



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

DISERTACION

PËR MARRJEN E GRADËS “DOKTOR I SHKENCAVE”

STUDIMI I DOZAVE PROFESIONALE NGA RREZATIMI
JONIZUES NË TERRITORIN E KOSOVËS

Udhëheqës: Prof.Dr. Kostandin DOLLANI

Kandidati: MSc. Gëzim HODOLLI

Tiranë, Mars 2016



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

DISERTACION

Paraqitur nga:
Gëzim HODOLLI

për marrjen e gradës
“DOKTOR I SHKENCAVE”

TEMA:

STUDIMI I DOZAVE PROFESIONALE NGA RREZATIMI
JONIZUES NË TERRITORIN E KOSOVËS

Mbrohet më datë: ____ / ____ / 2016, para Komisionit të përbërë nga:

- | | | | |
|----|----------------------------|-------|------------------|
| 1. | Prof. Dr. Tatjana MULAJ | _____ | Kryetar |
| 2. | Prof. Dr. Partizan MALKAJ | _____ | Anëtar / Oponent |
| 3. | Prof. Asoc. Odeta KOJA | _____ | Anëtar / Oponent |
| 4. | Prof. Dr. Theodhori KARAJA | _____ | Anëtar |
| 5. | Prof. Dr. Fatos KLOSI | _____ | Anëtar |

Tiranë, 2016

PËRMBAJTJA

PËRMBAJTJA	III
LISTA E FIGURAVE	V
LISTA E TABELAVE	VI
DEDIKIM	VII
FALËNDERIM	VIII
QËLLIMI	IX
ABSTRAKTI	X
 1. RADIOAKTIVITETI DHE DOZIMETRIA E RREZATIMIT JONIZUES	1
1.1. HYRJE	1
1.2. RADIOAKTIVITETI.....	1
1.3. RREZATIMI JONIZUES.....	5
1.4. BASHKËVEPRIMI I RREZATIMIT ELEKTROMAGNETIK ME LËNDËN	6
1.5. ENERGJIA E PËRTHITHUR NGA LËNDA DHE EKULIBRI ELEKTRONIK	9
1.6. DOZA E ABSORBUAR	10
1.7. DOZA E EKSPONIMIT	10
1.8. KERMA	11
1.9. DOZA EKUIVALENTE	12
1.10. DOZA KOLEKTIVE	13
1.11. DOZA EFEKTIVE.....	14
 2. STANDARDET BAZË TË MBROJTJES NGA RREZATIMI.....	16
2.1. PARIMET BAZË PËR MBROJTJEN NGA RREZATIMI	16
2.2. EFEKTET E RREZATIMIT NË BIO-ORGANIZMA.....	16
2.3. KLASIFIKIMI I VENDEVE TË PUNËS	18
2.4. KATEGORIZIMI I PUNONJËSVE	19
2.5. LLOJET E EKSPONIMEVE DHE VLERAT KUFI.....	20
2.6. RAPORTIMI DHE REGJISTRIMI I DOZAVE PROFESIONALE	22
 3. DOZIMETRIA PROFESIONALE	24
3.1. MONITORIMI DOZIMETRIK PROFESIONAL	24
3.2. DOZIMETRIA PËR EKSPONIMET E BRENDSHME DHE TË JASHTME	26
3.3. LLOJET E DOZIMETRAVE PERSONAL	27
3.3.1. STILODOZIMETRAT	28
3.3.2. DOZIMETRAT ME FILM	28
3.3.3. DOZIMETRAT TERMOLUMINESHENT	28
3.3.4. DOZIMETRAT ELEKTRONIK PERSONAL	29
3.4. BAZAT E LUMINESHENCËS	29

3.5. MEKANIZMI I TERMOLUMINESHENCËS	30
4. TË DHËNAT PËR TEKNIKËN E PËRDORUR.....	35
4.1. LEXUESI I DOZIMETRAVE TERMOLUMINESHENT RADOS RE2000S.....	35
4.2. TIPET DHE KARAKTERISTIKAT E DETEKTORËVE LUMINESHENT MCP DHE MTS	37
4.2.1. DETEKTORËT MTS-N	38
4.2.2. DETEKTORËT MCP-N.....	38
4.2.3. LINEARITETI I DOZËS SË DETEKTORËVE	39
4.2.4. VARËSIA E DOZËS NGA ENERGJIA E TUFËS RREZATUESE	40
4.2.5. SPEKTRI I EMETUAR. LAKORJA E RRJEDHSHMËRISË.....	40
4.3. SOFTUERI I SISTEMIT DOZIMETRIK TLD SERVER DHE TLD EXPLORER	41
4.4. SOFTUERI PËR MENAXHIMIN E DOZAVE PROFESIONALE DOSIBASE	43
5. REALIZIMI I MATJEVE DHE REZULTATET.....	45
5.1.KALIBRIMI I SISTEMIT DOZIKEMTRIK	45
5.1.1 KALIBRIMI I DOZËS ZERO	45
5.1.2. KALIBRIMI I NDJESHMËRISË SË LEXUESIT	46
5.1.3. KALIBRIMI I NDJESHMËRISË SË DETEKTORËVE	48
5.2. LLOGARITJA E DOZËS PAS KALIBRIMIT TË SISTEMIT DOZIMETRIK	50
5.3. KARAKTERISTIKAT E SISTEMIT DOZIMETRIK.....	52
5.3.1. FAKTORI INDIVIDUAL I DETEKTORËVE.....	53
5.3.2. LINEARITETI I DOZËS.....	55
5.3.3. VARËSIA NGA ENERGJIA E FOTONEVE TË TUFËS RËNËSE NË DETEKTOR	56
5.3.4. VARËSIA NGA KËNDI I RËNIES SË TUFËS SË RREZATIMIT	60
5.3.5. AFTËSIA E RUAJTJES SË INFORMACIONIT	69
5.4. VERIFIKIMI I PASAKTËSISË SË MATJES SË SISTEMIT DOZIMETRIK	69
5.5. TË DHËNAT PËR PUNONJËSIT QË EKSPOZOHEN PROFESIONALISHT NË KOSOVË	72
5.6. EKSPOZIMET PROFESIONALE NË KOSOVË	74
5.7. DOZAT PROFESIONALE SIPAS PRAKTIKAVE.....	76
PËRFUNDIME	79
REKOMANDIME.....	82
REFERENCAT	84
PUBLIKIMET DHE PJESËMARRJA NË KONFERENCAT SHKENCORE.....	88

LISTA E FIGURAVE

<i>Figura 1.1. Izotopet e hidrogjenit</i>	<i>2</i>
<i>Figura 1.2. Efekti fotoelektrik, Kompton dhe prodhimit të çifteve[]</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3.1. Llojet e detektorëve TLD, a) format e detektorëve, b) detektorët në kartat përkatëse</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3.2. Skema e regjistrimit dhe leximit të informacionit nga detektorët lumineshent</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.3. Kurbat teorike të fotoneve në varësi të temperaturës.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4.1. Sistemi harduerik i lexuesit dhe pjesët përcjellëse.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4.2. Parimi i funksionimit të lexuesit.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 4.3. Lineariteti i MTS-ve nga doza</i>	<i>39</i>
<i>Figura 4.4. Varësia e reagimit të detektorëve nga energjia e fotoneve</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4.5. Spektri i emetuar nga detektorët MTS-N.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.6. Pamja e dritares pas leximit të TLD ve.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 4.7. Faqja startuese e softuerit TLDEplorer.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 4.8. Pamje nga softueri për menaxhimin e të dhënave DosiBase.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 5.1. Pamje pas matjes së dozimetrave</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5.2. Ndjeshmëria individuale e detektorëve të përdorur në eksperiment</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5.3. Histogrami dhe shpërndarja normale e ndjeshmërisë së detektorëve</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5.4. Reagimi relativ i dozave të lexuara ndaj dozave referente.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5.5. Këndi i rrezitjes së detektorëve, a) rrezitja në 0° dhe b) rrezitja në 60°</i>	<i>60</i>
<i>Figura 5.6. Reagimi relativ i dozimetrave të ekstremiteteve për energji dhe kënd të rënjes.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5.7. Aftësia e ruajtjes së informacionit sipas kohës.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5.8. Testimi i reagimit të dozimetrave, a) për doza të ulëta, b) për doza të larta</i>	<i>70</i>
<i>Figura 5.10. a) Raporti në mes të numrit të banorëve dhe numrit të dozimetrave sipas regjioneve, b) Pjesëmarrja e punonjësve të ekspozuar sipas institucioneve</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5.11. Dozat mujore të ekspozimeve profesionale</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.13. Histogrami i dozave profesionale</i>	<i>76</i>
<i>Figura 5.14. Krahasimi i dozave profesionale sipas praktikave dhe kualifikimeve</i>	<i>77</i>

LISTA E TABELAVE

<i>Tabela 1.1 Karakteristikat e përgjithëshme të rrezatimeve jonizuese.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabela 1.2. Faktorëve ponderues të rrezatimit (ICRP 103)</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 1.3. Faktorët ponderues për inde të ndryshme</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 2.1. Lidhmëria e efekteve deterministike me dozën e përthithur[]</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 2.2. Vlerat kufi të standardeve për mbrojtjen nga rrezatimi[,]</i>	<i>21</i>
<i>Tablea 3.1. Madhësitë e dozave operacionale dhe përdorimi i tyre</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 5.1. Rezultatet e dozimetrave për Linearitetin e Dozës.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 5.2. Vlearat për r_{min} dhe r_{max} sipas energjisë së fotoneve për $H_p(0.07)$</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 5.3. Llogaritjet përfundimtare të varësisë së reagimit nga energjia.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 5.4. Llogaritjet përfundimtare të varësisë së reagimit sipas këndit rënës</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 5.5. Rezultatet dhe llogaritjet e varësisë së reagimit nga energjia dhe këndi i rrezitjes.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 5.6. Numri i bartësve të dozimetrave sipas regjioneve</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 5.7. Dozat kolektive sipas praktikave.....</i>	<i>77</i>

DEDIKIM

Me kënaqësi e respekt të veçantë këtë punim ia dedikoj prindërve të mij Muratit dhe Hajrijes, si dhe bashkëshortes sime Kaltrinës.

FALËNDERIM

I falënderoj përزمërsisht kolegët dhe profesorët e Departamentit të Fizikës në Fakultetin e Inxhinierisë Matematikë dhe Fizikë, Universiteti Politeknik i Tiranës, për përkrahjen që më dhanë gjatë studimeve të mia. Në veçanti falënderoj Prof.Dr. Kostandin Dollanin për këshillat profesionale dhe mbështetjen që më dha gjatë përgatitjes së këtij disertacioni.

Gjithashtu, falënderoj Institutin e Mjekësisë së Punës në Obiliq (Kosovë), Institutin e Fizikës Bërthamore të Aplikuar në Tiranë (Shqipëri), Qendrën Belge për Kërkime Nukleare (SCK-CEN) në Mol (Belgjikë) si dhe të gjitha institucionet shëndetësore dhe industriale në Kosovë, të cilat me lehtësi më ofruan bashëpunim për të realizuar eksperimentet dhe matjet e nevojshme për realizimin e këtij punimi.

Sigurisht që meritojnë të falenderohen edhe familja dhe shoqëria ime, për mbështetjen dhe durimin që më ofruan gjatë gjithë kohës.

QËLLIMI

Ky studim paraqet rastin e parë të studimit të ekspozimeve profesionale në Kosovë, ku deri më tani asnjëherë nuk është bërë ndonjë vlerësim i përgjithshëm, i cili do të kishte në konsideratë procedurat dhe standardet ndërkombëtare. Gjithashtu duhet të kemi parasysh se zhvillimi i hovshëm teknik e teknologjik i dekadave të fundit ka ndikim të theksuar në këtë problematikë.

Rezultatet përfundimtare të këtij studimi do të sqarojnë nivelin e ekspozimit profesional në Kosovë në krahasim me vlerat e ekspozimeve profesionale në rajon dhe më gjerë. Gjithashtu do të gjejmë riskun potencial, që u kanoset punonjësve, të cilët përdorin rrezatimin jonizues në praktikatat e tyre të përditshme, duke iu referuar standardeve kombëtare[1] e ndërkombëtare [2,3] për dozimetritë profesionale.

Për të arritur qëllimin e lartpërmendur janë përdorur instrumente moderne, të cilat kanë mundësuar që vlerësimi i ekspozimeve profesionale të jashtme të jetë i besueshëm. Gjithashtu janë konsultuar një numër i konsideruar i bashkëpunëtorëve, të cilët janë ekspertë të dozimetrisë në nivel vendi dhe më gjerë. Përveç saj disa eksperimente janë realizuar në qendra të ndryshme jashtë vendit për të siguruar një cilësi sa më të lartë për vlerësimin e ekspozimeve profesionale në Kosovë.

Qëllimi përfundimtar ka qenë nxjerrja e përfundimeve dhe rekomandimeve të arsyeshme, duke u mbështetur në faktet dhe argumentet e gjetura.

Nga këto rekomandime më së shumti do të përfitojnë punonjësit profesional dhe institucionet e përfshira në këtë proces.

ABSTRAKTI

Në kuadër të këtij studimi është bërë monitorimi i ekspozimeve profesionale të jashtme për punonjësit të cilët në aktivitetet e përditshme përdorin burimet e rrezatimit jonizues në Republikën e Kosovës për periudhën kohore nga Prilli i vitit 2014 deri në Prill të vitit 2015. Monitorimi është bërë me anë të dozimetrave personal termolumineshent, të cilët janë bartur nga punonjësit gjatë kohës sa ata kanë qenë në punë.

Dozimetrat e përdorur për studim përbëhen nga dy kristale, të cilat mundësojnë matjen e dozës ekuivalente personale në thellësi $H_p(10)$ dhe në sipërfaqe $H_p(0.07)$. Detektorët e përdorur janë të tipit MTS-N (LiF:Mg,Ti) dhe MCP (LiF:Cu,P). Leximi i dozimetrave është bërë në lexuesin RADOS RE2000S të prodhuesit Mirion Technologies, i cili paraprakisht është kalibruar në tufën e burimit radioaktiv Cs-137. Kalibrimi dhe testimi i sistemit dozimetrik termolumineshent është bërë në harmoni me rekomandimet e prodhuesit dhe standardeve ndërkombëtare IEC 62387 dhe ISO 4037.

