesa 70%	
Numri i shtëpive që kalojnë vlerën limit	5 000 – 10 000	
	(2 800 tashmë janë gjetur)	
Numri i shtëpive që kalojnë vlerën sipas direktivës	50 000 – 100 000	
	(11 000 tashmë janë gjetur duke përfshirë edhe shtëpitë mbi vlerën limit)	
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	500	

Tabela 2.2.4.5.12. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Mbretërinë e Bashkuar

Lloji i hulumtimit	Në shtëpi me pak kate	Në ndërtesa të banesave
Numri i shtëpive të studiuara	23 000 000	
Numri i shtëpive që kalojnë nivelin e veprimit	100 000	
Numri i shtëpive ku tashmë janë marrë masa për reduktim	15 000	

(55)

2.2.4.6 Limitet dhe vlerat e përqendrimit në Botë

Sipas EPA në SHBA niveli i ekspozimit për shkolla nuk duhet të kalojë vlerën e përqendrimit 4 pCi/L (150 Bq m^{-3})⁽¹³⁾.

Sipas agjensisë për mbrojtje nga rrezatimi dhe siguri bërthamore në Australi (ARPANSA) nëse vlera mesatare vjetore e përqendrimit të radonit në vendbanime kalon limitin prej 200 Bq m^{-3} atëherë ky nivel paraqet nivelin e veprimit në vendbanimet e Australisë⁽⁵³⁾.

Sipas “Health Canada” në Kanadë nëse përqendrime mesatare vjetore të radonit në vendbanime dhe vende të tjera ku njërëzit kalojnë më shumë se 4 orë në ditë janë më të larta se 200 Bq m^{-3} në këto raste duhet të kemi intervenim⁽⁵⁴⁾. Në diagramin dhe tabelën e

mëposhtme jepen mesatarja e dozës relative natyrore dhe atyre të shkaktuara nga njeriu në botë si dhe doza totale e akumuluar nga të gjitha këto burime⁽⁵⁷⁾.

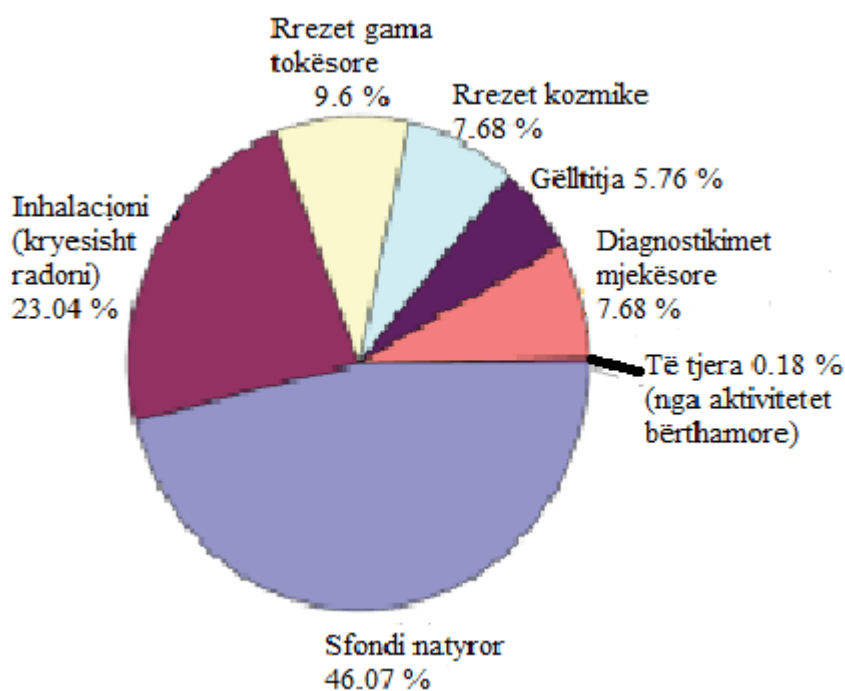


Figura 2.2.4.6.1 Mesatarja e dozave relative natyrore dhe atyre të shkaktuara nga njeriu në botë.

Tabela 2.2.4.6.1 Vlerat e dozave në Botë

Burimi i rrezatimit	Doza (mSv)	%
Sfondi natyror	2,4	46,07
Inhalimi (kryesisht radoni)	1,2	23,04
Rrezet gama tokësore	0,5	9,60
Rrezet kozmike	0,4	7,68
Gëlltitja	0,3	5,76
Diagnostikimet mjekësore	0,4	7,68
Testimet bërthamore atmosferike	0,005	0,10
Aksidenti i Çernobilit	0,002	0,04
Prodhimi i energjisë bërthamore	0,002	0,04
Dozat totale / vit	5,209	100,00

2.2.2 Rëndësia e hulumtimit të radonit brenda objekteve të ndryshme

2.2.2.1 Prejardhja e radonit dhe proceset që çojnë në daljen e tij në ajër

Në mjedis janë të pranishëm tri izotope natyrale të radonit (Rn): izotopi ^{222}Rn , një anëtar i serive të zbërthimit të uraniumit, izotopi ^{220}Rn , një anëtar i serive të zbërthimit të toriumit, dhe izotopi ^{219}Rn , një anëtar i serive të zbërthimit të aktiniumit. Izotopet ^{220}Rn dhe ^{219}Rn më shpesh janë të njohura si toron përkatësisht, aktinon. Në rastin e aktinonit (^{219}Rn), me kohë të gjysëmzbërthimit prej 3.98 s dhe aktivitet shumë të ulët në krahasim me izotopin ^{222}Rn ndikimi i tij radiologjik në mjedis është pothuajse i papërfillshëm në krahasim me izotopin ^{222}Rn . Po ashtu, ndikimi i ^{220}Rn është minimal për shkak të kohës së gjysëmzbërthimit prej 55.6 s në krahasim me ^{222}Rn por aktiviteti është më i lartë se ^{219}Rn ⁽²⁾. Për këtë arsye në shumicën e rasteve sa herë që përmendet radoni mendohet në izotopin e tij ^{222}Rn për shkak të aktivitetit dhe ndikimit më të madh të tij në mjedis.

Tri izotopet e radonit që ndodhen në mjedis ^{222}Rn , ^{220}Rn dhe ^{219}Rn formohen përmes një zbërthimi alfa të prindërve të tyre të izotopëve të radiumit ^{226}Ra , ^{224}Ra përkatësisht ^{223}Ra (figurat 2.2.2.1.1 – 2.2.2.1.3 dhe tabela 2.2.2.1.1)⁽²⁾.

Dihet se shumica e shkëmbinjve në koren e Tokës përmbajnë uranium, ku rreth 99.3 % e tij është izotopi 238 i cili ka një kohë të gjysëmzbërthimit rreth 4.5 miliard vjet. Gjatë zbërthimit të tij izotopi i uraniumit 238 kalon në një seri të 14 zbërthimeve deri sa të vie tek izotopi stabil i plumbit 206. Si produkte të ndërmjetme në serinë e zbërthimeve të uraniumit janë Radiumi (^{226}Ra) dhe Radoni (^{222}Rn) deri tek izotopi stabil i plumbit 206. Radiumi (^{226}Ra) me një kohë të gjysëmzbërthimit prej 1600 vjet zbërthehet në radon (^{222}Rn) duke çliruar grimcën alfa⁽¹⁴⁾ sipas ekuacionit:



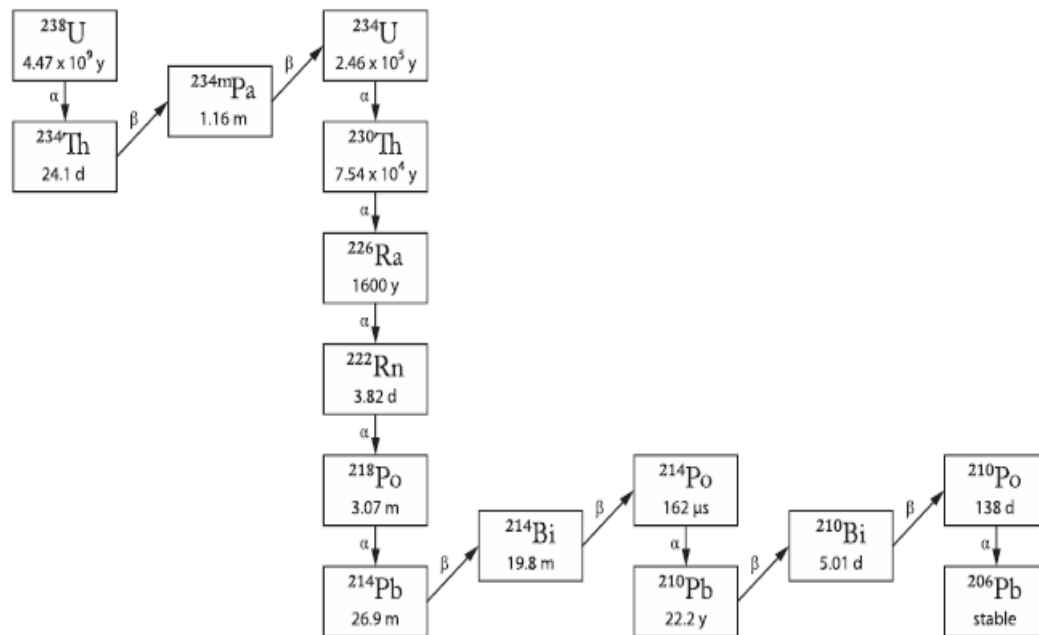


Figura 2.2.2.1.1: Seritë e zbërthimit të uraniumit. Nga zbërthimi alfa i ^{226}Ra vie deri tek $^{222}\text{Rn}^{(2)}$.

Tabela 2.2.2.1.1: Vetitë fizike dhe kimike përkatëse për ^{222}Rn , ^{220}Rn dhe ^{219}Rn

Parametri	Simboli	^{222}Rn	^{220}Rn	^{219}Rn
Koha e gjysëmzbërthimit	$T_{1/2}$	3.8232 (8)	55.8 (3) s	3.98 (3) s
Konstantja e zbërthimit	λ	$2.0984 \times 10^{-6}/\text{s}$	$1.242 \times 10^{-2}/\text{s}$	$1.74 \times 10^1/\text{s}$
Energjia mesatare e zbrapsjes në formim	E_T	86 keV	103 keV	104 keV
Koeficienti i difuzionit në ajër	D_{MA}	$1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$		
Koeficienti i difuzionit në ujë	D_{MW}	$1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$		

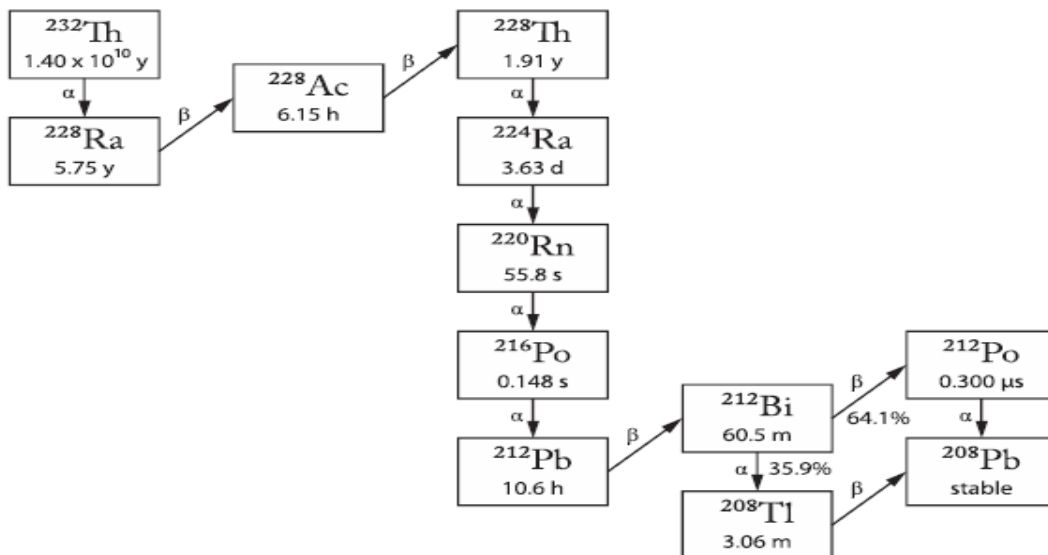


Figura 2.2.2.1.2: Seritë e zbërthimeve të toriumit. Nga zbërthimi alfa i ^{224}Ra vie deri tek ^{220}Rn (²).

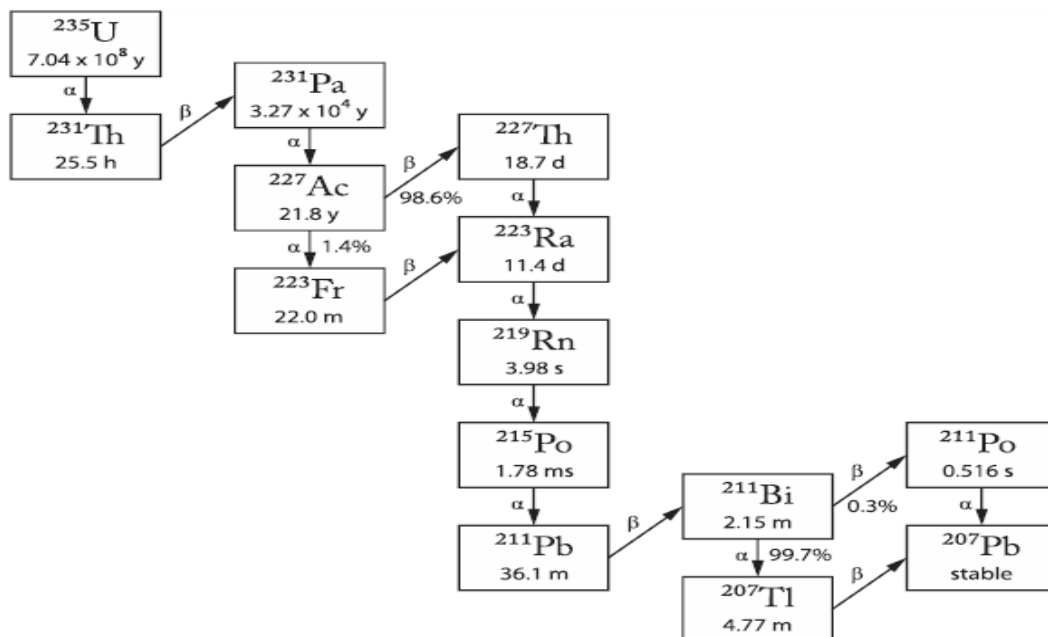


Figura 2.2.2.1.3: Seritë e zbërthimeve të aktiniumit. Nga zbërthimi alfa i ^{223}Ra vie deri tek ^{219}Rn .

Tre faktorët kryesorë që çojnë në çlirimin e radonit në mjedis janë: emanacioni – procesi i daljes së radonit nga grimcat e ngurta pas çlirimit të tij nga Radiumi, transporti i radonit i cili kryesisht kryhet përmes mekanizmit të difuzionit dhe ekshalacioni – dalja e radonit nga Toka dhe çlirimi i tij në ajër. Këto procese janë paraqitur edhe në figurën 2.2.2.1.4.

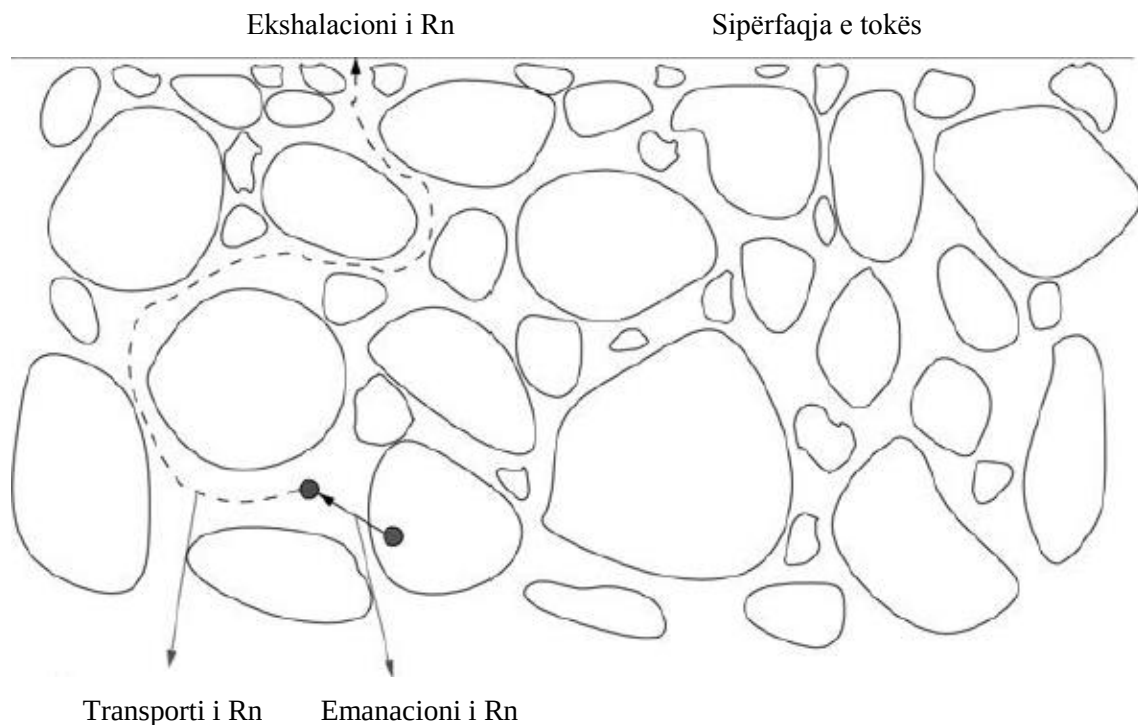


Figura 2.2.2.1.4: Proceset që çojnë në çlirimin e radonit në mjedis. Ekshalacioni, transporti dhe emanacioni.

- a) Emanacioni – quhet procesi kur atomet e radonit të formuar nga zbërthimi i radiumit bëhen të lirë nga grimcat e ngurta dhe dalin në hapësirën ndërmjet grimcave⁽²⁾ (figura 2.2.2.1.4). Në emanacionin e radonit ndikojnë shumë faktorë si ndryshimi i përqendrimit të radiumit në grimca, densiteti, madhësia e grimcës, vëllimi i hapësirës boshe ndërmjet grimcave dhe përmbajtja e lagështisë⁽⁴²⁾. Vetëm një pjesë e atomeve të radonit të krijuara është e mundshme të emanojnë nga grimcat e mineraleve dhe të kalojnë në hapësirat boshe të mbushura me ajër ose ujë⁽⁴³⁾. Nga këto hapësira radoni lëviz më larg përmes difuzionit ose transportit. Emanacioni i radonit varet kryesisht në përmbajtjen e ^{226}Ra dhe madhësinë e grimcave të mineraleve ndërsa transporti i tij në Tokë drejtohet nga parametrat gjeofizikë dhe gjeokimikë përderisa ekshalacioni kontrollohet nga konditat hidrometeorologjike. Aktiviteti i përqendrimit të radonit i matur në sipërfaqe ashtu edhe në gazin e Tokës është si rezultat i kombinimit të efekteve të parametrave të përmendur më sipër⁽⁴³⁾.

Çlirimi i atomeve të radonit në atmosferë të lokalizuar brenda grimcave të ngurta është shumë i vështirë, për shkak të koeficientit të vogël të difuzionit të tyre në trupa të ngurtë. Megjithatë, nëse ata janë të lokalizuar në hapësirat ndërmjet grimcave të ngurta, ata mund të difuzojnë më lehtë në ajër.

Izotopet e ^{226}Ra dhe ^{224}Ra nga të cilat rrjedhin produktet e zbërthimit të ^{222}Rn dhe ^{220}Rn janë prezentë në të gjitha materialet tokësore. Disa nga atomet e këtyre izotopeve të radonit çlirohen nga pjesa rrethuese e materialit të ngurtë me anë të zbrapsjes në momentin kur zbërthehet radiumi. Për një atom të radonit të dal nga kokërriza e materialit në hapësirën e lirë ndërmjet kokërrizave, zbërthimi duhet të ndodh brenda distancës së zbrapsjes të sipërfaqes së kokërrizës. Kufiri (shtrirja) i distancës së zbrapsjes për ^{222}Rn është 20 – 70 nm në mineralet e zakonshme, 100 nm në ujë, dhe 63 μm në ajër. Atomt e radonit duke kaluar në hapësirat ndërmjet grimcave transportohen përmes difuzionit apo rrymimit përmes kësaj hapësire deri sa ato të zbërthehen apo të dalin në atmosferë (ekshalacioni). Proceset e emanacionit dhe transportit të radonit e deri tek ekshalacioni veçanërisht në tokë, janë shqyrtuar shumë herët në punime të ndryshme. Studimet e fundit janë fokusuar në efektin e lagështisë, dinamikës së çlirimit (daljes) ose zbrapsjes nga mineralet, sjelljet e radonit në tokë si edhe në aspektet e gjeologjisë dhe klimës. Lindja e radonit dhe transporti në materialet poroze përfshinë tokën, lëngjet, dhe fazat e gazta në proceset e emanacionit, difuzionit, rrymimit, absorbimit në fazën e lëngët dhe absorbimit në fazën e ngurtë. Fraksioni i atomeve të radonit i çliruar në poret e shkëmbinjve ose tokës që sjell grimca e radiumit quhet koeficient i emanacionit, faktori i emanacionit ose fuqia e emanimit. Koeficientët e emanacionit për shkëmbinjë dhe tokë sillen ndërmjet 0,05 deri në 0,7. Madhësia e kokërrizës dhe forma e saj janë dy faktorë të rëndësishëm që kontrollojnë emanacionin e radonit në tokë. Ata përcaktojnë sa radium është mjaft afër sipërfaqes së kokërrizës që të lejoj radonin të dal në hapësirat e poreve. Përgjithësisht faktori i emanacionit të radonit është në përpjesëtim të zhdrejtë me madhësinë e kokërrizës. Prezenca me përqendrim të rritur e radiumit në shtresën e sipërfaqes së kokërrizave e rrit fuqinë e emanimit në krahasim me atë kur radiumi është i shpërndarë në mënyrë të njëtrajtshme përgjatë kokërrizave⁽⁴⁸⁾.

Lagështia e tokës luan një rol të rëndësishëm në emanacionin e radonit dhe difuzionin e tij në tokë, për shumë arsye. Lagështia e tokës, në formën e filmit të hollë të ujit duke i rrethuar kokërrizat e materialit, ndikon në mënyrë direkte në emanacionin

e radonit duke i kapur atomet e zbrapsura të radonit nga hapësira rrethuese e materialit. Kjo kapje i rrit gjasat që atomet e radonit të mbeten në hapësirën ndërmjet kokërrizave në vend se të kalojnë poret dhe të ngjiten në grimcat e afërta të tokës.

b) Transporti - difuzioni dhe rrjedhja (rrymimi) shkaktojnë lëvizjen e atomeve të radonit të emanuar nga brëndia në sipërfaqe të tokës⁽²⁾(figura 2.2.2.1.4).

Vlera e radonit e cila është e mundshme të transportohet deri në sipërfaqe të Tokës jepet me anë të shprehjes:

$$P = \lambda ER\rho_b$$

ku λ është konstantja e zbërthimit për radon (s^{-1});

E , koeficienti i emanacionit;

R , përqendrimi i aktivitetit të radiumit të mbetur (Bq/kg)

dhe ρ_b shkalla e dendësisë (kg/m^3).

Radoni nga hapësirat boshe mund të transportohet në sipërfaqe me anë të difuzionit dhe rrjedhjes përmes rrymimit. Në disa raste rrjedhja përmes rrymimit mund të luan rolin kryesor për shkak të vrimave ose çarjeve të sipërfaqes por në të shumtën e rasteve procesi dominant i transportit është difuzioni dhe si rrjedhim transporti i radonit kryesisht i referohet mekanizmit të difuzionit. Duke ndjekur proceset e emanacionit dhe transportit radoni arrin në sipërfaqe për tu çliruar në atmosferë i cili njihet si procesi i ekshalacionit (daljes në atmosferë)⁽⁸⁾.

Koeficienti i difuzionit molekular të radonit përkufizohet me anë të ligjit të parë të Fick-ut, i cili thotë se densiteti i fluksit të radonit është linearisht në përpjesëtim me gradientin e tij të përqendrimit:

$$f = -D_M \nabla C$$

ku f , densiteti i fluksit të radonit ($Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$);

D_M , koeficienti molekular i difuzionit, dhe

∇C , gradienti i përqendrimit të aktivitetit të radonit (Bq/m^4).

Shenja negative rrjedh nga fakti se radoni difuzon nga përqendrimet më të larta nga ato më të ulëta. Koeficientët e difuzionit molekular të radonit në ajër (D_{MA}) dhe në ujë (D_{MW}) janë përafërsisht $1 \times 10^{-5} m^2/s$ dhe $1 \times 10^{-9} m^2/s$ dhe mund të zëvendësohen në ekuacionin e mësipërm për D_M . Në materialet poroze të tilla si Toka, radoni lëviz përmes difuzionit në hapësirat boshe ndërmjet grimcave të tokës. Shpejtësia e lëvizjes së radonit ose fluksi përmes tokës mund të jetë më e vogël nga difuzioni në mjediset

homogjene të tilla si ajri i pastër për dy arsye:

- Vëllimi më i vogël i fluidit kufizon rrjedhjen;
- Rruga spirale e rrjedhjes përreth grimcës.

Koeficientët e difuzionit të radonit në tokë janë të varur nga shumë madhësi si lloji i tokës, shpërndarja e madhësisë së vrimës, përmbajtja e ujit në vrimë etj⁽⁸⁾.

Përqendrimet e radonit në tokë pak metra prej sipërfaqes së Tokës janë të rëndësishëm në përcaktimin e vlerës së radonit në hapësirat boshe dhe si rrjedhim edhe daljes në atmosferë. Ato varen nga shpërndarja dhe përqendrimet e radionukleidit prind të radiumit në tokë dhe depërtueshmëria e tokës. Janë ndërtuar disa përgjithësime të caktuara rreth përqendrimeve të radiumit në bazë të llojeve të ndryshme të tokave por megjithatë ekziston një shtrirje e gjerë në përqendrimet të secilit lloj. Në përgjithësi, graniti ka përmbajtje më të madhe të radiumit, shkëmbijtë sedimentar dhe metamorfik kanë përmbajtje mesatare ndërsa shkëmbijtë vulkanik dhe gurët gëlqeror me përmbajtje më të ulët. Megjithatë, përmbajtja e radiumit në llojet e ndryshme të tokave dhe përgjithësimet janë shumë të vështira për shkak të shumë faktorëve⁽⁴⁸⁾. Ekzistojnë shumë metoda të matjeve të koeficientit të difuzionit të radonit në materiale të ndryshme.

c) Ekshalacioni – quhet procesi gjatë të cilit atomet e radonit të cilat janë transportuar në sipërfaqen e tokës dalin në atmosferë⁽²⁾(figura 2.2.2.1.4). Mekanizmi kryesor për daljen e radonit në atmosferë është difuzioni molekular. Sipas raporteve UNSCEAR 1988 dhe 1993 shprehja për të vlerësuar shpejtësinë difuzive të daljes së radonit në atmosferë jepet në formën:

$$J_D = C_{Ra} \lambda_{Rn} f \rho_s (1-\epsilon) L$$

Ku C_{Ra} përqendrimi i aktivitetit të ^{226}Ra në materialin e tokës (Bq kg^{-1}), λ_{Rn} , konstantja e zbërthimit të ^{222}Rn ($2.1 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$), f paraqet fraksionin e emanacionit për materialin e tokës, ρ_s është densiteti i kokrrizë së tokës (2700 kg m^{-3}), ϵ është poroziteti i materialit të tharë të tokës. Gjatësia e difuzionit, L është baraz me $(D_e/\lambda_{Rn})^{1/2}$ ⁽⁴⁸⁾. Ekuacioni i mësipërm për tokë me lagështi duhet modifikuar. Megjithëse hyrja difuzive e radonit në atmosferën e jashtme zakonisht dominon, aty gjithashtu ka edhe ndryshime të shkaktuara nga rrymimi, era dhe presioni atmosferik. Matjet e shpejtësisë së ekshalacionit të radonit nga toka tregojnë një ndryshueshmëri që reflekton

ndryshueshmërinë e përqendrimeve të radonit në hapësirat e poreve afër sipërfaqes së tokës. Përqendrimet e ^{222}Rn në gazin e tokës ndryshojnë për disa rende të intensitetit nga një vend tek tjetri dhe tregojnë ndryshime shprehëse me kohën në ndonjë zonë të caktuar⁽⁴⁸⁾.

Densiteti i fluksit të ekshalacionit, i shënuar me f , përshkruan çlirimin e radonit gjatë një zone të caktuar ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Variaiblat kryesore të cilat ndikojnë në densitetin e fluksit të ekshalacionit janë⁽⁸⁾:

- Përqendrimi i aktivitetit të radiumit në material R (Bq/kg);
- Shkalla e densitetit të materialit ρ_b (kg/m^3);
- Koeficienti i emanacionit E (pa dimension);
- Koeficienti i difuzionit të radonit D (m^2/s);

dhe trashësia materialit që e mbulon Z (m).

d) Hyrja e radonit brenda objekteve

Njohja e faktorëve që ndikojnë në shkallën e hyrjes së ^{222}Rn brenda strukturave të objekteve të ndryshme është përmirësuar dukshëm në kohët e fundit si rezultat i hulumtimeve në vendbanime duke krijuar edhe modele të ndryshme të thjeshtuara⁽⁴⁸⁾.

Janë shumë faktorë që çojnë deri tek hyrja e radonit brenda hapësirave të objekteve siç janë vëllimi dhe sipërfaqja e lokacionit, shpejtësia e futjes së ajrit brenda lokacioneve, difuzioni dhe rrymimi nga baza e ndërtesës, lloji i materialit ndërtimor etj. Shumë studime kanë treguar se kur nivele të larta të radonit janë gjetur brenda objekteve si një nga mekanizmat kryesor për hyrjen e radonit brenda këtyre objekteve është rrymimi i shkaktuar nga presioni i rrjedhjes së gazit të tokës përmes çarjeve në kat. Ky rrymim vjen si pasojë e asaj që ajri brenda ndërtesës ka presion me të ulët se ajri jashtë, i prodhuar nga temperaturat e larta brenda shtresës së jashtme të objektit, ventilimi mekanik, dhe në njëfarë mase edhe nga goditja e erës mbi ndërtesë^(47,48).

Si faktorë të tjerë që ndikojnë në nivelet e radonit brenda objekteve janë edhe lagështia relative dhe lagështia e tokës. Lloji i materialit ndërtimor me të cilin është i ndërtuar objekti ka një rol shumë të madh në nivelin e radonit brenda si në aspektin e përmbajtjes së ^{226}Ra ashtu edhe në porozitetin e materialit që lejon hyrjen e radonit brenda. Në disa

raste uji nëntokësor mund të ndikon në ngritjen e nivelit të radonit brenda objekteve sidomos në vendet ku përdorimi i ujit nëntokësor është më i madh si në lavanderi dhe kuzhina të restoraneve⁽⁴⁷⁾. Një përmbledhje e parametrave të cilët çojnë në hyrjen e radonit brenda objekteve dhe nivelet e rritura të tij mund të përmbledhen edhe në formë tabelare (Tabela 2.2.2.1.2) në bazë të llogaritjeve të kryera për një ndërtesë me me vëllim 250 m^3 dhe sipërfaqe 450 m^2 sipas raporteve të UNSCEAR 1988 dhe 1993⁽⁴⁸⁾.

Tabela 2.2.2.1.2 Parametrat e një modeli të një shtëpie të ndërtuar

<i>Parametri</i>	<i>Simboli</i>	<i>Vlera</i>
Dimensionet dhe parametrat relevant		
Vëllimi		250 m^3
Sipërfaqja e katit		100 m^2
Gjatësia e katit në murin e çarjes		40 m
Gjerësia e katit në murin e çarjes		3 mm
Sipërfaqja totale duke përfshirë të gjitha muret		450 m^2
Shpejtësia e qarkullimit të ajrit		1 h^{-1}
Nëntoka		
Përqendrimi i aktivitetit të ^{226}Ra	C_{Ra}	50 Bq kg^{-1}
Fraksioni i emanacionit	F	0.2
Poroziteti	E	0.25
Fraksioni i saturimit të ujit	M	0.2
Koeficienti i difuzionit efektiv	D_e	$2.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
Koeficienti i shkallës së difuzionit	D	$5.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
Densiteti i tokës	P	1600 kg m^{-3}
Përshkueshmëria	K	$2.0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$
Trashësia e shtresës së betonit		0.15 m
Përshkueshmëria shtresës së betonit		$5.0 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$
Elementet e ndërtesës, muret dhe katet		
Trashësia e katit		0.1 m
Trashësia e mureve dhe tavanit		0.2 m
Përqendrimi i aktivitetit të ^{226}Ra	C_{Ra}	50 Bq kg^{-1}
Fraksioni i emanacionit	F	0.1

Poroziteti i mureve	E	0.15
Poroziteti i kateve		0.2
Koeficienti i difuzionit efektiv të mureve	D_e	$7.0 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
Koeficienti i difuzionit efektiv të kateve		$1.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
Densiteti	P	$1\,600 \text{ kg m}^{-3}$

2.2.2.2 Radoni në çerdhe dhe shkolla

Konsiderohet se fëmijët janë më të ndjeshëm në ekspozimin ndaj radonit se sa të rriturit për shkak të numrit më të lartë të respiracioneve. Gjithashtu ata kanë më shumë vite për të jetuar, e cila lejon një kohë më të gjatë që të zhvillohen kancerët e shkaktuar nga rrezatimi. Dyshohet se qelizat e fëmijëve janë më pak të mbrojtura ndaj dëmtimeve si pasojë e rrezatimit për shkak se qelizat e tyre ndahen më shpejtë se ato të të rriturve⁽⁵⁹⁾. Edhe pse fëmijët shpenzojnë pjesën më të madhe të kohës në shtëpi kontribuesi i dytë më i madh pas shtëpisë në ekspozimin ndaj radonit merret të jetë shkolla. Si rrjedhim, Agjensia për Mbrojtjen e Mjedisit në SHBA (EPA) rekomandon që objektet shkollore sikurse edhe vendbanimet duhet të kryejnë edhe studimet rreth nivelit të radonit brenda ambienteve të tyre⁽⁴⁴⁾. Shkolla paraqet vendin ku për gjatë një viti prezenca e nxënësve dhe stafit mund të jetë deri në 10 muaj dhe shpesh sistemi i ventilimit në shumë vende të botës është i dobët. Minimizimi i nivelit të ekspozimit ndaj radonit të nxënësve në shkolla kërkon hulumtime të gjera për nivelin e këtij ekspozimi⁽⁴⁵⁾. Nivele të larta të radonit janë gjetur në shumë shkolla nëpër vende të ndryshme të botës. Si rrjedhim, është e rëndësishme që nxënësit, mësuesit dhe prindërit të jenë të vetëdijshëm se radoni mund të paraqet një problem potencial në shkolla⁽⁵⁹⁾.