Janë bërë një mori testesh të sistemit dozimetrik si: varësia sipas energjisë së rrezeve rënëse, varësia sipas këndit të rrezeve rënëse, reagimi relativ në zonën e jolinearitetit, aftësia e ruajtjes së informacionit, etj.

Për të realizuar këtë studim në Laboratorin e Dozimetrisë Personale janë proceduar 6743 dozimetra, të cilët janë bartur nga gjithsej 575 punonjës, të cilët janë të angazhuar në praktika të ndryshme, kryesisht në shëndetësi, industri dhe kërkime.

Procedura e vlerësimit të ekspozimeve profesionale fillon me dërgimin e dozimetrit të shkarkuar tek punonjësi, i cili e bartë atë (përpara në anën e majtë të krahërorit) për një muaj kalendarik, për tu kthyer prap në laborator për lexim. Vlerës së lexuar nga sistemi i kemi zbritur sfondin natyror.

Nga numri i përgjithshëm 22.3% apo 128 punonjës i takojnë sektorit privat, kurse 77.7 % apo 447 punonjës i takojnë sektorit publik. Nëse grupimi bëhet sipas natyrës së punës, përfundojmë se në Kosovë nga numri i përgjithshëm i punonjësve të ekspozuar 93.2 % janë punonjës

shëndetësorë, të cilët ekspozohen profesionalisht, ndërsa pjesa e mbetur e punonjësve janë të angazhuar në të gjitha praktikat tjera jomjekësore.

Nga monitorimi i ekspozimeve profesionale është vërejtë se vlera mesatare vjetore e punonjësve në Kosovë është 1.73 mSv. Ndërsa punonjësit e mjekësisë nukleare mesatarisht gjatë një viti janë më të ekspozuarit me vlerë mesatare vjetore 2.7 mSv. Gjithashtu u vërtetua se punonjësit me përgatitje profesionale më të lartë, si mjekët rrezatohen më pak se sa punonjësit me përgatitjëmë të ulët të së njëjtës kategori. Vetëm 6.1 % e punonjësve janë kategorizuar në kategorinë A të punonjësve profesional.

Sistemi Dozimetric i përdorur në këtë studim, ku përfshihen lexuesit, detektorët dhe rrezatuesi laboratorik, janë donacion i Komisionit Evropian përmes IPA 2009 projekteve për Laboratorit Dozimetric Personal, i cili funksionon në Institutin e Mjekësisë së Punës në Obiliq. Ky laborator kryen monitorimin e ekspozimeve profesionale të punonjësve prej vitit 1978. Në dy vitet e para për vlerësimin e ekspozimeve profesionale janë përdorur dozimetrat me film dhe pastaj dozimetrat termolumineshent të cilët janë ende në përdorim.

ABSTRACT

The aim of this study was monitoring and assessment of external exposures of Kosovo radiation workers who use ionizing radiation sources in everyday activities, during period of the time from April 2014 to April 2015. Monitoring is done by thermoluminescent dosimeters known as TLD, which had been kept by employees during the time they have been working.

The dosimeters that were used on this study consist of two crystals, to measure the personal equivalent depth dose $H_p(10)$ and skin dose $H_p(0.07)$ of radiation workers. Detectors used in this study are made by MTS-N (LiF: Mg, Ti) and MCP (LiF: Cu, P). The reading of dosimeters were done by RADOS reader RE2000S produced by Mirion Technologies, it was previously calibrated on the beam of radioactive sources Cs-137. Calibration and testing of TLD system was done in accordance with manufacturer's recommendations and international standards IEC 62387 and ISO 4037.

In this study were performed some experiments of dosimetry system, like response of radiation energy and angle of incidence, relative response of nonlinearity region, the storage information, ect.

To proceed out this study at TLD Laboratory were processed over 6743 personal dosimeters, covering 575 employees in total. All of them were engaged in different practices, especially in healthcare, industry and research. Delivering of dosimeters to employee were the first step for the assessment of professional exposure, then dosimeters carried on by radiation worker (in front at the left side of the chest) for a month, to returned them back to the lab for readout. Contribution of background radiation was taken off from readout.

From total number of Kosovo radiation workers, 22.3% employees belong to the private sector, while 77.7% employees belong to the public sector. If the grouping of radiation workers is done by categories, we conclude that in Kosovo 93.2% of radiation workers are engaged by healthcare system, while the rest of the employees are engaged in all other non-medical practices.

From observed occupational exposures proved that the annual average of effective dose for Kosovo radiation workers is 1.73 mSv. While the average of exposed workers of nuclear medicine departments are 2.7 mSv for a year. It was also confirmed that radiation workers with

higher professional qualifications, such as doctors are radiated less than employees with lower level of education of the same category. Only 6.1% of employees are classified like worker of category A. The TLD system was donated by the European Commission through IPA 2009 projects for Laboratory of Personal Dosimetry of Institute of Occupational Medicine in Obiliq, the system includes readers, detectors and irradiator,.

Since 1978 this laboratory has been monitoring Kosovo's radiation workers. For the first two years film badges dosimeters are used, afterwards individually monitoring was performed based on thermoluminescence detectors (TLD).

KAPITULLI I PARË

1. RADIOAKTIVITETI DHE DOZIMETRIA E RREZATIMIT JONIZUES

1.1. HYRJE

Kur flitet për rrezatimin në shumicën e rasteve mendohet për efektet negative që shkakton ai në organizmin e qenieve të gjalla, por zbatimi i rrezatimit në formë të kontrolluar është shumë i dobishëm dhe si i tillë gjen zbatim të gjerë në shumë lëmi si në shkencë, mjekësi, industri etj. Prandaj njohuritë tona duhet të jenë sa më të thella dhe të drejta rreth rrezatimit në përgjithësi.

Në varësi nga origjina, rrezatimi mund të jetë natyror apo artificial, ndërsa në varësi nga efektet që shkakton në ambientin ku përhapet, rrezatimi mund të jetë jonizues apo jojonizues.

Ekspozimet nga rrezatimet jonizuese grupohen në ekspozimet e publikut, ekspozimet mjekësore, ekspozimet profesionale dhe ekspozimet aksidentale. Secili nga grupet e përmendura paraqet një rast specifik të cilit duhet t'i kushtohet vëmendje e veçantë me qëllim që të parandalohen efektet negative, të cilat rrezatimi mund t'i shkaktojë tek organizmat e gjallë. Pastaj, nëse është e nevojshme, duhet të merren masat e përshtatshme për të ngritur nivelin e sigurisë, i cili do të mbrojë shëndetin e anëtarëve të grupit përkatës. Por, paraprakisht duhet të vlerësohet rreziku potencial i rrezatimit jonizues tek anëtari apo grupi i caktuar. Kjo arrihet përmes sistemeve matëse të rrezatimeve jonizuese, të cilat vlerësojnë dozën e rrezatimit dhe duke e krahasuar me standardet ndërkombëtare arrijmë të bëjmë vlerësimin e përshtatshëm dhe të nxjerrim përfundime për marrjen e masave të caktuara dhe nivelin që ato masa duhet të kenë.

1.2. RADIOAKTIVITETI

Përhapja e energjisë në formë të grimcave apo valëve elektromagnetike nëpër hapësirë njihet me emrin rrezatim. Kjo energji çlirohet nga bërthamat e atomeve të paqëndrueshme në të cilat ndodhin transformime të ndryshme e të vetvetishme. Këto bërthama quhen radiobërthama. Dihet se atomi përbëhet nga protonet, elektronet dhe neutronet, ku numri i protoneve përcakton elementin kimik ndërsa numri i neutroneve në element përcakton izotopin e elementit kimik.

Numri i neutroneve në elementin kimik është i caktuar dhe si i tillë përcakton edhe numrin e izotopeve të elementit specifik. Energjia e tepërt e bërthamës çlirohet duke respektuar ligje të caktuara dhe ky proces njihet si zbërthim radioaktiv.

Atomi i hidrogjenit ka tri izotope të cilat në aspektin elektrik janë neutrale. Izotopi i parë i hidrogjenit quhet protium, i cili në aspektin radioaktiv është stabil dhe në bërthamë ka vetëm një proton (${}^1_1\text{H}$); izotopi i dytë i hidrogjenit quhet deuterium, që është stabil në aspektin radioaktiv dhe në bërthamë përmban një proton dhe një neutron (${}^2_1\text{H}$); ndërsa izotopi i tretë i hidrogjenit quhet tritium, i cili është jo stabil në aspektin radioaktiv dhe në bërthamë përmban një proton dhe dy neutrone.

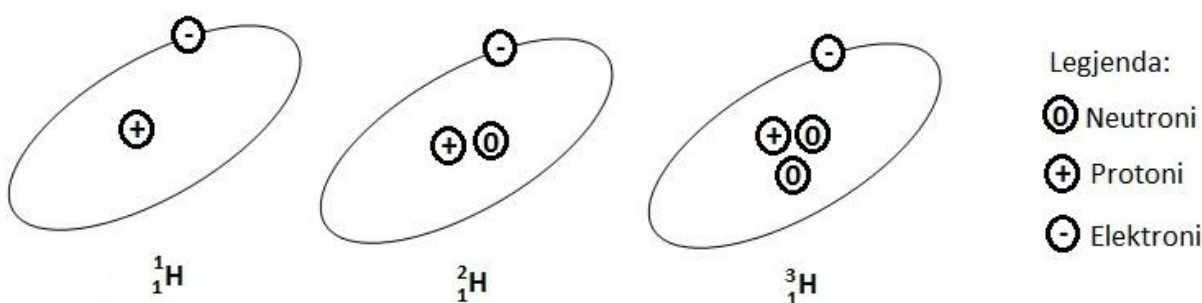


Figura 1.1. Izotopet e hidrogjenit

Nëse kemi të bëjmë me lëndë radioaktive themi se në një çast të kohës t lënda përmban N bërthama radioaktive, pas një intervali kohor dt do të zbërthehen një numër i plotë i bërthamave radioaktive dN :

$$dN = -\lambda N dt \quad (1.1)$$

ku λ është konstantja e zbërthimit radioaktiv.

Pasi ta integrojmë ekuacionin 1.1 gjejmë numrin e bërthamave që ende nuk janë zbërthyer në kohën t :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1.2)$$

ku N_0 paraqet numrin e atomeve në kohën $t=0$.

Koha gjatë së cilës zbërthehet gjysma e atomeve nga numri fillestar quhet periodë e përgjysmimit dhe është karakteristike e elementit radioaktiv[4].

Varësisht nga lloji i zbërthimit radioaktiv që pëson elementi, ai mund të kalojë në një element tjetër kimik, i cili njihet si pasardhës që mund të jetë në gjendje jo-stabile ose stabile. Nëse pasardhësi është jo-stabil, procesi do të vazhdojë deri tek elementi i fundit i cili është stabil.

Bërthamat e paqëndrueshme shndërrohen në lloje të tjera bërthamash me anë të proceseve zbërthyese të ndryshme që ndryshojnë numrin e protoneve dhe neutroneve të një bërthame. Këto dy procese quhen zbërthim alfa dhe zbërthim beta. Ndërsa gjendjet e eksituara të bërthamës lëshojnë fotone, të quajtura rreze gama[5].

Dallojmë dy lloje të radioaktivitetit: radioaktiviteti natyral dhe ai artificial. Procesi spontan i zbërthimit radioaktiv mund të paraqitet në formën:

$$A \rightarrow B + b + \text{energji e çliruar} \quad (1.3)$$

ku:

A - bërthama jostabile (prind),

B - bërthama pasardhëse,

b - grimca e çliruar dhe

energji e çliruar në formë rrezatimit elektromagnetik.

Ndërsa reaksionet bërthamore zhvillohen në formën:

$$\alpha + A \rightarrow B + b + \text{energji e çliruar} \quad (1.4)$$

ku:

α -grimca goditëse,

A - bërthama shenjë,

b - grimca e çliruar,

B - bërthama e mbetur,

energji e çliruar në formë rrezatimit elektromagnetik.

Grimcat alfa (α) në aspektin elektrik janë të ngarkuara pozitivisht, ato paraqesin bërthamën e atomit të heliumit, grimcat beta në aspektin elektrik janë të ngarkuara negativisht dhe paraqesin elektronin, si dhe rrezet gama janë të pa ngarkuara në aspektin elektrik. Në vazhdim do të sqarohen llojet kryesore të rrezatimeve jonizuese.

Rrezatimi alfa shoqëron zbërthimin radioaktiv të bërthamave të rënda, ku bërthama e re ka numrin e masës $A-4$ dhe numër atomik $Z-2$ në krahasim me bërthamën fillestare. Grimca që lëshon bërthamën prind quhet grimcë alfa, kjo ndodh në harmoni me reaksionin:



Rrezatimi beta shoqëron rrezatimin e një bërthame duke krijuar një bërthamë të re me numër mase të njëjtë A , por me numër atomik $Z+1$ në rastin e zbërthimit β^- (elektron) dhe $Z-1$ në rastin e zbërthimit β^+ (pozitron) sipas reaksioneve të mëposhtme:



Ekuacionet 1.6 kanë kuptim për:



të cilat sqarojnë shndërrimin e neutronit në proton, elektron dhe antineutrino. Gjithashtu ekuacioni i dytë sqaron shndërrimin e protonit në neutron, pozitron dhe neutrino.

Rrezatimi gama e ka origjinën nga bërthamat atomike dhe si rregull shoqëron rrezatimin alfa ose beta gjatë transformimeve radioaktive të bërthamave. Rrezatimi gama përfaqëson një rrezatim elektromagnetik me gjatësi vale shumë të shkurtër dhe që zotëron aftësi të lartë depërtuese në lëndë.

Energjia e çdo fotoni është diferenca e energjive ndërmjet gjendjeve fillestare dhe përfundimtare, pa korrigjimin e papërfillshëm për energjinë kinetike të zmbrapsjes së bërthamës. Këto energji në mënyrë tipike janë në zonën e 100 keV deri në disa MeV. Bërthamat njëloj mund të ngacmohen nga gjendja bazë në një gjendje të eksituar duke përthithur një foton me energji të caktuar.