“Health Canada” në Kanadë rekomandon matje afatgjate në shkolla në rastet kur kjo është e mundur me anë të ekspozimit të detektorëve të ngurtë në minimum tre muaj deri në një vit kohëzgjatje të monitorimit (optimale 10 muaj)⁽⁴⁵⁾. Për të siguruar një vlerësim më të qartë për nivelet e ekspozimit ndaj radonit në shkolla matjet preferohet të bëhen në klasat apo zyrët ku më së paku 4 orë frekuentohen nga nxënësit apo mësuesit.

Rekomandohet që matjet e radonit të bëhen në secilën klasë që është në katet përdhesë apo bodrum ose në rastet kur nuk ekziston kat përdhesë apo bodrum matjet të kryhen në katin më të ulët në të cilin frekuentojnë nxënësit. Një klasë konsiderohet hapësira e mbyllur me mure dhe tavan. Një klasë mund të konsiderohet edhe dhoma e nënndarë me

ndarje. Për dhoma të mëdha, një detektorë për matje preferohet të vendoset për çdo 200 m² të sipërfaqes së katit⁽⁴⁵⁾. Gjithashtu është e preferueshme tu përmbahemi disa rregullave gjatë vendosjes së pajisjeve për matje nëpër dhoma:

- Lokacioni më i preferuar i vendosjes së pajisjes është në pozicionin 2.5 deri në 3 metra nga dyshemeja, më se paku 50 cm nga tavani dhe 20 cm nga objektet tjera.
- Lokacionet duhet të zgjedhen duke filluar nga ato ku shpenzohet kohë më e gjatë nga ata që ekspozohen dhe më pak tu kushtohet vëmendje lokacioneve pak të frekuentuara.
- Për një kompleks të ndërtesave secila nga to duhet të konsiderohet e veçantë në matje.
- Matjet nuk ka nevojë të kryhen në banjo, dollapa, rafte, dhe lokacione të tjera të cilat nuk kanë ndikim në përqendrimin e radonit brenda dhomave të frekuentuara.
- Lokacioni nuk duhet të jetë në rrymat e ajrit të shkaktuara nga nxehtësia, ventilimi, kondicionimi i ajrit, dyertë, ventilatorët dhe dritaret. Lokacioneve afër nxehtësisë si mbi radiatorë, afër vendeve të zjarrit ose direkt në diell duhet shmangur sepse në disa pajisje kanë efekt në matje. Të njëjtat pajisje nuk duhet vendosur afër aparateve elektrike ose mbi kompjuter, televizor, radio etj.
- Në raste të renovimeve të ndryshme të objekteve ku mund të ndryshon sistemi i ventilimit dhe qarkullimit të ajrit matjet duhet të përsëriten⁽⁴⁵⁾.

Agjensia për Mbrojtjen e Mjedisit në SHBA (EPA) rekomandon reduktimin e përqendrimit të radonit në ajrin brenda objektit të shkollës nën nivelin e veprimit që sipas EPA është 4 pCi/L ose 150 Bq m⁻³. Edhe pse me teknologjitë e sotme mund të arrihet reduktimi i nivelit të radonit nën 4 pCi/L ose 150 Bq m⁻³ megjithatë kjo varet shumë në karakteristikat e ndërtesës dhe në disa raste kjo mund të jetë shumë e vështirë⁽⁴⁴⁾.

Hulumtimet e EPA-s për radonin në shkolla janë inicuar në vitin 1988 me një studim në shkollat e Fairfax County, Virginia. Më 1989 dhe 1990 EPA udhëhoqi studimin e zhvillimit të protokollit për shkolla si një përpjekje gjithëkombëtare për kontrolle më të thelluara të matjeve të radonit në shkolla. Rezultatet nga ky studim u përdorën për të përmirësuar procedurat për vlerësimin e nivelit të radonit në shkolla dhe u ngritën në formë të një dokumenti shtetëror. Nga rezultatet e fituara doli se në secilin shtet të SHBA-së kishte disa shkolla me nivel të përqendrimit më të madh se niveli i veprimit prej 4 pCi/L, në shumë shkolla u gjetën edhe nivele më të larta se 20 pCi/L dhe në disa raste edhe mbi 100 pCi/L. Nga përpunimi i rezultateve dolën konkludimet se në SHBA

rreth 19.3 % e shkollave përafërsisht një nga pesë kanë se paku një nga dhomat që janë në kontakt me tokën me nivel të përqendrimit të radonit mbi 4 pCi/L, nivel në të cilin EPA rekomandon masa për reduktim dhe migrim të radonit. Në total EPA vlerësoi se rreth 70,000 klasë të shkollave kishin nivelin e radonit mbi 4 pCi/L⁽⁴⁴⁾.

Shumë faktorë kontribojnë në hyrjen e radonit brenda ndërtesës së shkollës. Edhe pse objektet e shkollave mund të jenë në vende të afërta me njëra tjetrën megjithatë mund të kenë ndryshime të konsiderueshme në nivelet e përqendrimit të radonit brenda tyre. Për këtë arsye nuk mund të nxjerren konkludime për nivelet e përqendrimit të radonit pa kryerjen e studimeve të nevojshme. Shumë faktorë ndikojnë në ngritjen e nivelit të radonit në shkolla ku prej tyre më kryesorët janë:

- Përqendrimi i radonit në gazin e tokës (fuqia e burimit) dhe depërtueshmëria e tokës (lëvizshmëria e gazit) nën shkollë;
- Struktura dhe ndërtimi i objektit të shkollës;
- Lloji, operimi dhe mirëmbajtja e nxehtësisë, ventilimit dhe kondicionimit të sistemit të ajrit⁽⁴⁴⁾.

Në shumë vende të Botës janë kryer hulumtime për nivelin e radonit në shkolla. Në Evropë, hulumtimet rreth nivelit të radonit në shkolla janë kryer shumë herët si në Slloveni, Greqi, Itali etj.

Nga një hulumtim i kryer në 82 shkolla të katër qyteteve të Sudanit me anë të ekspozimit të DN (CR-39) nivelet e përqendrimit të radonit ndryshonin nga 26 deri në 124 Bq m⁻³ me një vlerë mesatare prej 59 ± 7 Bq m⁻³⁽⁶⁸⁾.

Në Greqi nga 512 shkolla të përfshira në hulumtim në tetë regjione të ndryshme të vendit 86% e tyre kanë pasur përqendrimin e radonit ndërmjet 60 dhe 250 Bq m⁻³ me një vlerë maksimale prej 958 Bq m⁻³, ndërsa aktiviteti i përqendrimit të radonit nga 53 shkollat e Patras në Greqi gjatë periudhës Dhjetor – Maj 1999 me anë të ekspozimit të DN (LR-115 II) ka treguar nivel të ulët, në kufijtë 10 deri në 89 Bq m⁻³^(69,70).

Një hulumtim i kryer në 506 shkolla në jug-lindje të Italisë ka dhënë aktivitetet mesatare të përqendrimit të radonit në kufijtë ndërmjet 21 dhe 1608 Bq m⁻³ në 7% prej tyre mbi 500 Bq m⁻³, ndërsa në 30 shkollat e studiuara në zonën Neapolitan vlera mesatare e përqendrimit të radonit ka qenë 144 Bq m⁻³^(71,72).

Hulumtimi më i madh nëpër shkolla për nivelet e radonit në Evropë është bërë në Irlandë duke përfshirë në hulumtim 38 531 klasë në katin përdhësë të 3826 shkollave në periudhën 1998-2004. Nga ky hulumtim del se 984 shkolla kishin përqendrimet e radonit

mbi 200 Bq m^{-3} dhe 329 prej shkollave kanë përqendrimet e radonit mbi 400 Bq m^{-3} . Mesatarje e përqendrimit ka dalë të jetë $93 \text{ Bq m}^{-3(73)}$.

Nga 74 çerdhe të përfshira në hulumtim në Amman të Jordanisë janë gjetur vlerat e përqendrimeve të radonit brenda klasave të këtyre shkollave në kufijtë prej 40.7 deri në 193.5 Bq m^{-3} me një mesatare prej $76.8 \text{ Bq m}^{-3(74)}$.

Në periudhën 1990-1991 në sezonin dimëror nga regjione të ndryshme në Jugosllavi në ajrin e brendshëm të 450 çerdheve është matur niveli i radonit me anë të metodave aktive të çastit. Nga këto matje nuk janë gjetur vlera të larta të përqendrimit të radonit, ato silleshin nga 10 deri në 180 Bq m^{-3} me një mesatare prej 100 Bq m^{-3} dhe në vendet ku është kaluar vlera 150 Bq m^{-3} në ato lokacione janë kryer edhe matje afatgjata⁽⁶¹⁾.

Matje sistematike të përqendrimeve të radonit dhe rrezatimit gama brenda hapësirave të 730 institucioneve parashkollore dhe çerdheve janë kryer në Slloveni ku janë përfshirë 65 000 nxënës. Metoda kryesore ka qenë ajo alfa shintiluese ndërsa në rastet e përqendrimit të lartë të fituar nga kjo metodë janë përdorur edhe metoda shtesë si ajo me detektorë të ngurtë dhe alfa spektroskopia. Në 528 lokacione (72%) përqendrimet e radonit kanë qenë nën 100 Bq m^{-3} ndërsa në 16 lokacione (2.2%) vlera e përqendrimit ka kaluar $800 \text{ Bq m}^{-3(62)}$. Masa për reduktim të nivelit të radonit janë marrë në dy çerdhe me një vlerë mesatare të përqendrimit në sezonin veror rreth $2 000 \text{ Bq m}^{-3(63)}$.

Gjatë muajve të sezonit dimëror në periudhat 1992/1993 dhe 1993/1994 matjet për nivelet e përqendrimeve të radonit dhe rrezatimit gama janë kryer në 890 shkolla në Slloveni duke përfshirë 280 000 nxënës. Nën kushte të dhomave të mbyllura (dhomat janë mbyllur minimum 12 orë para fillimit të matjeve) matjet janë kryer në të gjitha lokacionet me anë të metodës alfa shintiluese. Mesatarja e përqendrimit ka qenë 168 Bq m^{-3} . Në 67% të shkollave niveli i përqendrimit të radonit ishte nën 100 Bq m^{-3} dhe në 8.7% kalonte vlerën 400 Bq m^{-3} i cili ishte niveli i veprimit për Slloveni⁽⁶⁴⁾. Nga 890 shkollat e hulumtuara në Slloveni 24 prej tyre kalojnë 1000 Bq m^{-3} duke arritur në një prej shkollave edhe deri në 7 kBq m^{-3} . Në këto lokacione hulumtimet janë thelluar për të gjetur burimet e niveleve të ngritura të përqendrimit të radonit dhe për të marrë masa për reduktim⁽⁶⁵⁾.

Në Serbi në periudhën 2008-2010 nga 207 shkolla të hulumtuara për nivelin e prezencës së radonit në shtatë komunitete të Serbisë Jugore vlera më e madhe e përqendrimit ka qenë 428 Bq m^{-3} me një mesatare prej $118 \text{ Bq m}^{-3(60)}$. Po ashtu nga hulumtimet gjatë vitit 2004 në shkollat e mesme të qyteteve të ndryshme të Serbisë

matjet e përqendrimit të radonit në 20% të lokacioneve kanë kaluar vlerën 200 Bq m^{-3} dhe në 4% të rasteve nivelet e përqendrimit janë të ngritura⁽⁶⁶⁾.

Nga hulumtimet në shkollat e Hungarisë përqendrimet mesatare të radonit gjatë periudhës së hulumtimit kanë qenë ndërmjet 80 dhe 430 Bq m^{-3} ⁽⁶⁷⁾.

Në disa hulumtime në Kosovë gjatë viteve 2003-2004 në 30 klasë të 9 shkollave të fillore dhe 6 shkollave të mesme të komunës së Prizrenit vetëm në tri klasë të shkollave fillore dhe 4 klasë të shkollave të mesme niveli i përqendrimit të radonit në sezonin dimëror kalon vlerën 400 Bq m^{-3} , nivel ky i adoptuar sipas ICRP 65 si limit shtetëror⁽³⁰⁾. Gjithashtu në matjet në 15 klasë të pesë shkollave fillore dhe një shkolle të mesme të Sharrit vetëm në një dhomë vlere e përqendrimit të radonit kalonte vlerën prej 200 Bq m^{-3} ⁽³¹⁾.

2.2.2.3 Radoni në vendbanime

Radoni mund të depërton në vendbanime nga shumë burime dhe në shumë mënyra. Edhe pse nuk është e mundur që të vendoset ndonjë sistem sigurie kundër radonit megjithatë është e mundur të reduktohet niveli i tij nën limitet e rekomanduara. Kontribuesi kryesor në futjen e radonit brenda objekteve është Toka nga e cila radoni përmes zbrazëtirave dhe boshllëqeve të ndryshme futet brenda kateve të shtëpive. Vendbanimet që janë në kontakt direkt me tokën kanë nivele më të larta të radonit se vendbanimet të cilat kanë hapësira të ajrit nën to. Gjithashtu nivelet e radonit në katet e larta janë më të ulëta se ato në katet përdhese. Megjithatë për të vlerësuar nivelin e saktë të radonit duhet të kryhen matjet dhe studimet e nevojshme⁽⁵⁹⁾.

Lloji i tokës mbi të cilën ndodhet shtëpia ka ndikim potencial në përqendrimin e radonit brenda sepse llojet e ndryshme të tokave kanë përqendrime të ndryshme të uraniumit dhe gjithashtu radoni rrjedh shumë më lehtë në disa lloje të tokave se në disa tjera. Mënyra e konstruktimit të shtëpisë gjithashtu luan rol në nivelet e radonit për shkak se disa konstruksione të shtëpive kanë numër më të madh të pikave hyrëse të radonit⁽⁷⁷⁾.

Përqendrimet e radonit mund të jenë befasisht të ndryshueshme nga një shtëpi në tjetrën edhe nëse shtëpitë janë shumë afër njëra me tjetrës, kështu që, është vështirë të supozohet se ndonjë shtëpi ka nivelin e radonit të lartë apo të ulët. Nivelet e radonit mund të ndryshojnë brenda edhe të njëjtës shtëpi kështu që sipas rekomandimeve të "Health Canada" në Kanadë në çdo dhomë të shtëpisë që është në kontakt me tokën duhet të kryhen hulumtime rreth nivelit të radonit brenda saj⁽⁷⁷⁾.

Rreziqet e radonit brenda vendbanimeve nuk kanë qenë shqetësim deri vonë sepse shqetësimet kanë qenë të lidhura me minierat e uraniumit dhe radiumit për shkak të vdekjeve të mëdha nga kanceri i mushkërive. Në vitet 1972 një studim i Akademisë kombëtare të komitetit të shkencave në efektet biologjike të rrezatimit jonizues në Amerikë gjeti se incidentet e kancerit të punëtorëve të minierave janë direkt në përpjesëtim me ekspozimin e tyre në gazin e radonit. Në vitin 1984 në Pensilvani të SHBA rastësisht në një shtëpi regjistrohet një vlerë e radonit më shumë se 4400 pCi/l ($4 \text{ pCi/l} \approx 150 \text{ Bq/m}^3$), që ishte më shumë se njëmijë herë krahasuar me rekomandimet e EPA për nivelin e veprimit në SHBA prej 4 pCi/l. Nga ky rast u vërtetua se burime të radonit nuk janë vetëm minierat e uraniumit apo aktivitetet e ndryshme radioaktive të shkaktuara nga njërëzimi por vetë korja e tokës përmban sasi të konsiderueshme të radiumit dhe uraniumit⁽⁷⁸⁾. Secila pjesë e Tokës përmban sasi të caktuara të radiumit dhe uraniumit kështu që, gazi i radonit emetohet nga sipërfaqja e Tokës çdokund në botë. Megjithatë ekzistojnë dallime të përqendrimit të këtyre elementeve në sipërfaqet e ndryshme të Tokës. Si rrjedhim, nivelet më të larta të radonit janë gjetur në zonat me përqendrim më të lartë të uraniumit në tokë. Në Shtetet e Bashkuara, përqendrimet më të larta të uraniumit në tokë janë gjetur në pjesën lindore të Pensilvanisë, pjesën perëndimore të New Jersey-it, Florida, New England, Appalachians, Georgia dhe Karolinë, Wisconsin, Minnesota dhe në perëndim të Rocky Mountains⁽⁷⁸⁾.

Përqendrimi i radonit në vendbanime ndryshon ndërmjet vendeve të ndryshme për shkak të ndryshimeve në gjeologji dhe klimë, në materialet dhe teknikat e ndërtimit të objekteve etj. Vlera të ndryshme janë gjetur në shumë vende të botës deri në mijëra Bq m^{-3} në shumë vendbanime si në Finlandë dhe Suedi. Sipas ICRP është shumë me rëndësi identifikimi i zonave të prirura të radonit në të cilat përqendrimi i radonit në objekte është e mundshme të jetë më i lartë se në zonat tjera të vendit⁽¹⁵⁾. Në këto zona duhet të thellohen hulumtimet dhe tu kushtohet një vëmendje e veçantë por duke mos anashkaluar edhe zona të tjera jashtë zonës së prirur të identifikuar që mund gjithashtu të kenë nivele të larta të radonit. Mënyra për identifikimin e zonave të prirura është një studim gjithëpërfshirës në një numër të madh vendbanimesh në të gjithë vendin. Një rëndësi e madhe në identifikimin e zonave të prirura të radonit duhet kushtuar edhe gjeologjisë së zonës dhe llojit të tokës⁽¹⁵⁾.

Nivele të larta të radonit janë gjetur në vendbanimet e vendeve nordike përveç se në shtetin e Islandës, në shtetet tjera si në Suedi, Norvegji dhe Finlandë vlerat e përqendrimit konsiderohen prej më të lartave në botë. Në Suedi numri i vendbanimeve të

vlerësuar se kalojnë nivelin shtetëror të veprimit (200 Bq m^{-3}) është rreth 450 000. Në Finlandë më shumë se 200 000 vendbanime kanë nivelin e radonit mbi 200 Bq m^{-3} dhe 60 000 e tyre kanë nivelet mbi nivelin shtetëror të veprimit prej 400 Bq m^{-3} . Në Danimarkë rreth 65 000 vendbanime kanë përqendrimet e radonit mbi nivelin e veprimit të radonit të rekomanduar për veprim të thjeshtë (200 Bq m^{-3}) dhe 5 000 vendbanime mbi nivelin e veprimit të rekomanduar për veprim efektiv (400 Bq m^{-3}). Në Norvegji një numër prej 170 000 vendbanimeve të vlerësuar kanë nivelet e veprimit mbi 200 Bq m^{-3} . Matjet e kryera në Islandë tregojnë nivele të ulëta të radonit dhe është vlerësuar se nuk ka shtëpi në Islandë që ka nivelin e radonit mbi $200 \text{ Bq m}^{-3(79)}$.

Agjensia për mbrojtje nga rrezatimi dhe siguri bërthamore në Australi (ARPANSA) gjatë një studimi të gjerë gjithëshehtetror të radonit në vendbanime gjeti se vlera mesatare e përqendrimit të radonit në Australi është rreth $11 \text{ Bq m}^{-3(53)}$.

Nga matjet në disa regjione të Iranit vlerat mesatare të përqendrimit për secilin regjion kanë qenë 163, 240, 160 dhe 144 Bq m^{-3} me një vlerë maksimale të regjistruar prej 2386 Bq m^{-3} në sezonin dimëror dhe një vlerë minimale prej 55 Bq m^{-3} në sezonin pranveror⁽⁸⁰⁾.

Në hulumtimet e kryera në qytetin verior të Indisë Himachal Pradesh janë gjetur ndryshime të mëdha në përqendrimin e radonit brenda vendbanimeve në kufijtë prej 35 deri në 956 Bq m^{-3} me një mesatare prej $189 \text{ Bq m}^{-3(81)}$.

Në Meksiko City nga 416 vendbanime të studiuar me metodën pasive të matjeve vlera mesatare e përqendrimit ka dalë të jetë $145 \text{ Bq m}^{-3(82)}$.

Nga hulumtimet e kryera në 18 qytete të Kanadës 3.3 % e vendbanimeve kanë pasur nivelin e radonit mbi nivelin e rregullimit shtetëror të Kanadës prej $200 \text{ Bq m}^{-3(83)}$.

Sipas hulumtimeve në mbi 22 komunitete në regjionin e Kanadasë të British Columbia 5 deri në 40 % e vendbanimeve mund të kenë nivelin e radonit më shumë se $200 \text{ Bq m}^{-3(54)}$.

Në një hulumtim në Francë ku janë përfshirë më shumë se 10 000 vendbanime vlerat e përqendrimit të radonit ndryshojnë nga disa Bq m^{-3} deri në 4382 Bq m^{-3} , ku 22.8 % e lokacioneve përqendrimet ishin më të larta se 100 Bq m^{-3} ndërsa në 2.4 % të tyre më të larta se $400 \text{ Bq m}^{-3(84)}$.

Nga studimet rreth nivelit të radonit në vendbanimet e shtetit afrikan të Ganës vlera mesatare e përqendrimit ka qenë $466.9 \text{ Bq m}^{-3(85)}$.

Në Hungari në hulumtimet e kryera nëpër vendbanime me katër lloje të ndryshëm të

detektorëve vlera mesatare ishte $79 \text{ Bq m}^{-3(86)}$.

Gjatë një hulumtimi në Bullgari nga 373 vendbanime të përfshira në hulumtime kufijtë e përqendrimit të radonit shtriheshin nga 20 deri në $3560 \text{ Bq m}^{-3(87)}$, ndërsa nga disa studime tjera në Bullgari vlera mesatare vjetore e përqendrimit të radonit nga 400 vendbanime është fituar $90 \text{ Bq m}^{-3(19-20)}$.

Në vitin 1994 në ekspozimin 3 mujor në sezonin dimëror të detektorëve të ngurtë në Slloveni në 1 000 vendbanime të përfshira të zgjedhura rastësisht vlerat e përqendrimit janë gjetur të jenë nga 7 deri në 1890 Bq m^{-3} dhe 4.5 % nga vendbanimet kalojnë vlerën 400 Bq m^{-3} që sipas legjislacionit shtetëror është një vlerë limit për vendbanime⁽⁸⁸⁾ me një vlerë mesatare prej $54 \text{ Bq m}^{-3(21)}$, ndërsa nga një hulumtim në disa vendbanime në vitin 2004 vlerat e përqendrimit silleshin nga $12\text{--}374 \text{ Bq m}^{-3(89)}$.

Vendet fqinje kanë vlera mesatare të përqendrimit të ndryshme. Në Mal të zi vlera më e madhe nga 126 shtëpi të përfshira në hulumtim ishte $175 \text{ Bq m}^{-3(22)}$, ndërsa në 75 shtëpi të studiara në kryeqytetin Podgoricë vlera $200 \text{ Bq m}^{-3(23)}$ është kaluar vetëm një herë në sezonin dimëror, ndërsa nga 167 vendbanimet në Beograd vlera më e madhe është gjetur të jetë $218 \text{ Bq m}^{-3(24)}$. Në Maqedoni⁽¹⁶⁾ vlerat kanë qenë më të mëdha ku në 437 vendbanime të përfshira në hulumtim gjatë vitit 2009 vlera mesatare e përqendrimit të radonit ka dalë të jetë $105 \pm 84 \text{ Bq m}^{-3}$ ndërsa, vlera 400 Bq m^{-3} është kaluar në 29 objekte. Vlera më të mëdha në rajon janë gjetur në vendbanimet e Banjës së Nishit në Serbi ku vlerat në disa vendbanime kanë arritur nivelin e $\text{kBq m}^{-3(25,26)}$.

Në Kosovë në një hulumtim të kryer gjatë vitit 2004 në 18 vendbanime të rajonit të Sharrit nivelet e radonit silleshin nga 24 deri në 209 Bq m^{-3} me vetëm një rast që kalonte vlerën 200 Bq m^{-3} , po ashtu nga hulumtimet në dy fshatra Planej dhe Gorozhup gjatë vitit 2004 kufijtë e përqendrimit të radonit shtriheshin nga 32 deri në 432 Bq m^{-3} duke kaluar vetëm në dy raste vlerën prej $400 \text{ Bq m}^{-3(9,28)}$.

2.2.2.3.1 Llogaritja e dozës efektive vjetore në shtëpi banimi

Në rastet e matjeve për kohë të gjatë prej 6 muaj deri në një vit dozat efektive vjetore E_{eff} të pranuar nga një person hipotetik janë llogaritur si shumë e dozave efektive për katër sezonat e vitit duke përdorur ekuacionin nga UNSCEAR:

$$E_{\text{eff}} = \sum_{i=1}^4 [0.17 \times C_{\text{Rn}}(i) + 9 \times C_{\text{RnDP}}(i)] \times t(i)$$

Ndërsa në rastet e matjeve deri në 3 muaj kohëzgjatje është përdorur ekuacioni tjetër:

$$E_{eff} = C_{Rn} \times \frac{F}{3700} \times \frac{t}{170} \times f_{DC}$$

sipas “National Radiological Protection Board” ku është futur edhe faktori korrigjues prej 0.80.

2.2.2.4 Radoni në vende të punës

Radoni është prezent në të gjitha vendet e punës. Por, në disa vende të punës si në miniera të uranit është një burim i padiskutueshëm i ekspozimit dhe një subjekt për tu kontrolluar. Në identifikimin e zonave të prirura të radonit nga studimet për vendbanime në ato zona rekomandohet të kryhen hulumtimet edhe në ndërtesa që përdoren si vende të punës. Por megjithatë një studim gjithëpërfshirës është i nevojshëm në tërë vendin në vendet e punës që nuk kanë qenë më parë të studiuara⁽¹⁵⁾. Vendet e punës nëntokësore dhe ato të tilla si minierat e uranit dhe banjat termale duhet studiuar në mënyrë të veçantë.

Meqënëse radoni është gaz, ai mund del në ajër nga materiali që është formuar dhe meqënëse uraniumi dhe radiumi ndodhen në sasi të mëdha në tokë, shkëmbinjë dhe ujë, radoni ndodhet gjithkund jashtë si dhe në ambiente të mbyllura duke bërë që të futet në organizëm përmes ajrit të cilin e thithim. Radoni zbërthehet në një numër të produkteve jetëshurtëra të zbërthimit (pasardhës) të cilët janë në vetvete radioaktiv. Këto produkte mund të ju bashkangjiten grimcave të aerosoleve në atmosferë duke formuar kështu të ashtuquajturën pasardhësin e radonit “të bashkangjitur” madhësia e të cilin reflekton madhësinë e aerosolit të ambientit^(46,47).

Deri në vitet 1970 është konsideruar se radoni paraqet rrezik vetëm në miniera nëntokësore ndërsa më vonë është kuptuar se rreziku është po ashtu i madh edhe në vende të tjera të punës nëntokësore që nuk janë miniera. Në literaturë dhe shkencë rëndësi më e madhe i kushtohet përqendrimeve të radonit se sa pasardhësve të tij për shkak të vështirësive më të madhe gjatë matjeve të pasardhësve të tij^(46,47).

Radoni mund të paraqet rrezik në një numër të madh të vendeve të punës e jo vetëm në miniera. Por, përveç metrove, tuneleve, shitoreve, shpellave për vizitorë, minierave të hapura për vizitorë, banjave termale, një numër i madh i vendeve të punës ndodhen edhe

mbi tokë si fabrika, shkolla, zyra etj.

Mekanizmi kryesor i hyrjes së radonit brenda ndërtesave të vendeve të punës është presioni i shkaktuar nga rrjedhja e gazit nga toka përmes të çarave në dysHEME. Kjo rrjedhje lind për shkak se ndërtesat janë normalisht në një presion më të ulët se presioni rrethues. Ky presion më i ulët brenda ka si pasojë ajrin më të nxehtë brenda në krahasim me jashtë. Si burime të radonit që shkaktojnë ngritjen e nivelit të tij brenda ndërtesave janë edhe materiali ndërtimor si dhe uji nëntokësor^(46,47).

Vendet e punës nëntokësore mund të akumulojnë nivele të larta të radonit në të njëjtën mënyrë siç ndodh edhe në shpella dhe miniera. Por megjithatë ka raste kur nivele të larta të radonit janë gjetur edhe në vende të punës mbi tokë. Në disa vende nivelet e përqendrimit në vende të ndryshme të punës kanë kaluar vlerat 1000 Bq m⁻³ siç shihet edhe në tabelat e mëposhtme⁽⁴⁶⁾.

Tabela 2.2.2.4.1 Përqendrimi i radonit në vende të punës nëntokësore (jo miniera)

Lloji i vendit të punës	Vendi	Përqendrimi i radonit (Bq m ⁻³)
Shpella turistike	Gjermani	400–11 180
	Hungari	130–21 100
	Irlandë	260–19 060
	Slloveni	20–10 000
	SHBA	48–1 850
Miniera të hapura për vizitorë	Gjermani	400–20 280
Tunele	Çeki	229–3 312
	Finlandë	500–7 000
	Norvegji	250 (mesatarja)
Centrale elektrike	Norvegji	20–4 000
Hekurudha nëntokësore	Finlandë	45–200 (stacionet)
		20–790 (vendet e punës)
	Greqi	9–22 (stacionet)

Tabela 2.2.2.4.2 Përqendrimi i radonit në vende të punës mbi tokë

Lloji i vendit të punës	Vendi	Numri i lokacioneve të përfshira	Përqendrimi i radonit (Bq m ⁻³)
Ndërtesa publike	Belgjikë (provinca e Luksemburgut)	36	10% > 200,
			3% > 400

	Finlandë	155	Mesatarja 505, 37% > 300
		400	Mesatarja 284, 17% > 300
	SHBA	3901	22% > 150, 0.2% > 1000
Shkolla	Belgjikë(provinca e Luksemburgut)	421	12% > 200, 2% > 400
	Republika Islamike e Iranit	16	Mesatarja 256, 55% < 100, 100 < 30% < 400, 400 < 15% < 1400
	Irlanda	1762	23% > 200, max. 2688
	Italia (3 nga 21 regjionet)	486	Shtrirja 13–1450, Mesatarja gjeometrike 78–129, 4–17% > 400
	SHBA	927	2.7% > 150, 0.1% > 1000, max. 2500
Çerdhe	Italia (5 nga 21 regjionet)	1687	Shtrirja 6–1400, Mesatarja gjeometrike 38–118, 0.1–15% > 400
	Norvegjia	3600	Shtrirja 5–2800, mesatarja 88, Mesatarja gjeometrike 44
	Sllovenia	730	Shtrirja 7–5750, Mesatarja gjeometrike 58 Shtrirja 10–4700, Mesatarja gjeometrike

			58
Vende të ndryshme të punës*	Finlandë	3050	Mesatarja 255, 37% > 300
	Gjermani	993	Mesatarja 171, 12% > 300
	Gjermani (Saksoni)	36	~60 000 punëtor të ekspozuar deri >1000 Bq/m ³ Range 25–7000, 10% > 1000, 20% > 800
	Suedi		10% > 400
	Mbretëri e bashkuar	150	Mesatarja ~100, max. 7500
		8000	

*Këto vende të punës kanë qenë fabrika apo ndërmarrje të cilat kanë përdorur ujin nëntokësor dhe ndërtesat kanë përmbajtur material me përbërje të radiumit

Nga hulumtimet në dy miniera në jug-perëndim të Anglisë që nga viti 1992 duke përdorur metoda të ndryshme janë gjetur vlera ekstremisht të larta të niveleve të radonit me një vlerë prej më të lartave në Evropë e cila arrinte 7,100,000 Bq m⁻³⁽⁹⁰⁾.

Një vlerë e lartë e përqendrimit të radonit brenda vendeve të punës regjistrohet edhe në një ndërtesë publike që përdorej si vend i punës në qytetin Divača të Sllovenisë. Kjo vlerë kalonte 20 000 Bq m⁻³⁽⁹¹⁾.

Në miniera në Hungari nuk janë shënuar vlera të larta të niveleve radonit, ato silleshin nga 220 Bq m⁻³ dhe 530 Bq m⁻³, ndërsa nga hulumtimet në shpella nëntokësore vlerat kanë qenë më të larta në kufijtë 7227 deri në 8591 Bq m^{-3(92,93)}.

Vlera të ulëta janë regjistruar edhe gjatë matjeve nëpër vende të punës dhe miniera në Ugandë, ato kanë qenë në kufijtë 97±5 Bq m⁻³⁽⁹⁴⁾.

Në hulumtimet në Spanjë nëpër miniera dhe shpella nëntokësore vlerat e përqendrimit silleshin prej disa Bq m⁻³ deri në 4662 Bq m⁻³⁽⁹⁵⁾.

Në minierat dhe shpellat për vizitorë të Australisë përqendrimet mesatare të radonit shtriheshin në kufijtë prej 230 deri në 16 300 Bq m⁻³ me një vlerë mesatare prej 60 kBq m⁻³⁽⁹⁶⁾.

Në minierat dhe shpellat e Mbretërisë së Bashkuar vlera mesatare e e niveleve të radonit ishte 22 500 Bq m⁻³ me një përqendrim maksimal prej 30 000 Bq m⁻³⁽⁹⁷⁾.

Nga një hulumtim në vendet e punës të 26 spitaleve kryesore në Slloveni vetëm në shtatë nga dhomat e matura vlera e përqendrimit kalonte 400 Bq m⁻³, ndërsa në shpella vlerat kanë qenë nga 110 deri në 2400 Bq m^{-3(98,99)}.

Në Kosovë gjatë hulumtimeve të kryera në shpellën e Gadimes vlerat e përqendrimit të radonit shtriheshin në mes të 400 dhe 1000 Bq m⁻³ me vetëm dy pika me vlera deri në 1700 Bq m⁻³⁽³⁶⁾.

2.2.2.4.1 Llogaritja e dozave efektive për vende të punës

Në rastin e vendeve të punës përveç minierave dhe shpellave nëntokësore për të cilat përdoren metodologji tjera për llogaritjen e dozave efektive në rastet e vendeve tjera të punës dozat efektive mund të llogariten në bazë të formulës:

$$E_{eff} = \frac{C_{Rn} \times F}{3700} \times \frac{t}{170} \times DCF$$

sipas metodologjisë ICRP 65^(15,98), ku, C_{Rn} përqendrimi mesatar i radonit, F faktori i ekuilibrit ndërmjet radonit dhe produkteve të tij jetëshkurtëra për të cilën është marrë vlera 0,4, t është koha e qëndrimit brenda dhe, DCF faktori i konvertimit të dozës.

2.2.2.5 Rreziqet shëndetësore nga ekspozimi ndaj radonit në hapësira të mbyllura

Mund të thuhet se gazi i radonit është prezent çdokund si në ambientin e jashtëm ashtu edhe në të gjitha llojet e ndërtesave, shtëpive, zyrave, shkollave, banjave termale, fabrikave të ujit, shpellave, xeheroreve etj. Në vitin 1996 sipas OBSH (WHO) klasifikohet në grupin e elementeve kancerogjene^(10,11).

Shumica e shteteve të Evropës dhe Botës kanë hartuar programet e tyre shtetërore rreth studimit të radonit në hapësirat e mbyllura si shkolla, shtëpi etj⁽¹²⁾ dhe kanë

përpiluar hartat e tyre sa i përket aktiviteteve të përqendrimit të radonit në shkolla, vendbanime, vende të punës dhe objekte të ndryshme; Mund të përemendim një prej vendeve të Evropës siç është Republika e Sllovenisë e cila që nga viti 1990 ka filluar programin shtetëror sa i përket studimeve të radonit fillimisht në shkolla të bashkëfinancuar nga Ministria e Arsimit dhe Ministria e Shendetësisë, ku janë përfshirë 750 institucione parashkollore dhe 890 shkolla fillore dhe të mesme⁽¹²⁾, e më pas edhe në vendbanime, vende të punës, miniera, shpella etj⁽⁸⁸⁾.

Është e njohur mirë se inhalacioni i produkteve jetëshkurtëra të ^{222}Rn dhe depozitimi i tyre nëpër rrugë të frymëmarrjes dhe të pjesëve tjera të sistemit bronhial është rruga kryesore e ekspozimit ndaj rrezatimit në mushkëri. Ky ekspozim kryesisht vjen nga grimcat alfa të emetuara nga radionukleidet prind të ndryshme megjithatë, një pjesë e ekspozimit vjen edhe nga emetimi i grimcave beta dhe gama. Është një pajtueshmëri e gjerë në mesin e shkencëtarëve se është grimca alfa ajo e cila i rrezaton qelizat e shëndosha e të cilat pastaj janë shkaktarë të kancerit të mushkërive⁽⁴⁸⁾.

Kur gazi i radonit zbërthehet ai kalon në izotopet e elementeve të ngurta si plumbi, bizmuthi dhe poloniumi. Këto produkte jetëshkurtëra të zbërthimit janë gjithashtu radioaktive dhe u bashkangjiten grimcave natyrale të aerosoleve të atmosferës. Si produktet e zbërthimit të cilat nuk u bashkangjiten aerosoleve të atmosferës e po ashtu edhe ato të cilat u bashkangjiten grimcave të mjedisit mund të inhalohen dhe të ngjiten në muret e mushkërive dhe pjesëve tjera të sistemit respirator. Produktet jetëshkurtëra të radonit vazhdojnë zbërthimin e mëtejme duke emetuar grimca alfa të cilat i rrezatojnë qelizat e sistemit respirator. Prandaj, kur thuhet ekspozimi ndaj radonit nënkuptohet ekspozimi nga radoni dhe produktet e tij jetëshkurtër të zbërthimit⁽¹⁰⁰⁾.

Studimet epidemiologjike kanë konfirmuar se radoni në vendbanime rrit rrezikun e kancerit të mushkërive në përgjithësi tek popullata. Vlerësohet se nga të gjitha rastet e kancerit të mushkërive ato të lidhura me ekspozimin ndaj radonit shtrihen ndërmjet 3 % dhe 5 % varësisht nga përqendrimit mesatare në vendet e caktuara. Radoni konsiderohet shkaktari i dytë kryesor i kancerit të mushkërive pas duhanit në shumë vende. Rreziku i kancerit të mushkërive nga radoni është më i madh tek personat të cilët konsumojnë duhan apo që kanë konsumuar në të kaluarën në krahasim me ata të cilët nuk kanë konsumuar duhan asnjëherë. Një studim gjithëpërfshirës i ekspozimit të punëtorëve të minierave nëntokësore ndaj radonit është bërë gjatë viteve 1990 nga Komiteti për efektet biologjike të rrezatimit jonizues (BEIR VI 1999). Janë kryer 11 studime grupore duke përfshirë një numër prej 60 000 minatorëve në Evropë, Amerikë Veriore, Azi dhe

Australi në mesin e të cilëve kanë ndodhur 2 600 vdekje nga kanceri i mushkërive. Tetë nga këto studime kanë qenë miniera të uranit ndërsa të tjerat miniera të kallajit, fluorit dhe hekurit. Niveli i lartë i rrezikut nga kanceri i mushkërive në minerat nëntokësore për shkak të ekspozimit me radon fuqimisht sugjeronte që radoni mund të jetë shkaktar i kancerit të mushkërive në popullatën e rëndomtë për shkak të ekspozimit që ndodh brenda hapësirave të banimit dhe ndërtesave tjera. Kriteret për ekspozimin brenda hapësirave tjera përveç minierave ndryshojnë dukshëm për shkak se në miniera rrezik të lartë (e që mund të jenë po ashtu shkaktar të kancerëve) paraqesin edhe elementet tjera si p.sh. arseniku etj⁽¹⁰¹⁾. Përveç mushkërive edhe pjesë tjera të organizmit janë në rrezik të lartë gjatë ekspozimit në nivele të larta të radonit dhe produktet e tij të zbërthimit siç janë epiteli bronhial e në rastet të dozave të larta të pranuar edhe lëkura. Disa studime po ashtu janë përpjekur të bëjnë lidhjen ndërmjet ekspozimit ndaj dozave të larta të radonit dhe rrezikut nga leukemia⁽¹⁰¹⁾.

Duke pasur parasysh se përafërsisht rreth 7 000 deri në 12 000 litra ajër merren me anë të frymëmarrjes dhe nxjerren jashtë mesatarisht nga një person çdo 24 orë zbërthimi i vetëvetishëm i radonit nuk është burimi kryesor i rrezatimit sepse gati i tërë radoni nxjerret jashtë pas çdo frymëmarrjeje. Poloniumi 218 si një produkt i ndërmjëmë i zbërthimit të radonit dhe produktet e tij të zbërthimit kanë tendencë të ngjiten në trupin e parë të ngurtë që bien në kontakt duke përfshirë indet e mushkërive dhe grimcat e pluhurit të cilat janë të bllokuara nga mushkëritë. Koha e qëndrimit të atomeve individuale të produkteve të zbërthimit të radonit dhe grimcave të pluhurit në mushkëri është zakonisht më e gjatë se koha e gjysëmzbërthimit të produkteve jetëshkurtëra të radonit. Katër nga produktet e zbërthimit në serinë ndërmjet Po-218 dhe Pb-210 janë zbërthime alfa që mund të shkaktojnë dëmtime molekulare në qelizat e afërta të mushkërive për shkak të masës të madhe dhe energjisë së lartë⁽¹⁰²⁾.

Shumica e studimeve që kanë provuar të bëjnë korelacionin ndërmjet kancerit të mushkërive dhe ekspozimit ndaj radonit nuk kanë treguar korelacion pozitiv për arsye se këto studime kanë qenë studime të korelacionit gjeografik duke bërë krahasimin e dy e më shumë zonave me përqendrimet mesatare të ndryshme të radonit në vendbanime. Por korelacioni gjeografik ka qenë shumë vështirë të interpretohet duke pasur parasysh edhe ndikimin e shumë faktorëve të tjerë në përqendrime të radonit si ndikimi i industrisë dhe duhanit sidomos në vendet urbane të cilat kanë korelacion direkt me kancerin e mushkërive⁽¹⁵⁾. Burimet e pasaktësive në epidemiologjinë e radonit mund të përmbledhen në disa pika:

- pasaktësia në vlerësimin e ekspozimit individual;
- Vështirësitë në përzgjedhjen e grupeve të përshtatshme të kontrollit;
- Ambientet e ndryshme të punës nëpër miniera, duke përfshirë ndikimin e grimcave tjera joradioaktive të pluhurit;
- Shprehjet e ndryshme në pirjen e duhanit⁽¹⁵⁾.

Produktet e zbërthimit të radonit të cilat po ashtu në vetvete janë radioaktive mund të bashkangjiten grimcave të aerosoleve të atmosferës duke formuar atë që quhet pasardhësi ‘i bashkangjitur’ i radonit madhësia e të cilit i përgjigjet madhësisë së aerosolit të ambientit. Pasardhësit e radonit të cilët nuk u bashkangjiten aerosoleve të mjedisit njihen si pasardhës në gjendje ‘të pabashkangjitur’ të cilët janë të madhësisë 0,5-5 nm. Nëse inhalohen të dy produktet si ato ‘të bashkangjitura’ dhe ato ‘të pabashkangjitura’ mund të depozitohen në mushkëri dhe të rrezatojnë indet e mushkërive⁽⁴⁶⁾. Në modelet e dozimetrisë së mushkërive në të cilat zonat e depozitimit të materialit radioaktiv dhe lokacionet e qelizave shenjës merren parasysh në llogaritje, rreziku për njësi të materialit radioaktiv të inhaluar në gjendje ‘të pabashkangjitur’ konsiderohet të jetë më i lartë se për materialin radioaktiv në gjendje ‘të bashkangjitur’⁽⁴⁶⁾.

Agjensia për mbrojtjen e mjedisit në SHBA (EPA) vlerëson se radoni mund të shkaktojë rreth 14,000 vdekje nga kanceri i mushkërive në Amerikë për çdo vit. Megjithatë, ky numër sillet në kufijtë në mes të 7,000 - 30,000 vdekje për vit.

Grafiku i mëposhtëm paraqet rastet e vdekjeve të shkaktuara nga radoni në krahasim me shkaktarët tjerë. Këto të dhëna janë paraqitur nga raporti i këshillit kombëtar të sigurisë në SHBA i vitit 1990 (figura 2.2.2.4.1)⁽¹³⁾.

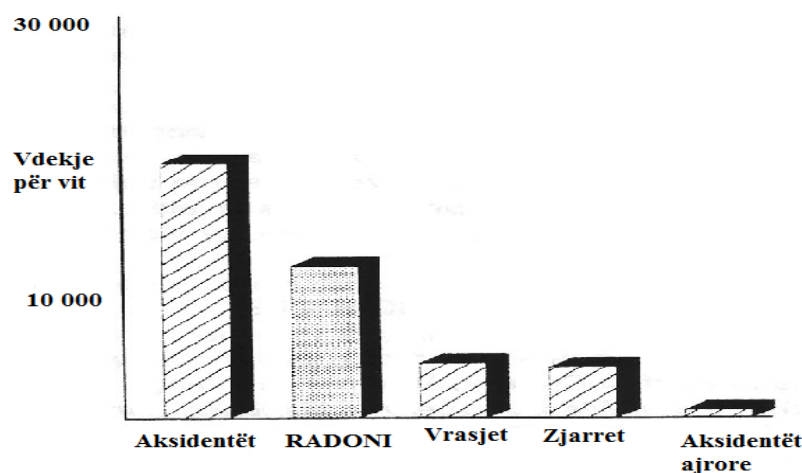


Figura 2.2.2.5.1 Vdekjet e shkaktuara nga radoni në krahasim me shkaktarët e tjerë në SHBA.

Për shkak se radoni konsiderohet të jetë kontribuesi kryesor i kancerit të mushkërive i dyti pas duhanit komisioni evropian vazhdimisht ka bërë përpjekje për të informuar publikun rreth këtij rreziku natyral. Studimet e fundit kanë treguar se radoni në vendbanime shkakton rreth 20 000 vdekje të kancerit të mushkërive në unionin evropian për çdo vit. Ky numër është 9% i vdekjeve totale nga kanceri i mushkërive në bashkimin evropian dhe rreth 2% i vdekjeve nga kanceri në përgjithësi⁽⁵⁷⁾.

Edhe pse të gjithë janë të rrezikuar nga ekspozimi ndaj radonit megjithatë rrezikshmëria mund të klasifikohet si e varur nga disa faktorë kryesorë:

- Niveli i radonit – rreziku më i madh është gjatë ekspozimit në vendet me përqendrim më të lartë ku dozat e pranuar nga personat janë më të larta;
- Kohëzgjatja e ekspozimit – ekspozimi për të njëjtën dozë me kohëzgjatje më të madhe e rrit rrezikun në krahasim me po të njëjtën dozë por me kohëzgjatje më të vogël;
- Pirja e duhanit e kombinuar me ekspozimin ndaj radonit e rrit rrezikun e kancerit të mushkërive në krahasim me personat që nuk konsumojnë duhan;
- Raportohet se fëmijët janë më të rrezikuar nga ky lloj rrezatimi se sa të rriturit.

2.2.2.6 Metodatat për eliminimin dhe reduktimin e nivelit të radonit

Një faktor i rëndësishëm në vendimet për reduktim të niveleve të larta të radonit është identifikimi i zonave të prirura të radonit të cilat janë zona me përqendrim më të larta të radonit se në pjesët tjera të vendit. Megjithatë, gjithmonë duhet pasur parasysh se mund të ekzistojnë edhe zona tjera me nivele të larta të radonit në vend përveç atyre tashmë të identifikuar. Një metodë për identifikimin e zonave të prirura të radonit është shfrytëzimi i rezultateve nëpër vendbanime gjatë kryerjes së hulumtimeve të gjera dhe definimi i zonave të prirura në termat e pjesës së zgjedhur të shtëpive me përqendrim të larta të radonit. Në rastin e vendeve të punës identifikimi i zonave të prirura brenda vendeve të punës mund të sigurohet nga nivelet e radonit nëpër vendbanime në të cilat ka nivele të ngritura të përqendrimit të radonit. Gjithashtu njohuritë rreth gjeologjisë dhe llojeve të ndryshme të tokës mund të ndihmojnë në identifikimin e zonave të prirura të radonit^(15,46).

Janë të njohura shumë metoda të cilat përdoren për uljen e nivelit të radonit brenda objekteve të ndryshme. Disa nga teknikat parandalojnë hyrjen e radonit brenda

ndërtesave e disa të tjera bëjnë reduktimin e nivelit pasi radoni është futur brenda ndërtesave. Një nga metodat parandaluese për të hyrë radoni brenda objekteve është përdorimi i tubave të cilët e tërheqin radonin poshtë shtëpisë dhe e nxjerrin atë përmes tubave në ajrin mbi shëpi i cili pastaj shpejtë shpërndahet. Një ndihmesë të madhe në përzgjedhjen e llojit të sistemit të reduktimit të radonit jep lloji i bazamentit dhe materialit të përdorur në konstruktimin e tij. Në ndërtesat të cilat kanë bodrume ose pllaka në themel përdoren disa metoda të ndryshme për të thithur ajrin nga toka dhe për ta dërguar atë me anë të gypave mbi shtëpi⁽¹⁰³⁾.

Të gjitha metodat e përdorura për reduktimin e niveleve të radonit brenda hapësirave të mbyllura mund të përmbledhen në disa veprime kryesore:

- Për të reduktuar furnizimin me radon me anë të përmbysjes së ndryshimit të presionit në mes të ndërtesës dhe tokës;
- Për të ulur furnizimin me radon me anë të ngritjes së rezistencës të themeleve të hyrjes së gazit të tokës ose me anë të trajtimit të materialeve ndërtimore për të reduktuar daljen e radonit. Ky proces është i vështirë të arrihet në ndërtesat ekzistuese për shkak se në to ekzistojnë shumë rrugë për hyrjen e radonit brenda ndërtesave nga toka;
- Për të larguar burimin e radonit, i cili ka mundësi të bëhet vetëm për furnizimin me ujë e në raste të rralla edhe për materialet ndërtimore që janë nën tokë;
- Për të dobësuar radonin dhe pasardhësit e tij me anë të rritjes së shkallës së ventilimit. Edhe kjo nganjëherë mund të jetë e limituar duke pasur parasysh se rritja e shkallës së ventilimit në të shumtën e ndërtesave bëhet aq sa ju nevojitet banuesve në mënyrë që të ruhet ekuilibri i kostove të nxehtësisë dhe freskimit. Disa forma të ventilimit e zvogëlojnë presionin në ndërtesa dhe si rrjedhim e rrisin hyrjen e radonit brenda.
- Për të reduktuar përqendrimin e pasardhësve të radonit me anë të filtrimit ose rritjes së lëvizjes së ajrit të brendshëm për të shtuar depozitimin e pasardhësve të radonit⁽¹⁵⁾.
- Të gjitha metodat e përdorura janë në varshmëri të efektivitetit të tyre nga kostoja.

3 Zonat e hulumtimit dhe metodat e matjeve

3.1 Zonat e hulumtimit

Në hulumtim janë përfshirë rreth 200 lokacione të ndryshme në Kosovë si çerdhe, shkolla, vendbanime, vende të punës, vende të punës nëntokësore, institucione publike etj. Matje janë kryer në lokacione të caktuara edhe në gazin e Tokës për të vlerësuar shkaktarët e përqendrimit të radonit. Zonat e matjeve nuk janë zgjedhur në mënyrë të rastësishme por me arsye të caktuara.

Studimet janë shtrirë në vendbanime, vende të punës, vende të punës nëntokësore dhe shkolla në rajonin e Prishtinës. Zonat në këto vendbanime janë zgjedhur në afërsi të dy termocentraleve me djegje të linjtit në komunat e Obiliqit dhe Fushë Kosovës dhe në Prishtinë. Në hulumtim janë përfshirë edhe lokacione të rajonit të Prishtinës që ndodhen më larg termocentraleve si në atë të Podujevës dhe Drenasit për të bërë krahasimet me zonat e zgjedhura afër termocentraleve.

Zgjedhja e institucioneve publike dhe vendeve të punës nëntokësore jominiera është bërë me qëllimin për të mësuar për nivelin e ekspozimit të punonjësve në këto lokacione të pa studiuar më parë.

Zona të prirura në vendbanime me depozitim të lartë të uraniumit si ajo në Stubëll të Vitisë janë zgjedhur me qëllimin për të vlerësuar nivelin e ekspozimit të kësaj popullate dhe dozat e pranuar;

Hulumtime janë kryer edhe në vendbanime dhe shkolla në rrethinë të Prizrenit në lokacione ku mendohet se niveli i radonit mund të jetë rritur për shkak të uraniumit të varfëruar të përdorur nga NATO në luftën e viteve 1998-1999 në Kosovë. Këto studime janë bërë vetëm në rastet kur banorët kanë qenë të shqetësuar për rrezik nga rrezatimet;

Në të gjitha lokacionet është provuar gjithashtu të bëhet një komplementaritet ndërmjet metodave të ndryshme aktive dhe pasive të matjeve të cilat në mënyrë më të detajuar do të paraqiten më poshtë. Ndër metodat e matjeve është edhe ajo e vazhduar me anë të sistemit Alpha GUARD që është metoda e përdorur për herë të parë në Kosovë.

3.2 Metodatat afatshkurtëra dhe metodatat afatgjata

3.2.1 Metodatat afatshkurtëra (aktive) të matjeve të radonit

Përqendrimi i radonit mund të matet në çfarëdo intervali kohor por rekomandohet që ky interval të jetë jo më pak se dy ditë. Matje afatshkurtëra llogariten testet prej dy deri në 90 ditë kohëzgjatje ndërsa matjet mbi 90 ditë konsiderohen si matje afatgjata. Matjet afatshkurtëra nuk janë të pranueshme të përcaktojnë përqendrime të radonit për qëllime të vlerësimit të nevojës së nivelit të veprimit duke pasur parasysh faktin se nivelet e radonit ndryshojnë shumë nga dita në ditë dhe nga sezona në sezonë. Kjo metodë mund të përdoret në raste të caktuara si metodë iniciuese (e çastit) dhe në disa raste edhe për monitorim të luhatjeve të përqendrimit të radonit me kusht që rezultatet e saj mund të konfirmohen vetëm kur të shoqërohen me matje afatgjata. Gjithashtu matjet afatshkurtëra nuk mund të përdoren si bazë në rastet e vendimeve për migrim të radonit pa u shoqëruar me matje afatgjata^(44,45).

- Sa i përket shkollave EPA rekomandon që matjet afatshkurtëra për secilën shkollë të bëhen në dy etapa sipas këtyre hapave:

1: Testi inicues – matje me metoda të çastit në të gjitha dhomat që janë në kontakt me tokën;

2: Testi shoqërues – përsërtje e matjes me metoda tjera afatshkurtëra në dhomat ku me testin inicues niveli e kalon limitin sipas legjislacionit të SHBA-ve prej 4 pCi/L apo 150 Bq/m³ ose më i lartë⁽⁴⁴⁾;

Matjet afatshkurtëra duhet të kryhen nën kushte ‘të ndërtesës së mbyllur’ për të stabilizuar përqendrime të radonit dhe rritur vlefshmërinë e llogaritjes së përqendrimit mesatar vjetor. Kushtet e ndërtesës së mbyllur nënkuptojnë që dhoma ku do të kryhen matjet të jetë e mbyllur minimum 12 orë para fillimit të matjeve iniciuese⁽⁴⁵⁾. Kushtet e ndërtesës së mbyllur përfshijnë sigurinë se:

- Dritaret në të gjitha nivelet dhe dyertë e jashtme janë mbajtur mbyllur gjatë kohëzgjatjes së matjes, përveç gjatë hyrjes dhe daljes (që është momenti i hyrjes dhe i daljes) duke u siguruar që dera e jashtme është e mbyllur dhe kjo kohë duhet të jetë pak minuta.
- Sistemet që qarkullojnë ajrin nga jashtë brenda dhe anasjelltas duke përfshirë sistemet e ventilimit nuk duhet të jenë në punë gjatë kohëzgjatjes së matjes. Kjo nuk përfshin matësin e temperaturës dhe lagështisë të cilën mund të jenë në punë.

- Sistemet kundër zjarrit dhe sistemet e nxemjes nuk ka nevojë të ndalen.
- Operimi normal i sistemit permanent të përtërirjes së nxehtësisë nuk ka nevojë të ndalet.
- Në ndërtesat ku ka të instaluar sistemin permanent të migrimit të radonit, ky sistem mund të funksionojë edhe gjatë kohës së matjeve.
- Sistemet e kondicionimit të ajrit që qarkullojnë ajrin e brendshëm mund të operojnë gjatë kushteve të ndërtesës së mbyllur⁽⁴⁵⁾.

Gjithashtu matjet afatshkurtëra që zgjasin më pak se katër ditë nuk duhet të kryhen gjatë periudhave me stuhi të mëdha ose erëra të forta. Ndryshimet e shpejta në presionin atmosferik me rritje të shoqëruara me stuhi rrisin mundësinë e diferencës së madhe të presioneve në ndërtesë dhe jashtë saj dhe si rrjedhim ndryshojnë shpejtësinë e fluksit të radonit. Erërat e forta rrisin ndryshueshmërinë e përqendrimit të radonit për shkak të diferencës së ajrit brenda dhe jashtë ndërtesës të shkaktuar nga era. Në secilin nga këto raste përqendrimi i radonit gjatë matjeve nuk do të paraqiste përqendrimin mesatar në ndërtesë. Kushtet e ndërtesës së mbyllur përgjithësisht më lehtë është të realizohen në sezonin dimëror nga tetori deri në prill ku temperatura mesatare ditore është mjaft e ulët dhe dritaret kryesisht mbahen mbyllur dhe nuk ka nevojë që banuesit të ndryshojnë stilin e tyre të jetës gjatë kohëzgjatjes së matjeve⁽⁴⁵⁾.

3.2.1.1 Pajisjet për matje afatshkurtëra

Ka shumë pajisje që shërbejnë për matje të radonit por ato përgjithësisht mund ti ndajmë në dy kategori: ato që përdoren për matje afatgjata (për matje në kohëzgjatje 3 deri në 12 muaj) dhe ato të prodhuara për matje afatshkurtëra (periudha e matjeve nga dy ditë deri në tre muaj)⁽⁴⁵⁾. Pajisjet për matje afatshkurtëra kanë disa përparësi në krahasim me ato afatgjata por e më të rëndësishme është se ato kërkojnë një burim të energjisë elektrike për të operuar pompat, detektorët e të tjera pjesë të tyre^(8,44). Ekzistojnë shumë pajisje për matje afatshkurtëra por prej tyre mund të veçojmë:

Qelitë shintiluese – Mostrat e çastit të ajrit mund të mbledhen dhe llogariten në një qeli shintiluese. Qelitë shintiluese janë cilindra të mbyllur nga brenda të mveshur me një material shintilues, përgjithësisht ZnS (Ag), me një dritare transparente nga jashtë. Bashkëveprimi i grimcave alfa me materialin shintilues shkakton prodhimin e fotoneve të dritës të cilët detektohen dhe amplifikohen me anë të një fotoshumëzuesi i cili ka në fund një dritare dhe konvertohet në një vlerë të llogaritur me anë të një pajisjeje elektronike.

Mostrat e çastit janë me përdorim të limituar sepse vetëm vlerat e masatarizuara kohore janë me interes për të njohur ndryshueshmërinë e përqendrimeve atmosferike të radonit⁽⁴⁶⁾.

Përparësi e metodave afatshkurtëra të çastit si ajo me qeli shintiluese është se mundëson marrjen e një numri të madh të mostrave apo kryerjen e një numri të madh matjesh në një kohë relativisht të shkurtër. Gjithashtu me metoda afatshkurtëra mostrat mund të maten direkt apo të ruhen për tu lexuar më vonë⁽⁸⁾.

Metoda afatshkurtër e vazhduar – Monitorët për matje të vazhduara janë të përshtatshëm kur është e nevojshme për të monitoruar varshmërinë nga koha të përqendrimeve të radonit dhe produkteve të tij⁽⁴⁶⁾. Disa nga këto pajisje e mbledhin ajrin për analizë me anë të një pompe të vogël e disa të tjera e lejojnë ajrin të difuzion brenda kamerës së sensorit. Të gjitha pajisjet kanë qarkun elektrik të integruar që ka mundësinë e raportimit të përqendrimeve të radonit për intervale periodike (për orë ose minuta të caktuar)⁽⁴⁴⁾.

Kjo kategori e detektimit përfshin pajisjet që regjistrojnë matje të vazhdueshme në kohë reale të gazit të radonit. Ajri pompohet ose difuzion në kamerën llogaritëse, sikurse tek qelitë shintiluese ose kamerat e jonizimit. Rezultati duke përdorur këtë lloj të detektorëve është normalisht i vlefshëm në përfundimin e testit në shtëpi ose ndërtesë pa procese ose analiza plotësuese⁽⁴⁵⁾. Të dy metodat e lartëpërmendura njihen edhe si metoda aktive të matjeve të radonit.

3.2.2 Metodatat afatgjata (pasive) të matjeve të radonit

Nivelet e radonit në një shtëpi apo ndërtesa tjera mund të ndryshojnë shumë me kohën. Ndryshimet mund të jenë të mëdha edhe brenda një dite ndërsa nga sezona në sezonë janë edhe më të mëdha. Nivele më të larta zakonisht gjenden në sezonin dimëror. Si rezultat, matjet për një periudhë afatgjatë do të japin një tregues më të mirë të përqendrimit mesatar vjetor të radonit se sa matjet për periudha afatshkurtëra. Matjet afatgjata janë zakonisht në kohëzgjatje 3 deri në 12 muaj. Gjatë këtij lloji të matjeve nuk ka nevojë që banuesit të ndryshojnë formën e tyre të jetesës sepse pajisjet për këto matje janë të thjeshta dhe vendosen kudo⁽⁴⁵⁾.

Sipas EPA në SHBA çdoherë kur niveli i radonit është mbi limitin e rekomanduar me anë të matjeve afatshkurtëra matjet në ato lokacione duhet të shoqërohen edhe me metoda afatgjata për të fituar përqendrimin mesatar vjetor të radonit. Gjithashtu EPA nuk

rekomandon që të merren për bazë rezultatet e matjeve afatshkurtëra për përcaktimin se kur nevojitet të merren masa për reduktimin e niveleve të radonit⁽⁴⁴⁾.

Metodat afatgjata ose pasive janë të përshtatshme për të fituar mesataret vjetore të niveleve të ulëta të përqendrimeve të radonit. Avantazh i kësaj metode është mundësia e numrit të madh të matjeve në një regjion të zgjeruar dhe me kosto relativisht të ulët. Si pajisje më të përshtatshme dhe gjerësisht të përdorura për këtë metodë janë detektorët e ngurtë të gjurmëve⁽⁸⁾.

Detektorët e ngurtë të gjurmëve si një nga pajisjet më të përdorura për matje afatgjata përbëhen nga një mbajtës plastike i vogël brenda të cilit është e montuar një pjesë e vogël e detektorit të ngurtë të gjurmëve (SSNTD)⁽⁴⁶⁾. Ky detektorë në fakt është një material filmik i përbërë nga nitrati i celulozës, polikarbonatet ose karbonatet (CR-39)⁽⁸⁾. Materiali SSNTD sillet si një detektorë i grimcës alfa. Hapja e vëllimit të detektimit brenda mbajtësit të plastikës mund të përshtatet me një filtër për të parandaluar hyrjen e pasardhësve të radonit dhe toronit. Grimcat alfa që rrjedhin nga radoni dhe pasardhësit të tij jetëshkurtër godasin materialin e detektorit të ngurtë dhe prodhojnë gjurmë të dëmtimeve submikroskopike⁽⁴⁶⁾.

Pas ekspozimit filmi brehet në një tretje alkaline (NaOH ose KOH) për të rritur madhësinë e gjurmëve kështu që densiteti i gjurmës (numri i gjurmëve për njësi të sipërfaqes) mund të përcaktohet lehtë edhe me anë të mikroskopit optik ose përmes teknologjive të automatizuara të skanimit dhe llogaritjes⁽⁸⁾.

Numri i gjurmëve është i lidhur me produktin e përqendrimit mesatar të radonit dhe kohës së ekspozimit me anë të një faktori të kalibrimit i cili përcaktohet në mënyrë empirike⁽⁴⁶⁾.

Në vendbanime në shumicën e vendeve të Evropës matjet zakonisht janë kryer në katin përdhës të shtëpive dhe ndërtesave për shkak se radoni është rreth nëntë herë më i rëndë se ajri. Për të vlerësuar dozat e pranura nga banuesit, matjet zakonisht janë kryer në dhomat e gjumit dhe ato të qëndrimit ditor. Matjet kryesisht janë kryer duke përdorur lloje të ndryshme detektorësh dhe për intervale të ndryshme kohore. Detektorët e ngurtë janë vendosur në hapësira të banimit për një kohëzgjatje minimum tre muaj (kryesisht në sezonin dimëror ku për shkak të ventilimit më të ulët ekspozimi është më i lartë) por përgjithësisht janë lënë të qëndrojnë për tërë vitin. Matje të tjera në disa vende janë kryer edhe përmes pompimit të ajrit por, duke pasur parasysh se kjo metodë kërkon përfshirjen e domosdoshme të personelit të specializuar është përdorur në numër më të vogël të rasteve. Për identifikimin e zonave të prirura në secilin vend janë kryer edhe matje të

përqendrimit të radonit në gazin e Tokës⁽⁵⁷⁾. Në tabelën 3.2.1 jepen metodat e përdorura në vende të ndryshme të Evropës.

Tabela 3.2.2.1 Metodatat e përdorura dhe periudha e hulumtimit në vende të ndryshme të Evropës

Vendi	Numri i dhomave /ndërtesë	Periudha e hulumtimit	Metodat kryesore të përdorura për matje	Kohëzgjatja e matjeve (sezona)
Shqipëria	3-4	< 1998	Ska të dhëna	-
Austria	3	1991-2002	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (SSNTD, sistemi Karlsruhe 2)+ E-PERM Charcoal detektorë me LSC	Me metoda afatgjata 90 ditë pranverë/vjeshtë 3 ditë me metoda afatshkurtëra
Belgjika	1	1995-1999	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (Makrofol)	90 ditë në dimër
Kroacia	2	2003-2005	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (LR-115)	382.4 ditë në tërë vitin
Qipro	1	2001-2002	Detektor elektronik pasiv i radonit (Radim-3, nga GT-Analytic)	2 ditë në pranverë
Çekia	2	1984-today	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (LR 115, Kodak)	Tërë vitin
Danimarka	1	1995-1996	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR-39)	369 ditë gjatë tërë vitit
Estonia	2	1998-2001	Detektorë të ngurtë të gjurmëve CR-39	60-90 ditë në tërë vitin
Finlanda	2	1990 – 1991	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (Makrofol)	2 x 6 muaj Dimër+verë
Franca	1	1980-2003	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (Kodalpha LR 115)	Minimum 60 ditë në njërin nga stinët
Maqedonia	1	1998-2005	• Qeli alfa e Lukasit • Radhome	1-3 ditë
Gjermania	2	1978-2003	• Detektorë të ngurtë të gjurmëve	1-3 ditë me metoda afatshkurtëra,

			(Makrofol) • Activated charcoal LSC • Activated charcoal gamma spectrometry	Tërë vitin me metoda afatgjata
Greqia	1	1994 -1998	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR-39)	Tërë vitin
Hungaria	3	1994 – 2004	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR-39)	3 x 80 ditë = 240 ditë në vit përveç verës
Irlanda	2	1992-1999	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR-39)	Tërë vitin
Italia	4	1989-1998	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (LR 115) nga Kodak-Dosirad (France) me konfigurim të mbyllur	2 x 6 muaj
Latvia	Ska të dhëna	1993-1994	Electret Ion Chambers (Rad Elec, Inc.); Pulsed Ionization-Chamber (ATMOS-12, Gamma data Mattek AB)	Ska të dhëna
Lituania	2	1995-1998	Electret Ion Chambers (Rad Elec, Inc.);	Deri në 28 ditë në sezonin dimëror
Luksemburgu	2	1993-2002	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (Macrofol)	Deri në 103 ditë në sezonin dimëror
Malta	1	1994-1995 1997-1998	Apha- Guard detector Detektorë të ngurtë të gjurmëve	1 ditë me metoda afatshkurtëra, Tërë vitin me metoda afatgjata
Holanda	1-2	1984 1995-1996	Detektorë të ngurtë të gjurmëve KVI dhe FzK (Karlsruhe)	Tërë vitin
Norvegjia	1-2	1987-1989 1990-1999 2000-2003	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR 39)	60-180 ditë
Polonia	2	1992-1994 1995-2003	Detektorë të ngurtë të gjurmëve CR-39 dhe LR115	90 ditë në dimër/pranverë

Portugalia	1	1988-1991	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (LR-115, tipi II, Kodak	80 ditë në sezonin dimëror
Rumania	1	• 1987-1990 • 1990-1994 • 2000	Mostra të ajrit në membrana të filterit Detektorë të ngurtë të gjurmëve	10 minuta me metoda afatshkurtëra, 31 ditë me metoda afatgjata
Serbia	1	2002 – 2003	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR-39)	90 ditë në dimër
Sllovakia	2	1992-2003	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR-39)	Gjysma në dimër dhe gjysma në verë
Sllovenia	1	1990-1992 1992-1994	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (Jožef Stefan Institute)	96 ditë në dimër
Spanja	1	1990 – 2005	Detektorë të ngurtë të gjurmëve, Terradex (Cantabria Univ.) KfK detectors, (Ciemat- Autonomous Univ. Barcelona and La Laguna Univ.)	90 ditë
Suedia	2,5	1991-1992	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (CR-39)	90 ditë
Zvicrra	1.5	1980 – 2005	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (60%) dhe detektorët electrets (40%)	100 ditë
Mbretëria e bashkuar	1.5	1980-2005	Detektorë të ngurtë të gjurmëve (NRPB/HPA, NET, Gammadata)	90-365 ditë

3.2.3 Metodatat tona të matjeve

Në hulumtimet tona janë përdorur katër metoda të matjeve duke bërë kombinimin e tyre. Tri nga metodat kanë qenë metoda afatshkurtëra (aktive) duke u shoqëruar me metoda afatgjata (pasive) me anë të detektorëve të ngurtë. Në shumë raste matjet janë kryer direkt me anë të ekspozimit të detektorëve të ngurtë. Nga tri metodat afatshkurtëra njëra nga to ka qenë metodë e çastit duke marrë mostrat me anë të qelive shintilueses dhe

dy nga to metoda të vazhduara të cilat janë përshkruar më poshtë. Kryesisht aq sa ka qenë e mundur dhe në pajtim me rrethanat në të cilat janë kryer matjet është ndjekur kjo procedurë e majteve:

I. Fillimisht janë kryer matjet inicuese me metodën aktive (afatshkurtër) që në rastin tonë ka qenë metoda alfa shintiluese që shihet edhe në figurën 3.2.3.1.