Rrezatimi X është gjithashtu rrezatim elektromagnetik i cili nuk është i ngarkuar në aspektin elektrik, ka origjinën në shtresat elektronike të atomeve dhe shoqëron zhvendosjen e elektroneve nga orbitat më të largëta në ato më të afërta. Ky rrezatim çlirohet gjithashtu gjatë frenimit të elektroneve të përshpejtuara në lëndë.

Rrezatimi neutronik është rrezatim pa ngarkesë elektrike, i cili zakonisht shoqëron ndarjen e bërthamave të rënda. Neutronet duke mos pasur ngarkesë elektrike, kanë aftësi depërtuese më të thellë në materiale të ndryshme.

Për të krahasur karakteristikat e rrezatimeve themelore paraqitet tabela 1.1, e cila përveç të tjerave bën krahasimin e aftësisë depërtuese të grimcave në ajër dhe ujë.

Tabela 1.1 Karakteristikat e përgjithëshme të rrezatimeve jonizuese

Llloi i Rrezatimit	Ngarkesa elektrike	Energjia	Depërtimi në ajër	Depërtimi në ujë
Grimcat alfa α	+2	3-10MeV	2 – 10 cm	20 – 125 μ m
Grimcat beta β^+ dhe β^-	± 1	0-3 MeV	0 – 10 m	< 1 cm
Rrezet X	0	0,1 – 100 keV	0 – 10 m	mm – cm
Rrezet gama γ	0	0,01 – 10 MeV	0 – 100 m	mm – 100 cm
Neutronet	0	0 – 10 MeV	0 – 100 m	0 – 1 m

1.3. RREZATIMI JONIZUES

Rrezatimet e çliruara nga transformimet natyrore të bërthamave radioaktive, duke rënë në kontakt me lëndën, bashkëveprojnë me atomet dhe molekulat rreth saj. Nga ky bashkëveprim kemi transferimin e energjisë nga rrezatimi tek lënda.

Në varësi nga energjia që i transferohet lëndës dallojmë dy raste. Kur energjia e transferuar tek lënda arrin të jonizojë atomet e saj, në të do të krijohen elektrone dhe jone të lira, këto rrezatime quhen rrezatime jonizuese. Si dhe kur energjia e transferuar është e pamjaftueshme për të shkaktuar jonizim, në këtë rast atomet e lëndës vetëm eksitohen në një gjendje më të lartë energjetike dhe quhet rrezatim jo jonizues.

Nga pikëpamja e mekanizmit të bashkëveprimit me lëndën rrezatimet ndahen në dy kategori:

Rrezatimi direkt jonizues, i cili përmban grimca të ngarkuara elektrikisht të cilate transmetojnë drejtpërsëdrejti energjinë e tyre në lëndë, si rezultat i bashkëveprimit elektrostatisht. Ky kalim i energjisë varet nga masa e grimcave të ngarkuara në lëvizje.

Rrezatimi indirekt jonizues, i cili nga pikëpamja elektrike është neutral, por ka aftësi për ta transmetuar energjinë e tij tek lënda në mënyrë të pjesëshme ose të plotë, nëpërmjet bashkëveprimit me grimcat e ngarkuara. Në këtë kategori hyjnë rrezatimet elektromagnetike (gama dhe X) si dhe rrezatimi neutronik.

1.4. BASHKËVEPRIMI I RREZATIMIT ELEKTROMAGNETIK ME LËNDËN

Deri më tani në natyrë janë të njohura katër lloje forcash: forcat gravitacionale, të dobëta, elektromagnetike dhe forcat e forta apo bërthamore.

Për studimin tonë më të rëndësishme janë bashkëveprimet elektromagnetike, të cilat lindin midis ngarkesave elektrike kur ato janë lëvizje. Ky fenomen përfshin forcën elektrostatike, e cila vepron midis ngarkesave në qetësi dhe efektin e kombinuar të forcave elektrike dhe magnetike, të cilat veprojnë mes ngarkesave që lëvizin drejt njëra – tjetrës.

Bashkëveprimi i rrezatimit elektromagnetik me lëndën realizohet sipas tri mënyrave[6]:

- Fotoefektit;
- Efektit Kompton;
- Efektit të prodhimit të çiftit elektron – pozitron.

Kur fotoni rënës me energji $h\nu$ godet një elektron të një atomi, i transferon atij energji të mjaftueshme për ta shkëputur nga atomi. Energjia kinetike që fiton elektroni është:

$$E_K = h\nu - E_I \quad (1.8)$$

ku:

E_K - energjia kinetike e elektronit pas goditjes nga fotoni,

h -konstantja e Plankut,

ν -frekuenca e fotonit,

E_I -energjia e lidhjes së elektronit.

Ky efekt ndodh për të gjithë elektronet, të cilat plotësojnë mosbarazimin:

$$h\nu > E_I \quad (1.9)$$

Numri i elektroneve që emetohen nga metalet varet nga intensiteti i tufës së dritës që bie në metal; sa më i madh të jetë intensiteti i tufës aq më i madh është dhe numri i elektroneve të emetuara. Nëse drita që bie nuk ka një frekuencë prag për të cilën do të ndodhë fotoefekti nuk do të kemi emetim të elektroneve.

Efekti Kompton

Ky proces karakterizohet nga bashkëveprimi i fotoneve me elektronet e lidhura dobët në atom. Fotoni rënës me energji $h\nu_0$ dhe impuls $p=h\nu_0/c$ bashkëvepron me një elektron dhe si rezultat i bashkëveprimit, elektroni fiton një energji kinetike E_k dhe shpërhapet në drejtimin φ . Ndërkohë nga ky bashkëveprim lind dhe një foton, i cili do të ketë një energji $h\nu'=h\nu_0-E_k$ dhe do të shpërhapet në një drejtim me një kënd θ në lidhje me drejtimin fillestar.

Shpërhapja e Komptonit paraqet ndryshimin midis gjatësisë së valës λ_0 të fotonit rënës dhe gjatësisë së valës λ' të fotonit të shpërhapjes së Komptonit:

$$\lambda' - \lambda_0 = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta). \quad (1.10)$$

Energjia e fotonit e shpërhapur $h\nu'$ jepet nga lidhja:

$$h\nu' = \frac{h\nu_0}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)} \quad (1.11)$$

$$\text{ku } \alpha \text{ është një madhësi pa dimensione } \alpha = \frac{h\nu}{m_0 c^2}. \quad (1.12)$$

Duke bërë zëvendësimet përkatëse arrijmë në përfundimin që energjia kinetike që fotoni i jep elektronit është:

$$E_K = h\nu_0 - h\nu' = h\nu_0 \frac{\alpha(1 - \cos \theta)}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)} \quad (1.13)$$

Gjatë bashkëveprimit Kompton fotonet me energji të vogël, shpërhapen thajse njëtrajtësisht në të gjitha drejtimet, kurse fotonet me energji të lartë shpërhapen kryesisht në drejtimin e rënies së tyre. Energjia e elektroneve gjatë bashkëveprimit të Komptonit arrin vlerën maksimale në rastin

kur fotoni që lind shpërhapet me një kënd θ të barabartë me 180° . Kjo vlerë quhet kufiri i Komptonit (*Compton edge*).

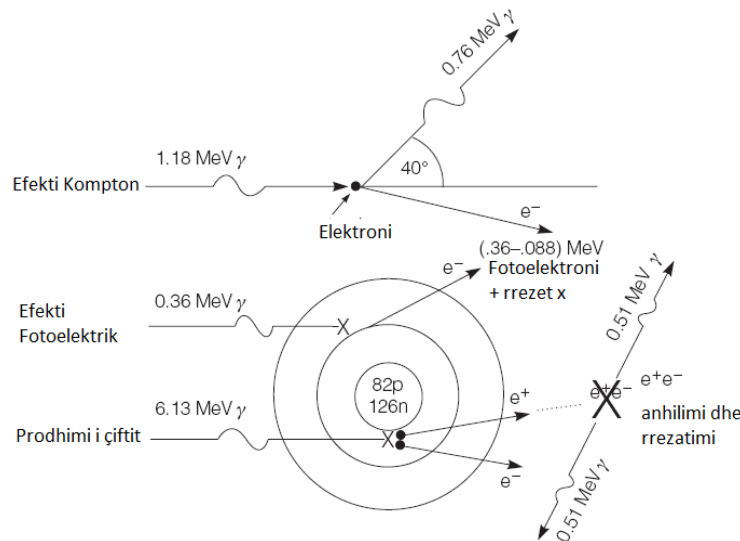


Figura 1.2. Efekti fotoelektrik, Kompton dhe prodhimin të çiftit[7]

Efektet e prodhimin të çiftit

Efektet e prodhimin të çiftit qëndron në krijimin e çiftit elektron–pozitron, kur një foton me energji të mjaftueshme bashkëvepron me atomin në fushën elektrike të bërthamës. Vetë fotoni “zhduket”, pra e gjithë energjia e tij shkon për krijimin e çiftit si dhe për energjinë kinetike që fitojnë elektroni dhe pozitroni. Nëse energjia e fotonit do të jetë $h\nu$ atëherë do të kemi:

$$h\nu = 2m_0c^2 + E_{Ke^-} + E_{Ke^+} . \quad (1.14)$$

Lidhja e mësipërme tregon se prodhimi i çiftit nuk mund të realizohet nëse energjia e fotonit nuk është e barabartë ose më e madhe se $2m_0c^2 = 1.022 \text{ MeV}$.

Efektet e formimit të çiftit lidhet me krijimin e dy grimcave dytësore, të cilat janë të afta të jonizojnë lëndën.

Probabiliteti i formimit të çiftit rritet me energjinë (më të madhe se 1.022 MeV) dhe zvogëlohet me rritjen e numrit atomik të lëndës si Z^2 .

Të tre efektet e lartëpërmendura për energji të caktuara të fotoneve rënëse dominojnë në krahasim me të tjerët:

Fotoefekti dominon për energji të fotoneve rënëse në intervalin $0 - 0.8 \text{ MeV}$;

Efekti Kompton dominon për energji të fotoneve rënëse në intervalin $0.8 - 4 \text{ MeV}$;

Ndërsa efekti i krijimit të çiftit elektron – pozitron dominon për energji të fotoneve rënëse të larta që i përkasin intervalit $4 - 100 \text{ MeV}$.

1.5. ENERGJIA E PËRTHITHUR NGA LËNDA DHE EKULIBRI ELEKTRONIK

Rrezatimi jonizues zotëron energji të cilën ia dorëzon lëndës si rezultat i bashkëveprimit me atomet dhe molekulat e saj. Kjo energji e rrezatimit është shkaktare e transformimeve fizike, kimike dhe biologjike të lëndës.

Për të vlerësuar anën cilësore dhe sasiore të rrezatimit në lëndë definoen madhësi dhe njësi fizike përmes të cilave gjejmë varësinë mes rrezatimit dhe efektit të tij në lëndën ku ai përhapet.

Nëse një vëllim elementar i nënshtrohet rrezatimit gama, brenda vëllimit elementar do të lindin elektrone, të cilat kanë energji dhe drejtime të ndryshme. Një pjesë e elektroneve përthithen brenda vëllimit elementar, ndërsa një pjesë tjetër dalin jashtë vëllimit. Gjithashtu në vëllimin elementar mund të hyjnë elektrone dhe fotone nga vëllimet elementare fqinje.

Për energjinë e përthithur nga vëllimi elementar mund të themi se paraqet ndryshimin e shumës së energjisë së fotoneve dhe elektroneve që hyjnë në vëllimin elementar dhe shumës së energjive që dalin nga vëllimi elementar[8].

Energjia e përthithur e rrezeve gama në një vëllim të lëndës dhe energjia gama e transformuar në energji kinetike të elektroneve në po atë vëllim do të jenë të barabarta ndërmjet tyre, nëse ka vend ekulibri elektronik.

Me ekulibër elektronik nënkuptohet gjendja e bashkëveprimit të rrezatimit me lëndën në të cilën energjia e rrezatimit e përthithur në një vëllim elementar të lëndës, është e barabartë me shumën e energjive kinetike të elektroneve që formohen në këtë vëllim.

Praktikisht ekulibri elektronik në një vëllim elementar arrihet nëse ky vëllim është i rrethuar me një trashësi materiali sa rendja e elektroneve (thellesia e depertimit të elektroneve në lëndë) në këtë material.

1.6. DOZA E ABSORBUAR

Doza e absorbuar (D) është raporti i energjisë që absorbohet nga rrezatimet në një element vëllimor të caktuar të lëndës, me masën e lëndës së këtij vëllimi:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (1.15)$$

Në sistemin SI, njësia matëse shprehet në *xhaul për kilogram (J/kg)*. Kësaj njësie të sistemit SI i është vënë emri *Grey (Gy)* për nder të fizikanit anglez *Harold Gray* dhe lidhja që ekziston midis dy njësive është:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} \quad (1.16)$$

Doza e absorbuar vlen për çfarëdo lloj rrezatimi dhe për çfarëdo lloj lënde. Për këtë madhësi ka kuptim të flitet dhe për fuqinë e dozës së përthithur që simbolikisht shënohet D' , dhe paraqet raportin e dozës së përthithur dD me intervalin e kohës dt , gjatë të cilit është dhënë kjo dozë. Matematikisht fuqia e dozës së përthithur shprehet si:

$$D' = \frac{dD}{dt} \quad \left[\frac{\text{Gy}}{\text{s}} \right] \quad (1.17)$$

1.7. DOZA E EKSPOZIMIT

Doza e ekspozimit (X) paraqet raportin e ngarkesës elektrike dQ , e cila formohet në një vëllim elementar të ajrit, me masën e këtij vëllimi dm :

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad \left[\frac{\text{C}}{\text{kg}} \right] \quad (1.18)$$

Njësia e ekspozimit mund të konvertohet në njësinë e dozës së absorbuar për ajrin, duke ditur ngarkesën elektrike të një joni $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ dhe energjinë mesatare për formimin e një çifti jonesh në ajër $W = 34 \text{eV}$:

$$1 \text{ njësi ekspozimi} = \frac{1 \frac{\text{C}}{\text{kg}}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}} \cdot 34 \text{eV} \cdot 1.6 \cdot \frac{10^{-19} \text{J}}{\text{eV}} \cdot \frac{\text{Gy}}{\frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 34 \text{Gy}$$

Edhe për dozën e ekspozuar futet kuptimi i fuqisë së dozës së ekspozimit ose *fuqia e ekspozimit* X' , me të cilën kuptohet raporti i ekspozimit dX me intervalin e kohës dt gjatë të cilit është kryer ky ekspozim:

$$X' = \frac{dX}{dt} \left[\frac{C}{kg \cdot s} \right] \quad (1.19)$$

1.8. KERMA

KERMA është madhësia fizike që përfaqëson raportin e shumës së energjive kinetike fillestare të grimcave jonizuese që çlirojnë rrezatimet indirekte jonizuese, në një vëllim të caktuar të lëndës, ndaj masës së këtij vëllimi.