Figura 3.2.3.1 Metoda aktive afatshkurtër alfa shintiluese për matjen e radonit.

Metoda alfa shintiluese ka filluar të përdoret shumë herët në përcaktimin e aktivitetit të ^{222}Rn dhe ^{226}Ra në mostra të ndryshme të mjedisit⁽³⁷⁾. Kjo metodë bazohet në marrjen e mostrave të ajrit përmes qelive shintiluese të quajtura edhe si qelitë e Lukasit dhe matjen e aktivitetit alfa pas tri orësh. E përshtatshme për përqendrimet më të larta se $10\text{--}20\text{ Bq m}^{-3}$. Vëllimi i qelive sillet nga 0,3 l deri në 1,5 l. Kjo metodë bazohet në marrjen e mostrave në dhoma që më parë kanë qenë të mbyllura më së paku 12 h dhe pas rreth tri orësh kur mendohet se arrihet ekuilibri radioaktiv ndërmjet radonit dhe produkteve të tij jetëshkurtër matet aktiviteti alfa me anë të një alfa shumëzuesi⁽³⁷⁾. Para fillimit të matjeve qelitë shintiluese me vëllim 0.7 dm^3 të prodhuara nga Instituti Jožef Stefan në Lublanë janë kalibruar në Lublanë sipas procedurës së Rushing^(75,76) duke përdorur standardin e solucionit të klorurit të radiumit ($^{226}\text{RaCl}_2$) NIST (National Institute of Standards and Technology, Washington DC, USA, standard reference material 4953 D). Eficiencia e qelive ishte rreth $2\text{ s}^{-1}\text{ Bq}^{-1}$ që jep një limit të detektimit në kufijtë ndërmjet $20\text{--}50\text{ Bq m}^{-3}$ për kohën e leximit prej 10 min. dhe të baskground-it 1-2 min.

II. Si metoda krahasuese dhe plotësuese në disa lokacione matjet janë përseritur edhe me metodat tjera aktive me anë të pajisjeve për monitorim të vazhdueshëm si a) sistemit për monitorimin e radonit **AlphaGUARD** dhe b) pajisjes **CRM-510 femto TECH**.

- a) **Metoda Alpha GUARD** - përmban një dhomë jonizuese pulsive (alfa spektroskopi). Kjo dhomë jonizuese llogarit dhe analizon sinjalet dhe është e përshtatshme për monitorim të vazhdueshëm të përqendrimeve të radonit në mes të $2 - 2\,000\,000\text{ Bq m}^{-3}$. Kjo metodë siguron një efikasitet të lartë të detektimit, një shtrirje të gjerë të matjeve, rezultat të shpejtë dhe afatgjatë (Figura 3.2.3.2).



Figura 3.2.3.2 Metoda aktive e vazhduar Alpha GUARD për matje afatshkurtëra të radonit.

Alpha GUARD është e përshtatshme si për matje afatshkurtra ashtu edhe për monitorim afatgjatë si brenda ndërtesave ashtu edhe në ambient të hapur. Mat si në “**diffusion mode**” në cikël prej 10 - 60 min. dhe në “**flow mode**” në cikël 1 min. deri në 10 min.. Kjo metodë përveç matjeve në ajrin e brendshëm dhe të jashtëm ka mundësitë edhe të matjes së përqendrimit të radonit në ajrin e tokës, ujit si dhe të materialit ndërtimor. Gjithashtu me këtë metodë është i mundur edhe monitorimi i ekshalacionit të radonit nga toka.

- b) **Metoda CRM-510** - është një nga metodat për monitorim të vazhdueshëm të përqendrimit të radonit në ajër, e cila bazohet në detektimin e rrezatimit alfa në ajër bazuar në të njëjtën teknologji sikurse dhomat pulsive të jonizimit dhe është mjaft i përshtatshëm për një gamë të gjerë të aplikimeve në matjen e radonit.

Ky monitor bën të mundur leximin dhe ruajtjen e të dhënave deri në katër ditë (rreth 96 orë). Funksioni i sistemit kompjuterik të inkorporuar në këtë model siguron një fleksibilitet të lartë në detektimin e radonit. Përveç matjeve dhe ruajtjes së të dhënave të radonit modeli CRM-510 posedon një mikrokontroller të sofistikuar (MCU) që mundëson në të njëjtën kohë të bëhet edhe matja dhe ruajtja e të dhënave të temperaturës, presionit dhe lagështisë relative të ajrit gjatë secilit cikël të matjeve (Figura 3.2.3.3).

Gjithashtu sistemi mundëson edhe shtypjen e të gjitha vlerave të matjeve dhe të dhënave tjera në letër.



Figura 3.2.3.3 Metoda aktive e vazhduar CRM-510 për matje afatshkurtëra të përqendrimit të radonit.

III) Metoda pasive me detektorë të ngurtë - Në lokacionet ku doza ka kaluar limitet e rekomanduara në matjet me anë të metodave aktive në ato vende është bërë ekspozimi i detektorëve të ngurtë të gjurmëve (Radosys, Budapest, Hungary). Detektorët e ngurtë të gjurmëve në shumë lokacione ku është menduar se ekziston rrezik më i lartë i ekspozimit janë përdorur si metodë e vetme e matjeve (Figura 3.2.3.4). Pas ekspozimit prej 3 muaj deri në një vit detektorët janë kthyer prapa tek prodhuesi për lexim dhe llogaritje të vlerës së përqendrimit. TD janë të ndërtuar nga kristalet inorganike, të qelqit ose plastike.



Figura 3.2.3.4 Detektorët e ngurtë të gjurmëve të përdorur gjatë matjeve pasive afatgjata.

Kur grimcat e rënda jonizuese të ngarkuara kalojnë nëpërmes TD lënë disa gjurmë të quajtura ‘‘gjurmë latente’’ të cilat mund të shihen vetëm me mikroskop elektronik⁽³⁸⁾.

‘‘Gjurmët latente’’ mund të bëhen të dukshme edhe për mikroskop optik nëse ato më parë zhvillohen (me anë të brejtjeve) me tretje acidike si hidroksid sodiumi ose acidi

flourhidrik. Pas ekspozimit për periudhë të gjatë detektorët e ngurtë i nënshtrohen proceseve kimike në një shkallë analitike 2.5 N të tretësirës së hidroksidit të natriumit në temperaturën 60 ± 0.5 °C për kohën 145 min. në një temperaturë konstante të dhomës. Pas bretjes me anë të tretjeve acidike detektorët lahen për 30 min. me ujë të ftohtë që rrjedh, pastaj me ujë të distiluar të shoqëruar me një solucion 50 % të ujë/alkool dhe përfundimisht duke i terur në ajër. Gjurmët mund të numërohen edhe manualisht me anë të teknikave të zmadhimit. Kalibrimi i detektorëve të gurtë bëhet me anë të ekspozimit të një numri prej tri dhomave jonizuese në një dhomë të radonit që ruhet nga Laboratori shtetëror i teknologjisë nukleare. Secili detektor ka faktorin e vet të kalibrimit se bashku me faktorët e gabimeve të cilët futen në llogaritje me rastin e leximit të tyre⁽⁷⁰⁾.

4 Rezultatet

4.1 Ekspozimi ndaj radonit në vendbanimet e rajonit të Prishtinës

Rajoni i Prishtinës është më i madhi dhe më i populluari në Kosovë. Kjo pjesë e Kosovës shtrihet në pjesën veri-lindore të vendit afër maleve të Gollakut. Gjithashtu ka një pamje të mirë nga malet e Sharrit të cilat shtrihen disa kilometra larg në jug të Kosovës. Rajoni i Prishtinës përgjithësisht ka klimë mesdhetare, me ndikime kontinentale. Klima karakterizohet me verë të nxehtë dhe dimër relativisht të ftohtë dhe me borë. Temperatura mesatare vjetore është rreth 10°C , temperaturat maksimale në verë arrijnë deri në 39°C dhe në dimër deri në -27°C ⁽¹⁰⁵⁾. Zgjedhja e lokacioneve në këtë rajon është bërë me qëllim të vlerësimit të ndikimit që mund të kenë miniera e hapur dhe termocentralet me djegje të linjtit në përqendrimet e radonit brenda objekteve. Këto termocentrale ndodhen në afërsi të vendbanimeve të Obiliqit, shumë afër Fushë Kosovës dhe tre kilometër nga Prishtina. Kosova ka rezervat më të mëdha të qymyrit në Evropën jug-lindore; si rrjedhim, ky lloj i energjisë, qymyri (në formë të linjtit) është dhe do të jetë burimi kryesor i prodhimit të energjisë elektrike në vend. Gjithashtu, sektori i energjisë në Kosovë mbetet një nga sektorët më të rëndësishëm edhe të ekonomisë në vend. Por në anën tjetër nga djegja e linjtit ka pasoja të mëdha në aspektin e ndotjes së mjedisit. Përdorimi i linjtit, kryesisht i përdorur për prodhimin e energjisë elektrike, gjeneron një sasi të madhe të mbetjeve si hiri fluturues dhe mbetjet e hirit që rrjedhin nga djegja e qymyrit. Sasia totale e hirit llogaritet të jetë rreth 55 milion tonë sipas Agjensisë së Kosovës për Mbrojtjen e Mjedisit⁽¹⁰⁶⁾. Dihet se qymyri përmban elemente toksike dhe radioaktive nganjëherë në sasi më të larta se sa shkëmbinj të. Gjatë djegjes një sasi e madhe e elementeve toksike dhe radioaktive përhapen në mjedis në formë të hirit fluturues përderisa një pjesë e madhe mbetet si mbetje hiri. Vlerësimi i ekspozimit të popullatës nga rrezatimi nga hiri fluturues dhe mbetjet e hirit në afërsi të termocentraleve me djegje të qymyrit varet në përmbajtjen e elementeve radioaktive në mjedis dhe hi si dhe mënyrat e shpërndarjes në mjedis⁽¹⁰⁷⁻¹⁰⁹⁾.

Qymyri përgjithësisht përmban sasi të elementeve radioaktive në kufijtë përkatës të përqendrimeve të aktivitetit prej $30\text{-}100\text{ Bq kg}^{-1}$, $10\text{-}600\text{ Bq kg}^{-1}$ dhe $10\text{-}200\text{ Bq kg}^{-1}$, respektivisht, për ^{40}K , ^{238}U dhe ^{232}Th ⁽¹¹⁰⁾. Nganjëherë, disa lloje të qymyrit përmbajnë sasi të konsiderueshme të ^{226}Ra , i cili për linjtin nuk është domosdoshmërisht në ekuilibër⁽¹¹¹⁾. Megjithatë, kur qymyri digjet në termocentralet për djegje të qymyrit, mbetet të tilla si llumi i qymyrit dhe hiri fluturues mund të bëhen më të pasur në përmbajtje të elementeve radioaktive natyrore se sa qymyri i padjegur. Përqendrimet e ^{226}Ra , ^{232}Th dhe ^{40}K në mbetjet e qymyrit janë gjetur të jenë 139 Bq kg^{-1} , 108 Bq kg^{-1} dhe 291 Bq kg^{-1} respektivisht, për ^{40}K , ^{238}U dhe ^{232}Th ⁽¹⁰⁹⁾. Nga disa studime në termocentralet me djegje të linjtit në Kosovë aktiviteti i përqendrimeve të radionukleideve në qymyr, hi dhe mbetje të hirit është gjetur të jetë më i ulët krahasuar me nivelet e studimeve në vendet e tjera. Përqendrimet mesatare të aktivitetit të ^{40}K , ^{226}Ra , and ^{232}Th në linjit kanë qenë, $36 \pm 8\text{ Bq kg}^{-1}$, $9 \pm 1\text{ Bq kg}^{-1}$ respektivisht $9 \pm 3\text{ Bq kg}^{-1}$. Hiri fluturues dhe mbetjet e hirit kanë treguar përqendrimet më të larta të aktivitetit të ^{40}K , ^{226}Ra , dhe ^{232}Th në krahasim me linjtin: në hirin fluturues, përqendrimet përkatëse ishin $133 \pm 16\text{ Bq kg}^{-1}$, $30 \pm 3\text{ Bq kg}^{-1}$ dhe $30 \pm 3\text{ Bq kg}^{-1}$; përderisa në mbetjet e hirit, përqendrimet përkatëse ishin $195 \pm 13\text{ Bq kg}^{-1}$, $28 \pm 3\text{ Bq kg}^{-1}$ dhe $34 \pm 2\text{ Bq kg}^{-1}$ ⁽¹¹²⁻¹¹³⁾.

Nga arsyet e tjera të hulumtimit të niveleve të radonit në këtë rajon është edhe vlerësimi i ndikimit të faktorëve tjerë si vjetërsia e objekteve, lloji i materialit ndërtimor, sezona e matjeve si dhe ventilimi i objekteve në përqendrimin e radonit brenda tyre.

4.1.1 Gjeologjia e zonës së hulumtuar

Nga pikëpamja gjeologjike Kosova shtrihet në një zonë shumë interesante. Teritori i Kosovës karakterizohet nga një shumëllojshmëri e formacioneve gjeologjike. Në mesin e këtyre formacioneve ka shkëmbinj duke filluar nga Proterozoiket e vjetër kristalin të moshës së Kuaternarit, i përbërë nga lloje sedimentare dhe magmatike së bashku me gurë dhe jo shumë të shpeshtë metamorfikë.

Gjeologjia e zonës së studimit, e cila karakterizohet nga metalet

e pasura me minerale me përmbajtje të lartë të metaleve të rënda si Cr, Mn, Co, Zn (përqendrimet në hi shtriheshin për Mo, (Pb), Th, U, (Zn) dhe Br në mes të 0.1 dhe 10 mg/kg, për As, Co, Cr, Cu, (Ni), Pb, V dhe Zn në mes të 10 and 100 mg/kg, për Ba, (Cr), Ni, Sr dhe Cl në mes të 100 dhe 1000 mg/kg dhe për F si edhe për Mn në mes të 1000 dhe 10000 mg/kg), është në zonat e kontaktit në mes të harzburgiteve (shkëmb vullkanik ultra-mafik), serpentiniteve (shkëmb metamorfik) dhe gëlqerorëve⁽¹⁰⁵⁾.

4.1.2 Procedurat e matjeve

Matjet në këto lokacione kryesisht janë kryer me anë të metodave afatgjata, me anë të ekspozimit të detektorëve të ngurtë të tipit CR-39 (Radosys, Hungary) në 51 vendbanime të cilat shtrihen në afërsi të dy termocentraleve me djegje të lënjitit të njohura si Kosova A dhe Kosova B.

Të dhënat gjeologjike janë marrë për secilin lokacion dhe po ashtu janë shënuar edhe të dhënat e objekteve sa i përket vjetërsisë së tyre, llojit të materialit ndërtimor, llojit të ventilimit duke mos harruar çdo herë kohën dhe sezonin e matjeve.

Në rastin e ekspozimit të detektorëve të ngurtë në shumicën e lokacioneve detektorët janë vendosur në katin përdhësë e në rastet kur objekti ka pasur bodrum detektorët janë vendosur në bodrume. Ata janë fiksuar dikund në lartësinë 1-1.5 m mbi dysheme dhe më shumë se 0.5 m larg nga muret dhe ndonjë objekt tjetër. Shumica e objekteve të përfshira në hulumtim janë objekte të reja të ndërtuara ndërmjet viteve 2000 dhe 2010, të pasuara nga ato të ndërtuara ndërmjet viteve 1970 dhe 2000. Në shumicën e objekteve ventilimi i tyre ka qenë natyral duke hapur dritaret. Materiali ndërtimor i përdorur në konstruktimin e objekteve në numrin më të madh të objekteve ka qenë tulla të kuqe (prej argjile), tulla balte, tulla betoni dhe në raste të rralla tulla të thara në diell apo tulla qerpiçi. Në përgjithësi në Kosovë në ndërtimin e objekteve si material ndërtimor përdoren tullat e kuqe (prej argjire) dhe tullat e betonit (prej çimentoje).

Tullat prej argjile janë materiale shumë të përdorshme në konstruktimin e objekteve në Kosovë në vitet e fundit⁽¹¹⁴⁾. Për arsye të sigurisë nga rrezatimi, duke vlerësuar përqendrimet natyrale të prezencës së radioaktivitetit në materiale si në rastin e argjilës është esenciale të llogaritet ekspozimi si profesional ashtu edhe i popullatës në procesin e përpunimit teknologjik dhe të përdorimit të tyre^(115,116). Nga disa studime në Botë përqendrimet e aktivitetit (mesatarja+devijimi standard) i përqendrimit

natyral të prezencës së radioaktivitetit në materiale të ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{228}Ra dhe ^{40}K , mostrat e argjilës, ishin 49 ± 20 , 47 ± 23 , 34 ± 11 , 40 ± 20 përkatësisht, $751 \text{ Bq kg}^{-1(117)}$.

Këto matje janë kryer në sezona të ndryshëm në periudhën 2012-2015 në kohëzgjatje prej tre deri në 6 muaj dhe kryesisht në muaj të sezonit dimëror.

Detektorët e ngurtë të llojit NRPB and NRPB SSI (CR-39, figura 4.1.2.1) janë siguruar dhe zhvilluar nga Instituti për Radiokimi dhe Radioekologji në Vezprem të Hungarisë. Të dy llojet e detektorëve NRPB të përdorur për matjet afatgjata të përqendrimit të radonit përmbajnë një kamerë difuzive (plastikë elektriksht jo përçuese dhe elektriksht përçuese). Detektorët CR-39 janë brejtur kimikisht për 3 orë në tretjen e 6.25 M të trtësirës së NaOH në temperaturë 90°C . Gjurmët janë shikuar duke përdorur sistemin analitik për vëzhgim Virginia 99. Detektorët CR-39 janë kalibruar në një kamerë hermetike të radonit (një EV 03209, të prodhuar dhe kalibruar nga instrumentet Genitron GmbH), duke përdorur një burim standard të kalibrimit PYLON RN 2000A⁽¹¹⁸⁾.



Figura 4.1.2.1 Detektorët NRPB dhe NRPB SSI (CR-39) të përdorur gjatë matjeve të përqendrimit të radonit.

4.1.3 Analiza statistikore e rezultateve

Tabela 4.1.3.1 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit.

Nr.	$C_{\text{Rn}} (\text{Bq m}^{-3})$	% e shtëpive	Numri i shtëpive
1	40–60	33	17
2	60–80	14	7
3	80–100	16	8
4	100–120	12	6
5	120–140	2	1
6	140–160	4	2

7	160–180	4	2
8	180–200	0	0
9	200–220	0	0
10	220–240	4	2
11	240–260	6	3
12	260–280	0	0
13	280–300	4	2
14	300–320	0	0
15	320–340	2	1

Tabela 4.1.3.1 paraqet rangun e përqendrimit të radonit së bashku me numrin përkatës të shtëpive dhe përqindjen e shtëpive që shtrihen në atë rang. Nga tabela 4.1.3.1 shihet se numri më i madh i shtëpive ndodhen në rangun më të ulët prej 40-60 Bq m⁻³, i pasuar nga rangjet pas tij 60-80 Bq m⁻³, 80-100 Bq m⁻³, dhe 100 – 120 Bq m⁻³. Rangu pasues i cili ka numrin më të madh të lokacioneve është ai 240-260 Bq m⁻³ ndërsa rangjet tjera kanë pothuajse numrin e njëjtë të lokacioneve të përfshira në atë rang. Katër nga rangjet që shihen nga tabela 4.1.3.1 kanë numrin e lokacioneve të përfshira në rang të barbartë me zero.

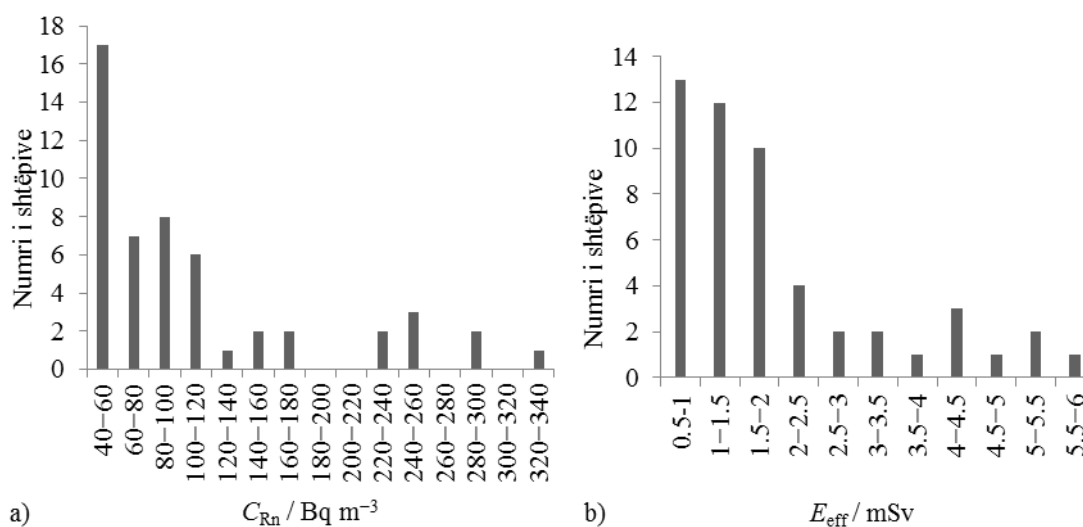


Figura 4.1.3.1 a) Shpërndarja e përqendrimeve të aktivitetit të ²²²Rn (C_{Rn}) në vendbanimet e rajonit të Prishtinës, b) shpërndarja e dozave efektive vjetore (E_{eff}) në vendbanimet e rajonit të Prishtinës.

Shpërndarja e aktiviteteve të përqendrimeve është paraqitur edhe në figurën 4.1.3.1 (a dhe b) së bashku me dozat efektive përkatëse për secilin rang. Për të llogaritur dozat efektive për banorët e këtyre shtëpive, E_{eff} (mSv y⁻¹), të shkaktuara nga ekspozimi ndaj radonit brenda këtyre lokacioneve, është përdorur formula e mëposhtme (sipas metodologjisë ICRP 65)⁽¹⁵⁾:

$$E_{\text{eff}} = C_{\text{Rn}} \times \frac{F}{3700} \times \frac{t}{170} \times f_{\text{DC}}$$

Ku C_{Rn} është përqendrimi i aktivitetit të radonit, F është faktori i ekuilibrit ndërmjet radonit dhe produkteve të tij jetëshkurtër të zbërthimit për të cilin merret vlera 0.40 dhe, f_{DC} është faktori i konvertimit të dozës me një vlerë prej 5 mSv WLM⁻¹ për vendbanime; vlerat në emërues prej 3700 dhe 170 janë të domosdoshme për të shprehur ekspozimin ndaj radonit në WLM (një njësi e vjetër por shumë praktike dhe akoma e përdorshme), dhe $t = 7000$ h është marrur koha e qëndrimit brenda përgjatë një viti. Për shkak se ekspozimi i detektorëve nuk është bërë për një vit të plotë në këto lokacione por, për periudhën prej tre muaj e më shumë në sezonin dimëror dhe, mungojnë shumica e të dhënave për shprehitë e banimit të këtyre banorëve sipas propozimit të Bordit Kombëtar për Mbrojtje Radiologjike⁽¹⁰⁴⁾ të Mbretërisë së Bashkuar është e domosdoshme përdorimi i një faktori prej 0.8 gjatë llogaritjeve së dozave efektive. Në tabelën 4.1.3.2 janë dhënë vlerat e përqendrimeve të radonit për secilin shtëpi. Përqendrimet e radonit për këto shëpi shtrihen në kufijtë ndërmjet 41 dhe 327 Bq m⁻³ me një vlerë mesatare prej 111 Bq m⁻³.

Nga tabela 4.1.3.2 rreth 82 % e shtëpive kanë përqendrimet e aktivitetit të radonit <200 Bq m⁻³, verë kjo e adoptuar si limit për ndërtimet e reja sipas ICRP 65⁽¹⁵⁾. Vlera mesatare e llogaritur për këto shtëpi prej 111 Bq m⁻³ është më e madhe se mesatarja në Bullgari⁽¹⁹⁻²⁰⁾ prej 90 Bq m⁻³ dhe po ashtu më e madhe se ajo në Slloveni⁽²¹⁾ prej 54 Bq m⁻³. Krahasuar me vendet e rajonit përqendrimet e radonit në rastin tonë janë më të larta se 126 shëpi banimi në bregdetin e Malit të Zi me një vlerë maksimale prej 175 Bq m⁻³⁽²²⁾ dhe me 167 shëpi në Beograd të Serbisë⁽²⁴⁾ me një vlerë maksimale prej 218 Bq m⁻³. Ato janë gjithashtu më të larta krahasuar me vlerat e 94 shtëpive të kryeqytetit të Malit të Zi, Podgoricë ku vlera prej 200 Bq m⁻³ është kaluar vetëm në një rast në sezonin dimëror⁽²³⁾. Në anën tjetër këto vlera janë më të ulëta krahasuar me ato të 437 shtëpive të Maqedonisë⁽¹⁶⁾ ku në sezonin dimëror vlera 400 Bq m⁻³ është kaluar në 29 objekte. Gjithashtu këto vlera nuk mund të krahasohen me ato të vendbanimeve të Serbisë jugore në Banjë të Nishit ku vlerat në disa shtëpi kanë arritur nivelin e kBq m⁻³⁽²⁵⁻²⁶⁾.

Krahasuar me hulumtimet e mëhershme në Kosovë vlerat janë më të uëta se ato të kryera në mes të viteve 1983 dhe 1989 në një studim në 89 vendbanime, duke fituar përqendrimet në kufijtë 20-450 Bq m⁻³, sepse këto matje ishin kryer në disa shtëpi të ndërtuara prej guri lokal në zonën e depozitave të uranimit⁽²⁷⁾ duke kaluar edhe vlerat 1000 Bq m⁻³ në disa prej tyre. Vlerat janë më të larta krahasuar me vendbanimet e popullatës së Sharrit ku

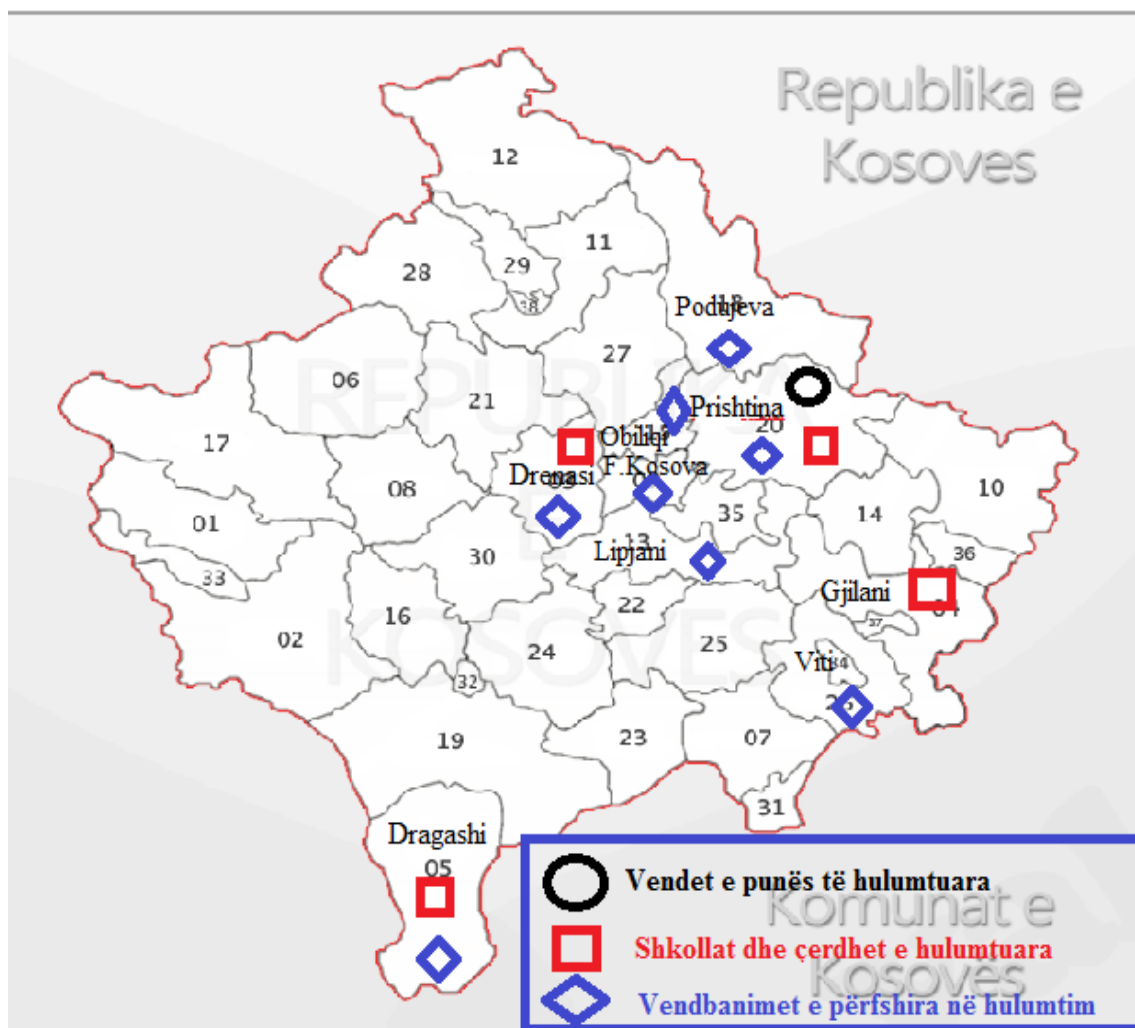
përqendrimi ishte $<200 \text{ Bq m}^{-3}$ përveç në një shtëpi⁽²⁸⁾. Por këto rezultate janë gjithashtu më të ulëta krahasuar me vlerat e përqendrimit të radonit në vendbanimet e fshatrave Planej dhe Gorozhup ku në disa nga vendbanimet është kaluar vlera $400 \text{ Bq m}^{-3(18)}$.

Tabela 4.1.3.2 Varësia e përqendrimit të radonit nga lloji i materilait ndërtimor dhe viti i ndërtimit të objektit.

Kodi i lokacionit	Vjetërsia e objektit	Lloji i materialit ndërtimor	Bazamenti (mbi dhe)	C_{Rn} (Bq m^{-3})
B443	2013	Tulla të kuqe	Beton+laminat	96
B444	2013	Tulla të kuqe	Beton+laminat	87
B442	2014	Tulla të kuqe	Beton+pllaka	96
B463	2012	Tulla të kuqe	Beton+laminat	70
B461	2012	Tulla të kuqe	Beton+laminat	48
B486	2010	Tulla të kuqe	Beton+laminat	115
B487	2010	Tulla të kuqe	Beton+laminat	80
B462	2011	Tulla të kuqe	Beton+laminat	46
B485	2011	Tulla të kuqe	Beton+laminat	71
B456	2004	Tulla të kuqe	Beton+pllaka	60
B455	2004	Tulla të kuqe	Beton+laminat	71
B457	2013	Tulla të kuqe	Beton+laminat	81
B448	2013	Tulla të kuqe	Beton+laminat	92
B446	1984	Tulla të kuqe	Beton+parket	110
B447	1984	Tulla të kuqe	Beton+laminat	135
B492	1968	Tulla betoni	Beton+parket	50
B493	1970	Tulla betoni	Beton+parket	253
B491	1970	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	159
A477	1972	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	287
A475	1969	Tulla betoni	Beton+parket	241
A476	1970	Tulla betoni	Beton+parket	222
E088	1971	Qerpiq	Beton+laminat	109
E106	1971	Qerpiq	Beton+laminat	177
E111	1972	Qerpiq	Beton+dërrasa	282
E082	2003	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	247
E094	1997	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	95
E117	1971	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	327
E078	1971	Tulla të kuqe	Beton+laminat	42
E099	1971	Tulla të kuqe	Beton+laminat	54

E077	1974	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	58
E067	1974	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	48
E123	1971	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	58
E114	2007	Tulla silkapor	Pllaka	49
E071	1979	Tulla të kuqe	Beton+laminat	52
E112	1989	Tulla betoni	Beton	229
E074	2010	Tulla të kuqe	Beton+laminat	112
E069	2010	Tulla të kuqe	Beton+laminat	114
E070	1960	Material dheu	Dhe (pa dritare)	48
E100	2011	Tulla të kuqe	Beton+laminat	119
E059	2009	Material i fortë	Beton+laminat	41
E083	2009	Material i fortë	Beton	176
E089	2009	Material i fortë	Beton+laminat	50
E085	2004	Material i fortë	Beton+laminat	88
E090	2004	Material i fortë	Beton+laminat	83
E084	2004	Material i fortë	Beton+laminat	74
E091	2005	Tulla të kuqe	Beton+laminat	68
E097	2005	Tulla të kuqe	Beton+laminat	59
E098	2004	Tulla betoni	Beton+parket	52
E081	2004	Tulla betoni	Beton+dërrasa	144
E070	1997	Tulla të kuqe	Beton+dërrasa	54
E104	2003	Tulla të kuqe	Beton+Laminat	92

Në tabelën 4.1.3.2 në mënyrë më të detajuar janë dhënë parametrat e konstruktimit të objekteve dhe vlerat e përqendrimit të radonit brenda këtyre objekteve. Në kolonën e parë është dhënë kodi i detektorit të vendosur në objektin përkatës. Në kolonën e dytë tregohet viti se kur është ndërtuar objekti. Kolona e tretë dhe e katërtë tregojnë llojin e materialit ndërtimor të përdorur në konstruktimin e objektit respektivisht menyra se si është i izoluar bazamenti. Në kolonën e fundit jepen vlerat përkatëse të përqendrimit të radonit në këto lokacione.



4.1.3.2 Harta e zonave të hulumtuara.

Është e vështirë të gjendet ndonjë korelacion direkt ndërmjet përqendrimit të radonit dhe parametrave të paraqitur në tabelën 4.1.3.2. Megjithatë, ka shumë studime të veçanta të cilët me metoda të ndryshme paraqesin ndikimin e këtyre parametrave në nivelet e radonit brenda objekteve. Disa nga këto metoda bazohen në analizat gamaspektrometrike të mostrave të materialeve ndërtimore të përdorura në konstruktimin e objekteve të caktuara dhe shkallën e radioizotopeve që ato përmbajnë në zingjirin e të cilëve ndodhen paraardhësit e radonit dhe produktet e tij të zbërthimit. Gjithashtu ekzistojnë shumë hulumtime të cilat tregojnë shkallën e emanacionit të radonit nga materialet ndërtimore të përdorura në konstruktimin e objekteve. Në hulumtimet tona nuk është arritur të kryhen analiza të tilla por në mënyrë indirekte është provuar të bëhet vlerësimi i kësaj varshmërie.

Nga tabela 4.1.3.2 shihet se numri më i madh i objekteve janë të ndërtuara nga tullat e kuqe (prej argjile). Në objekte të tilla vetëm në pak raste nivelet e radonit kanë qenë të

larta dhe vetëm në një rast është kaluar limiti për këto objekte. Materiali i dytë më së shumti i përdorur në konstruktimin e këtyre objekteve është ai i tullave të betonit. Këto objekte të gjitha kanë qenë objekte që konsiderohen të vjetra dhe duke pasur parasysh se për këto objekte limiti i përqendrimit të radonit është më i lartë përsëri ky limit nuk është kaluar në asnjërin prej objekteve.

Në materialet e njohura si qerpiq e që është një lloj i materialit të dheut të tharë vlerat e përqendrimit të radonit kanë qenë më të larta.

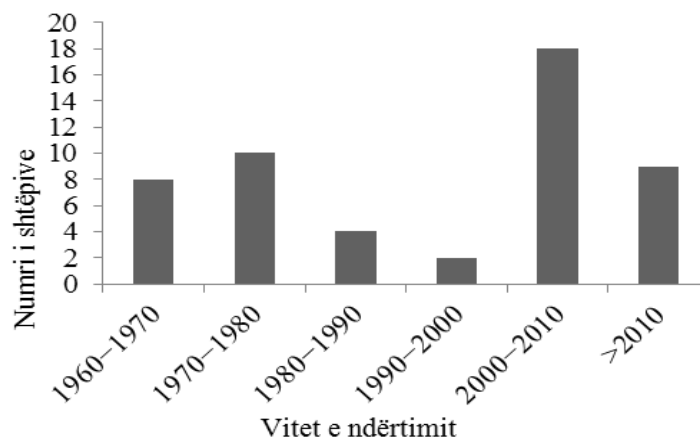


Figura 4.1.3.3 Shpërndarja e vendbanimeve sipas vjetërsisë së objekteve.

Duke pasur parasysh se këto objekte janë objekte të vjetra mund të konsiderohet se nivelet e larta të radonit mund të jenë shkaktuar edhe nga faktorë të tjerë përveç llojit të materialit ndërtimor. Në një nga shtëpitë e cila është e ndërtuar nga materiali i dheut dhe në bazamentin e saj ka pasur vetëm dhe, niveli i radonit ka qenë i ulët sepse kjo shtëpi ka qenë e pabanueshme dhe nuk ka pasur fare dritare dhe është marrë në studim vetëm për krahasim.

Bazamenti në të shumtën e rasteve ka qenë me beton-laminat apo beton-dërrasa i cili mund të jep një izolim të mirë dhe mund të ketë numër më të vogël të çarjeve dhe vrimave të cilat çojnë në nivele më të larta të radonit brenda objekteve. Nga tabela 4.1.3.2 shihet një korelacion i mirë ndërmjet viteve të ndërtimit dhe përqendrimeve të radonit. Në shumë pak raste objektet e reja kanë treguar nivele të larta të radonit ndërsa vlerat më të larta të gjetura u përkasin objekteve të vjetra për arsyet që i kemi përmendur më herët gjatë punimit.

Në tabelën 4.1.3.4 gjithashtu janë dhënë edhe vlerat e llogaritura për dozat efektive vjetore përkatëse për secilën shtëpi. Ato sillen prej 0.74 deri në 5.83 mSv y^{-1} me një vlerë mesatare prej 1.98 mSv y^{-1} .

Gjithashtu nga figurën 4.1.3.1b mund të shihen kufijtë e shtrirjes së dozave efektive vjetore në disa rangje. Numri më i madh i vendbanimeve shtrihen në rangun e vlerave efektive ndërmjet $0,5-1 \text{ mSv y}^{-1}$ i pasuar nga rangjet $1-1,5 \text{ mSv y}^{-1}$ dhe $1,5-2 \text{ mSv y}^{-1}$. Rangu i dozave efektive vjetore ndërmjet $2-2,5 \text{ mSv y}^{-1}$ dhe $4-4,5 \text{ mSv y}^{-1}$ kanë përafërsisht numër të njëjtë të vendbanimeve brenda tyre e po ashtu edhe rangjet $2,5-3 \text{ mSv y}^{-1}$, $3-3,5 \text{ mSv y}^{-1}$ dhe $5-5,5 \text{ mSv y}^{-1}$. Edhe rangjet $3,5-4 \text{ mSv y}^{-1}$ dhe $4,5-5 \text{ mSv y}^{-1}$ kanë numër të njëjtë të vendbanimeve të përfshira në to. Po ashtu edhe rangun më i lartë $5,5-6 \text{ mSv y}^{-1}$ është pothuajse me numër të njëjtë të vendbanimeve brenda këtij rangi me rangjet $3,5-4 \text{ mSv y}^{-1}$ dhe $4,5-5 \text{ mSv y}^{-1}$.

Parametrat statistikë	C_{Rn} (Bq m^{-3})	E_{eff} (mSv y^{-1})
AM ^a	111	1.98
ASD ^b	74	1.30
Min. ^c	41	0.70
Max. ^d	327	5.80
GM ^e	92	1.60
GSD ^f	1.8	1.8

^amesatarja aritmetike, ^bdevijimi standard aritmetik, ^cvlera minimale, ^dvlera maksimale, ^emesatarja gjeometrike dhe ^fdevijimi standard gjeometrik.

Mesatarje aritmetike vjetore nga llogaritjet e dozave efektive vjetore ka dal të jetë $1,98 \text{ mSv y}^{-1}$ siç shihet nga tabela 4.1.3.3. Kjo mesatare është më e lartë se mesatarja vjetore botërore (1.15 mSv y^{-1})⁽⁴⁾.

Nga tabela 4.1.3.3 për analizë statistikore të të dhënave shihet se vlera maksimale e përqendrimit të radonit ishte 327 Bq m^{-3} dhe 5.83 mSv y^{-1} për dozë efektive ndërsa vlera minimale 41 Bq m^{-3} respektivisht 0.74 mSv y^{-1} për dozat efektive. Limiti shtetëror i adoptuar për ndërtesat e reja prej 200 Bq m^{-3} është kaluar në 11 nga shtëpitë e përfshira në hulumtim ndërsa ai 400 Bq m^{-3} për ndërtesat e vjetra nuk është kaluar në asnjë nga rastet. Gjithashtu nga analiza statistikore shihet se mesatarja aritmetike për nivelin e përqendrimit të radonit ka dal të jetë 111 Bq m^{-3} ndërsa 1.98 mSv y^{-1} për dozat efektive vjetore. Po ashtu nga tabela 4.1.3.3 shohim se vlera për devijimin standard aritmetik është 74.3 Bq m^{-3} respektivisht 1.32 mSv y^{-1} për dozat efektive. Po ashtu edhe mesatarja gjeometrike ka dal të jetë 92.8 Bq m^{-3} dhe 1.65 mSv y^{-1} dhe devijimi standard gjeometrik 1.8 Bq m^{-3} (mSv y^{-1}). Devijimi standard aritmetik prej $\pm 74 \text{ Bq m}^{-3}$ krahasuar me vlerën mesatare prej 111 Bq m^{-3} tregon se duke marrë parasysh parametrat që çojnë në gabimet gjatë matjeve të aktivitetit të përqendrimit të radonit gjasat më të mëdha janë që në vlerat më të larta kjo vlerë duhet zbritur nga vlera e fituara për dallim nga vlerat më të ulëta kur ndoshta duhet të shtohet kjo vlerë.

Figura 4.1.3.3 po ashtu tregon shpërndarjen e numrit të vendbanimeve nga vjetërsia e objekteve. Nga shpërndarja shihet se gati gjysma e vendbanimeve janë të ndërtuara ndërmjet viteve 2000 dhe 2010. Për shak se këto llogariten shtëpi të reja dhe në të shumtën e rasteve kanë ventilim të mirë dhe izolim të mirë të bazamentit të tyre kjo mund të jenë edhe si një nga arsytet e vlerave jo të larta të përqendrimit të radonit. Këto të dhëna në mënyrë më të detajuar shihen nga tabela 4.1.3.2 ku janë paraqitur veç e veç për secilën shtëpi viti i konstruktimit se bashku me të dhënat rreth parametrave tjerë.

Vlerat më të larta të përqendrimeve të ^{222}Rn janë gjetur në objektet më të vjetra (të ndërtuara para vitit 1980) ndërsa vlerat më të ulëta të aktivitetit të përqendrimeve të ^{222}Rn janë gjetur në shtëpitë më të reja (të ndërtuara pas vitit 2001).

Tabela 4..1.3.4 Përqendrimet e aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozat efektive vjetore (E_{eff}).

Lokacioni	Dhoma	C_{Rn} (Bq m^{-3})	E_{eff} (mSv y^{-1})
1	Dhomë dite	241	4.29
2	Dhomë gjumi	222	3.95
3	Dhomë dite	287	5.11
4	Dhomë dite	96	1.70
5	Dhomë dite	96	1.72
6	Dhomë gjumi	87	1.55
7	Dhomë gjumi	110	1.96
8	Dhomë dite	135	2.40
9	Dhomë gjumi	92	1.64
10	Dhomë dite	71	1.26
11	Dhomë dite	60	1.06
12	Dhomë dite	81	1.44
13	Dhomë gjumi	48	0.86
14	Dhomë gjumi	46	0.81
15	Dhomë dite	70	1.24
16	Dhomë gjumi	71	1.26
17	Dhomë dite	115	2.05
18	Dhomë gjumi	80	1.43
19	Dhomë gjumi	159	2.84
20	Dhomë gjumi	50	0.89
21	Dhomë dite	253	4.51

22	Dhomë dite	58	1.03
23	Dhomë gjumi	247	4.40
24	Dhomë dite	177	3.15
25	Dhomë gjumi	282	5.03
26	Dhomë gjumi	327	5.83
27	Dhomë dite	58	1.04
28	Dhomë dite	48	0.86
29	Dhomë dite	42	0.76
30	Dhomë dite	54	0.96
31	Dhomë gjumi	109	1.94
32	Dhomë gjumi	95	1.69
33	Dhomë dite	229	4.08
34	Dhomë dite	49	0.87
35	Dhomë dite	114	2.03
36	Dhomë dite	48	0.86
37	Dhomë dite	52	0.92
38	Dhomë dite	112	2.00
39	Dhomë dite	119	2.12
40	Dhomë dite	41	0.74
41	Dhomë dite	144	2.57
42	Dhomë dite	74	1.32
43	Dhomë dite	88	1.57
44	Dhomë dite	50	0.89
45	Dhomë dite	83	1.47
46	Dhomë dite	68	1.21
47	Dhomë gjumi	59	1.06
48	Dhomë gjumi	176	3.13
49	Dhomë dite	52	0.93
50	Dhomë dite	92	1.64
51	Dhomë dite	54	0.96

Nga varshmëria prej materialit ndërtimor vlera më e lartë e nivelit të radonit brenda këtyre objekteve është gjetur në objektin e ndërtuar nga tullat e kuqe (prej argjile). Kjo mund të shpjegohet me faktin se këto tulla mund të kenë përmbajtje më të lartë të radionukleideve natyrore si ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra and ^{40}K . Vlera më e lartë mesatare e përqendrimit të radonit është gjetur në shtëpitë të cilat janë të konstruktura nga tullat e

betonit. Vlerat më të ulëta të aktivitetit të përqendrimeve të radonit brenda objekteve të shqyrtuara është gjetur në objektet ndërtuara nga tullat prej qerpiçi. Në tabelën 4.1.3.4 krahas përqendrimeve të aktivitetit të radonit dhe dozave efektive përkatëse është dhënë edhe lloji i lokacionit dhe dhomave të matjeve.

Në të shumtë e rasteve ventilimi i objekteve ka qenë natyral me anë të hapjes së dritareve. Të gjitha objektet të cilat janë përfshirë në hulumtime kanë karakteristika të ndryshme si në strukturën e tyre, strukturën e Tokës ku është ndërtuar objekti, lloji i materialit ndërtimor me të cilin është ndërtuar objekti i caktuar, parametrat klimatikë të vendit ku janë kryer matjet, lokacionet ku janë kryer matjet, vjetërsia e objektit, etj. Të gjithë këta parametra të përmendur më sipër kanë një rol shumë të rëndësishëm në përqëndrimin e radonit brenda objekteve të mbyllura. Në llogaritjet tona është provuar të bëhet lidhja ndërmjet këtyre parametrave të përmendur më lartë, rezultatet e të cilave do të jepen në pjesën e diskutimeve.

4.1.4 Radoni në vendbanime për kohëzgjatje më shumë se 6 muaj

Në disa zona të rajonit të Prishtinës si në atë të Podujevës dhe të Drenasit matjet afatgjata janë kryer në periudhë kohore më të gjatë në kohëzgjatje deri në 6 muaj dhe më të madhe për të marrë një mesatare vjetore më të saktë dhe për të krahasuar me zonat tjera me ekspozim të DN me kohëzgjatje deri në 3 muaj. Në tabelën 4.1.4.1 janë dhënë vlerat e përqendrimit të radonit për secilin lokacion. Matjet janë kryer në një dhomë të secilës shtëpi që kryesisht ka qenë dhoma e qëndrimit ditor ku zakonisht shpenzohet kohë më e gjatë e qëndrimit. Sezoni i matjeve ka qenë nga Maji deri në Janar. Duke pasur parasysh se sezoni i matjeve ka qenë një pjesë dimëror dhe një pjesë veror vlerat mesatare të përqendrimit të radonit shihen të jenë më të ulëta se ato në pjesët tjera ku matjet janë kryer vetëm në sezon dimëror dhe ku priten vlera më të larta. Vlera mesatare prej $109,4 \text{ Bq m}^{-3}$ për këto lokacione krahasuar me atë të lokacioneve tjera të këtij rajoni prej 111 Bq m^{-3} është shumë e afërt për faktin se në rastin e fundit numri i lokacioneve është më i vogël në krahasim me rastin e parë. Megjithatë, në këto lokacione vlera e përqendrimeve vetëm në dy raste kalon limitin prej 200 Bq m^{-3} (i adoptuar sipas ICRP 65 si limit shtetëror për ndërtesatë reja). Rreth gjysma e vlerave të përqendrimeve janë nën 100 Bq m^{-3} , gjysma tjetër të gjitha kanë nivelin e radonit mbi 100 Bq m^{-3} me dy nga vlerat që kalojnë 200 Bq m^{-3} . Vlerat e përqendrimeve sillen nga 44 Bq m^{-3} deri në 266 Bq m^{-3} . Shpërndarja e përqendrimeve të radonit sipas vendbanimeve është dhënë edhe në figurën 4.1.4.1 ku për secilën shtëpi shihet niveli përkatës i përqendrimit të radonit.

Nga tabela 4.1.4.1 dhe figura 4.1.4.1 për vlerat dhe shpërndarjen e përqendrimeve të radonit për secilën shtëpi shihet se përqendrimet e radonit për këto shëpi shtrihen në kufijtë ndërmjet 44 dhe 266 Bq m^{-3} me një vlerë mesatare prej $109,4 \text{ Bq m}^{-3}$.

Nga tabela 4.1.4.1 shihet se përveç dy nga shtëpitë të gjitha të tjerat kanë përqendrimet e aktivitetit të radonit $<200 \text{ Bq m}^{-3}$, vlerë kjo e adoptuar si limit për ndërtimet e reja sipas ICRP 65⁽¹⁵⁾. Vlera mesatare e llogaritur për këto shtëpi prej $109,4 \text{ Bq m}^{-3}$ është më e madhe se mesatarja në Bullgari⁽¹⁹⁻²⁰⁾ prej 90 Bq m^{-3} dhe ajo në Slloveni⁽²¹⁾ prej 54 Bq m^{-3} . Krahasuar me vendet e rajonit përqendrimet e radonit në rastin tonë janë më të larta se 126 shëpi banimi në bregdetin e Malit të Zi me një vlerë maksimale prej 175 Bq m^{-3} ⁽²²⁾ dhe me 167 shëpi në Beograd të

Serbisë⁽²⁴⁾ me një vlerë maksimale prej 218 Bq m^{-3} . Ato janë gjithashtu më të larta krahasuar me vlerat e 94 shtëpive të kryeqytetit të Malit të Zi Podgoricë ku vlera prej 200 Bq m^{-3} është kaluar vetëm në një rast në sezonin dimëror⁽²³⁾. Në anën tjetër këto vlera janë më të ulëta krahasuar me ato të 437 shtëpive të Maqedonisë⁽¹⁶⁾ ku në sezonin dimëror vlera 400 Bq m^{-3} është kaluar në 29 objekte. Gjithashtu këto vlera nuk mund të krahasohen me ato të vendbanimeve të Serbisë jugore në Banjë të Nishit ku vlerat në disa nga vendbanimet kanë arritur nivelin e $\text{kBq m}^{-3(25-26)}$.

Krahasuar me hulumtimet e mëhershme në Kosovë vlerat janë më të uëta se ato të kryera në mes të viteve 1983 dhe 1989 një studim në 89 vendbanime, duke fituar përqendrimet në kufijtë $20\text{-}450 \text{ Bq m}^{-3}$, sepse këto matje ishin kryer në disa shtëpi të ndërtuara prej guri lokal në zonën e depozitave të uraniumit⁽²⁷⁾ duke kaluar edhe vlerat 1000 Bq m^{-3} në disa prej tyre. Vlerat janë më të larta krahasuar me vendbanimet e popullatës së Sharrit ku përqendrimi ishte $<200 \text{ Bq m}^{-3}$ përveç në një shtëpi⁽²⁸⁾. Por këto rezultate janë gjithashtu më të ulëta krahasuar me vlerat e përqendrimit të radonit në vendbanimet e fshatrave Planej dhe Gorozhup ku në disa nga vendbanimet është kaluar vlera $400 \text{ Bq m}^{-3(18)}$.

Tabela 4.1.4.1 Përqendrimet e aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozat efektive vjetore

Nr.	Kodi i lokacionit	C_{Rn} (Bq m ⁻³)	E_{eff} (mSv y ⁻¹)
1	E487	113	2,01
2	E472	47	0,84
3	D490	64	1,14
4	E498	47	0,84
5	D475	44	0,78
6	E465	60	1,07
7	E508	113	2,01
8	D489	59	1,05
9	D484	160	2,85
10	Z156	193	3,39
11	D499	87	1,55
12	E476	74	1,32
13	D465	107	1,91
14	F025	266	4,74
15	Z161	184	3,28
16	D467	119	2,12
17	F037	49	0,87
18	F036	111	1,98
19	D488	78	1,39
20	F039	187	3,33
21	F038	201	3,58
22	F041	123	2,19
23	F027	90	1,60
24	D436	75	1,34

Nga tabela 4.1.4.2 për analizë statistikore të të dhënave shihet se vlera maksimale e përqendrimit të radonit ishte 266 Bq m⁻³ dhe 4.74 mSv y⁻¹ për dozë efektive ndërsa vlera minimale 44 Bq m⁻³ respektivisht 0.78 mSv y⁻¹. Limiti shtetëror i adoptuar për ndërtesat e reja prej 200 Bq m⁻³ është kaluar në 2 nga vendbanimet e përfshira në hulumtim ndërsa ai 400 Bq m⁻³ për ndërtesat e vjetra nuk është kaluar në asnjë nga rastet. Gjithashtu nga analiza statistikore shihet se mesatarja aritmetike për nivelin e përqendrimit të radonit ka dalë të jetë 109,4 Bq m⁻³ ndërsa 1.95 mSv y⁻¹ për dozat efektive vjetore.

Tabela 4.1.4.2 Rezultatet e analizës statistike të përqendrimeve të aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozave efektive vjetore (E_{eff}).

Parametrat statistikë	C_{Rn} (Bq m ⁻³)	E_{eff} (mSv y ⁻¹)
AM ^a	109	1.95
ASD ^b	58	1
Min. ^c	44	0.78
Max. ^d	266	4.7
GM ^e	96	1.7
GSD ^f	1.7	1.7

^amesatarja aritmetike, ^bdevijimi standard aritmetik, ^cvlera minimale, ^dvlera maksimale, ^emesatarja gjeometrike dhe ^fdevijimi standard gjeometrik.

Po ashtu nga tabela 4.1.4.2 shohim se vlera për devijimin standard aritmetik është 58 Bq m⁻³ respektivisht 1.04 mSv y⁻¹ për dozat efektive. Po ashtu edhe mesatarja gjeometrike ka dalë të jetë 96.4 Bq m⁻³ dhe 1.72 mSv y⁻¹ dhe devijimi standard gjeometrik 1.7 Bq m⁻³ respektivisht 1.67 mSv y⁻¹. Devijimi standard aritmetik prej 58 Bq m⁻³ dhe 1 për dozat efektive vjetore tregon se këto vlera mund të shtohen apo hqen vlerave të matura duke pasur paasysh se vlera e përqendrimeve të radonit ndryshon shumë me kohën dhe ka varshmëri nga shumë parametra.

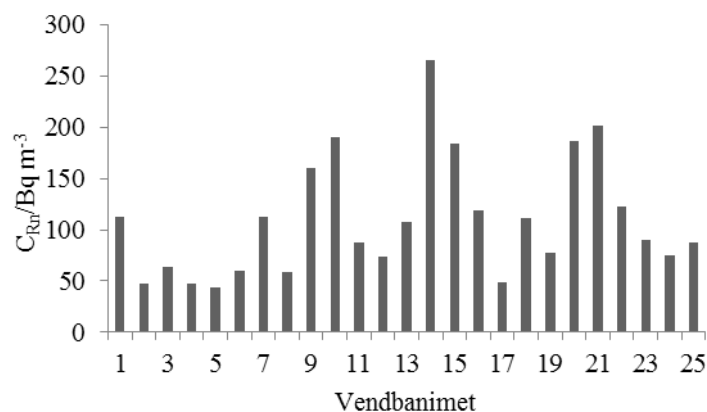


Figura 4.1.4.1 Shpërndarja e përqendrimeve të radonit (C_{Rn}) sipas vendbanimeve.

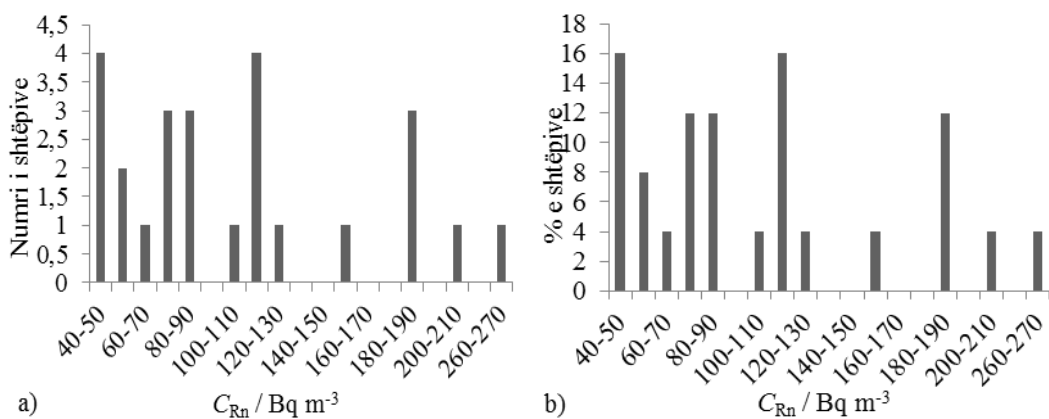


Figura 4.1.4.2 Shpërndarja e përqendrimeve të aktivitetit të ²²²Rn (C_{Rn}) në vendbanime.

Shpërndarja e aktiviteteve të përqendrimeve është paraqitur edhe në figurën 4.1.4.2 (a dhe b) ndërsa, shpërndarja e dozave efektive në figurën 4.1.4.3 (a dhe b).

Për të llogaritur dozat efektive për banorët e këtyre shtëpive, E_{eff} (mSv y^{-1}), të shkaktuara nga ekspozimi ndaj radonit brenda këtyre lokacioneve, edhe në këtë rast është përdorur formula e mëposhtme (sipas metodologjisë ICRP 65)⁽¹⁵⁾, për faktin se ekspozimi nuk është bërë gjatë tërë vitit apo në secilën sezonë veç e veç:

$$E_{\text{eff}} = C_{\text{Rn}} \times \frac{F}{3700} \times \frac{t}{170} \times f_{\text{DC}}$$

ku C_{Rn} është përqendrimi i radonit, F është faktori i ekuilibrit ndërmjet radonit dhe produkteve të tij jetëshkurtër të zbërthimit për të cilin merret vlera 0.40 dhe, f_{DC} është faktori i konvertimit të dozës me një vlerë prej 5 mSv WLM^{-1} për shtëpi banimi; vlerat në emërues prej 3700 dhe 170 janë të domosdoshme për të shprehur ekspozimin ndaj radonit në WLM (një njësi e vjetër por shumë praktike dhe akoma e përdorshme), dhe $t = 7000$ h është marrur koha e qëndrimit brenda përgjatë një viti. Për shkak se ekspozimi i detektorëve të ngurtë edhe në këto lokacione nuk është bërë për një vit të plotë por për periudhën prej më shumë se gjashtë muaj në sezonin dimëror dhe atë veror dhe mungojnë shumica e të dhënave për shprehitë e banimit të këtyre banorëve sipas propozimit të Bordit Kombëtar për Mbrojtje Radiologjike⁽¹⁰⁴⁾ të Mbretërisë së Bashkuar është e domosdoshme përdorimi i një faktori prej 0.8 gjatë llogaritjeve të dozave efektive.

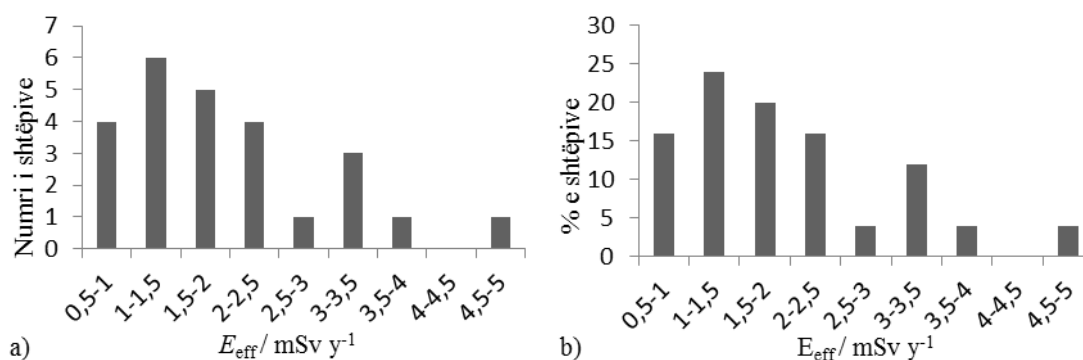


Figura 4.1.4.3 Shpërndarja e dozave efektive vjetore (E_{eff}) në vendbanime.

Në tabelën 4.1.4.1 gjithashtu janë dhënë edhe vlerat e llogaritura për dozat efektive vjetore përkatëse për secilën shtëpi. Ato sillen prej 0.78 deri në 4.74 mSv y^{-1} me një vlerë mesatare prej 1.95 mSv y^{-1} . Gjithashtu nga figura 4.1.4.3b mund të shihen edhe kufijtë e shtrirjes së dozave efektive vjetore në disa rangje. Numri apo përqindja më e lartë e shtëpive shtrihen në rangun e vlerave të dozave efektive ndërmjet 1-1,5 mSv y^{-1} i pasuar nga rangi 1,5-2 mSv y^{-1} . Në vazhdim vijnë rangjet 0,5-1 dhe 2-2,5 mSv y^{-1} të cilët kanë përfshirje të njëjtë të vendbanimeve brenda tyre ndërsa pas tyre rangut pasues me

përqindje më të ulët të vendbanimeve është ai 3-3.5 mSv y^{-1} . Rangjet më të ulëta të dozave efektive vjetore në këtë rast kanë qenë ato 2,5-3 mSv y^{-1} , 3,5-4 mSv y^{-1} dhe 4,5-5 mSv y^{-1} të cilët kanë thuhetse numër të njëjtë të vendbanimeve që shtrihen brenda tyre. Vetëm rangi 4-4,5 mSv y^{-1} nuk ka asnjë nga vendbanimet që ka këtë vlerë të dozës efektive të llogaritur.

Mesatarje aritmetike vjetore nga llogaritjet e dozave efektive vjetore ka dalë të jetë 1.95 mSv y^{-1} siç shihet nga tabela 4.1.4.2. Kjo mesatare është poashtu më e lartë se mesatarja vjetore botërore (1.15 mSv y^{-1})⁽⁴⁾.

Tabela 4.1.4.3 dhe figura 4.1.4.3a paraqesin rangun e përqendrimit të radonit së bashku me numrin përkatës të vendbanimeve dhe përqindjen e shtëpive që shtrihen në atë rang. Nga tabela 4.1.4.3 shihet se numri më i madh i vendbanimeve ndodhen në rangun më të ulët prej 40-60 Bq m^{-3} dhe 110-120 Bq m^{-3} me nga 4 vendbanime, i pasuar nga rangjet pas tij 70-80 Bq m^{-3} , 80-90 Bq m^{-3} , dhe 180-190 Bq m^{-3} me nga 3 vendbanime. Të gjitha rangjet tjera kanë numrin e shtëpive 1 ose 0. Tabela 4.1.4.4 tregon po ashtu shtrirjen e dozave efektive përkatëse në disa rangje.

Tabela 4.1.4.3 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit.

Nr.	$C_{Rn} (Bq\ m^{-3})$	Numri i shtëpive	% e shtëpive
1	40-50	4	16
2	50-60	2	8
3	60-70	1	4
4	70-80	3	12
5	80-90	3	12
6	90-100	0	0
7	100-110	1	4
8	110-120	4	16
9	120-130	1	4
10	130-140	0	0
11	140-150	0	0
12	150-160	1	4
13	160-170	0	0
14	170-180	0	0
15	180-190	3	12
16	190-200	0	0
17	200-210	1	4
18	210-260	0	0
19	260-270	1	4

Tabela 4.1.4.4 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit.

Nr.	$E_{eff} (mSv\ y^{-1})$	Numri i shtëpive	% e shtëpive
1	0,5-1	4	16
2	1-1,5	6	24
3	1,5-2	5	20
4	2-2,5	4	16
5	2,5-3	1	4
6	3-3,5	3	12
7	3,5-4	1	4
8	4-4,5	0	0
9	4,5-5	1	4

4.1.5 Korelacioni me gazin e Tokës

Për të vlerësuar faktorët të cilët ngrisin nivelin e radonit brenda objekteve në afërsi të disave nga këto vendbanime janë vendosur detektorët e ngurtë edhe në Tokë. Vendorsja e detektorëve është bërë në thellësinë 50-80 cm. Detektorët për shkak të përqendrimit të lartë të radonit në gazin e Tokës kanë qendruar për kohën jo më të gjatë se 3-5 ditë. Pas tërheqjes detektorët janë kthyer prapa në Institutin për Radiokimi dhe Radioekologji të Universitetit të Panonisë (Veszprem, Hungari) për zhvillim. Rezultatet të krahasuara me nivelet brenda janë dhënë në tabelën 4.1.5.1.

Tabela 4.1.5.1 Përqendrimet e radonit brenda objektit dhe në gazin e Tokës në afërsi të tij

Nr.	Kodi i lokacionit	C_{Rn} (Bq m ⁻³) brenda objektit	C_{Rn} (Bq m ⁻³) në gazin e Tokës	$C_{Rn-Tokë}/C_{Rn-brenda}$
1	E105	52	3049	58
2	E113	114	5732	50
3	E116	112	5813	52
4	E466	44	5945	135
5	E468	59	7835	132
6	E473	160	3201	20
7	E475	68	8049	118
8	E481	54	840	15
9	E505	87	1705	20
10	E081	119	1323	12
11	D486	107	1283	12
12	D494	176	1349	8
13	D495	95	1960	20
14	D496	70	2367	33
15	D498	113	14761	130
16	D502	96	2240	23
17	D503	160	8449	52
18	D485	107	835	9

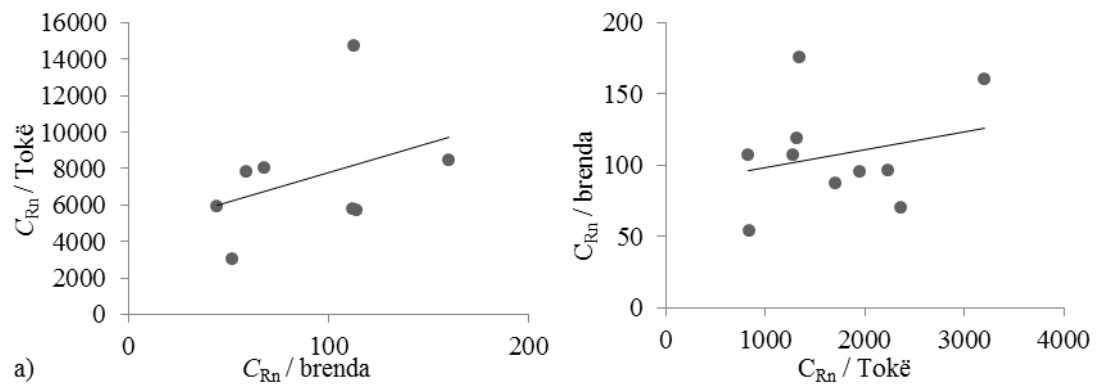


Figura 4.1.5.1 Korelacioni i vlerave të përqendrimit ndërmjet brenda ndërtesës dhe gazit të Tokës.

Në figura 4.1.5.1 (a dhe b) është paraqitur korelacioni ndërmjet përqendrimeve të radonit brenda hapësirave të objekteve dhe në gazin e Tokës në afërsi të tyre. Nga figura 4.1.5.1 shihet se nuk ka ndonjë korelacion të mirë ndërmjet vlerave të përqendrimeve të radonit brenda oobjekteve dhe në gazin e Tokës. Ky korelacion jo i mirë është i pritshëm për faktin se në përqendrimin e radonit brenda hapësirave përveç strukturës së Tokës ndikojnë edhe shkaktarë tjerë.



Figura 4.1.5.2 Foto të matjeve në gazin e Tokës.

4.2 Radoni në vende të punës

Duke pasur parasysh se tashmë në Kosovë ka disa hulumtime të kryera rreth niveleve të radonit në disa vende të punës nëntokësore të cilat konsiderohen më të rrezikuara nga ekspozimi ndaj radonit si ato të kryera në shpellën për vizitorë të Gadimes dhe disa miniera nëntokësore si ajo e Trepçës⁽³⁶⁾, studimet tona janë përqendruar në vende të punës të cilat më parë nuk janë hulumtuar dhe që konsiderohen të rrezikuara nga përqendrimet e larta të radonit. Këto vende të punës kanë qenë vende të punës nëntokësore jominiera si spitale, fakultete dhe institucione të tjera publike të cilat ndodhen nën katin përldhësë. Vlerat e përqendrimeve të radonit, vlerat e dozave efektive dhe kohëzgjatja e ekspozimit se bashku me numrin e okupantëve në secilën dhomë dhe lokacionin e matjeve janë paraqitur në tabelën 4.2.1.

Tabela 4.2.1 Përqendrimet e radonit, dozat efektive përkatëse, lokacioni, kohëzgjatja e ekspozimit dhe numri i personave në dhomat e matjeve.