Kerma është shkurtimi i emërimit “energji kinetike e lëshuar në lëndë” (Kinetic Energy Released in Material) dhe simbolikisht shënohet me K :

$$K = \frac{dE}{dm} \quad (1.20)$$

Njësia matëse e kermës është e njëjtë me atë të dozës së përthithur (J/kg) ose *Grey* (Gy), por ndryshimi qëndron në faktin që KERMA lidhet me energjinë kinetike fillestare të grimcave jonizuese, të çliuara në lëndë nga rrezatimet, ndërkohë që doza e përthithur karakterizon energjinë e përthithur në lëndë nga rrezatimet.

Vlera e kermës mund të ndryshojë nga ajo e dozës së përthithur, në varësi të faktit se grimcat jonizuese të krijuara në lëndë e shpenzojnë energjinë e tyre plotësisht brenda vëllimit të lëndës në të cilën ato u krijuan. Në këtë rast vlera e kermës është e njëjtë me atë të dozës së përthithur. Nëse energjia shpenzohet pjesërisht brenda vëllimit të lëndës atëherë vlera e kermës do ishte më e madhe se ajo e dozës së përthithur.

Edhe në këtë rast ka kuptim të flitet për fuqi të kermës e cila simbolikisht shënohet K' , fuqia e kermës përfaqëson sasinë elementare të kermës dK që krijohet gjatë intervalit të kohës dt . Shprehja matematikore e fuqisë së kermës është:

$$K' = \frac{dK}{dt} \quad (1.21)$$

Njësia matëse e fuqisë së kermës është $J/kg \cdot s$ ose Gy/s .

Lidhjet ndërmjet dozës së ekspozimit X (J/kg), dozës së përthithur D (J/kg) dhe kermës K (J/kg) jepet nga shprehjet e mëposhtme :

$$D = X \frac{W}{e} \left[\frac{J}{kg} \right],$$

$$X = K \frac{e}{W} \left[\frac{C}{kg} \right],$$

ku W është energjia mesatare e jonizimit të gazit dhe është afërsisht e barabartë me 35 eV.

1.9. DOZA EKUIVALENTE

Doza ekuivalente përcaktohet si produkt i dozës së përthithur me faktorin ponderues të rrezatimeve. Matematikisht shkruhet në trajtën:

$$H = w_r \cdot D \quad (1.22)$$

Me faktor ponderues të rrezatimeve kuptohet faktori, i cili përcakton shkallën e dëmtimit të indeve nga lloje të ndryshme rrezatimesh, për të njëjtën dozë të përthithur prej tyre. Meqenëse faktori ponderues i rrezatimeve nuk ka njësi matëse, doza ekuivalente përdor të njëjtën njësi sikurse edhe doza e përthithur, pra xhaul për kilogram (J/kg).

Por në ndryshim nga doza e përthithur, e cila shërben për të vlerësuar shkallën e veprimit të rrezatimit në lëndë, d.m.th. se sa rrezatim është përthithur në lëndë, doza ekuivalente shërben për të vlerësuar shkallën e dëmtimit biologjik të indeve nga rrezatimi jonizues.

Njësia matëse e dozës ekuivalente quhet Sivert (Sv), për nder të biologut suedez Rolf Sievert.

Doza ekuivalente merr në konsideratë efektet deterministike.

Për dozën ekuivalente futet edhe kuptimi i fuqisë së dozës ekuivalente. Me këtë madhësi kuptohet raporti i dozës ekuivalente dH me intervalin e kohës dt , brenda se cilës është dhënë kjo dozë:

$$H' = \frac{dH}{dt} \quad \left[\frac{Sv}{s} \right] \quad (1.23)$$

Tabela 1.2. Faktorëve ponderues të rrezatimit(ICRP 103)

Lloji i rrezatimit	Energjia e rrezatimit	Faktori ponderues w_r
Fotonet	e të gjitha energjive	1
Elektronet dhe mionet	e të gjitha energjive	1
Neutronet	< 10 keV	5
	10 - 100 keV	10
	100 keV – 2 MeV	20
	2 – 20 MeV	10
	> - 20 MeV	5
Protonet	> - 2 MeV	2
Grimcat Alfa, fragmentet e fisionit	e të gjitha energjive	20

1.10. DOZA KOLEKTIVE

Për të vlerësuar efektin e përgjithshëm të rrezatimit nga një praktikë e caktuar përdorim dozën kolektive, e cilavaret nga numri i individëve të përfshirë në praktikën e caktuar si dhe nga shuma e dozës ekuivalente të cilën kanë marrëanëtarët e grupit:

$$S = \sum_{i=1}^n n_i H_i \quad [nj \cdot Sv] \quad (1.24)$$

Njësia e dozës kolektive shprehet me njësinë *njeri·Sivert*. Doza kolektive ka karakter statistikor dhe tregon masën e dëmtimit të një grupi të caktuar individësh, të cilët i janë nënshtruar rrezitjes.

Sipas Komisionit Ndërkombëtar për Mbrojtjen nga Rrezatimi vlera e koeficientit për induktimin e sëmundjeve malinje është $5 \cdot 10^{-2} Sv$.

Nëse 1.7 milion banorë, sa aktualisht ka Kosova, rreziten me dozënekuivalente prej $2mSv$, do të themi se kemi dozë kolektive prej $3.4 \cdot 10^3 nj.Sv$, e cila do të ishte përgjegjëse për 170 raste shitesë të sëmundjeve malinje në këtë grup.

1.11. DOZA EFEKTIVE

Doza e cila karakterizon dëmtimin e të gjithë organizmit si rezultat i rrezitjes së një ose disa indeve quhet dozë efektive dhe përcaktohet si shumë e prodhimit të dozës ekuivalente të indeve ose organeve të ekspozuara me faktorin ponderues të indeve:

$$E = \sum_{T=1}^n W_T H_T \text{ [Sv]} \quad (1.25)$$

ku:

E - doza efektive,

W_T - faktori ponderues,

H_T - doza ekuivalente e indit të dhënë.

Tabela 1.3. Faktorët ponderues për inde të ndryshme

Nr	Indet apo organet	Vlerat e faktorëve ponderues W_T		
		ICRP 30, 1979[9]	ICRP 60, 1991[10]	ICRP 103, 2008[3]
1	Gonadet	0,25	0,20	0,08
2	Palca e kuqe e kockave	0,12	0,12	0,12
3	Zorra e trashë	/	0,12	0,12
4	Mushkëritë	0,12	0,12	0,12
5	Stomaku	/	0,12	0,12
6	Bladeri	/	0,05	0,12
7	Gjinjtë	0,15	0,05	0,04
8	Mëlçia	/	0,05	0,04
9	Ezofagu	/	0,05	0,04
10	Tiroidet	0,03	0,05	0,04
11	Lëkura	/	0,01	0,01
12	Sipërfaqja e eshtrave	0,03	0,01	0,01
13	Gjëndrat pështymore	/	/	0,01
14	Truri	/	/	0,01
15	Pjesa e tjetër e trupit	0,30	0,05	0,12
	Gjithsej	1	1	1

Vlerat e faktorit ponderues janë koeficientë që rekomandohen nga publikimi nr. 103 i KNMRr-së, si në tabelën 1.3.

Faktorët ponderues mundësojnë transformimin e dozës ekuivalente të një apo më shumë indeve në dozë të të gjithë organizmit, kurse faktori ponderues paraqet kontributin e ekspozimit të organeve të caktuara në dëmin e të gjithë organizmit. Doza efektive merr në konsideratë efektet stokastike

KAPITULLI I DYTË

2. STANDARDET BAZË TË MBROJTJES NGA RREZATIMI

2.1. PARIMET BAZË PËR MBROJTJEN NGA RREZATIMI

Të gjitha veprimtaritë të cilat përdorin burimet e rrezatimit jonizues quhen praktika, ndërsa aktivitetet që ndërmirren për ta ulur ekspozimin e njerëzve nga rrezatimi jonizues quhen ndërhyrje.

Parimet bazë për mbrojtjen nga rrezatimi të rekomanduara nga Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtje nga Rrezatimi janë:

- Parimi i justifikimit,
- Parimi i kufizimit të dozave,
- Parimi i optimizimit.

Parimi i justifikimit – Praktikrat me rrezatim jonizues janë të justifikuara vetëm nëse përfitimet për individin apo shoqërinë janë më të mëdha se sa dëmet që i shkakton rrezatimi me rastin e kryerjes së praktikës në fjalë.

Parimi i kufizimit të dozave – Asnjëherë nuk duhet të kalohet doza kufi për praktikën e dhënë. Parimi i kufizimit të dozave nuk aplikohet tek ekspozimet mjekësore.

Parimi i optimizimit – Burimet e rrezatimit jonizues duhet të përdoren dhe trajtohen me qëllim që numri i individëve dhe doza që ata marrin të jetë doza më e vogël e mundshme që arrihet duke pasur parasysh faktorët ekonomik dhe social. Ky parim njihet me emrin ALARA (As Low As Reasonably Achievable) dhe aplikohet te të gjitha llojet e ekspozimeve.

2.2. EFEKTET E RREZATIMIT NË BIO-ORGANIZMA

Nëse rrezatimi, i cili kalon nëpër inde biologjike ka energji të mjaftueshme për të shkaktuar jonizimin e lëndës, kjo do të thotë se kjo ka aftësi të ndërhyjë edhe në proceset biologjike të indeve.

Ndryshimet e ndodhura mund të shkaktojnë çrregullime në funksionimin e qelizës. Shkalla e çrregullimit të qelizës varet nga niveli i absorbimit të energjisë së rrezatimit rënës.

Mënyrë direkte e dëmtimit të qelizës quhet rasti kur paraqitet dëmtimi i drejtpërdrejtë i ADN-së e si pasojë kemi modifikimin apo vdekjen e qelizës. Ndërsa mënyrë indirekte e dëmtimit të qelizës quhet rasti kur dëmtohen komponimet kimike në mjedisin qelizor, që shkaktohet si pasojë bashkëveprimit të rrezatimit jonizues me molekulat e ujit të qelizave, meqënëse formohen radikalet e lira, të cilat kanë efekt të lartë oksidues dhe toksik për qelizën.

Qelizat e dëmtuara nga rrezatimi jonizues kalojnë njërën prej proceseve të:

- Riparimit të qelizës,
- Modifikimit të qelizës,
- Vdekjes së qelizës.

Vlen të përmendet se modifikimi i qelizës shërben si bazë e formimit të mëvonshëm të sëmundjeve malinje në organizmin e rrezitur. Apo përmes modifikimit të qelizave riprodhuese mund të vihet deri tek efektet gjenetike të rrezatimeve të cilat shfaqen tek brezi pasardhës.

Efektet e rrezatimit në bio-organizma grupohen në efekte stokastike dhe deterministike.

Efektet stokastike ndryshe njihen si efekte probabilitike dhe paraqiten për doza shumë të vogla të rrezatimit. Te këto efekte nuk kemi dozë prag, pra efektet ndodhin apo nuk ndodhin, sigurisht që me rritjen e dozës rritet probabiliteti i paraqitjes së efekteve stokastike.

Efektet deterministike ndryshe njihen si efekte që ndodhin me siguri. Këto efekte shfaqen vetëm kur doza e rrezatimit është më e madhe se sa pragu i caktuar. Këto efekte janë klinikisht të vrojtueshme me rastin e rrezitjes së një numri të madh qelizash.

Gjithashtu përdoret termi efekt akut i rrezatimit, i cili paraqitet gjatë rrezitjes së organizmit me doza të larta.

Simptomat e efektit akut tek personi i rrezitur janë: skuqja e lëkurës, depilimi, të përzierat, të vjellat, plogështia, dhe ndryshimi i temperaturës.

Tabela 2.1. Lidhmëria e efekteve deterministike me dozën e përthithur [11]

Doza e përthithur [Gy]	Efekti deterministik
0 – 0,5	Nuk paraqiten efektet
0,5 – 2	Vërehen ndryshime hemopoetike
2 – 4	Paraqitet sindromi i rrezatimit
4 – 6	Është fatale për 50% të rasteve
> 6	Fatale për të gjitha rastet

Ndërsa efektet e vonshme të rrezitjes kryesisht manifestohen me shfaqjen e sëmundjeve malinje dhe efekteve gjenetike. Sëmundjet malinje mund të shfaqen me doza të rendit Gy. Koha e shfaqjes së sëmundjeve malinje është relativisht e gjatë dhe shkon deti në 15 vite deri sa të paraqitet. Si efekte gjenetike paraqiten zhvillimet e vonshme mendore tek fëmijët e rrezitur në embrion, efektet zakonisht paraqiten kur fryti është rrezitur ndërmjet javës së tetë dhe të shtatëmbëdhjetë të shtatëzanisë.

Është vërtetuar se çdo mbiekspozim e rrit gjasën për shfaqjen e sëmundjeve maline, por nuk mund të lidhet në mënyrë të drejtpërdrejtë me shfaqjen e saj, pasi mbiekspozimet e këtilla kanë karakter statistikor.

2.3. KLASIFIKIMI I VENDEVE TË PUNËS

Klasifikimi i vendeve të punës bëhet në bazë të vlerësimit të dozave vjetore të pritshme. Në bazë të rezultatit të pritshëm duhet të ndërmerren masa adekuate në harmoni me natyrën e instalimeve dhe burimeve të rrezatimit, veçanërisht për çdo vend të punës ku punëtorët për shkak të praktikave të përditshme janë të detyruar që të pranojnë vlera të caktuara.