Nr. i mostrës	Kodi i dhomës	Kohëzgjatja e ekspozimit të DN	Vlera e C_{Rn} (Bq m ⁻³)	Nr. i okupantëve në dhomë	Vlera e E_{eff} (mSv y ⁻¹)
1	LEM-485	94	54	2	0,96
2	PKQ-139	94	44	3	0,78
3	KPB-140	99	56	2	1,00
4	DVD-101	94	41	5	0,73
5	KPM-100	94	38	6	0,68
6	KIM-482	94	67	3	1,19
7	KMM-474	94	66	2	1,18
8	GJU-116	94	65	2	1,16
9	GJL-115	94	29	2	0,52
10	GJD-114	94	46	2	0,82
11	GJK-135	94	24	4	0,36
12	GJB-137	94	40	3	0,71
13	KFG-142	94	56	1	1,00
14	FSZ-117	94	55	2	0,98
15	LSB-133	94	69	2	1,23
16	KKB-118	94	41	3	0,73
17	KKT-119	94	28	5	0,50

18	AXI-128	94	57	4	1,01
19	ZMF-126	94	45	4	0,80
20	ZAI-096	94	53	2	0,94
21	ZHH-500	94	24	2	0,43
22	DHE-127	94	73	2	1,30
23	EHZ-097	98	78	3	1,39
24	ADS-134	94	92	4	1,64
25	ZPA-098	94	91	2	1,62
26	ZRM-124	98	113	2	2,01
27	ISP-123	94	109	2	1,94
28	LGR-125	94	81	1	1,44
29	PII-102	94	109	2	1,94
30	DHE-104	94	127	5	2,26
31	LPI-103	94	360	1	6,41

Në tabelën 4.2.2 dhe figurën 4.2.1 janë paraqitur rangjet e përqendrimit të radonit me numrin (përqindjen) e vendbanimeve që shtrihen në ato rangje. Nga tabela 4.2.2 dhe figura 4.2.1 shihet se numri më i madh i vendbanimeve ndodhen në tri rangjet e para të pasuara nga rangi i katërtë dhe i pestë me numër më të vogël të vendbanimeve. Në rangjet tjera përveç atij të 12 (260-280) ku ndodhet vetëm një vendbanim të tjerat kanë numrin e vendbanimeve që ndodhen në to të barabartë me zero.

Tabela 4.2.2 Përqindja dhe numri i lokacioneve brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit.

Nr.	$C_{Rn} (Bq\ m^{-3})$	% e shtëpive	Numri i shtëpive
1	40–60	52	17
2	60–80	18	6
3	80–100	9	3
4	100–120	6	2
5	120–140	3	1
6	140–160	0	0
7	160–180	0	0
8	180–200	0	0
9	200–220	0	0
10	220–240	0	0
11	240–260	0	0

12	260–280	3	1
13	280–300	0	0

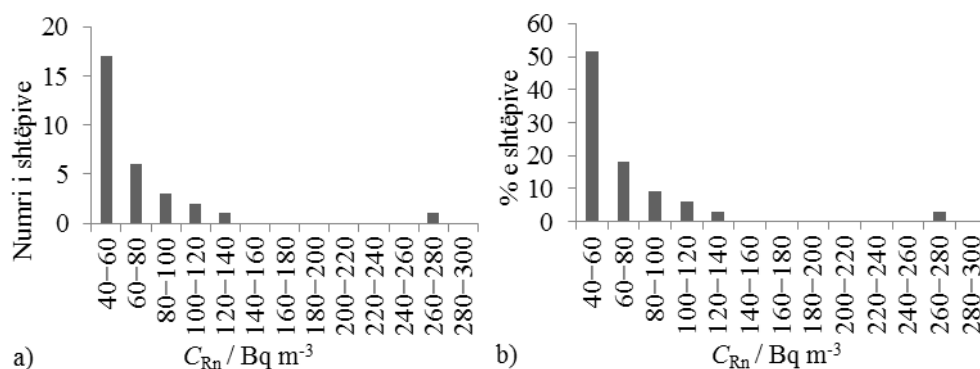


Figura 4.2.1 Shpërndarjet e aktivitetëve të përqendrimeve të radonit në vende të punës.

4.2.1 Procedurat e matjes

Tabela 4.2.2.1 Rezultatet e analizës statistike të përqendrimeve të aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozave efektive vjetore (E_{eff}).

Parametrat statistikë	C_{Rn} ($Bq\ m^{-3}$)	E_{eff} ($mSv\ y^{-1}$)
AM ^a	77.35	1.38
ASD ^b	70	1.3
Min. ^c	24	0.36
Max. ^d	360	6.41
GM ^e	61.6	1.10
GSD ^f	1.9	1.9

^amesatarja aritmetike, ^bdevijimi standard aritmetik, ^cvlera minimale, ^dvlera maksimale, ^emesatarja gjeometrike dhe ^fdevijimi standard gjeometrik.

Këto matje janë kryer në sezonin pranveror, në periudhën Prill-Korrik të vitit 2015 në kohëzgjatje për më shumë se tre muaj.

Metoda kryesore ka qenë ajo me anë të ekspozimit të detektorëve të ngurtë të llojit NRPB and NRPB SSI (CR-39, figura 4.2.1.1) Këta detektorë të ngurtë siç është përmendur edhe më herët gjatë punimit janë siguruar dhe zhvilluar nga Instituti për Radiokimi dhe Radioekologji në Vezprem të Hungarisë. Të dy llojet e detektorëve NRPB me një kamerë difuzive (plastikë elektriksht jo përçuese dhe elektriksht përçuese) janë përdorur për këto matje afatgjata të përqendrimit të radonit. Detektorët CR-39

janë brejtur kimikisht për 3 orë në tretjen e 6.25 M të trtësirës së NaOH në temperaturë 90°C. Gjurmët

janë shikuar duke përdorur sistemin analitik për vezhëgim Virginia 99. Detektorët CR-39 janë kalibruar në një kamerë hermetike të radonit (një EV 03209, të prodhuar dhe

kalibruar nga Instrumentet Genitron GmbH), duke përdorur një burim standard të kalibrimit PYLON RN 2000A⁽¹¹⁶⁾. Në disa lokacione të vendeve të punës është bërë edhe monitorim i vazhduar me anë të metodave të cilat i kemi përmendur më herët. Ky monitorim është bërë me qëllim të krahasimit të rezultateve ndërmjet dy metodave të ndryshme.

4.2.2 Llogaritja e dozave efektive dhe parametrave statistikorë

Shtrirja e aktivitetit të përqendrimeve të radonit brenda hapësirave të lokacioneve të përfshira në hulumtim është paraqitur në figurën 4.2.2.1. Parametrat statistikorë të paraqitur në tabelën 4.2.2.1 tregojnë vlera më të ulëta mesatare të përqendrimit të radonit dhe dozave efektive në krahasim me atë të vendbanimeve ndërsa, vlera maksimale ka dalë të jetë më e lartë prej 360 Bq m^{-3} respektivisht 6.41 mSv y^{-1} . Nga tabela 4.2.2.1 shihen edhe vlerat për mesatare gjeometrike dhe devijim standard gjeometrik dhe aritmetik për aktivitetet e përqendrimeve të radonit dhe dozave efektive vjetore.

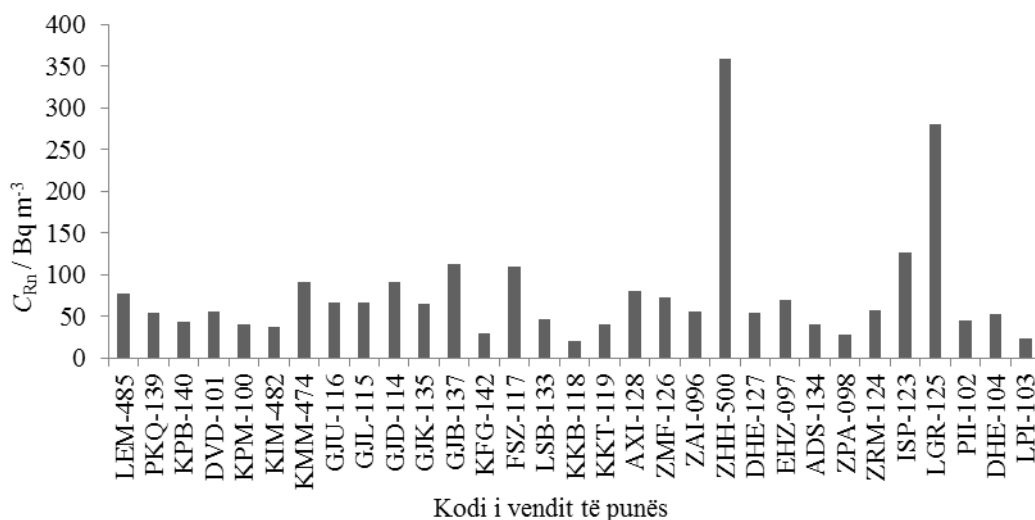


Figura 4.2.2.1 Shpërndarja e aktiviteteve të përqendrimit të radonit.

Në rastin e vendeve të punës përveç minierave dhe shpellave nëntokësore për të cilat përdoren metodologji tjera për llogaritjen e dozave efektive (E_{eff}), dozat efektive vjetore të personave që punojnë në ato dhoma mund të llogariten duke aplikuar formulën:

$$E_{eff} = \frac{C_{Rn} \times F}{3700} \times \frac{t}{170} \times DCF$$

sipas metodologjisë ICRP 65^(15,98), ku C_{Rn} përqendrimi mesatar i radonit, F faktori i ekuilibrit ndërmjet radonit dhe produkteve të tij jetëshkurtëra për të cilën është marrë vlera 0.4 sipas Komisionit Ndërkombëtar për Mbrojtje Radiologjike (ICRP) 65⁽¹⁵⁾, t është koha e e shpenzuar nga personi brenda dhomës së hulumtuar dhe, $DCF = 5 \text{ mSv/WLM}$ ku WLM është një njësi e vjetër por akoma në përdorim që paraqet ekspozimin e arritur nga 170 h në ajër në të cilin radoni në përqendrimin 3700 Bq m^{-3} është në ekuilibër radioaktiv ($F = 1$) me pasardhësit e tij.

4.3 Radoni në shkolla dhe çerdhe

Duke pasur parasysh se shkollat janë mjediset ku frekuentojnë popullata më e re e shoqërisë, në shumicën e vendeve të Botës i kushtohet kujdes sigurisë së këtyre mjediseve edhe në aspektin e rrezatimit e në veçanti nivelit të radonit brenda këtyre hapësirave. Numri i shkollave të përfshira në këto matje është zgjedhur me qëllim të njohjes së nivelit të radonit në radhë të parë në shkolla të cilat më parë nuk është bërë ndonjë hulumtim, në zona të njëjta edhe me matjet e vendbanimeve dhe vendeve të punës me qëllim krahasimi dhe që të vendoset një bazë për një hulumtim shtetëror ku do të përfshiheshin të gjitha shkollat dhe çerdhet e vendit.

Në tabelën 4.3.1 jepen përqendrimet mesatare për monitorimin e përqendrimit të radonit në të gjitha shkollat e përfshira në matje. Po ashtu në figurën 4.3.1 paraqiten të dhënat për aktivitetin e përqendrimit të radonit në lokacionet e shkollave të hulumtuara. Siç mund të shohim nga tabela 4.3.1 dhe figura 4.3.1 mbi 30 % të lokacioneve të përfshira në hulumtim kanë përqendrimin e aktivitetit të radonit mbi 200 Bq m^{-3} , nivel ky i adoptuar nga vendi ynë si limit shtetëror sipas ICRP (ICRP 1993). Po ashtu mbi 30 % të lokacioneve të përfshira në hulumtim kanë përqendrimin e aktivitetit të radonit mbi 150 Bq m^{-3} që në disa vende të Evropës dhe SHBA është nivel i veprimit. Përveç 4 lokacioneve të hulumtuara të gjitha të tjerat kanë aktivitetin e përqendrimit të radonit mbi 100 Bq m^{-3} që në disa vende është miratuar si nivel e veprimit për lokacione të tilla.

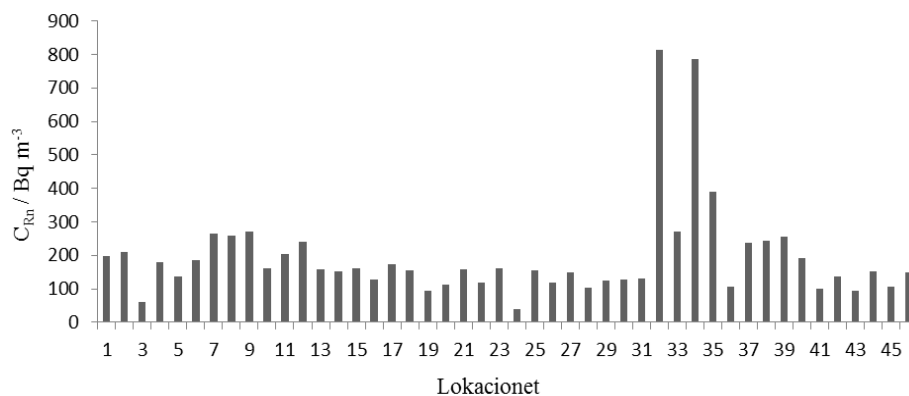


Figura 4.3.1 Shpërndarja e aktiviteve të përqendrimit të radonit në shkolla.

Tabela 4.3.1 Përqendrimet e aktivitetit të radonit

Nr.	$C_{Rn} \text{ (Bq m}^{-3}\text{)}$	Nr.	$C_{Rn} \text{ (Bq m}^{-3}\text{)}$
1	198	24	38
2	210	25	155
3	60	26	117
4	180	27	150
5	138	28	103
6	186	29	124
7	264	30	127
8	258	31	131
9	270	32	814
10	162	33	270
11	204	34	786
12	240	35	390
13	159	36	107
14	153	37	238
15	162	38	242
16	128	39	255
17	174	40	191,8
18	155	41	100,9
19	95	42	137,5
20	113	43	95,3
21	159	44	150,8
22	119	45	107,5
23	160	46	147,5

4.4 Radoni në zona të prirura

Në Kosovë nga disa hulumtime të kryera më herët në zonën e Stubllës në komunën e Vitisë është identifikuar nivel i lartë i uraniumit në gurët lokal të kësaj zone. Përdorimi i këtij guri lokal në ndërtimin e objekteve (i cili konsiderohet se ka përmbajtje të lartë të uraniumit) mund të jetë si shkaktari kryesor në ngritjen e nivelit të radonit brenda vendbanimeve. Në këtë aspekt nuk ka pasur studime më të zgjeruara për të treguar se sa është e ekspozuar popullata e kësaj zone nga niveli i lartë i përqendrimit të radonit brenda objekteve të vendbanimeve. Në hulumtimet tona në këtë zonë matjet janë kryer në një numër më të madh të vendbanimeve të shtrira në një distancë të caktuar nga njëri tjetri. I është kushtuar shumë rëndësi varshmërisë së përqendrimit të radonit nga materiali ndërtimor për të parë ndikimin e gurëve lokal të përdorur në ndërtimin e objekteve në nivelet e radonit brenda tyre.

Në hulumtimet tona në këtë zonë matjet janë kryer në 44 vendbanime të shtrira në një distancë të caktuar nga njëri tjetri. Gjatë majteve i është kushtuar kujdes evidentimit të të gjithë parametrave e sidomos atij të llojit materialit ndërtimor nga i cili janë të ndërtuar objektet. Zona e matjeve është paraqitur në figurën 4.4.1 ndërsa të dhënat dhe varshmëria nga materiali ndërtimor jepen në mënyrë më të detajuar në analizën e mëposhtme.

Tabela 4.4.1 Përqindja dhe numri i vendbanimeve brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit.

Nr.	C_{Rn} (Bq m ⁻³)	% e shtëpive	Numri i shtëpive
1	40–60	6	14
2	60–80	8	18
3	80–100	2	5
4	100–120	5	11
5	120–140	1	2
6	140–160	2	5
7	160–180	7	16
8	180–200	1	2
9	200–220	2	5
10	220–240	0	0
11	240–260	1	2
12	260–280	1	2

13	280–300	0	0
14	300–320	0	0
15	320–340	1	2
16	340–360	1	2
17	360–380	0	0
18	380–400	0	0
19	400–500	2	5
20	500-600	1	2
21	600-700	2	5
22	700-800	0	0
23	800-900	1	2
24	900-1000	0	0

Në tabelën 4.4.1 janë dhënë % dhe numri i vendbanimeve të cilat shtrihen në rangje të ndryshme të përqendrimeve. Numër më të madh të vendbanimeve kemi në rangjet 40-60, 60-80, 100-120 dhe 160-180 Bq m⁻³, të pasuara nga rangjet 200-220, 400-500 dhe 600-700 Bq m⁻³. Rangjet e tjera kanë numër më të vogël të vendbanimeve. Vërehet se në këtë zonë të hulumtimit kemi numër të madh të vendbanimeve edhe në rangje të larta si ato 400-500 dhe 600-700 Bq m⁻³, që nuk ka qenë karakteristik e zonave të tjera të hulumtimit.

4.4.1 Varësia e përqendrimit të radonit nga materiali ndërtimor i objekteve

Në tabelën 4.4.1.1 janë dhënë përqendrimet e aktivitetit të radonit për lloje të ndryshme të materialeve ndërtimore. Vlerat më të larta të përqendrimit ndodhen në shtëpitë e ndërtuara nga guri lokal pastaj, nga ato të kombinuara me gur dhe tulla të kuqe dhe me vlera më të ulëta janë vendbanimet e ndërtuara pa gur por vetëm me tulla të kuqe. Guri lokal është përdorur në ndërtimin e shumë objekteve në këtë zonë. Nga disa hulumtime të kryera në këtë zonë^(27,119,120) del që ky lloj i gurit të ketë përmajtje të lartë të uraniumit. Edhe nga matjet tona në tabelën 4.4.1.1 shtëpitë e ndërtuara vetëm me gur lokal kanë nivel shumë më të lartë të përqendrimit të radonit krahasuar nga ato të ndërtuara nga materialet tjera.

Tabela 4.4.1.1 Përqendrimet e radonit në varësi nga materiali ndërtimor.

Nr. i mostrës	$C_{Rn} (Bq\ m^{-3})$	$C_{Rn} (Bq\ m^{-3})$	$C_{Rn} (Bq\ m^{-3})$
	Tulla të kuqe	Tulla të kuqe + gur	Gur lokal
1	46,7	94,6	637,8
2	79,8	101,6	419,7
3	70,6	169,2	631,6
4	65,4	406,9	255,5
5	70,6	207,8	174,2
6	45,7	163	110,8
7	46,7	101,8	272,2
8	46,9	115,3	868
9	74,8	72,7	508
10	69,6	48,8	
11	110,1	146,8	
12	75,9	174,5	
13		203,6	
14		137,7	
15		41,9	
16		86,8	
17		143,7	
18		174,2	
19		178	
20		329,8	
21		188	
22		354,2	
23		173,5	
Vlera mesatare	66,9	165,84	430,87

Tabela 4.4.1.2 jep aktivitetet e përqendrimeve të radonit për secilin lokacion në veçanti se bashku me dozat efektive vjetore të llogaritura. Dozat efektive të llogaritura sipas metodologjisë ICRP 65 kalojnë në një nga vendbanimet edhe vlerën $15\ mSv\ y^{-1}$ që është një vlerë shumë e lartë për vendbanime.

Tabela 4.4.1.2 Aktivitetet e përqendrimeve të radonit, dozat efektive vjetore.

Nr. i mostrës	C_{Rn} (Bq m ⁻³)	E_{eff} (mSv y ⁻¹)	Nr. i mostrës	C_{Rn} (Bq m ⁻³)	E_{eff} (mSv y ⁻¹)
1	47	0,83	23	138	2,45
2	80	1,42	24	144	2,56
3	71	1,26	25	111	1,97
4	65	1,16	26	169	3,01
5	71	1,26	27	208	3,70
6	46	0,81	28	204	3,63
7	47	0,83	29	175	3,11
8	47	0,84	30	174	3,10
9	75	1,33	31	178	3,17
10	70	1,24	32	188	3,35
11	76	1,35	33	174	3,09
12	73	1,29	34	174	3,10
13	49	0,87	35	256	4,55
14	42	0,75	36	330	5,87
15	87	1,55	37	354	6,31
16	110	1,96	38	272	4,85
17	102	1,81	39	407	7,25
18	95	1,68	40	420	7,47
19	163	2,90	41	508	9,05
20	102	1,81	42	638	11,36
21	115	2,05	43	632	11,25
22	147	2,61	44	868	15,46

Tabela 4.4.1.3 Rezultatet e analizës statistike të përqendrimeve të aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozave efektive vjetore (E_{eff}).

Parametrat statistikë	C_{Rn} (Bq m ⁻³)	E_{eff} (mSv y ⁻¹)
AM ^a	193	3.44
ASD ^b	181	3
Min. ^c	42	0.75
Max. ^d	868	15.46
GM ^e	139	2.5
GSD ^f	2.2	2.2

^amesatarja aritmetike, ^bdevijimi standard aritmetik, ^cvlera minimale, ^dvlera maksimale, ^emesatarja gjeometrike dhe ^fdevijimi standard gjeometrik

Figura 4.4.1.1 paraqet mesataren e përqendrimit të radonit në varësi nga materiali ndërtimor të objektit. Nga figura vërehet një mesatare shumë e lartë e përqendrimit të radonit në shtëpitë e ndërtuara nga guri lokal në krahasim me ato të ndërtuara nga kombinimi i tullave dhe gurëve dhe ato të ndërtuara vetëm me tulla. Arsytet e këtij dallimi aq të madh mund të jenë në përmbajtjen e lartë të radioizotopeve në zingjirin e të cilave ndodhet radoni në gurin lokal të përdorur për ndërtimin e objekteve në këtë zonë. Parametrat statistikorë të paraqitur në tabelën 4.4.1.3 tregojnë vlera më të larta mesatare të përqendrimit të radonit dhe dozave efektive në krahasim me ato të vendbanimeve tjera ndërsa, vlera maksimale ka dalë të jetë mjaftë e lartë prej 868 Bq m⁻³ respektivisht

15.46 mSv y⁻¹ për dozat efektive.

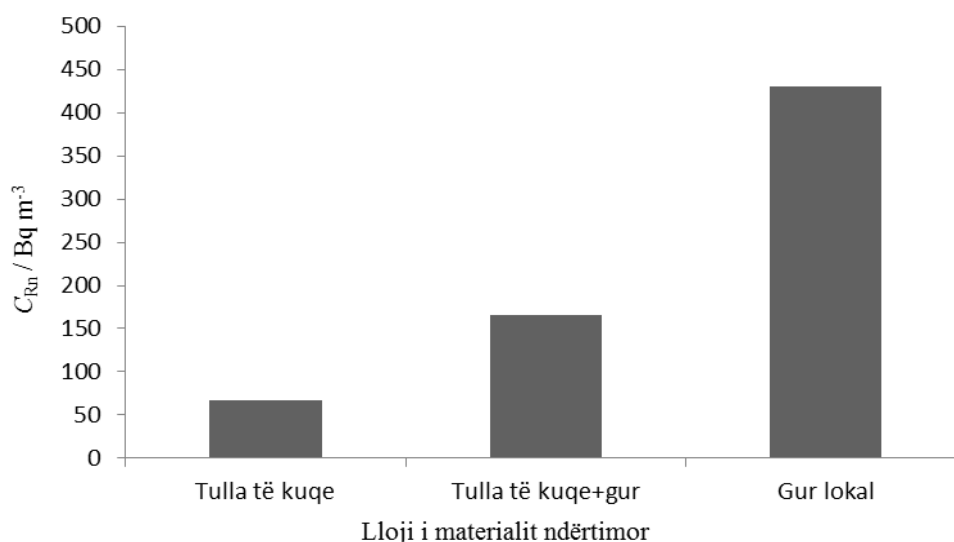


Figura 4.4.1.1 Mesatarja e përqendrimeve të radonit sipas llojit të materialit ndërtimor.

Nga tabela 4.4.1.3 shihen edhe vlerat për mesatare gjeometrike prej 139.35 Bq m⁻³ dhe 2.48 mSv y⁻¹, devijimi standard gjeometrik dhe aritmetik për aktivitetet e përqendrimeve të radonit dhe dozave efektive vjetore në këto lokacione kanë vlerat prej 2.20 Bq m⁻³ (mSv y⁻¹) dhe 181.17 Bq m⁻³ respektivisht 3.44 mSv y⁻¹.

5 DISKUTIMET

5.1 Krahasimet e rezultateve dhe varësia nga parametrat

5.1.1 Krahasimi i rezultateve ndërmjet shkollave, vendbanimeve dhe vendeve të punës në lokacione të afërta të matjeve

Figura 5.1.1 paraqet krahasimin e rezultateve ndërmjet objekteve të llojeve të ndryshme në lokacione ku objektet ndodhen afër njëri tjetrit. Në këtë figurë shihet krahasimi i vlerave të përqendrimit të radonit ndërmjet shkollave, vendeve të punës dhe vendbanimeve të të njëjtit rajon. Vlerat më të ulëta del të jenë në vende të punës që mund të jenë si rezultat i ventilimit më të mirë në këto mjedise krahasuar me shkollat dhe shtëpitë e banimit.

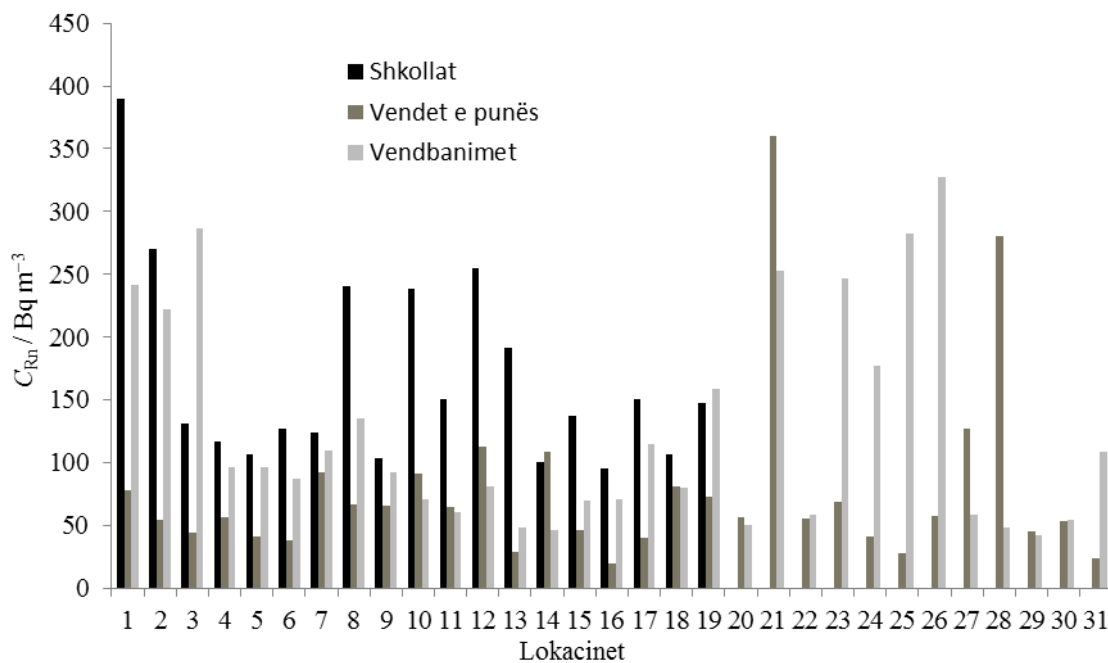


Figura 5.1.1 Krahasimet e aktiviteteve të përqendrimit të radonit ndërmjet shkollave, vendeve të punës dhe vendbanimeve.

5.1.2 Krahasimi i rezultateve ndërmjet zonave të ndryshme të hulumtimit

Figura 5.1.2.1 paraqet krahasimin e rezultateve ndërmjet tri zonave të hulumtimit në vendbanime. Këto zona janë zonat e prirura në Stubëll të Vitisë dhe dy zonat e rajonit të Prishtinës të përshkruara më sipër. Nga shpërndarja e frekuencës së përqendrimeve të radonit shihet se në rangjet 350-400, 400-450, 450-500 dhe 500-1000 Bq m⁻³ kemi shpërndarje të përqendrimeve ashtu edhe siç pritej vetëm në zonat e prirura.

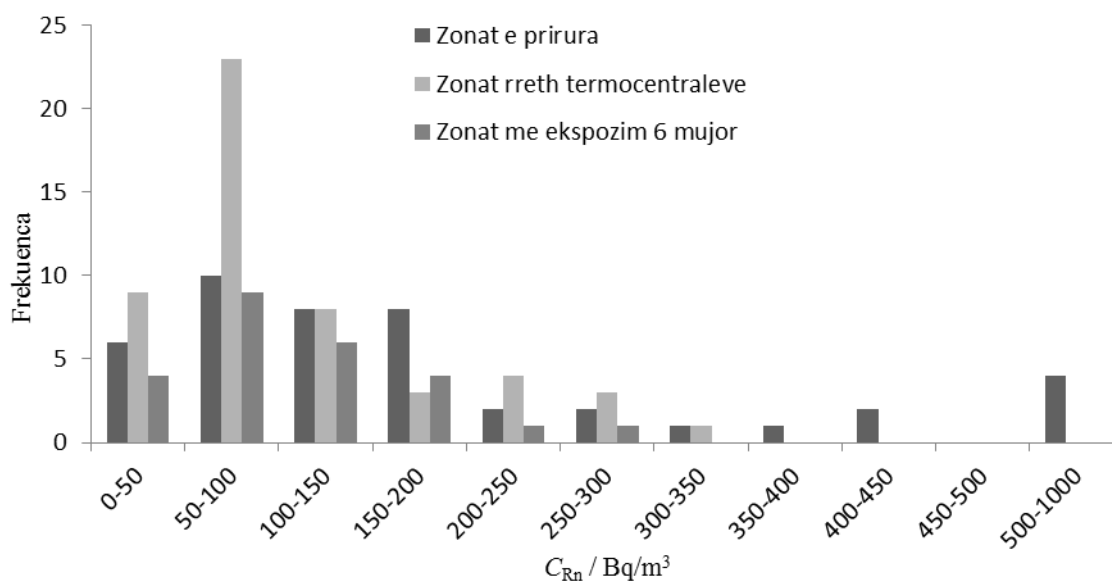


Figura 5.1.2.1 Krahasimet e aktiviteteteve të përqendrimeve të radonit ndërmjet tri zonave të ndryshme të hulumtimit në vendbanime.

5.1.3 Varësia e përqendrimit të radonit nga parametra të ndryshëm

Dihet se përqendrimi i radonit në mjedise të mbyllura përveç nga materiali ndërtimor varet edhe nga shumë parametra të tjerë si: lokacioni i matjes, kati, koha, temperatura, shtypja, lagështia, lloji i ventilimit të objekteve, struktura gjeologjike e Tokës, vjetërsia e objekteve dhe struktura e tyre. Kjo varshmëri do të jepet për lokacione të ndryshme të hulumtuara të disa objekteve në Kosovë si: shkolla, shtëpi banimi, vende të punës, institucione publike etj. Metodën e matjeve kanë qenë aktive si ajo e çastit dhe metoda e vazhduar e shoqëruar në raste të caktuara edhe me metoda pasive të matjeve. Nga kjo varshmëri mund të nxjerren përfundime të rëndësishme se si qëndron varësia e përqendrimit të radonit nga këta parametra.

Në figurën 5.1.3.1 (a dhe b) janë paraqitur dy raste të monitorimit të vazhduar të radonit në dy lokacione të ndryshme. Në rastin a) monitorimi është bërë për tri ditë rradhazi, ndërsa në rastin e dytë përgjatë 24 orëve. Nga figura 5.1.3.1a shohim se përqendrimi është pothuajse i vazhduar përgjatë tri ditëve përveç se në disa orë të caktuara kur ai rritet gjë që shihet nga pikët në figurë. Situatë e ngjashme ndodh edhe në figurën 5.1.3.1b kur përqendrimi në shumicën e orëve të matjes është pothuajse i vazhduar me pak vlera të ngritura në orë të caktuara. Arsyeja se pse në të dyja rastet në fillim të matjes vlerat e përqendrimit janë më të vogla mund të shpjegohet me faktin se para fillimit të matjeve dyert kanë qenë të hapura ndërsa pas fillimit të matjeve janë mbyllur dhe vlerat kanë shkuar duke u rritur.

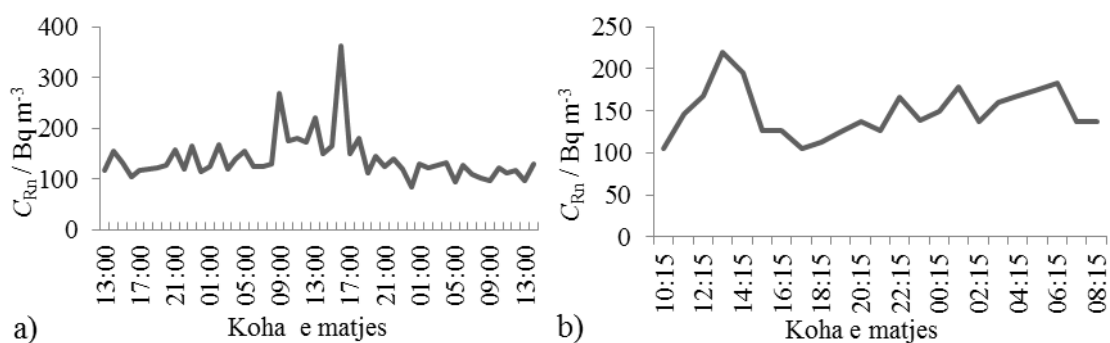


Figura 5.1.3.1 Përqendrimi i radonit i regjistruar gjatë matjeve të vazhduara në dy objekte të ndryshme a) përgjatë tri ditësh dhe b) përgjatë 24 orëve.

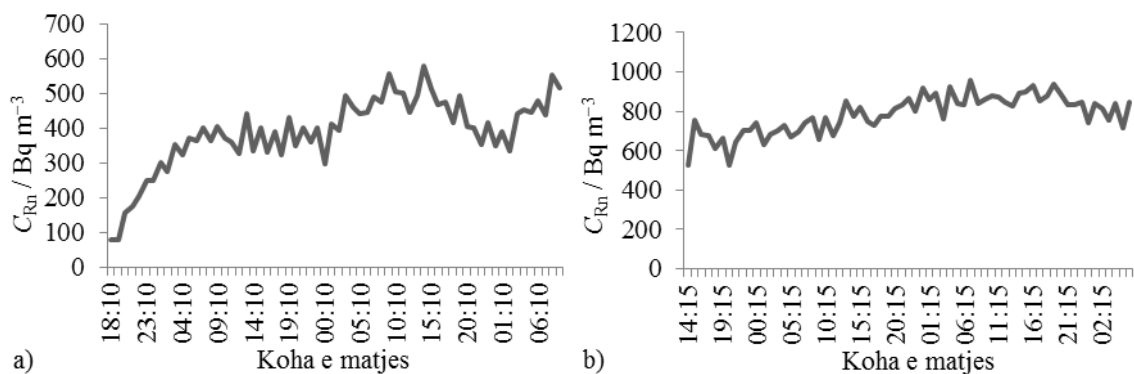


Figura 5.1.3.2 Përqendrimet e radonit të regjistruara gjatë matjeve të vazhdueshme për një interval kohor prej tri ditësh në lokacione me përqendrim më të lartë.