Klasifikimi i vendeve të punës bëhet nëse plotësohet ndonjëri nga kushtet[2]:

- Kur vërtetohet se doza efektive është më e madhe se 1 mSv në vit;
- Kur doza ekuivalente për lentet e syrit është më e madhe se 15 mSv në vit;
- Kur doza ekuivalente për lëkurën dhe ekstremitetet është më e madhe se 50 mSv në vit.

Vendet e punës mund të klasifikohen si zona të kontrolluara, të mbikëqyrura apo si zona të paklasifikuara. Kriteret e lartpërmendura nuk respektohen për zonën e paklasifikuar. Secila nga zonat duhet të shënjohe dhe shënimi duhet të vendoset në vend të dukshëm për t'u parë.

Zonat e kontrolluara – paraqesin hapësirën ku qasja në të është e kufizuar për individët. Zakonisht në zonën e kontrolluar bëjnë pjesë hapësirat në të cilat gjenden burimet e rrezatimit apo ekziston probabilitet i konsideruar për kontaminim me lëndë radioaktive. Punonjësit duhet patjetër të pajisen me mjete personale mbrojtëse[12].

Zonat e mbikëqyrura – zakonisht gjenden në mes të zonës së kontrolluar dhe zonës së paklasifikuar dhe në varësi nga praktika në këtë zonë duhet të vendosen rregulla, të cilat obligohet të respektohen nga punonjësit, pacientët apo vizitorët.

Zonat e paklasifikuara – paraqesin zonën në të cilën nuk nevojiten masa specifike për shkak të praktikave që zbatohen në institucionin përkatës. Zonë e paklasifikuar zakonisht janë pritoret apo korridoret ku lejohet qëndrimi dhe qarkullimi i individëve dhe mallrave pa ndonjë kriter specifik në aspektin e sigurisë nga rrezatimi.

2.4. KATEGORIZIMI I PUNONJËSVE

Klasifikimi i punonjësve dhe i vendeve të punës duhet të jetë në harmoni me kapitullin e katërt të Direktivës Evropiane 3013/59Euroatom[2]. Punonjësit të cilët përdorin burime rrezatimit jonizues gjatë punës së tyre, grupohen në dy kategori.

Kategoria A – në këtë grup bëjnë pjesë punonjësit e ekspozuar, të cilët për shkak të praktikës që aplikojnë gjatë orarit të punës janë të predispozuar të marrin:

- Dozë efektive më të madhe se $6mSv$ për një vit;
- Dozëekuivalente më të madhe se $15 mSv$ për një vit për kristalin e syrit;
- Dozëekuivalente më të madhe se $150 mSv$ për një vit për lëkurën dhe ekstremitetet.

Kategoria B - Në këtë grup bëjnë pjesë punonjësit e ekspozuar, të cilët nuk i plotësojnë kushtet të jenë klasifikuar si punonjës të kategorisë A. Gjithashtu praktikantët dhe studentët kategorizohen si punonjës të kategorisë B.

Monitorimi individual me dozimetra për punonjësit e kategorisë A është i detyrueshëm, ndërsa monitorimi individual i punonjësve të kategorisë B duhet të bëhet për t'u siguruar se klasifikimi i tyre është bërë në mënyrë të rregullt, pasi që potencialisht ekziston mundësia që punonjësit e kategorisë B të kalojnë si punonjës të kategorisë A.

Punonjësit të cilët janë të punësuar jashtë shtetit për një periudhë të caktuar quhen punonjës të jashtëm dhe të dhënat për kategorizimin e këtyre punonjësve, vlerat e dozave në baza periodike si dhe përshtatshmëria shëndetësore e punonjësit për vendin e punës duhet të dërgohen në bazën e të dhënave të shtetit të origjinës së punonjësit.

2.5. LLOJET E EKSPOZIMEVE DHE VLERAT KUFİ

Standardet bazë për mbrojtjen nga rrezatimi të shëndetit të individëve lejojnë ekspozimet sipas grupeve të caktuara si:

Ekspozimet profesionale – janë ekspozimet e punonjësëve, të cilët në punën e tyre të përditshme përdorin burime të rrezatimit jonizues.

Ekspozimet mjekësore – janë ekspozimet e pacientëve, të cilat kryhen për qëllime diagnostike ose terapeutike. Tek ekspozimet mjekësore nuk aplikohen vlerat kufi. Ndërsa kufizimi përdoret për anëtarët e ekspozimeve vullnetare, të cilët marrin pjesë në kërkimet mjekësore si dhe në ndihmuesin e pacientit.

Ekspozimet publike – janë ekspozimet e publikut ndaj burimeve të ndryshme të rrezatimit, por duke përjashtuar ekspozimet profesionale, mjekësore dhe ekspozimet për shkak të sfondit natyror.

Për secilën nga tri llojet e ekspozimit, në varësi të qëllimit të ekspozimit ndaj rrezatimit kemi ekspozime të ndryshme:

Ekspozimet normale – janë ekspozimet ndaj rrezatimit, të cilat mund të parashikohen me rastin e kryerjes së një praktike të caktuar.

Ekspozimet potenciale – janë praktikat nga të cilat ekziston mundësia për ekspozime.

Ekspozimet emergjente – janë ekspozime ndaj rrezatimit jonizues të cilat vijnë si rezultat i aksidenteve të ndryshme. Ekspozimet e punonjësve profesional të cilët i ekspozohen rrezatimit jonizues në rast të emergjencave njihen si ekspozime profesionale emergjente.

Ekspozimet aksidentale – janë ekspozime të paplanifikuara të cilat vijnë si rezultat i aksidenteve dhe nuk janë ekspozime profesionale.

Ekspozime veçanërisht të autorizuar – janë ekspozime që mund të autorizohen nga vetë Autoritetet Rregullatore Shtetërore për raste të jashtëzakonshme dhe limiti i autorizimit për dozën efektive preferohet të jetë më i vogël se 100 mSv dhe të mos kalojë 500mSv. Kjo bëhet vetëm në rastet e jashtëzakonshme me qëllim për të shpëtuar jetë, për të parandaluar efektet e rënda shëndetësore nga rrezatimi, ose me qëllim që të parandalohen situatat katastrofike. Obligohet që punëdhënësi paraprakisht të informojë punonjësit për situatën ekzistuese dhe për riskun nga situata e krijuar. Në këtë grup mund të autorizohen vetëm punonjësit e kategorisë A dhe në asnjë rast punonjësit e kategorisë B duke përfshirë studentët dhe praktikantët.

Tabela 2.2. Vlerat kufi të standardeve për mbrojtjen nga rrezatimi[2,13]

Aplikimi	Vlerat kufi për ekspozimet profesionale		Vlerat kufi për ekspozimet e publikut
	Profesionistët (studente >18 vjeç)	Praktikantët dhe studentët (16 -18 vjeç)	
Doza efektive	20 mSv në një vit	6 mSv në një vit	1 mSv në një vit
Doza ekuivalente për lentet e syrit	20 mSv në një vit, ose 100 mSv për 5 vite (maksimum 50 mSv në 1 vit)	15 mSv në një vit	15 mSv në një vit
Doza ekuivalente për lëkurën	500 mSv në një vit (aplikohet për dozën mesatare të sipërfaqes 1 cm ² të lëkurës)	150 mSv në një vit (aplikohet për dozën mesatare të sipërfaqes 1 cm ² të lëkurës)	50 mSv në një vit (aplikohet për dozën mesatare të sipërfaqes 1 cm ² të lëkurës)
Doza ekuivalente për gjymtyrët	500 mSv në një vit	50 mSv në një vit	/

Në raste të jashtëzakonshme vlera kufi për ekspozimet profesionale për dozën efektive mund të vendoset nga autoriteti kompetent deri në 50mSv për një vit, me kusht që doza efektive mesatare

vjetore për çdo pesë vjetët pasuese, duke përfshirë vitin për të cilat është tejkaluar kufiri, nuk i kalon 20 *mSv*. Ndërsa doza ekuivalente për lentet e syrit mund të arrijë 100 *mSv* në pesë vjet rresht, duke i u nënshtruar dozës maksimale prej 50 *mSv* në një vit të vetëm, siç është përcaktuar në legjislacionin kombëtar.

Me rastin kur një punëtorë e njofton punëdhënësin për shtatëzaninë e saj, duhet të sigurohen kushtet për punonjësen shtatëzanë të atilla që doza ekuivalente për fëmijën që nuk ka lindur ende të jetë sa më e ulët që mund të arrihet në mënyrë të arsyeshme dhe që mos të ketë mundësi të kalojë dozën prej 1 *mSv* të paktën për pjesën e mbetur të shtatëzanësisë. Mbrojtja e fëmijës që ende nuk ka lindur është e krahueshme me atë që parashikohet për anëtarët e publikut. Ndërsa punonjëset të cilat ushqejnë foshnjën me gji nuk duhet të përfshihen në praktikën të cilat bartin rrezik të lartë të marrjes (gëlltitjes apo inhalimit) së radiobërthamave apo kontaminimit të trupit.

Për përcaktimin e dozës efektive dhe ekuivalente të rrezatimit të jashtëm përdoren madhësitë e definuara në publikimin 116 të KNMRr (ICRP)[14].

2.6. RAPORTIMI DHE REGJISTRIMI I DOZAVE PROFESIONALE

Në dokumentin e raportimit të dozave të pranuar, Laboratori i Aprovuar Dozimetriku duhet të shkruaj qartë: Titullin e Laboratorit të Aprovuar Dozimetriku i cili kryen matjet e dozimetrave, institucionin i cili shfrytëzon dozimetrat, periodën e monitorimit, listën e punonjësve që monitorohen, numrin përkatës të dozimetrit, dozën e matur për secilin dozimetër, llojin e dozës së matur si dhe dozën limit për periudhën e raportuar. Gjithashtu rekomandohet të shkruhen udhëzime të shkurtëra për përdoruesit e dozimetrave.

Vlera e raportuar nuk është e njëjtë me vlerën e lexuar nga dozimetri, vlera e lexuar paraqet shumën e dozave të regjistruara nga rrezatimi natyror dhe nga praktika në dozimetrin e bartur nga punonjësi. Në regjistrimin e dozës duhet të largohet kontributi i rrezatimit të sfondit natyror. Metodat për largimin e rrezatimit natyror bazohen në shtrirjen gjeografike të përdoruesve të dozimetrave. Kjo arrihet duke marrë vlerën mesatare të sfondit natyror në nivel vendi dhe ajo të zbritet nga vlera e matur nga dozimetrat personal të punonjësve. Nëse vlerat e sfondit natyror variojnë dukshëm nga një zonë në tjetrën preferohet përdorimi i disa vlerave për regjionet e caktuara. Rasti më i preferuar është vendosja e dozimetrave për matjen e sfondit natyror në

secilin institucion dhe vlerën e martur nga dozimetrat e sfondit t'ia zbresim dozimetrave të punonjësve nga institucioni përkatës.

Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtjen nga Rrezatimi e ka përcaktuar dozën minimale e cila duhet të regjistrohet në dozimetrat personal, e cila është e lidhur me kohën e raportimit të dozës, gjejjësisht me kohën e bartjes së dozimetrit në njërën anë dhe dozës efektive vjetore prej 1mSv. Nëse ndërimi i dozimetrave bëhet në periudha mujore marrim:

$$\frac{1mSv}{12muaj} = 83 \frac{\mu Sv}{muaj} . \quad (2.1)$$

Pra vlera prej 83 μSv për muaj është vlera minimale e cila duhet të raportohet. Gjithashtu kjo vlerë është kriter për t'u arritur për kufirin minimal të detektimit të sistemit termolumineshent.

Në nivel shteti duhet të krijohet dhe mirëmbahet regjistri kombëtar i dozave, ku vlerat e dozave të pranura nga punonjësit e monitoruar përmes dozimetrisë profesionale duhet të ruhen për periudhën kohore më të gjatë se sa jeta e punonjësit dhe kompanisë ku ai ka punuar.

Regjistri kombëtar i dozave duhet të mbajë së paku të dhënat për: vlerat e raportuara nga Shërbimi Dozimetric i Aprovuar, përpunimin statistik të të dhënave që i karakterizojnë punonjësit profesional, definimin e praktikës për secilin punonjës, listën e punonjësve të jashtëm me dozat e pranura. Të gjitha këto duhet të realizohen duke respektuar konfidencialitetin e të dhënave personale të punonjësve, qasje në bazën nacionale të të dhënave mundë të kenë vetëm personat e autorizuar. Preferohet që të sigurohet një kopje fizike e rezultateteve.

KAPITULLI I TRETË

3. DOZIMETRIA PROFESIONALE

3.1. MONITORIMI DOZIMETRIK PROFESIONAL

Me monitorim të rrezatimit kuptojmë një mori aktivitetesth të cilat fillojnë nga kalibrimi i sistemit dozimetrik e deri te dhënia e mendimit profesional dhe marrja e masave adekuate lidhur me parametrat që monitorohen. Zakonisht bëhet monitorimi ekspozimeve profesionale, ndotjeve radioaktive të sipërfaqeve në ambientet e punës apo mjedisit, monitorimi i ajrit, i rreshjeve atmosferike, materialit ndërtimor etj[15].

Monitorimi dozimetrik personal i jashtëm kryhet përmes dozimetrave personal[16] në baza rutinore për të siguruar se ekspozimi i punonjësve është brenda standardeve të përcaktuara me standarde kombëtare dhe ndërkombëtare.

Qëllimi i monitorimit dozimetrik personal është kontrolli i ekspozimeve të jashtme profesionale, vërtetimi i respektimit të dozës kufi dhe principit ALARA, si dhe informimi i punonjësve për ekspozimin e tyre ndaj rrezatimit[17].

Gjithashtu monitorimi dozimetrik personal shërben për të përcaktuar ndryshimet eventuale ose tendencën e ndryshimeve për ekspozimet e punonjësve, duke treguar efektivitetin e masave mbrojtëse nga rrezatimi.