Në figurën 5.1.3.2 (a dhe b) është paraqitur rasti i monitorimit të vazhdueshëm për gjatë tri ditësh në dy dhoma të shkollave të ndryshme ku më parë është identifikuar përqendrim i lartë i radonit. Nga grafikët mund të vërejmë se përqendrimi për secilën orë të matjes në shkollën e dytë është më i vazhdueshëm se në të parën. Kjo mund të shpjegohet me faktin se në shkollën e parë para

fillimit të matjeve dyert e dhomës kanë qendruar të hapura apo janë hapur shpesh përderisa në rastin e shkollës së dytë dyertë dhe dritaret kanë qenë të mbyllura për një kohë më të gjatë para fillimit të matjeve. Po ashtu në rastin e parë në fillim të matjeve vërehet se kemi aktivitet më të ulët të përqendrimit duke u ngritur në orë të caktuara dhe atë në mënyrë gati periodike. Po ashtu vërehet se në të dy rastet e monitorimit kemi disa maksimume të njëpasnjëshme të cilët janë pothuajse në të njëjtin nivel. Këto dy dhoma janë shqyrtuar në mënyrë të veçantë për shkak se në të dy rastet vlerat e aktivitetit të radonit janë majft të larta. Dy monitorime të vazhdueshme janë paraqitur edhe në figurën 5.1.3.3 (a dhe b).

Tabela 5.1.3.1 Vlera e C_{Rn} në varësi nga temperatura

$C_{Rn} (Bq\ m^{-3})$	$T (^{\circ}C)$
105	15
146	20
168	21
219	21
195	20
127	18
127	18
105	17
113	17
125	16
137	16
127	16
166	15
139	15
150	15
178	15
137	14
160	14
168	14
176	14
183	13
137	13
137	15

Nga tabelën 5.1.3.1 është dhënë varësia e përqendrimit të radonit në një lokacion të caktuar nga temperatura ku shihet se në shumicën e orëve të monitorimit me uljen e temperaturës kemi edhe ulje të përqendrimit të radonit ndërsa me ngritjen e saj rritje. Kjo mund të shpjegohet me faktin se gjatë rënies së temperaturës ka pasur qarkullim më të madh të ajrit nga brenda jashtë e me këtë rast edhe ulje të koncentrimin të radonit brenda dhomës së mbyllur.

Nga varësia e përqendrimit të radonit nga vjetërsia e objekteve kemi parë më herët se është e vështirë të gjendet ndonjë korelacion direkt ndërmjet përqendrimit të radonit dhe vjetërsisë së objektit për shumë arsye. Në shumë raste edhe pse objektet janë të vjetra ato mund të kenë ventilim të mirë, dritare e dyer të izoluara mirë dhe po ashtu izolim të mirë në bazën e cila është në kontakt direkt me tokën.

Në tabelën 5.1.3.2 është dhënë varësia e vlerës mesatare të përqendrimit të radonit nga temperatura mesatare e ajrit, presioni mesatar dhe lagështia mesatare e ajrit për secilin objekt të përfshirë në matje. Dihet se ekziston një varësi e dukshme e vlerave të përqendrimit të radonit ga kati i matjes, ku vlerat më të mëdha janë në bodrume pastaj në katin përdhesë, katin e parë, katin e dytë e kështu me radhë. Në rastet kur edhe bodrumi, por edhe kati përdhesë gjenden në kontakt me tokën vlerat e këtyre dy kateve nuk ndryshojnë shumë. Arsyja se pse në disa raste vlerat në bodrum janë më të vogla se në katin përdhesë, gjë që do të duhej të ishte e kundërta mund të shpjegohet me faktin se në bodrume ventilimi çdoherë është më i mirë dhe po ashtu në disa raste dritaret dhe dyert në bodrume janë më të vjetra gjë që lejojnë qarkullim më të madh të ajrit e me këtë ulje të vlerës së përqendrimit të radonit.

Tabela 5.1.3.2 Varësia e C_{Rn} nga temperatura, shtypja dhe lagështia mesatare.

Nr.	$C_{Rn \text{ mes.}}$	$T_{\text{mes.}}$	P_{mes}	$Lagështia_{\text{mes.}}$
1	149	16	80	71
2	177	15	85	62
3	144	13	85	63
4	95	12	79	67
5	132	18	93	85
6	131	16	86	55
7	148	17	86	54
8	174	12	85	67
9	128	17	86	66
10	141	25	87	55

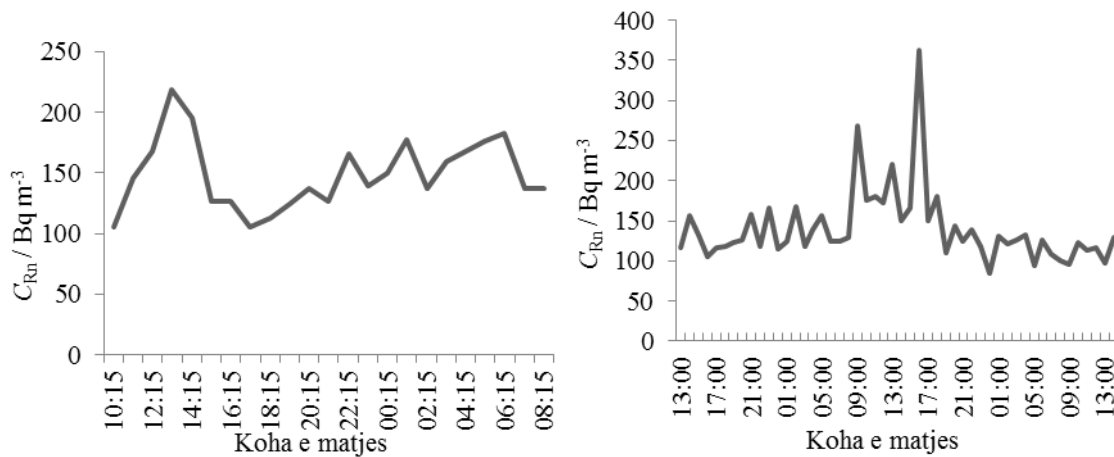


Figura 5.1.3.3 Dy monitorime të vazhdueshme me aktivitet mesatar të përqendrimit më të lartë se $200\ Bq\ m^{-3}$.

Në përqendrime të radonit brenda objekteve rol shumë të rëndësishëm luan edhe gjeologjia e Tokës në të cilën ndodhet objekti sepse dihet që strukturat e ndryshme të Tokës kanë edhe përmbajtje të ndryshme të radioizotopeve si Urani, Thoriumi, Radiumi, etj., me zbërthimin radioaktiv të të cilave vërejtet deri tek produkti i tyre radoni. Po ashtu edhe materiali ndërtimor që nganjëherë mund të ketë përmbajtje më të lartë të radioizotopeve llogaritet si një nga kontribuesit shumë të rëndësishëm të përqendrimit të radonit gjë të cilën e kemi analizuar më herët.

5.1.4 Krahasimi i rezultateve me vendet e tjera në rajon dhe botë

5.1.4.1 Vendbanimet

Vlerat tona të aktivitetit të përqendrimit të radonit në zonat e hulumtuara kishin mesatare prej 109, 111 dhe $193\ Bq\ m^{-3}$, ndërsa vlerat maksimale në këto zona janë gjetur të jenë 266, 327 dhe $868\ Bq\ m^{-3}$. Rreth 20 % nga të gjitha vendbanimet e përfshira në hulumtim kalojnë nivelin referent për ndërtesa të reja prej $200\ Bq\ m^{-3}$.

Krahasuar me hulumtimet e mëhershme në Kosovë vlerat janë më të larta se atë në vendbanimet e popullatës së Sharrit ku përqendrimi ishte $<200\ Bq\ m^{-3}$ përveç në një shtëpi⁽²⁸⁾. Po ashtu këto rezultate kalojnë edhe përqendrimin e radonit në vendbanimet e fshatrave Planej dhe Gorozhup ku vlera $400\ Bq\ m^{-3}$ është kaluar vetëm në dy nga vendbanimet⁽²⁷⁾.

Krahasuar me rezultatet e rajonit mesataret prej 109 dhe $111\ Bq\ m^{-3}$ janë më të

vogla se në Mal të Zi me një mesatare prej $175 \text{ Bq m}^{-3(22)}$ por kjo mesatare është më e ulët se ajo e zonës tonë të Stubllës prej 193 Bq m^{-3} . Gjithashtu si mesataret e po ashtu edhe vlerat maksimale janë më të larta se ato në Podgoricë⁽²³⁾ dhe në kryeqytetin e Serbisë ku vlera më e madhe është gjetur të jetë $218 \text{ Bq m}^{-3(24)}$. Vlerat tona mesatare janë më të mëdha se mesataret në Bullgari prej $90 \text{ Bq m}^{-3(19,20)}$ dhe në Slloveni prej $54 \text{ Bq m}^{-3(21)}$. Por krahasuar me studimet në Maqedoni ku nga 437 vendbanime të përfshira në hulumtim vlera 400 Bq m^{-3} është kaluar në 29 objekte⁽²⁴⁾ vetëm vlerat tona të zonës së Stubllës i tejkalojnë këto rezultate. Gjithashtu mesatarja është më e ulët edhe se mesatarja nga 110 vendbanimet e Shqipërisë prej 135 Bq m^{-3} (përveç zonës së Stubllës), Kroacisë prej 382 Bq m^{-3} , Serbisë prej 144 Bq m^{-3} (përveç zonës së Stubllës). Megjithatë edhe aktivitetet e zonës tonë të Stubllës nuk i kalojnë ato të vendbanimeve të Banjës së Nishit në Serbi^(25,26) ku në disa shtëpi vlerat kanë arritur nivelin e kBq m^{-3} .

Në vende të ndryshme të Evropës janë gjetur nivele të ndryshme të aktivitetit të përqendrimit të radonit. Krahasuar me vlerat tona në Irlandë mesatarja është shumë më e ulët prej $19 \text{ Bq m}^{-3(55)}$. Mesatarja jonë është më e lartë edhe se ajo e Greqisë prej $55 \text{ Bq m}^{-3(57)}$ dhe gjithashtu edhe se ajo e Qipros prej $102.8 \text{ Bq m}^{-3(57)}$ dhe e Hungarisë prej $79 \text{ Bq m}^{-3(86)}$. Në Portugali është gjetur një vlerë maksimale mjaft e lartë prej $3\,588 \text{ Bq m}^{-3}$ por mesatarja kishte vlerën prej $86 \text{ Bq m}^{-3(57)}$. Edhe nga hulumtimet në Spanjë është gjetur një vlerë shumë e lartë maksimale prej $15\,400 \text{ Bq m}^{-3}$ ndërsa ajo mesatare ka qenë jo e lartë se $41 \text{ Bq m}^{-3(55,56)}$. Megjithatë vlerat tona janë më të ulëta se ato të vendeve nordike ku vlerat e përqendrimeve të radonit nëpër hapësira të mbyllura në këto shtete konsiderohen si më të lartat në Botë⁽⁷⁹⁾. Këto vlera në Finlandë kanë nivelin e radonit mbi 200 Bq m^{-3} në mbi 200 000 vendbanime ndërsa atë mbi 400 Bq m^{-3} në mbi 60 000 vendbanime. Në Danimarkë po ashtu 65 000 vendbanime kanë kaluar limitin e veprimit të rekomanduar prej 200 Bq m^{-3} ndërsa 5000 prej tyre kanë kaluar limitin e veprimit efektiv prej 400 Bq m^{-3} . Në Norvegji mbi 170 000 vendbanime kanë nivelin e veprimit mbi 200 Bq m^{-3} ndërsa, në vendet nordike vlerat më të ulëta është vlerësuar të jenë në Islandë ku asnjë nga shtëpitë nuk ka kaluar limitin prej $200 \text{ Bq m}^{-3(79)}$.

Krahasuar me vendet e ndryshme të Botës mesatarja jonë e aktivitetit të përqendrimit të radonit ka vlerë mesatare më të ulët edhe se disa vende të Botës si në Kanadë⁽⁸³⁾, Iran⁽⁸⁰⁾, Indi⁽⁸¹⁾, Meksiko City⁽⁸²⁾, Francë⁽⁸⁴⁾, Ganë⁽⁸⁵⁾ dhe në disa

vende të Amerikës si Pensilvani, New Jersey-i, Florida, New England, Appalachians, Georgia, Karolinë, Wisconsin, Minnesota dhe Rocky Mountains⁽⁷⁸⁾ të cilat ndodhen në zona me aktivitet të lartë të uraniumit në tokë. Megjithatë vlerat tona janë më të larta se shumë vende tjera të Botës.

5.1.4.2 Vendet e punës

Hulumtimet tona të kryera në vende të punës nëntokësore dhe mbi Tokë të njohura si vende të punës jominiera nuk kanë dhënë nivele të larta të aktivitetit të radonit. Mesatarja e aktivitetit të përqendrimit të radonit në vendet e punës të hulumtuara ka dalë të jetë $77,35 \text{ Bq m}^{-3}$ ndërsa vlera maksimale është gjetur të jetë 360 Bq m^{-3} . Vlerat janë më të ulëta se ato të minierave dhe shpellave nëntokësore të hulumtuara më herët në Kosovë. Mesatarja gjeometrike e vlerave tona prej 61.65 Bq m^{-3} është më e lartë se mesatarja gjeometrike e vendeve të punës në Slloveni prej 58 Bq m^{-3} , Norvegji prej 44 Bq m^{-3} dhe në disa regjione të Italisë ku mesatarja gjeometrike shtrihet nga $38-118 \text{ Bq m}^{-3}$ (varësisht nga regjioni). Megjithatë mesatarja gjeometrike prej 61.65 Bq m^{-3} është më e ulët se në shumë vende të Evropës si në shkollat në Itali prej $78-129 \text{ Bq m}^{-3}$. Vlera maksimale prej 360 Bq m^{-3} është më e ulët se ajo në vende të ndryshme të punës në Botë si në Irlandë prej 2688 Bq m^{-3} , SHBA prej 2500 Bq m^{-3} , Mbretëri e Bashkuar prej 7500 Bq m^{-3} , Hungari prej 530 Bq m^{-3} , Spanjë prej 4662 Bq m^{-3} ndërsa ajo është shumë më e ulët krahasuar me vendet e punës miniera dhe shpella në shumicën e vendeve të Botës. Megjithatë kjo vlerë është më e lartë se ajo në vendet e punës në Ugandë ku vlerat kanë qenë në kufijtë $96 \pm 5 \text{ Bq m}^{-3(94)}$. Vlera mesatare e hulumtimeve tona në vende të punës prej $77,35 \text{ Bq m}^{-3}$ ka dalë të jetë më e ulët se ajo në Finlandë prej 284 Bq m^{-3} , Iran prej 256 Bq m^{-3} , Norvegji prej 88 Bq m^{-3} , Gjermani prej 171 Bq m^{-3} dhe Mbretëri e Bashkuar prej 100 Bq m^{-3} .

5.1.4.3 Shkollat

Hulumtimet tona të kryera nëpër shkollat kanë nxjerr një vlerë mesatare të përqendrimit të radonit prej 194 Bq m^{-3} me një vlerë maksimale të arritur prej 814 Bq m^{-3} . Vlera mesatare e nxjerr nga shkollat e hulumtuara ka dalë të jetë më e lartë se mesatarja në SHBA⁽⁴⁴⁾, por vlera maksimale e gjetur në SHBA ka arritur edhe nivelin 100 pCi/L ($4 \text{ pCi/L} = 150 \text{ Bq m}^{-3}$, nivel i veprimit në SHBA). Mesatarja

jonë ka dal të jetë edhe shumë më e lartë se ajo në 82 shkollat e Sudanit me një mesatare prej $59 \pm 7 \text{ Bq m}^{-3(68)}$, dhe më e lartë se mesatarja e 53 shkollave të Patras, Greqi me një shtrirje prej 10 deri $89 \text{ Bq m}^{-3(69,70)}$. Po ashtu nga hulumtimet tona në shkolla vlera mesatare ka kaluar mesataren e 30 shkollave në zonën Napolitan të Italisë me një mesatare prej $144 \text{ Bq m}^{-3(71,72)}$, dhe po ashtu numrin më të madh të shkollave të përfshira në Evropë ato të Irlandës me një mesatare prej 93 Bq m^{-3} në 38 531 shkolla të hulumtuara⁽⁷³⁾. Edhe vlerat mesatare të vendeve të tjera si ato në Amman të Jordanisë me një vlerë prej $76.8 \text{ Bq m}^{-3(74)}$ dhe në ish Jugosllavi me një vlerë prej 100 Bq m^{-3} kanë qenë më të ulëta⁽⁶¹⁾. Edhe hulumtimet në vendet e tjera si në Norvegji kanë dhënë një vlerë mesatare më të ulët prej 88 Bq m^{-3} . Ndërsa në vendet e rajonit vlerat nuk janë shumë më të ulëta se ato të fituara në hulumtimet tona. Në Slloveni studimet kanë dhënë vlerë më të ulët mesatare prej 168 Bq m^{-3} , kurse mesatarja në Serbi ka dal të jetë 118 Bq m^{-3} . Krahësuar me hulumtimet e mëhershme në Kosovë matjet në shkollat e Malishevës dhe Suharekës⁽²⁹⁾, Prizrenit⁽³⁰⁾ dhe komunës së Sharrit⁽³¹⁾ nuk kanë dhënë nivele të larta të radonit me vetëm disa raste në Prizren që kalonin vlerën 400 Bq m^{-3} nivel i adoptuar nga Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtje Radiologjike (ICRP 65)⁽¹⁵⁾ si një limit shtetëror i radonit për ndërtesat e vjetra. Mesatare më e madhe ka dal të jetë në 421 shkollat e Iranit me një vlerë prej 256 Bq m^{-3} .

6 Përfundimet

6.1 Nivelet e radonit krahasuar me studimet e vendeve tjera

Aktiviteti i përqendrimeve të radonit i matur me anë të ekspozimit të detektorëve të ngurtë të gjurmëve në periudhën prej 1 Maj deri në 1 qershor në 51 vendbanime të rajonit të Prishtinës të cilat ndodhen në afërsi të një miniere të hapur dhe dy termocentraleve me djegje të linjtit nuk ka dhënë vlera të larta. Përqendrimet e radonit shtriheshin nga 41 Bq m^{-3} deri 327 Bq m^{-3} , ndërsa dozat efektive shtriheshin prej 0.74 mSv y^{-1} deri 5.83 mSv y^{-1} . Aktivitetet e përqendrimeve të radonit kishin një vlerë mesatare prej $111 \pm 74.3 \text{ Bq m}^{-3}$ dhe dozat efektive $1.98 \pm 1.32 \text{ mSv y}^{-1}$ ndërsa vlera mesatare gjeometrike ishte $92.8 \times /: 1.8 \text{ Bq m}^{-3}$. Vlera maksimale e përqendrimeve të radonit e gjetur ishte 327 Bq m^{-3} , limiti shtetëror për ndërtesat e reja prej 200 Bq m^{-3} është kaluar në 11 nga vendbanimet, limiti shtetëror për ndërtesat e vjetra prej 400 Bq m^{-3} nuk është kaluar në asnjë rast. Përqendrimet e aktivitetit të radonit dhe dozat efektive përkatëse janë më të larta se në lokacione tjera në Kosovë dhe gjithashtu më të larta se në shumë vende fqinje dhe vende të tjera. Nuk është gjetur ndikim i termocentraleve me djegje të linjtit në përqendrimet e aktivitetit të radonit brenda vendbanimeve. Megjithatë kërkohen studime më të zgjeruara në këtë zonë. Vlerat në zonat tjera të rajonit të Prishtinës më larg termocentraleve të kryera me anë të ekspozimit të detektorëve të ngurtë për një periudhë më shumë se 6 muaj kanë dalë të jenë më të ulëta se ato të zonave afër termocentraleve. Një prej arsyeve mund të jetë koha më e gjatë e ekspozimit të detektorëve në të cilën janë përfshirë edhe muaj të sezonit veror dhe kanë rezultuar me një përqendrim mesatar më të ulët në krahasim me zonat tjera të kryera për vetëm tre muaj dhe vetëm në sezonin dimëror.

Nga këto rezultate vlera maksimale e përqendrimit të radonit ishte 266 Bq m^{-3} dhe 4.74 mSv y^{-1} për dozë efektive ndërsa vlera minimale 44 Bq m^{-3} respektivisht 0.78 mSv y^{-1} . Limiti shtetëror i adoptuar për ndërtesat e reja prej 200 Bq m^{-3} është kaluar në 2 nga shtëpitë e përfshira në hulumtim ndërsa ai 400 Bq m^{-3} për ndërtesat e vjetra nuk është kaluar në asnjë nga rastet. Gjithashtu nga analiza statistikore shihet se mesatarja aritmetike për nivelin e përqendrimit të radonit ka dalë të jetë $109,4 \text{ Bq m}^{-3}$ ndërsa 1.95

mSv y^{-1} për dozat efektive vjetore. Vlerat janë të përafërta edhe me studimet e mëhershme të kryera në Kosovë por edhe me vlerat në vendet fqinje ndërsa më të larta se në shumë vende të tjera.

Hulumtimet në vendet e punës kanë dhënë vlerë mesatare të ulët prej 77.35 Bq m^{-3} dhe 1.38 mSv y^{-1} për dozat efektive. Megjithatë vlera maksimale ka dalë të jetë 360 Bq m^{-3} që sipas legjislacionit evropian për mbrojtje nga rrezatimi aktiviteti i përqendrimit mesatar vjetor të radonit nuk duhet të kalojë vlerën prej 300 Bq m^{-3} për vende të punës. Vlerat pritej të jenë më të larta duke pasur parasysh se shumica e lokacioneve të përfshira në hulumtim kanë qenë vende të punës nëntokësore në të cilat lokacione në shumë vende të Botës janë gjetur vlera shumë të larta të aktivitetit të përqendrimeve të radonit. Një prej arsyeve kryesore të cilat kanë rezultuar me nivele jo të larta të radonit mund të jetë ventilimi i mirë i këtyre hapësirave duke pasur parasysh që ekspozimi i detektorëve është bërë në sezonin pranveror dhe dritaret mund të kenë qëndruar hapur shumicën e kohës.

Nga studimet e kryera nëpër ambiente të shkollave dhe çerdheve rezultojnë që mbi 30 % të lokacioneve të përfshira në hulumtim kanë përqendrimin e aktivitetit të radonit mbi 200 Bq m^{-3} , nivel ky i adoptuar nga vendi ynë si limit shtetëror për objekte të reja sipas ICRP 65. Po ashtu mbi 30 % të lokacioneve të përfshira në hulumtim kanë përqendrimin e aktivitetit të radonit mbi 150 Bq m^{-3} që në disa vende të Evropës dhe SHBA është nivel i veprimit. Përveç 4 lokacioneve të hulumtuara të gjitha të tjerat kanë aktivitetin e përqendrimit të radonit mbi 100 Bq m^{-3} që në disa vende është miratuar si nivel i veprimit për lokacione të tilla. Vlera mesatare e përqendrimit të radonit prej 194 Bq m^{-3} është më e madhe se vlera mesatare në shumë vende fqinje dhe vende të tjera. Po ashtu vlera maksimale e arritur prej 814 Bq m^{-3} është vlera më e madhe e arritur në mjediset e shkollave në Kosovë dhe më e madhe se në shumë vende të tjera.

Vlerat e arritura në zona të prirura të radonit si ajo e Stubllës të Vitisë janë prej më të lartave të arritura në vendbanime në Kosovë. Vlera maksimale e aktivitetit të përqendrimit të radonit prej 868 Bq m^{-3} respektivisht dozës efektive prej 15.46 mSv y^{-1} është më e lartë edhe se shumë vlera në vendet fqinje përveç në zonën e Banjës së Nishit në Serbi në të cilën në vendbanime janë regjistruar vlera edhe deri në mijëra Bq m^{-3} .

Aplikimi i metodave të ndryshme aktive dhe pasive kanë çuar tek rezultate të përafërta që tregojnë për një saktësi të lartë të metodave të përdorura gjatë këtij hulumtimi.

Varshmëria nga parametrat e ndryshëm në të shumtën e rasteve ka treguar një korelacion të mirë. Varshmëria nga lokacioni i matjes, kati, koha, temperatura, shtypja,

lagështia, lloji i ventilimit të objekteve, struktura gjeologjike e Tokës, vjetërsia e objekteve dhe struktura e tyre kanë rezultuar edhe me variacione në aktivitetin e përqendrimeve të radonit. Një parametër shumë i rëndësishëm në përqendrimin e radonit brenda lokacioneve të studiuara ka qenë materiali ndërtimor i përdorur në ndërtimin e objekteve. Veçanërisht në zonën e Stubllës korelacioni ndërmjet përqendrimit të radonit dhe llojit të materialit ndërtimor ka treguar se materiali ndërtimor është njëri nga faktorët kryesor që mund të çon deri në nivele të larta të radonit brenda hapësirave të objekteve.

6.2 Rekomandimet dhe aktivitetet në të ardhmen

Shkalla e dozës jonizuese dhe vlerësimet e rrezikut të shëndetit të popullatës së Kosovës që vijnë nga ekspozimet e larta ndaj radonit janë të lidhura me mungesën e studimeve të plota dhe të dhënave të sakta duke përdorur metodologjitë më të avancuara në këtë fushë.

Meqënëse gazi radioaktiv i radonit rrjedh nga zbërthimi radioaktiv i izotopeve të uraniumit, toriumit dhe radiumit, përcaktimi i përmbajtjes së këtyre radioizotopeve në Tokë është një tregues i niveleve të radonit brenda lokacioneve të mbyllura. Prandaj, nevoja e një studimi rreth përmbajtjes së radioizotopeve në Tokë dhe po ashtu në materialin ndërtimor të përdorur në ndërtimin e objekteve në zona të ndryshme të Kosovës ka si pasojë edhe mosidentifikimin e zonave të prirura të radonit. Gjithashtu edhe mungesa e studimeve të thelluara rreth strukturave të ndryshme gjeologjike/gjeokimike në zona të ndryshme të Tokës të cilat çojnë në variacionet e daljes së radonit nga Toka dhe niveleve të tij brenda ka si pasojë mungesën e të dhënave të mjaftueshme për varshmërinë e përqendrimeve të radonit nga gjeologjia e Tokës.

Studimet në zona me aktivitet më të lartë të përqendrimit të radonit tregojnë për një ekspozim të lartë të popullatës dhe në ato zona në të ardhmen hulumtimet duhet të thellohen në shkaktarin e saktë të niveleve të larta të radonit brenda vendbanimeve të tyre dhe zgjerimin e identifikimit të zonave tjera të prirura edhe në pjesë tjera të Kosovës. Gjithashtu rekomandohet edhe përdorimi i metodave të shumta për reduktimin e niveleve të larta të radonit në disa lokacione me aktivitet shumë të lartë se kufijtë e lejuar për këto mjedise.

Në Kosovë ka pasur disa hulumtime nëpër miniera dhe shpella nëntokësore rreth niveleve të ekspozimit ndaj radonit të punonjësve dhe vizitorëve në këto mjedise por

këto hulumtime rekomandohet të thellohen edhe me matje afatgjata dhe me numër më të madh të pikave të matjeve. Gjithashtu përveç minierave dhe shpellave nëntokësore edhe vendet tjera të punës nëntokësore dhe ato mbi tokë kërkojnë hulumtime më të detajuara.

Nivele të larta të ekspozimit ndaj radonit janë gjetur në banja termale dhe në tunele nëntokësore në shumë vende të Botës prandaj vazhdimi i hulumtimit edhe në këto mjedise do të jepte një pasqyrë më të plotë të ekspozimit të popullatës dhe punonjësve.

Në zonat me ndotje më të lartë të mjedisit si në ato ku ndodhen minierat, termocentralet dhe fabrikat që ndotin mjedisin, ekspozimit ndaj radonit duhet ti kushtohet kujdes më i lartë. Duke pasur parasysh faktin se në Kosovë në luftën e fundit gjatë bombardimeve të NATO-s janë përdorur projektile me përmbajtje të uranimit të varfëruar i cili mund të çon në rritjen e niveleve të radonit edhe në mjediset e brendshme të objekteve kërkohet një hulumtim më gjithëpërfshirës brenda lokacioneve afër këtyre pikave për të minimizuar shqetësimet e popullatës.

Në shumë vende të Botës dhe të Evropës mjediseve ku frekuentojnë fëmijët si çerdhe, shkolla dhe institucione të tjera u kushtohet shumë kujdes në nivelin e ekspozimit ndaj radonit. Gjetja e fondeve për një hulumtim gjithëpërfshirës duke përfshirë të gjitha institucionet shkollore dhe të gjitha klasat ku zhvillohet mësimi më nxënës duhet të jetë një prioritet shtetëror.

Po ashtu me anë të bashkëpunimeve ndërkombëtare dhe projekteve të financuara nga fondet e dedikuara për këtë qëllim rekomandohet zgjerimi i hulumtimeve në sa më shumë vendbanime në mënyrë që të identifikohet edhe ndonjë zonë tjetër me aktivitet të lartë që nuk është identifikuar deri më tani.

Pas kryerjes së hulumtimeve të përmendura më sipër do të bëhet e mundur krijimi i një baze për një program mbikqyrës të radonit dhe marrjen e masave për reduktim në zonat me nivele të larta të përqendrimit. Gjithashtu bashkëpunimi ndërkufitar duke bërë edhe krahasimin e rezultateve do të krijojë një bazë më të mirë për një partneritet ndërkombëtar për të respektuar protokollet ndërkombëtare sa i përket vlerave të lejuara.

Vazhdimi i hulumtimit dhe matjet e radonit në Kosovë rekomandohet të bëhet në mënyrë sistematike për të arritur tek rezultatet e dëshiruara dhe vlerësimi i dozave sa më të sakta që pranojnë popullata duke përdorur protokollet dhe standardet më të reja ndërkombëtare.

6.3 Kontributi i studimit

Prej kontributeve që mund të sjell ky hulumtim mund të përmendim:

- Identifikimi dhe mbikëqyrja e nivelit të përqendrimit të radonit sidomos në rastet e niveleve të larta të ekspozimit dhe rekomandimet për reduktim të nivelit në këto mjedise;
- Vendosja e një baze për hulumtime më të zgjeruara të vendeve të punës nëntokësore (jo miniera), vendet me ndotje të mjedisit, zonat e prirura dhe ato të goditura me uranium të varfëruar, zonat më të ekspozuara nga fëmijët etj.
- Kontribut në krijimin e programit të mbikqyrjes së radonit në shkollat e Kosovës;
- krahasimi i vlerave me standardet dhe protokollet ndërkombëtare;
- krahasimi i vlerave me shtetet e rajonit dhe krijimi i një baze për bashkëpunim ndërkufitar;
- Vendosja e bashkëpunimit dhe partneritetit ndërkombëtar lidhur me standardet dhe protokollet ndërkombëtare sa i përket vlerave të lejueshme;
- prezantimi i rezultateve në manifestime vendore si në konferenca dhe simpoziume të ndryshme;
- kontributi për plotësimin e hartës së radonit në nivel Evropian;
- Hulumtimi do të mundësojë sjelljen e informacioneve sa më të sakta rreth shkallës së përqendrimit të radonit në objekte të ndryshme të Kosovës.
- Gjithashtu do të jep informacione sa më të plota të dozës së rrezatimit të pranuar nga popullata dhe lidhja me rreziqet shëndetësore për shkak të ekspozimit ndaj këtij rrezatimi jonizues. Rezultatet gjithashtu do të kontribojnë në krijimin e standardeve shtetërore (në Kosovë) lidhur me nivelin e lejueshëm të përqendrimit të radonit në mjedis.

7 Mirënjohjet

- Instituti Jožef Shtefan, Qendra e Radonit, Lublanë, Slloveni – përkrahje të vazhdueshme si në kalibrim të aparaturës PRM 145 dhe qelive shintiluese, konsultime dhe përkrahje profesionale etj;
- Instituti i Radiokimisë dhe Radioekologjisë në Universitetin e Pannonisë, Qendra e radonit, Veszprem, Hungari – përkrahje të vazhdueshme si në furnizim dhe zhvillim të DN CR-39, qëndrim njëmuor në këtë institut për qëllime hulumtimi;
- Ministria e Arsimit, Shkencës dhe Teknologjisë e Kosovës– përkrahje në projektin “Ekspozimi ndaj radonit në mjediset e shkollave në Kosovë”, përkrahje në mobilitete jashtë vendit si në Lublanë-Slloveni, Veszprem-Hungari;
- Universiteti Publik i Prizrenit, Prizren, Kosovë, përkrahje me aparaturën PRM 145;
- Instituti i Mjekësisë së Punës, Obiliq, Kosovë, - përkrahje me aparaturën CRM-510;
- Ambasada e SHBA në Prishtinë, Kosovë – përkrahje me aparaturën **Alpha GUARD** Radon Monitoring System.

8 Referencat

1. Green, B M R, Larmour, R, Miles, J C H, Rees, D M and Ledgerwood, F K: Radon in Dwellings in Northern Ireland. A report for the Northern Ireland Environment Agency (2009).
2. Nero, A. V. Radon and its decay products in indoor air: an overview. In: Radon and Its Decay Products in Indoor Air. Nazaroff, W. W. and Nero, A. V., Eds. John Wiley & Sons, pp. 1–53 (1988).
3. Etiope, G. and Martinelli, G. Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview. *Phys. Earth. Planet In.* 129, 185–204 (2002).
4. United Nations (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly, with Annexes. United Nations Sales Publication (2000).
5. Knutson, E. O. Modelling indoor concentrations of radon's decay products. In: Radon and Its Decay Products in Indoor Air. Nazaroff, W. W. and Nero, A. V., Eds. John Wiley & Sons, pp. 161–202 (1988).
6. Darby, S. et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *Br. Med. J.* 330, 223–226 (2005).
7. Dollani, K. Dozimetria dhe mbrojtja nga rrezatimi, Tiranë, 2007.
8. Ishimori, Y. K., Lange, P., Martin, Y.S., Mayya, M. and Phaneuf, M. Measurement and Calculation of Radon Releases from NORM Residues, Technical Reports Series No. 474, IAEA, Vienna, 2013.
9. Wilkening, M. Radon in the environment, *Studies in the environmental science* 40, New York, (1990).
10. IARC (International Agency for Research on Cancer). “Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans man-made mineral fibres and radon“ Volume 43, IARC, Lyon, (1988);

11. WHO (World Health Organization), Updating and revision of the Air Quality Guidelines For EUROPE (Report on a WHO Working Group) WHO Report ER /ICP/ EHAZ 9405/MT09 ,Copenhagen, Denmark, (1996);
12. Vaupotič, J., Kobal, I. and Planinić, J. Long-term radon investigation in four selected kindergartens in different geological and climate regions of Slovenia. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 238, 61–66 (1998);
13. Radon Measurements in Schools, Revised Edition, United States Environmental Protection Agency, Air and Radiation (6609J), EPA 402-R-92-014, July 1993.
14. Spencer, Jon E. Radon Gas: A Geologic Hazard in Arizona, Arizona, Arizona Geological Survey 845 N. Park Ave., Suite 100 Tucson, Arizona 85719 (602) 882-4795 1992;
15. International Commission on Radiological Protection. Protection against radon-222 at home and at work. ICRP Publication 65 (Oxford: Pergamon Press) (1994).
16. Stojanovska Z., Januseski J., Boev B. and Ristova M. Indoor Exposure of Population to Radon in the FYR of Macedonia, *Radiat. Prot. Dosim.* 148, 162–167 (2012).
17. Ivanova, K., Stojanovska, Z., Badulin, V. and Kunovska, B. Pilot survey of indoor radon in the dwellings of Bulgaria, *Radiation Protection Dosimetry* 157, 594-599 (2013).
18. Nafezi, G., Gregorič, A., Vaupotič, J., Bahtijari, M. and Kuqali, M. Radon levels and doses in dwellings in two villages in Kosovo, affected by depleted Uranium, *Radiat. Prot. Dosim.* 130, 331–339, (2014).
19. Pressyanov, D. S. Radon research and practice in Bulgaria – from retrospective measurements to mitigation, *Nukleonika*, 55(4), 477–482. (2010).
20. Ivanova, K., Stojanovska, Z., Badulin, V. and Kunovska, B. Pilot survey of indoor radon in the dwellings of Bulgaria, *Radiation Protection Dosimetry* 157, 594-599 (2013).
21. Vaupotič, J. Indoor Radon In Slovenia. *Nucl. Technol. Radiat. Prot.* 18, 36–43 (2003).