Në bazë të standardeve ndërkombëtare dozimetria personale ekuivalente për monitorim individual shkruhet në formë $H_p(d)$, e cila paraqet dozën ekuivalente në thellësi të caktuara të indeve të buta, nën pozicionin ku dozimetri mbahet gjatë kohës së rrezitjes.

Kjo madhësi mund të përdoret për matjen e dozës sipërfaqësore dhe të organeve në thellësi. Thellësia d shprehet në mm sipas rekomandimeve të Komisionit Ndërkombëtar për Mbrojtjen Radiologjike (ICRU). Doza ekuivalente sipërfaqësore $H_p(0.07)$ paraqet dozën e lëkurës, e cila përfaqëson dozën në 0.07 mm thellësi, ndërsa kur thellësia është 3 mm apo $H_p(3)$ ajo përfaqëson dozën e lenteve të syrit, për organet në thellësi 10 mm përdoret shënimi $H_p(10)$, e cila shërben për të kontrolluar dozën efektive.

Doza personale ekuivalente varion nga një person tek tjetri si dhe nga vendi i mbajtjes së dozimetrit. Kjo vjen për shkak se depërtueshmëria dhe shpërhapja e rrezeve radioaktive është e ndryshme te persona të ndryshëm. Doza ekuivalente e thellësisë vlerësohet në mënyrë indirekte duke e bartur detektorin e mbuluar me një shtresë të hollë me veti absorbuese ekuivalente sikur indet për thellësinë e caktuar d. Kalibrimi i dozimetrave duhet të bëhet në kushte të thjeshtuara dhe me anë të fantomëve përkatës[18].

Pasi që shumica e faktorëve ponderues të indeve apo organeve të definuara është e barabart me 1, kjo do të thotë se doza ekuivalente $H_p(10)$ në fakt paraqet dozën efektive personale të punonjësit që e ka bartë dozimetrin. Kur rrezatimi i trupit është relativisht i ulët dhe uniform përdoren dozimetra të përshtatshëm, që mundësojnë rezultate direkte, të cilat përdoren si dozë efektive. Megjithatë, në raste të këtylla doza ekuivalente në përgjithësi e mbivlerëson dozën efektive. Relacioni në mes dozës ekuivalente dhe dozës efektive ndryshon në varësi të energjisë së rrezatimit, për energji më të larta të rrezeve gama shkalla e mbivlerësimit është modeste, ndërsa për fotone me energji nën 50 keV, doza efektive mundet të mbivlerësohet deri në dy herë dhe varet nga orientimi i trupit që rrezitet. Për rastet e ekspozimit johomogjen të trupit, kur energjia dhe drejtimi i tufës rënëse është i ndryshëm apo kur kemi mbrojtje të pjesëshme relacioni në mes të matjeve nga dozimetri dhe dozës efektive është më kompleks. Për situata të këtylla rekomandohet të shtohet numri i detektorëve që përdoren dhe pastaj të merret vlera mesatare e të gjitha leximeve si vlera më e përafërt e dozës efektive. Tabela 3.1 paraqet madhësitë operative dhe përdorimin e tyre, ku përveç madhësive për monitorimin individual përdoren edhe madhësi të ngjashme për monitorimin e ambientit.

Tabela 3.1. Madhësitë e dozave operacionale dhe përdorimi i tyre

Qëllimi	Madhësitë e dozave operacionale që përdoren për	
	Monitorim individual	Monitorim i mjedisit
Vlerësimi i dozës efektive	Doza personale ekuivalente $H_p(10)$	Doza ekuivalente ambientale $H^*(10)$
Vlerësimi i dozës ekuivalente të lëkurës ose gjymtyrëve dhe të lenteve të syrit	Doza personale ekuivalente $H_p(0.07)$ dhe $H_p(3)$	Doza ekuivalente direkte $H'(0.07, \Omega)$

Instrumentet të cilat përdoren për matjen e dozës ekuivalente ambientale duhet të kenë mundësi izotropike detektimi. Ndërsa ato që përdoren për matjen e dozës ekuivalente direkte dhe dozës personale ekuivalente duhet të kenë orientim të definuar për matjen e rrezatimit. Për matjen e dozës ekuivalente të ambientit përdoren dhomat jonizuese, numëruesit GM apo si metodë pasive përdoren dozimetrat termolumineshent.

Karakteristikë e ekspozimeve profesionale në praktikat mjekësore është rrezitja jouniforme dhe kualiteti i tufës me energji të ulët, të dy këto parametra e rritin pasaktësisinë e matjeve por relacioni në mes dozës ekuivalente dhe dozës efektive e bënë që të dhënat të shkojnë në favor të sigurisë së punojnësve.

3.2. DOZIMETRIA PËR EKSPOZIMET E BRENDSHME DHE TË JASHTME

Dozimetria e jashtme është matja e dozës së burimit të rrezatimi jonizues kur burimi është jashtë trupit të punonjësit. Kjo dozë matet me anë të dozimetrave të ndryshëm, të cilët barten nga shfrytëzuesi, vlera e dozës që tregon dozimetri është vlera përfaqësuese e rrezatimit, e cila është absorbuar nga trupi i punonjësit. Dozimeri duhet të bartet nga punonjësi i caktuar në pozitën specifike për periodën e caktuar kohore, prandaj themi se rezultati përfundimtar paraqet dozën e akumuluar të punonjësit për periudhën kohore në fjalë. Dozimetrat për tërë trupin duhet të barten në pjesën e jashtme të veshjes, në mes të qafës dhe belit, preferohet në gjoks. Dozimetri duhet të orientohet me fytyrë përpara. Nëse barten veshjet mbrojtëse nga punonjësi, atëhere preferohet bartja e dy dozimetrave, ku njëri duhet të bartet mbi mbrojtësen dhe tjetri nën të. Nëse punonjësi bart vetëm një dozimetër atëhere ai duhet të qëndrojë nën mbrojtëse.

Materialet radioaktive të cilat kanë hyrë në trupin e punonjësit përmes inhalimit, gjëllitjes apo ushqimit, zakonisht akumulohen në organe specifike të organizmit. Këto organe shërbejnë si burim rrezatimi për organet fqinjë dhenë këtë rast themi se kemi të bëjmë me ekspozime të brendshme. Në dallim nga dozat e jashtme, dozat e brendshme nuk mund të maten në mënyrë direkte.

Për të gjetur dozën efektive të punonjësit duhet të marrim në konsideratë kontributin e dozës nga ekspozimet e brendshme dhe të jashtme.

3.3. LLOJET E DOZIMETRAVE PERSONAL

Dozimetrat e rrezatimit janë pajisje, instrumente ose sisteme, të cilat matin apo vlerësojnë në mënyrë direkte apo indirekte, madhësitë e ekspozimit të rrezatimit jonizues, të cilat mund të shprehen si vlerë e akumuluar për një kohë të caktuar apo si fuqi e dozës. Me sistem dozimetrik kuptojmë dozimetrin së bashku me lexuesin.

Dozimetrat ndahen në dy grupe themelore, dozimetra aktiv dhe pasiv. Në dozimetrat aktiv bëjnë pjesë detektorët apo instrumentet të cilat kanë mundësi që të paraqesin dozën apo fuqinë e dozës së matur në kohë reale, ndërsa dozimetrat pasiv kanë mundësinë që të paraqesin dozën e regjistruar në pajisje vetëm pasi ata të përpunohen. Në dozimetrat pasiv bëjnë pjesë dozimetrat termolumineshent dhe film-dozimetrat, ndërsa te dozimetrat aktiv bëjnë pjesë dozimetrat elektronik dhe stilo-dozimetrat.

Përzgjedhja e dozimetrave duhet të bëhet me një kujdes të veçantë, pasi që dozimetrat e ndryshëm kanë përparësi dhe mangësi të caktuara. Disa nga karakteristikat themelore të dozimetrave personal janë:

- Varësia sipas energjisë dhe këndit të tufës rënëse: reagimi i dozimetrave është i ndryshëm për energji të ndryshme të fotoneve si dhe për kënde të ndryshme në mes tufës rënëse dhe detektorit.
- Lloji i rrezatimeve që detektohet: dozimetrat dallohen nga mundësia që kanë për të regjistruar lloje të ndryshme të rrezatimit, si alfa, beta, gama ose neutrone.
- Lineariteti ndaj dozës së rrezitur: Dozimetrat e ndryshëm duhet të kenë reagim linear për doza të ndryshme.
- Zbehja: Te disa detektorë sinjali mund të zbehet apo humbë me kalimin e kohës. Kjo mund të shkaktohet nga faktorët e jashtëm si temperatura, drita dhe lagështia[19].
- Mundësia e ripërdorimit: Disa lloje të dozimetrave e humbin informacionin gjatë procesimit. Të tjerët e mbajnë informacionin dhe mund të procesohen më shumë se një herë.
- Doza më e vogël që mund të matet apo kufiri i detektimit. Kjo paraqet dozën më të vogël që mund të matet e që ka nivelin specifik të sigurisë.

- Përshtatshmëria e përdorimit të dozimetrave: Disa dozimetra i përballojnë kushtet e ndryshme mjedisore, janë më të vegjële, më të lehtë për bartje, më rezistent ndaj dëmtimeve mekanike, etj.

3.3.1. STILODOZIMETRAT

Stilodozimetrat janë dozimetra personal të cilët për nga forma dhe madhësia ngjajnë me stilolapsin. Ata përbëhen nga pjesa detektuese e rrezatimit dhe okulari. Në okular gjenden shkallëzimet, të cilat tregojnë vlerën e rrezatimit që elektroskopi ka regjistruar. Dozimetri ngarkohet me elektricitet nga sistemi përkatës. Në fakt përdoruesi e zeron treguesin e dozimetrit, i cili është i gatshëm për regjistrimin e rrezatimit. Me rastin që dozimetri i ekspozohet rrezatimit ai në mënyrë proporcionale shkarkohet.

3.3.2. DOZIMETRAT ME FILM

Këta dozimetra përdorin filmin, i cili është i ngjashëm me atë të grafivedentare. Filmi vendoset në një mbajtëse me filtra, të cilat kanë aftësi të ndryshme absorbimi. Filtrat kanë mundësi të ndajnë kontributin e rrezeve gama nga ato beta, ndërsa hapësira pa filtër paraqet vlerën totale të dozës nga rrezat gama dhe beta. Nivelet e ndryshme të rrezatimit rezultojnë me densitete optike të ndryshme në filmin fotografik, pasi që ai procedohet në dhomën e errët. Nëse filmi i dozimetrit është i mbështjellë me materiale të caktuara si litium ose bor, ai gjithashtu mund të përdoret për regjistrimin e neutroneve.

Reagimi i dozimetrave me film është i pavarur nga energjia: për vlera të energjisë mbi 200 keV, për energji të ulëta të fotoneve paraqitet mbireagimi i dozimetrit me film për 20 deri në 40 herë. Përmes kalibrimit adekuat për reagimin e dozimetrit me film në energji të vogla mundësohet regjistrimi i dozave prej 0.1 mSv deri në 10 Sv.

3.3.3. DOZIMETRAT TERMOLUMINESHENT

Fenomeni i termolumineshencës (TL) u zbulua në 1960 dhe u perfeksionua si teknikë dozimetrike në 1970, kur u vërejt se komponimet kimike si fluorur litiumi LiF apo fluorur kalciumi CaF₂ janë materiale të përshtatshme për dozimetri.

Rrezatimi jonizues në materiale TL bën që elektronet të kalojnë nga zona e valencës në zonën e përcjellshmërisë, nga e cila mund të vendosen në një nivel të izoluar i cili sigurohet nga

papastërtitë në kristal. Kur elektroni bie në kurthin e sigurur nga papastërtitë do të qëndrojë aty deri sa të marrë energjinë e mjaftuar për t'u liruar nga kurthi, kjo energji është zakonisht termike. Energjia termike bën që elektronet të kthehen përsëri në zonën e valencës dhe gjatë kthimit emetohen fotone të spektrit të dukshëm të dritës. Numri total i fotoneve të detektuara është proporcional me rrezatimin rënës në detektor, i cili ka shkaktuar eksitimin e elektroneve.

3.3.4. DOZIMETRAT ELEKTRONIK PERSONAL

Janë dozimetra aktiv gjë që mundësojnë paraqitjen e rezultateve në kohë reale. Zakonisht përdoren për të përcjellë dozën e rrezatimit për praktika specifike, të cilat janë jo rutinore si dhe johomogjene. Përparësi e këtyre dozimetrave është paraqitja e dozës totale dhe fuqisë së dozës. Gjithashtu përparësi e dozimetrave elektronik personal është se mund të gjenerojnë tinguj të ndryshëm për doza të caktuara. Për detektimin e rrezatimit përdoren detektorë gjysmëpërçues.

3.4. BAZAT E LUMINESHENCËS

Ekzistojnë materiale natyrore dhe artificiale të cilat kanë veti të lumineshencës. Materialetë tilla artificiale janë ndërtuar me kujdes të veçantë për të gëzuar veti specifike të cilat mundësojnë përdorimin e tyre për qëllime të caktuara.

Nga materialet artificiale që gëzojnë vetinë e lumineshencës dallojmë fluoruri ilitiumit (LiF) dhe sulfati ikalciumit (CaSO₄) në të cilët gjatë përgatitjes shtohen sasi të vogla të elementeve si magnez (Mg), bakër (Cu), fosfor (P) etj. Këto papastërti shërbejnë për të krijuar kurthet në detektorin termolumineshent.

Materialet termolumineshente artificiale mund të përgatiten në forma të ndryshme, si kristale, pluhur, cilindra të vegjël etj.

Lumineshenca paraqet procesin e emisionit dritor nga materiali i cili ka veti që pas përthithjes së rrezatimit ta transformojë atë në një rrezatim tjetër, i cili mund të lëshohet dhe detektohet në mënyrë të kontrolluar. Nëse faza e lëshimit të dritës kryhet përmes ngrohjes, dukuria njihet me emrin termolumineshencë, ndërsa kur ajo realizohet duke e ndriçuar materialin quhet fotolumineshencë.



Figura 3.1. Llojet e detektorëve TLD, a) format e detektorëve, b) detektorët në kartat përkatëse

Parimi i termolumineshencës mbështetet në dy faza:

- Regjistrimi i rrezatimit jonizues kur kristali termolumineshent i ekspozohet rrezatimit jonizues;
- Matja e rrezatimit kur materiali termolumineshent ngrohet në mënyrë të kontrolluar duke çliruar fotone monokromatike, të cilat regjistrohen nga aparaturat përkatëse.

Intensiteti i lëshimit të energjisë dritore nga materiali lumineshent në funksion të temperaturës paraqet një lakore me disa maksimume, e cila quhet kurba termike. Maksimumet varen nga thellësia energjetike e kurtheve në kristale.

3.5. MEKANIZMI I TERMOLUMINESHENCËS

Mekanizimi i termolumineshencës bazohet në teorinë e zonave të trupit të ngurtë. Në kristalin ideal elektronet zënë një numër të caktuar në nivelet energjetike. Elektronet nuk mund të zënë asnjë nivel energjetik të vendosur në zonën e ndaluar. Në temperaturën zero absolute energjia e elektroneve është minimale.

Zona e përcjellshmërisë është e zbrazët dhe zona e valencës është e mbushur. Nën efektin e një eksitimi (rrezatimi jonizues) një apo më shumë elektrone të zonës së valencës mund të marrin

energji të barabartë me $E=E_V-E_C$ të mjaftueshme për të kaluar në zonën e përcjellshmërisë, tani elektroni është i lirë dhe mund të lëvizë brenda kristalit.

Vendosja e papastërtive gjatë procesit të ndërtimit të detektorëve, të cilat janë pjesë të vogla të elementeve të tjera kimike në rrjetën kristalore ndikon në periodicitetin dhe krijon nivele energjetike të lokalizuara të vendosura në zonën e ndaluar.

Këto anomali mund të jenë dislokimet, papastërtitë dhe anomalitë e kristalit që formojnë kurthet, të cilat shfrytëzohen si pozicione që kapin elektronete gjeneruara nga rrezatimi jonizues[20].

Disa nga këto anomali janë të vendosura në afërsi të zonës së valencës dhe përbëjnë kurthe për vrimat pozitive të krijuara nga dalja e një elektroni nën efektin e një rrezatimi rënës ose të rrezatimit sekondar[21].

Në figurën 4.2 paraqitet skema e veprimit të rrezatimit jonizues në kristal dhe procesi i regjistrimit të informacionit. Njëkohësisht me përfundimin e leximit kryhet procesi i pjekjes së kristalit, duke e kthyer kristalin në gjendjen fillestare, të gatshëm për regjistrimin e informacionit të ri.

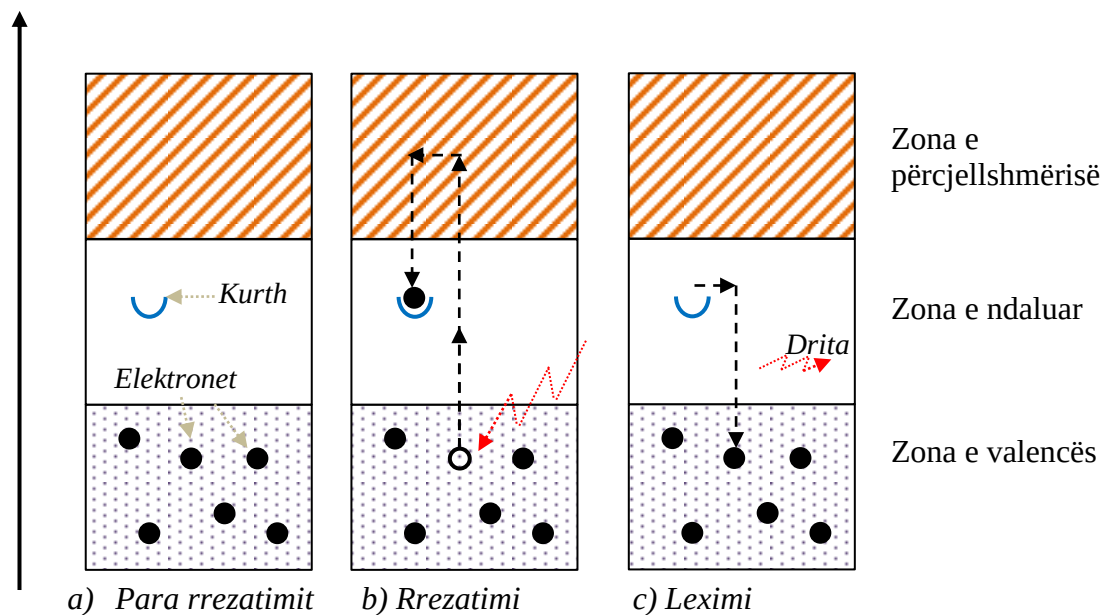


Figura 3.2. Skema e regjistrimit dhe leximit të informacionit nga detektorët lumineshent

J. T. Randall dhe M. H. F. Wilkins themeluan modelin kinetik, i cili lejon përcaktimin e parametrave të ndryshëm të kurtheve. Ky model bazohet në hipotezat e thjeshtëzuara të mëposhtme[22]:

- Mbartës të ngarkesës janë elektronet;
- Materiali termolumineshent ka vetëm një nivel të kurtheve;
- Nuk ka rikombinim direkt mes kurtheve dhe qendrave të lumineshencës;
- Koha e jetës së elektroneve në zonën e përcjellshmërisë është e shkurtër;
- Nuk ka shuarje termike;
- Probabiliteti i rikapjes për një kurth është zero.

Energjia termike e elektroneve të kurthuara i nënshtrohet shpërndarjes së Maxswellit. Probabiliteti P për çdo bartës që del nga kurthi jepet:

$$P = S \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (3.1)$$

ku:

- S – faktori i frekuencës,
- E – energjia e thellësisë së kurtheve,
- k – konstantja e Bolcmanit,
- T – temperatura absolute.

Ndërsa shpejtësia e çlirimit të elektroneve shprehet me anë të:

$$\frac{dn}{dt} = -nS \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (3.2)$$

ku:

- n – densiteti i bartësve të kurthuar.

Intensiteti i dritës së emetuar I është proporcional me shpejtësinë e rikombinimit rrezatues, pra sipas hipotezave të thjeshtuara të përmendura më sipër, me shpejtësinë e çlirimit të elektroneve nga kurthet.

Ky intensitet paraqitet me anë të:

$$I = C \left| \frac{dn}{dt} \right| = +CSn \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (3.3)$$

Ekuacioni (3.2) mund të shkruhet si:

$$\frac{dn}{n} = -S \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (3.4)$$

Nëse temperatura e materialit rritet sipas një ligji linear, shkruajmë:

$$T = T_0 + \beta t \quad (3.5)$$

ku: $\beta = \frac{dT}{dt}$ është konstantja e shpejtësisë së ngrohjes.

Duke zëvendësuar dt me $\frac{dT}{\beta}$, në ekuacioni (3.4) dhe duke integruar atë marrim:

$$\frac{\ln \cdot n}{n_0} = -\int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) dT \quad (3.6)$$

$$\frac{n}{n_0} = \exp\left[-\int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) dT\right] \quad (3.7)$$

$$n = n_0 \exp\left[-\int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) dT\right] \quad (3.8)$$

Formula e mësipërme jep ndryshimin e densitetit të mbartësve të kurthuar në funksion të temperaturës.

Ekuacionin (3.8) e zëvendësojmë tek (3.3) dhe fitojmë shprehjen e cila paraqet kurbën e termolmineshencës për një nivel të kurtheve:

$$I = C n_0 S \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \exp\left[-\int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) dT\right] \quad (3.9)$$

Eksponeciali i parë është përgjegjës për rritjen fillestare të sinjalit; ai shkakton rritjen e shpejtësisë së çlirimit të mbartësve të kurthuar kur temperatura rritet. Ky eksponecial është përgjegjës për pjesën rritëse të kurbës.

Eksponeciali i dytë është përgjegjës për zvogëlimin e sinjalit si rezultat i rënies së densitetit të elektroneve të kurthuar. Ky eksponecial është përgjegjës për pjesën zbritëse të kurbës.

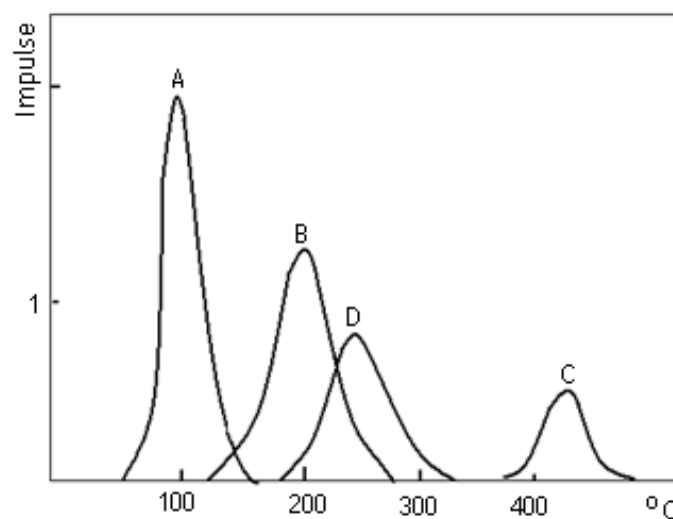


Figura 3.3. Kurbat teorike të fotoneve në varësi të temperaturës

Prandaj themi se kurba e termolumineshencës paraqet intensitetin e dritës së emetuar në funksion të temperaturës nga një material termolumineshent, i cili duke u ngrohur do të japë spektrin e termolumineshencës.

KAPITULLI I KATËRT

4. TË DHËNAT PËR TEKNIKËN E PËRDORUR

4.1. LEXUESI I DOZIMETRAVE TERMOLUMINESHENT RADOS RE2000S

Aparati Rados RE2000S është një prej modeleve për leximin e dozimetrave termolumineshent (TLD). Ai bën të mundur matjen e një shumëllojshmërie të gjerë materialesh termolumineshente TL të formave dhe masave të ndryshme. Lexuesi i dozimetrave është gjysmë automatik dhe përbëhet nga pjesët harduerike dhe softuerike.

Detektorët TL ngrohen deri në një temperaturë të caktuar nëpërmjet përdorimit të gazit të nxehtë i cili është azot. Në brendësi të aparatit është i instaluar fotoshumëzuesi elektronik, i cili mundëson numërimin e fotoneve duke i konvertuar ato në sinjale elektrikisht të matshme, që paraprakisht bën përforsimin e sinjaleve.

Sistemi i nxehjes së gazit është i kontrolluar nga pikëpamja e temperaturës, e cila mund të arrijë deri në 400 °C për gazin.

Sistemi i harduerik paraqitet në figurën 5.1, me emërtimet:

1. RaDosRE-2000S
2. Rrezatuesi Laboratorik
3. Detektorët
4. Mbajtësi i detektorëve
5. Kartela
6. Mbajtësi i kartelave për lexim
7. Kaseta
8. Furnizimi me N₂
9. Win TLD Pro
10. TLD Explorer.

Komponentët bazë të jashtëm të lexuesit përfshijnë një panel kontrolli në pamjen ballore. Në pjesën e pasme të lexuesit ndodhet paneli i kontrollit të tensionit, një tub azoti i montuar dhe një RS-232-C portë serike për të komunikuar me kompjuterin. Mbrapa lexuesit ndodhet edhe ndërprerësi për ndezjen / fikjen e pajisjes. Azoti kalon përmes PMT që të eliminojë kondensimin dhe për të larguar ajrin nga dhomëza e leximit.



Figura 4.1. Sistemi harduerik i lexuesit dhe pjesët përcjellëse

Secili nga mbajtëset e detektorëve ka mundësi të mbajë deri katër detektorë, të cilët përdoren për qëllime të ndryshe. Mbajtëset e detektorëve janë të pajisur me barkod dhe numër identifikues unik. Pajisjet harduerike kanë forma specifike të cilat e pamundësojnë vendosjen në mënyrë jo të rregullt të detektorëve gjatë përdorimit dhe leximit të tyre.

Mbajtësi i detektorëve futet në kartelë dhe në varësi nga qëllimi, kartela mund të futet në mbajtësin e kartelave për lexim (nëse kemi nevojë të bëjmë leximin, shkarkimin e detektorëve) apo në kasetën përkatëse e cila përdoret për bartje, ndërsa nëse dëshirojmë të rrezatojmë detektorët ata i vendosim në shtratin e rrezatuesit laboratorik.

Për realizimin e matjeve në fushat e rrezatimeve, detektorët futen në kaseta plastike, të cilat kanë një zonë të filtruar dhe një zonë të hapur (dritare), përkatësisht në hapjet 1 dhe 4 të mbajtësit të detektorëve. Zona e filtruar dhe zona e hapur lejojnë përkatësisht përcaktimin e dozave personale të thellësisë $H_p(10)$, e cila është e mbuluar me 1 mm trashësi alumini[23] dhe dozave personale të

sipërfaqes $H_p(0.07)$. Gjithashtu, kasetat kanë pjesën e varëseve, të cilat mundësojnë bartjen e dozimetrit nga punonjësi.