22. Antovic, N., Vukotic, P., Zekic, R., Svrkota, R. and Ilic, R. Indoor radon concentrations in urban settlements on the Montenegrin Coast. *Radiat. Meas.* 42, 1573–1579 (2007).
23. Vukotić, P., Antolić, N., Zekić, P., Svrkota, R., Mrdak, R., Rudman, D., Kobal, I. and Ilić, R. Indoor radon concentrations in the capital of Montenegro. *Montenegrin Acad. Sci. Arts* 17, 85–95 (2007).
24. Popović, D. and Todorović, D. Radon indoor concentrations and activity of radionuclides in building materials in Serbia. *Facta Universitatis. Phys. Chem. Technol.* 4, 11–20 (2006).
25. Žunić, Z. S., Kobal, I., Vaupotič, J., Kozak, K., Mazur, J., Birovljev, A., Janik, M., Čeliković, I., Ujić, P., Demajo, A., Krstić, G., Jakupi, B., Quarto, M., and Bochicchio, F. High natural radiation exposure in radon spa areas: a detailed field investigation in Niška Banja (Balkan region). *J. Environ. Radioact.* 89, 249–260 (2006).
26. Žunić, Z. S., Yarmoshenko, I. V., K. Kelleher, K., Paridaens, J., Mc Laughlin, J. P., Čeliković, I., Ujić, P., Onischenko, A. D., Jovanović, S., Demajo, A., Birovljev, A. and Bochicchio, F. Comparison of retrospective and contemporary indoor radon measurements in a high-radon area of Serbia. *Sci. Total Environ.* 387, 269–275 (2007).
27. Jakupi, B., Bytyçi, M., Todorović, Z., Antanasijević, R., Pereygin, V. P. and Stetsenko, S. G. Tracks of heavy charged particles in some natural minerals. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* 17, 55–57 (1990).
28. Bahtijari, M., Vaupotič, J., Gregorič, A., Stegnar, P. and Kobal, I. Exposure to radon in dwellings in the Sharri community, Kosovo. *Radiat. Prot. Dosim.* 130, 244–248 (2008).
29. Bahtijari, M., Halimi, Y., Ylli, F. and Koço, D. Indoor radon concentration of Malisheva and Suhareka Municipality schools. *Albanian J. Nat. Tech. Sci.* 11, 346–349 (2006).
30. Bahtijari, M., Stegnar, P., Shemsidini, Z., Kobal, I. and Vaupotič, J. Indoor air radon concentration in schools in Prizren, Kosovo. *Radiat. Prot. Dosim.* 121, 469–473 (2006).
31. Bahtijari, M., Stegnar, P., Shemsidini, Z., Ajazaj, H., Halimi, Y., Vaupotič, J. and Kobal, I. Seasonal variation of indoor air radon concentration in schools in Kosovo. *Radiat. Meas.* 42, 286–289 (2007).

32. Kobal, I., Smodiš, B. and Škofljanec, M. Radon-222 air concentrations in the Slovenian karst caves of Yugoslavia. *Health Phys.* 50, 830–834 (1986).
33. Cigna, A. A. Radon in caves. *Int. J. Speleol.* 34, 1–18 (2005).
34. Field, M. S. Risks to cavers and cave workers from exposures to low-level a radiation from ^{222}Rn decay in caves. *J. Cave Karst Stud.* 69, 207–228 (2007).
35. Hakl, J., Hunyadi, I. and Várhegyi, A. Radon monitoring in caves. In: *Radon Measurements by Etched Track Detectors*. Durrani, S. A. and Ilić, R., Eds. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., pp. 261–283 (1997).
36. Bahtijari, M., Vaupotič, J., Gregorič, A., Stegnar, P. and Kobal, I. Exposure to radon in the Gadime Cave, Kosovo *J. Environ. Radioact.* 99, 343–348 (2008).
37. Vaupotič, J., Ančik, M., Škofljanec M. and Kobal, I. Alpha scintillation cell for direct measurement of indoor radon, *Journal of Environmental Science and Health. Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology* Volume 27, Issue 6, 1535-1540, 1992.
38. Anaam Yassen Hassen, Nada Farhan Khadhm, Evaluation of the uranium concentrations in human tissues samples by fission fragments induced using CR-39 nuclear Track detector, *IJAIEEM*, Volume 3, Issue 9, September 2014.
39. Mayles P., Nahum A., and Rosenwald J.C. *Handbook of Radiotherapy Physics, Theory and practice*, New York, 2007.
40. Hendee, W.R., *Medical Radiation Physics*, 2nd Ed., Yearbook Medical Publishers, Inc., Chicago, IL, 1979.
41. Baltas D., Sakelliou L., Zamboglou N. *The physics of modern brachytherapy for oncology*, New York, 2007.
42. Sas, Z., Somlai, J., Jónás, J., Szeiler, G., Kovács, T., Gyöngyösi, Cs. and Sydó, T. *Radiological Survey of Hungarian Clays; Radon Emanation And Exhalation Influential Effect Of Sample And Internal Structure Conditions*, 2012.
43. Vaupotič, J., Gregorič, A., Kobal, I., Kozak, P. K., Mazur, J., Kochowska, E. and Grzadziel, D. Radon concentration in soil gas and radon exhalation rate at the Ravne Fault in NW Slovenia, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 895–899, 2010.

44. United States Environmental Protection Agency, Air and Radiation, 6609J, EPA 402-R-92-014, Radon Measurements in Schools, Revised Edition, July, 1993.
45. Guide for Radon Measurements in Public Buildings (Schools, Hospitals, Care Facilities, Detention Centres), Health Canada Pub.: 4175 Cat.: H128-1/08-544E, ISBN: 978-1-100-10183-5.
46. Radiation Protection against Radon in Workplaces other than Mines, SAFETY REPORTS SERIES No. 33, Jointly Sponsored by the International Atomic Energy Agency And the International Labour Office International, International Atomic Energy Agency Vienna, 2003.
47. UNSCEAR 2006 Report, Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces. Annex E, Volume II.
48. UNSCEAR 2006 Report, Exposures from natural radiation sources, Annex B.
49. A Review of Radon Doses, Jing Chen, Radiation Protection Bureau, Health Canada, Radiation Protection Management, Volume 22, No. 4, 2005.
50. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, SAFETY SERIES No. 115, Dose limits, Schedule II, 91-180, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1996.
51. RADIATION DOSE ASSESSMENT GUIDELINE RSG05, Department of Industry and Resources, ZMR001DU/R. December 1997.
52. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing, Volume 57, 17 January 2014.
53. Radon in Homes, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency 2011.
54. Radon in Homes and Other Dwellings, BC Centre for Disease Control, October 2013.
55. Holmgren, Olli and Arvela, Hannu. Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries, STUK-A251, MARCH 2012.
56. Radon Group, Latest news about radon Mapping in Spain, University of Cantabria, 11th INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE GEOLOGICAL

- ASPECTS OF RADON RISK MAPPING September 18th-20th, Prague, Czech Republic, June 2012.
57. EUROPEAN COMMISSION, Joint Research Centre, AN OVERVIEW of radon surveys in Europe, G. Dubois Radioactivity Environmental Monitoring Emissions and Health Unit, 2005.
58. Official Journal of the European Union, Commission Recommendation of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon (90/143/Euratom). OJ L-80 of 27/03/90, page 26.
59. Kathleen J. And Miller Michael A. Radon and you: Promoting public awareness of radon in montana's air and groundwater, Coffey Montana Bureau of Mines and Geology 1998.
60. ZUNIC, Z. S., CARPENTIERI, C., STOJANOVSKA, Z., ANTIGNANI, S., VESELINOVIC, N., TOLLEFSEN, T., CARELLI, V., CORDEDDA, C., CUKNIC, O., FILIPOVIC, J., BOSSEW, P. and BOCHICCHIO, F. SOME RESULTS OF A RADON SURVEY IN 207 SERBIAN SCHOOLS, First East European Radon Symposium – FERAS 2012, September 2–5, 2012, Cluj-Napoca, Romania, Rom. Journ. Phys., Vol. 58, Supplement, P. S320–S327, Bucharest, 2013.
61. INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN KINDERGARDENS FROM DIFFERENT REGIONS OF YUGOSLAVIA, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 45 No. ¼ pp. 487-493, Nuclear Technology Publishing, 1992.
62. Vaupotič, J., Križman, M., Planinić, J., Pezdič, J., Adamič, K., Stegnar, P. and Kobal, I. SYSTEMATIC INDOOR RADON AND GAMMA MEASUREMENTS IN KINDERGARDENS AND PLAY SCHOOLS IN SLOVENIA, Health Physics, 550-556, Volume 66 - Issue 5, May 1994.
63. Vaupotič, J., Križman, M., Planinić, J. and Kobal, I. Radon level reduction in two kindergartens in Slovenia, Health Phys. ;66(5):568-72. May, 1994.
64. Vaupotič, J., Šikovec, M. and Kobal, I. SYSTEMATIC INDOOR RADON AND GAMMA-RAY MEASUREMENTS IN SLOVENIAN SCHOOLS, Health Physics, 78(5), 559-562, May, 2000.
65. Vaupotič, J., Hunyadi I. and Baradács, E. Thorough investigation of radon in a school with elevated levels, Radiation Measurements 34 477–482, (2001).

66. Banjanac, R., Dragić, A., Grabež, B., Joković, D., Markushev, D., Panić, B., Udovičić, V. and Aničin, I. INDOOR RADON MEASUREMENTS BY NUCLEAR TRACK DETECTORS: APPLICATIONS IN SECONDARY SCHOOLS, FACTA UNIVERSITATIS Series: Physics, Chemistry and Technology Vol. 4, No 1, 2006, pp. 93 – 100.
67. NÉMETH, Cs., SOMLAI, J. and KANYÁR B., MEASUREMENTS OF DOSE RATE AND RADON GAS CONCENTRATION IN SCHOOLS AND KINDERGARTENS CONSTRUCTED WITH USING COAL-SLAG AS BUILDING MATERIAL, Radon in the Living Environment, Athens, Greece, 19-23 April, 1999.
68. Abd-Elmoniem Elzain, A. Assessment of Indoor Radon Doses Received by the Students and Staff in Schools in some Towns in Sudan, International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064 Index Copernicus Value, (2013).
69. Clouvas A. And Xanthos S, Takoudis G., Indoor radon levels in Greek schools, J Environ Radioact. ;102(9):881-5, Sep. 2011.
70. Papaefthymiou, H. and Georgiou, C. D. INDOOR RADON LEVELS IN PRIMARY SCHOOLS OF PATRAS, GREECE, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 124, No. 2, pp. 172–176, (2007).
71. Rosabianca Trevisi, Federica Leonardi, Carla Simeoni, Sabrina Tonnarini and Miriam Veschetti. Indoor radon levels in schools of South-East Italy, Journal of Environmental Radioactivity 112 160-164, (2012).
72. Venoso, G., De Cicco, F., Flores, B., Gialanella, L., Pugliese, M., Roca, V. And Sabbarese, C. Radon concentrations in schools of the Neapolitan area, Radiation Measurements Volume 44, Issue 1, Pages 127–130, January 2009.
73. Synnott, H., Hanley, O., Fenton, D. and Colgan, P.A. Radon in Irish schools: the results of a national survey, *J. Radiol. Prot.* 26 85 doi:10.1088/0952-4746/26/1/005, 2006.
74. Kullab, M.K., Al-Bataina, B. A., Ismail, A. M., Abumurad K.M. and Ghaith, A. Study of radon-222 concentration levels inside kindergartens in Amman, Radiat. Meas. 28, 699–702 (1997).

75. Rushing, D. A., Garcia, W. J. and Clark, D. A. Analysis of effluents and environmental samples. IAEA symp. Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials, p. 184-197. International Atomic Energy Agency (1964).
76. Kristan, J. and Kobal, I. A modified scintillation cell for the determination of radon in uranium mine atmosphere. *Health Phys.* 24, 103–104 (1973).
77. Radon exposure and Canadian Homes, The Canadian Real Estate Association, September 2007.
78. William & Mary. Environmental Law and Policy Review, The Legal Implications of Residential Radon Contamination: The First Decade Robert D. King, Volume 18 | Issue 1, Article 4, 1993.
79. Recommendations for radon in dwellings in the Nordic countries, Norwegian Radiation Protection Authority, Swedish Radiation Safety Authority, Iceland Radiation Safety Authority 15.9.2009.
80. Kamal Hadad, R. And Doulatdar, S. Mehdizadeh, Indoor radon monitoring in Northern Iran using passive and active measurements, *Journal of Environmental Radioactivity*, 95, 39-52, (2007).
81. Rohit Mehra and Pankaj Bala. Estimation of annual effective dose due to Radon level in indoor air and soil gas in Hamirpur district of Himachal Pradesh, *Journal of Geochemical Exploration*, 142, 16–20, (2014).
82. -Marin, F., Segovia, N., Ruiz, W., Godinez, L., Tavera, L., Lopez, A., Chavez, A., Peñab, P. and Ponciano, G. Short and long term indoor radon survey in Mexico City, *Radiation Measurements*, 34, 545–548, (2001).

83. Demoury, C., Ielsch, G., Hemon, D., Laurent, O., Laurier, D. And Clavel, J. A statistical evaluation of the influence of housing characteristics and geogenic radon potential on indoor radon concentrations in France Guillevic, *Journal of Environmental Radioactivity*, 126, 216-225, (2013).
84. Nsiah-Akoto, I., Fletcher, J.J., Oppon, O.C. and Andam, A.B. Indoor Radon Levels and the Associated Effective Dose Rate Determination at Dome in the Greater Accra Region of Ghana, *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 3(2): 124-130, 2011.
85. Szeiler, G., Somlai, J., Ishikawa, T., Omori, Y., Mishra, R., Sapra, B. K., Mayya, Y. S., Tokonami, S., Csordás, A. and Kovács, T. PRELIMINARY RESULTS FROM AN INDOOR RADON THORON SURVEY IN HUNGARY, *Radiation Protection Dosimetry*, pp. 1–4, (2012).
86. Kremena Ivanova, Zdenka Stojanovska, Viktor Badulin and Bistra Kunovska. PILOT SURVEY OF INDOOR RADON IN THE DWELLINGS OF BULGARIA, *Radiation Protection Dosimetry*, pp. 1–6, (2013).
87. VAUPOTIČ, J. INDOOR RADON IN SLOVENIA, *Nuclear Technology & Radiation Protection*, 2/2003.
88. Vaupotič, J., Čeliković, I., Smrekar, N., Žunić, Z. S. and Kobal, I. Concentrations of ^{222}Rn and ^{220}Rn in Indoor Air, *Acta Chim. Slov.*, 55, 160–165, 2008.
89. Gavin K. Gillmore, Paul S. Phillips, Gillian Pearce, Antony Denmman and Malcolm Sperrin. Radon Levels in Abandoned Metalliferous Mines, Devon, Southwest England *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 49(3):281-92, 08/2001.
90. Petra ŽVAB, Janja VAUPOTIČ and Tadej DOLENEC. Reasons for Elevated Radon Levels Inside the Building in Divača, *Geologija*, Vol. 49, no. 2, , 409-415, (2006).
91. Norbert Kávási, Tamás Vigh, Tibor Kovács, Janja Vaupotič, Viktor Jobbágy, Tetsuo Ishikawa and Hidenori Yonehara. Dose estimation and radon action level problems due to nanosize radon progeny aerosols in underground manganese ore mine, *Journal of Environmental Radioactivity*, 1-7, (2011).

92. Somlai, J., Szeiler, G., Szabó, P., Várhegyi, A., Tokonami, S., Ishikawa, T., Sorimachi, A., Yoshinaga S. and Kovács, T. Radiation dose of workers originating from radon in the show Cave of Tapolca, Hungary, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 279, No.1, 219–225, (2009).
93. Saphina Biira, Akisophel W. Kisolo and Florence Mutonyi D’ujanga. Concentration levels of radon in mines, industries and dwellings in selected areas of Tororo and Busia districts, Eastern Uganda, *Advances in Applied Science Research*, 2014, 5(6):31-44.
94. Quindós Poncela, L., Fernández, P., Gómez Arozamena, J. and Bordonoba Perez, M. RADON EXPOSURE IN URANIUM MINING INDUSTRY VS. EXPOSURE IN TOURIST CAVES, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 111, No. 1, pp. 41-44, 2004.
95. Joachim Gräser, Valeria Gruber and Wolfgang Ringer, Comprehensive investigation of radon exposure in Austrian tourist mines and caves, National Radon Centre, Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES), *Radiat Prot Dosimetry*. 162(1-2):78-82, Nov. 2014.
96. Dixon, D. W. EXPOSURE TO RADON IN CAVES AND ABANDONED MINES, IRPA9: International Congress On Radiation Protection. Proceedings. Volume 4, 1996.
97. Janja Vaupotič and Ivan Kobal. RADON SURVEY AND EXPOSURE ASSESSMENT IN HOSPITALS, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 121, No. 2, pp. 158–167, (2006).
98. Janja Vaupotič and Acta Carsologia. RADON LEVELS IN KARST CAVES IN SLOVENIA, Vol 39, No 3 (2010).
99. Advisory Group on Ionising Radiation, Radon and Public Health, Report of the independent Documents of the Health Protection Agency, Radiation, Chemical and Environmental Hazards, June 2009.
100. World Health Organization, WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE, 2009.
101. Jon E. Spencer, Radon Gas, A geological hazard in Arizona, Arizona geological survey, Down-to-Earth series 2, 1992.

102. EPA, Consumer's Guide To Radon Reduction, How to fix your home, 2003.
103. National Radiological Protection Board. Radiation exposure of the U. K. population. Radiol. Prot. Bull. 39, 3 (1981).
104. Morina, I., Dragusha, B., Dvorani, S. and Riesbeck, F. Chemical characteristics of lignite ash from Power Plant Kosova A and local geological settings in Kosova near Prishtina. WSEAS Trans. Environ. Dev. 4 (8), 168e178. E-ISSN: 2224-3496 (2012).
105. UNDP, Energy for Development. HUMAN DEVELOPMENT REPORT, 2007.
106. Seredin, V.V. and Finkelman, R.B. Metalliferous coals: a review of the main genetic and geochemical types. Int. J. Coal Geol. 76 (4) 253-289 (2008).
107. Meij, R. The distribution of trace elements during the combustion of coal. Environmental Aspects of Trace Elements in Coal Energy & Environment. 2, 111-127 (1995).
108. Amin, Y.M., Khandaker, M.U., Shyen, A.K.S., Mahat, R.H., Nor, R.M. and Bradley, D.A. Radionuclide emissions from a coal-fired power plant, Applied Radiation and Isotopes. 80 109–116 (2013).
109. Xhixha, G., Bezzon, G.P., Broggini, C., Buso, G.P., Caciolli, A., Callegari, I., De Bianchi, S., Fiorentini, G., Guastaldi, E., Mantovani, F., Massa, G., Menegazzo, R., Mou, L., Pasquini, A., Rossi Alvarez, C., Shyti, M., and Xhixha M.K. The worldwide NORM production and a fully automated gamma-ray spectrometer for their characterization. J. Radioanal. Nucl. Chem. 295, 445-457 (2013).
110. Papastefanou, C. Escaping radioactivity from coal-fired power plants (CPPs) due to coal burning and the associated hazards: a review. J. Environ. Radioact. 101, 191-200 (2010).
111. Adrovic, F., Ninkovic, M. and Todorovic, D. Natural Radionuclides and Radiation Measurements in the Vicinity of the Kosovian Coal-Fired Power Plants, IRPA Regional Symposium Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe. Prague. 334-336 (1997).

112. Hasani, F., Shala, F., Xhixha, G., Xhixha, M.K., Hodolli, G., Kadiri, S., Bylyku, E. and F. Cfarku. Naturally occurring radioactive materials (NORMs) generated from lignite-fired power plants in Kosovo, *Journal of Environmental Radioactivity* 138 156-161 (2014).
113. Jeffrey C. Callahan. USAID KOSOVO PRIVATE ENTERPRISE PROGRAM (KPEP), Construction in Kosovo Growing Opportunities for Kosovo Building Materials Manufacturers, AUGUST 6, 2009.
114. Hofmann, J., Leicht, R., Wingender, H. J. and Worner, J. Natural radionuclide concentrations in material processed in the chemical industry and the related radiological impact. Report EUR 19264. Directorate General Environment, European Commission (2000).
115. IAEA, International Atomic Energy Agency. Extent of environmental contamination by naturally occurring radioactive material (NORM) and technological options for mitigation. Technical Report. IAEA (2003).
116. Ashraf E.M. Khater, Layla H. Al-Mobark, Amany A. Aly and A. M. Al-Omran, NATURAL RADIONUCLIDES IN CLAY DEPOSITS: CONCENTRATION AND DOSE ASSESSMENT, *Radiation Protection Dosimetry* (2013), pp. 1–10.
117. Szeiler, G., J. Somlai, J., Ishikawa, T., Omori, Y., Mishra, R., Sapra, B.K., Mayya, Y.S., Tokonami, S., Csordás, A and Kovács, T. PRELIMINARY RESULTS FROM AN INDOOR RADON THORON SURVEY IN HUNGARY, *Radiation Protection Dosimetry*. 1–4 (2012.).
118. Zunic, Z.S., Fujimoto, K., Laughlin, J.P.Mc. and Birovljev A.,: Field Experience of Indoor Thoron Gas Measurements In A Stable Rural Community in Yugoslavia, *Proceedings, IRPA 10, 10th International Congress of The International Radiation Protection Association "Harmonization of Radiation, Human Life and the Ecosystem"*, International Conference Center Hiroshima, May 14-19,2000, Hiroshima, Japan, CD-ROM P-1b-15/1-5, (2000).

119. Zunic, Z.S., Laughlin, J.P.Mc. Walsh, C., Birovljev, A., Simopoulos, S.E., Jakupi, B., Gordanic, V., Demajo, M., Trotti, F., Falk, R., Vanmarcke, H., Paridaens, J. and Fujimoto, K. (1999): Elevated Natural Radiation Exposures in a Rural Community in Yugoslavia, IRPA Regional Congress On Radiation Protection in Central Europe, Budapest, , Proceedings ISBN 963 80 51 884, ed. Sandor Deme (CD-ROM). 23-27 August, 1999.
120. Žunić, Z. S., Kobal, I., Vaupotič, J., Kozak, K., Mazur, J., Birovljev, A., Janik, M., Čeliković, I., Ujić, P., Demajo, A., Krstić, G., Jakupi, B., Quarto, M. and Bochicchio, F. High natural radiation exposure in radon spa areas: a detailed field investigation in Niška Banja (Balkan region). *J. Environ. Radioact.* 89, 249–260 (2006).

Indeksi i Figurave

- Figura 1.1: Burimet dhe shpërndarja mesatare e rrezatimit natyror për popullatën e Botës sipas UNSCEAR 2000 2
- Figura 2.2.1.1: Skema e zbërthimit radioaktiv të ^{226}Ra 6
- Figura 2.2.4.6.1: Mesatarja e dozave relative natyrore dhe atyre të shkaktuara nga njeriu në botë 25
- Figura 2.2.2.1.1: *Seritë e zbërthimit të uraniumit*. Nga zbërthimi alfa i ^{226}Ra vie deri tek ^{222}Rn 27
- Figura 2.2.2.1.2: *Seritë e zbërthimeve të toriumit*. Nga zbërthimi alfa i ^{224}Ra vie deri tek ^{220}Rn 28
- Figura 2.2.2.1.3: *Seritë e zbërthimeve të aktiniumit*. Nga zbërthimi alfa i ^{223}Ra vie deri tek ^{219}Rn 28
- Figura 2.2.2.1.4: Proceset që çojnë në çlirimin e radonit në mjedis. Ekshalacioni, transporti dhe emanacioni 29
- Figura 2.2.2.5.1 Vdekjet e shkaktuara nga radoni në krahasim me shkaktarët e tjerë në SHBA 50
- Figura 3.2.3.1 Metoda aktive afatshkurtër alfa shintiluese për matjen e radonit 62
- Figura 3.2.3.2 Metoda aktive e vazhduar Alpha GUARD për matje afatshkurtëra të radonit 63
- Figura 3.2.3.3 Metoda aktive e vazhduar CRM-510 për matje afatshkurtëra të përqendrimit të radonit 64
- Figura 3.2.3.4 Detektorët e ngurtë të gjurmëve të përdorur gjatë matjeve pasive afatgjata 64
- Figura 4.1.2.1 Detektorët NRPB dhe NRPB SSI (CR-39) të përdorur gjatë matjeve të përqendrimit të radonit 69

- Figura 4.1.3.1 a) Shpërndarja e përqendrimeve të aktivitetit të ^{222}Rn (C_{Rn}) në shtëpitë e rajonit të Prishtinës, b) shpërndarja e dozave efektive vjetore (E_{eff}) në shtëpitë e rajonit të Prishtinës 70
- Figura 4.1.3.2 Harta e zonave të hulumtuara në vendbanime 74
- Figura 4.1.3.3 Shpërndarja e vendbanimeve sipas vjetërsisë së objekteve 75
- Figura 4.1.4.1 Shpërndarja e përqendrimeve të radonit sipas vendbanimeve 83
- Figura 4.1.4.2 Shpërndarja e përqendrimeve të aktivitetit të ^{222}Rn (C_{Rn}) në vendbanime 83
- Figura 4.1.4.3 Shpërndarja e dozave efektive vjetore (E_{eff}) në vendbanime 84
- Figura 4.1.5.1 Korelacioni i vlerave të përqendrimit ndërmjet brenda ndërtesës dhe gazit të Tokës 88
- Figura 4.1.5.2 Foto të matjeve në gazin e Tokës 88
- Figura 4.2.1 Shpërndarjet e aktiviteteve të përqendrimeve të radonit nëpër vende të punës 91
- Figura 4.2.2.1 Shpërndarja e aktiviteteve të përqendrimit të radonit 92
- Figura 4.3.1 Shpërndarja e aktiviteve të përqendrimit të radonit në shkolla 94
- Figura 4.4.1.1 Mesatarja e përqendrimeve të radonit sipas llojit të materialit ndërtimor të objekteve 99
- Figura 5.1.1 Krahasset e aktiviteteve të përqendrimit të radonit ndërmjet shkollave, vendeve të punës dhe vendbanimeve 101
- Figura 5.2.1 Krahasset e aktiviteteve të përqendrimeve të radonit ndërmjet tri zonave të ndryshme të hulumtimit në vendbanime 102
- Figura 5.1.3.1 Përqendrimi i radonit i regjistruar gjatë matjeve të vazhduara në dy objekte të ndryshme a) përgjatë tri ditësh dhe b) përgjatë 24 orëve 103
- Figura 5.1.3.2 Përqendrimet e radonit të regjistruara gjatë matjeve të vazhdueshme për një interval kohor prej tri ditësh në lokacione me përqendrim më të lartë 103
- Figura 5.1.3.3 Dy monitorime të vazhdueshme me aktivitet mesatar të përqendrimit më të lartë se 200 Bq m^{-3} 106

Indeksi i Tabelave

Tabela 2.2.4.3.1. Limitet e futura në organizëm dhe ekspozimi për pasardhësit e radonit dhe toronit	15
Tabela 2.2.4.3.2 Koeficientët e konvertimit për njësitë në tabelën 1 për radonin dhe pasardhësit e radonit	15
Tabela 2.2.4.4.1 Hulumtimet e radonit në Slloveni	17
Tabela 2.2.4.5.1 Limitet dhe hulumtimet e kryera në vende të ndryshme të Evropës	18
Tabela 2.2.4.5.2. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Austri	20
Tabela 2.2.4.5.3. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Belgjikë	21
Tabela 2.2.4.5.4. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Çeki	21
Tabela 2.2.4.5.5. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Finlandë	21
Tabela 2.2.4.5.6. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Francë	21
Tabela 2.2.4.5.7. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Gjermani	22
Tabela 2.2.4.5.8. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Irlandë	22
Tabela 2.2.4.5.9. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Itali	23
Tabela 2.2.4.5.10. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Norvegji	23
Tabela 2.2.4.5.11. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Zvicërr	24
Tabela 2.2.4.5.12. Gjendja e hulumtimeve të radonit në Mbretërinë e Bashkuar	24
Tabela 2.2.4.6.1 Vlerat e dozave në Botë	25
Table 2.2.2.1.1: Vetitë fizike dhe kimike përkatëse për ^{222}Rn , ^{220}Rn dhe ^{219}Rn	27
Tabela 2.2.2.1.2 Parametrat e një modeli të një shtëpie të ndërtuar	34
Tabela 2.2.2.4.1 Përqendrimi i radonit në vende të punës nëntokësore (jo miniera)	44
Tabela 2.2.2.4.2 Përqendrimi i radonit në vende të punës mbi Tokë	44
Tabela 3.2.2.1 Metodatat e përdorura dhe periudhat e hulumtimit nëpër Evropë	59

Tabela 4.1.3.1 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit	69
Tabela 4.1.3.2 Varësia e përqendrimit të radonit nga lloji i materialit ndërtimor dhe viti i ndërtimit të objektit	72
Tabela 4.1.3.3 Rezultatet e analizës statistike të përqendrimeve të aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozave efektive vjetore (E_{eff})	76
Tabela 4.1.3.4 Përqendrimet e aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozat efektive vjetore (E_{eff})	77
Tabela 4.1.4.1 Përqendrimet e aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozat efektive vjetore	82
Tabela 4.1.4.2 Rezultatet e analizës statistike të përqendrimeve të aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozave efektive vjetore (E_{eff})	83
Tabela 4.1.4.3 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit	86
Tabela 4.1.4.4 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit	86
Tabela 4.1.5.1 Përqendrimet e radonit brenda objektit dhe në gazin e Tokës në afërsi të tij	87
Tabela 4.2.1 Përqendrimet e radonit, dozat efektive përkatëse, lokacioni, kohëzgjatja e ekspozimit dhe numri i personave në dhomat e matjeve	89
Tabela 4.2.2 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit	90
Tabela 4.2.2.1 Rezultatet e analizës statistike të përqendrimeve të aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozave efektive vjetore (E_{eff})	91
Tabela 4.3.1 Përqendrimet e aktivitetit të radonit	94
Tabela 4.4.1 Përqindja dhe numri i shtëpive brenda secilit rang të përqendrimeve të radonit	95
Tabela 4.4.1.1 Përqendrimet e radonit në varësi nga materiali ndërtimor	97
Tabela 4.4.1.2 Aktivitetet e përqendrimeve të radonit, dozat efektive vjetore	98

Tabela 4.4.1.3 Rezultatet e analizës statistike të përqendrimeve të aktivitetit të radonit (C_{Rn}) dhe dozave efektive vjetore (E_{eff}) 99

Tabela 5.1.3.1 Vlera e C_{Rn} në varësi nga temperatura 104

Tabela 5.1.3.2 Varësia e C_{Rn} nga temperatura, shtypja dhe lagështia mesatare 105

Shtojca



CERTIFICATE OF CALIBRATION

Instrument: AlphaGUARD S/N EF 2301 manufacturing sequence (23-01)

Date of calibration: 19.11.2014, 0:00 hrs. – 19.11.2014, 8:00 hrs. (1 kBq/m³)
19.11.2014 10:30 hrs. – 19.11.2014, 16:30 hrs. (10 kBq/m³)

Method of calibration: See attachment: „Factory Calibration at Genitron Instruments' Facilities“

Place of calibration: Factory calibration performed in Saphymo's professional calibration system, Frankfurt/Germany

Calibration based on: Factory reference unit AlphaGUARD S/N EF1851 traceable to

- PTB 1998 Certificate No. 6.101-173/09.98-934, calibration effected Feb. 25 – April 15, 1998, AlphaGUARD S/N EF 934
- NIST Ra-226 source (USA), RM 4968/CP-100
- NPL Rn-222 source (GB), X2/94
- International Calibration Experiment, ICE '94 (see enclosure, sheet 2)

Calibration tolerance: specified by the factory +/- 3 % RMP (Radon Monitoring Proficiency) test performed by EPA Montgomery, USA, states a tolerance of +/- 2 % (see sheet 3)

Exact calibration levels and results:

Target value	Measured value	Radon mean deviation
1034,9 Bq/m ³	1010,3 Bq/m ³	-2,38 %
10112,0 Bq/m ³	10104,0 Bq/m ³	-0,08 %

It is stated that all sensor calibration performed is according to the values specified in the technical description of the radon monitor AlphaGUARD.

For further results of different calibration laboratories worldwide see enclosed sheet 4.

Frankfurt, 19.11.2014


Saphymo GMBH
Walter Buerkin, Product Manager

Saphymo GmbH
Tel.: +49-(0)69-97 65 14-0
Geschäftsführer
Laurent Schneider-Maunoury
HRB 22722 Frankfurt a. M.

Heerstrasse 149
Fax: +49-(0)69-76 53 27
Commerzbank AG
IBAN: DE69 5008 0000 0240 1770 00
BIC: DRESDEFF

D-60488 Frankfurt am Main
www.saphymo.com
Frankfurter Volksbank eG
IBAN: DE14 5019 0000 0000 9591 11
BIC: FFVBDEFF

Germany
sales@saphymo.de
Postbank Frankfurt
IBAN: DE93 5001 0060 0998 8236 09
BIC: PBNKDEFF

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija



15. 4. 2013

Dear Dr. Bahtijari,

The efficiency constants of your scintillation cells, calibrated in our Radon Center, are summarized in the table below.

Code of scintillation cell	Constant $\text{s}^{-1} \text{Bq}^{-1} \text{m}^3$
1	0.0002833
2	0.0002684
3	0.0002723
4	0.0002621
5	0.0002466
6	0.0002611
7	0.0003185
8	0.0003176
9	0.0003084
10	0.0002655

Sincerely yours,

Prof. Janja Vaupotič, Head

Radon Center

Department of Environmental Sciences