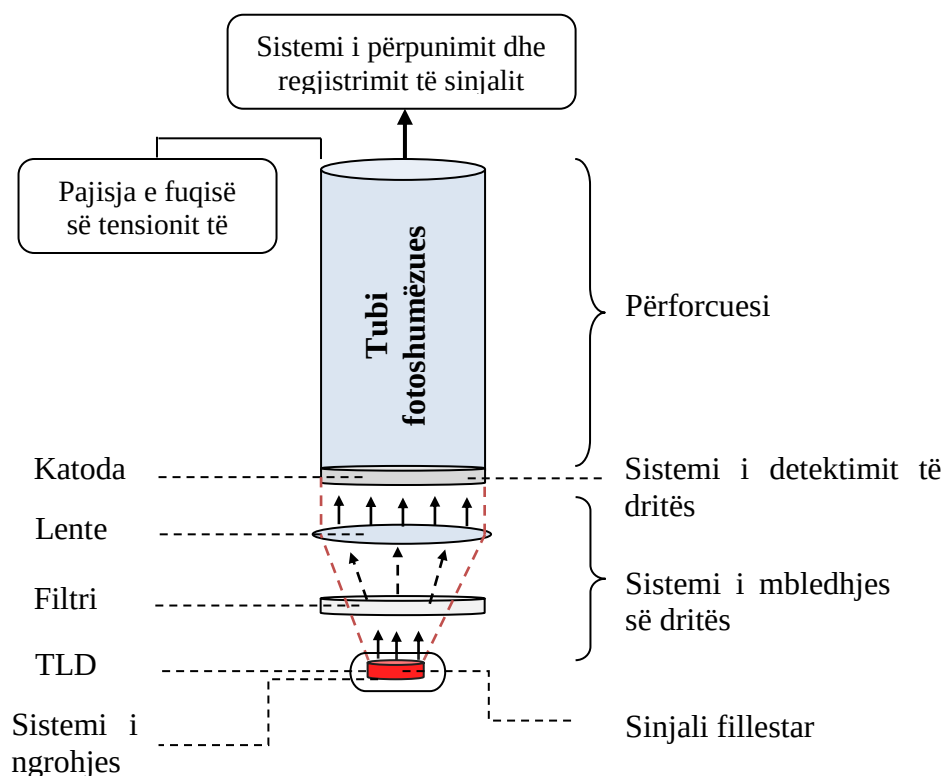


Figura 4.2. Parimi i funksionimit të lexuesit

Në figurën 4.2 paraqitet funksionimi i lexuesit në aspektin e leximit të informacionit, ndërsa mekanizmi mekanik i lexuesit nuk është objekt i këtij studimi.

4.2. TIPET DHE KARAKTERISTIKAT E DETEKTORËVE LUMINESHENT MCP DHE MTS

Karakteristikë themelore e detektorëve TLD është lloji i materialit, i cili përdoret gjatë ndërtimit të detektorëve, si dhe lloji dhe sasia e papastërtive të përdorura. Për këtë qëllim zakonisht si matricë përdoret fluoruri i litiumit (LiF) me papastërti të caktuara (në varësi nga qëllimi i përdorimit të tyre), LiF është material shumë i përshtatshëm për aplikime dozimetrike, zakonisht është në gjendje të ngurtë në formë të peletave. LiF karakterizohet nga ndjeshmëria e lartë, me

sinjal të vogël të sfondit, rezistent ndaj kushteve të ambientit dhe mbi të gjitha ka numrin efektiv atomik të përafërt me indet biologjike.

Për realizimin e këtij punimi janë përdorur dy lloje detektorësh lumineshent, kristalet e tipit MTS-N dhe MCP. Modi i leximit është kryer për temperaturë konstante, e cila është specifike për detektorët e caktuar. Të dy llojet e detektorëve në fjalë janë prodhuar nga Instituti Nuklear i Fizikës në Krakow të Polonisë.

4.2.1. DETEKTORËT MTS-N

Këta detektorë janë të ndërtuar me material termoluminues fluorid litiumi, në të cilin janë vendosur papastërti të magnezit dhe titanit (LiF:Mg,Ti). Inicialet MTS-N kanë kuptimin si vijon: M-Magnezium, T-Titan, S-sintered (procesi i formimit të gjendjes së ngurtë nga pudra, zakonisht përmes presionit), N-natyrore.

Për pjekje, rekomandohet që detektorët të vendosen në furrë për një orë në temperaturë 400°C dhe pastaj të vendosen në temperaturë dhomës, nëse dëshirojmë t'i ulim piqet e temperaturave të ulëta, procesi mund të pasohet edhe me 2 orë qëndrimi në temperaturë 100°C.

Nëse lexuesi e siguron nxehjen e kristalit me anë të kontaktit atëherë procesi i leximit kërkon që të mbahet temperatura konstante prej 270°C për 8 sekonda. Ndërsa te lexuesit të cilët e shfrytëzojnë azotin për ngrohje për procesin e leximit duhet të mbahet temperatura prej 300°C për 11 sekonda[24].

4.2.2. DETEKTORËT MCP-N

Përbëhen nga dy shtresa, zona e sipërme e cila është e ndjeshme nga rrezatimi rënës, quhet shtresa aktive si dhe pjesa e poshtme e cila nuk është e ndjeshme nga rrezatimi. Duhet të kihet kujdes me këta lloj detektorësh sepse gjatë përdorimit shtresa aktive gjithmonë duhet të qëndrojë në drejtim të tufës rënëse[25] dhe gjatë leximit duhet të qëndrojë afër fotoshumëzuesit. Shtresa aktive është pak më e bardhë. Këto kristale janë të ndërtuara me material termoluminues fluorid litiumi në të cilin janë vendosur papastërti të magnezit, bakrit dhe fosforit (LiF:Mg,Cu,P). Inicialet MCP-N kanë kuptimin si vijon: M-Magnezium, C-Cuprum, P-Phosfor dhe N-natyrore[26].

Nga prodhuesi rekomandohet që shkarkimi të bëhet me anë të furrës speciale për shkarkim, detektorët vendosen në pllakën e aluminit brenda në furrë e cila ka arritur temperaturën prej 240°C dhe në temperaturë konstante mbahen për 10 minuta. Pastaj nxirren nga furra dhe lihen në temperaturën e dhomës për tu ftohur gradualisht, por mbulohen me pllakë alumini me trashësi 1-4 cm. Për t'i larguar majat e kurbës së temperaturave të ulëta, pas rrezitjes detektorët vendosen në temperaturën 100°C për 10-20 minuta. Sharkimi është i mundshëm edhe përmes procesit të shkarkimit nga lexuesi.

Leximi i dozimetrave MCP-Ns bëhet në temperaturë $240^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ në varësi të sistemit ngrohës lejohet përdorimi i temperaturës së leximit deri në 260°C .

5.2.3. LINEARITETI I DOZËS SË DETEKTORËVE

Varësia e reagimit të dozimetrit nga doza është veti kryesisht e materialit nga i cili është formuar detektori, por në një masë ajo mund të ndikohet edhe nga lexuesi dhe regjimi i punës së tij.

Detektorët MTS-N tregojnë varësi lineare prej 2% deri në dozën 2 Sv ndërsa 10% deri në dozën 10 Sv. Në figurën 4.3 janë paraqitë rezultatet e dy studimeve të pavarura për detektorët MTS të cilët janë rrezitur me Cs-137 dhe Co-60.

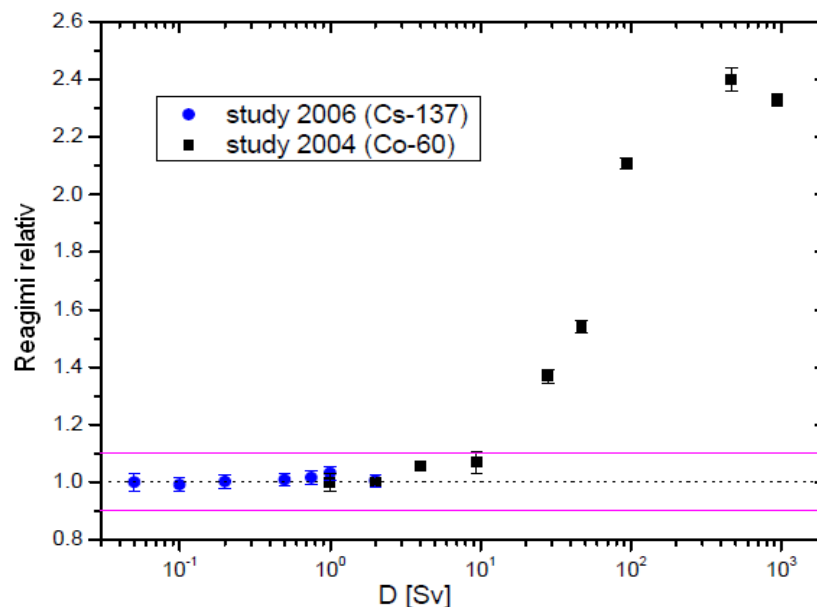


Figura 4.3. Lineariteti i MTS-ve nga doza

Tek MTS-N nuk vërehen asnjë lloj efekti ndaj fuqisë së dozës së pranuar në kristal. Gjithashtu e rëndësishme është stabiliteti i sinjalit në funksion të kohës tek MTS-N, zbehja termike e sinjalit është më e vogël se 5% në temperaturë të dhomës për 6 muaj.

4.2.4. VARËSIA E DOZËS NGA ENERGJIA E TUFËS RREZATUESE

Është vërtetuar se ekziston një varësi e rezultatit të treguar nga energjia e fotoneve të tufës rrezatuese. Në këtë varësi efektin kryesor e ka trashësia e kristalit, materiali i cili e mban detektorin dhe trashësia e tij.

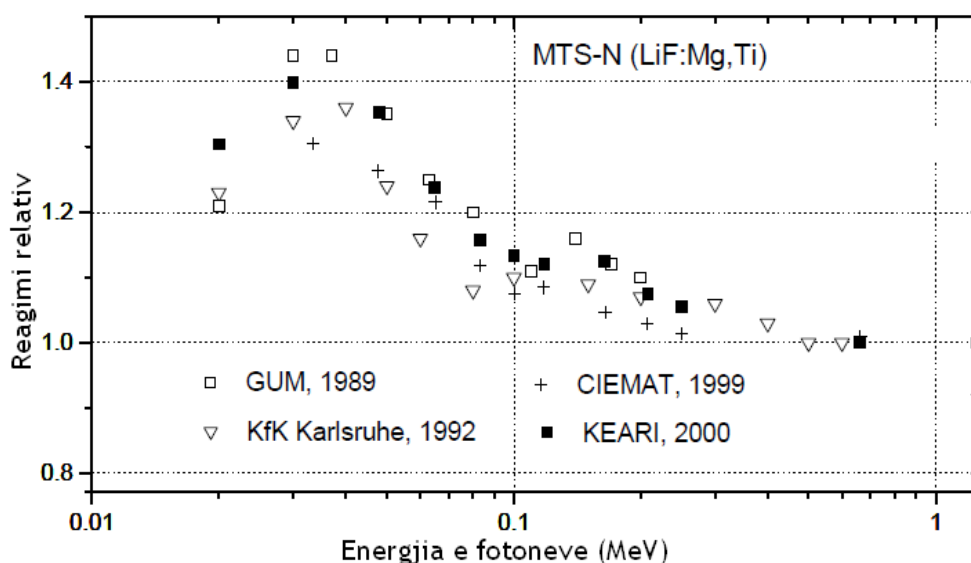


Figura 4.4. Varësia e reagimit të detektorëve nga energjia e fotoneve

Varësia sipas energjisë së fotoneve të tufës rënëse me të cilën rrezitet detektori, për grimcat beta nuk ndryshon shumë nga ajo e fotoneve. Në bazë të rezultateve kemi ngjashmëri me energjisë së grimcave beta të ^{90}Sr - ^{90}Y dhe energjisë së fotoneve për ^{137}Cs . Detektorët MTS-N nuk janë të ndjeshëm ndaj neutroneve (që të regjistrohen neutronet duhet të përdorim izotopet e përshtatshme të litiumit gjatë përgatitjes së kristaleve).

4.2.5. SPEKTRI I EMETUAR. LAKORJA E RRJEDHSHMËRISË

Spektri i emetuar i detektorëve MTS paraqitet në figurën 4.5, maksimumet e spektrit paraqiten në gjatësitë valore në mes 400 dhe 450 nm, e cila korrespondon me ndjeshmërinë e lartë që kanë fotoshumëzuesit, që përdoren në lexuesit komercial të TLD-ve[27].

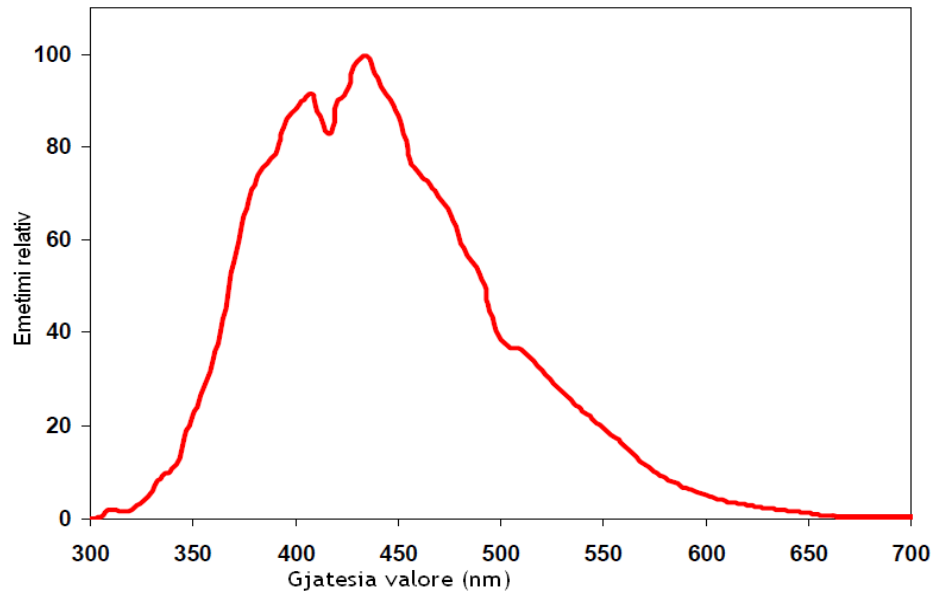


Figura 4.5. Spektri i emetuar nga detektorët MTS-N

Spektër të ngjashëm tregojnë regojnë edhe detektorët MCP, sikurse është paraqitur në figurën 4.5.

4.3. SOFTUERËT E SISTEMIT DOZIMETRIK

Me anë të softuerëve mundësohet kontrolli dhe menaxhimin e lexuesit Rados. Ky sistem përbëhet nga dy softuere: *TLDServer* dhe *TLDEplorer*.

TLDServeri - mundëson komunikimin me lexuesin, si:

- leximi i 1-4 detektorëve nga PC-ja në varësi të rregullimeve paraprake,
- ruajtjen e të gjitha rregullimeve në një bazë të dhënash,
- ruajtjen e rezultateve në bazën e të dhënave (opcionale si txt file),
- kalibrim automatik i ndjeshmërisë së lexuesit,
- mundëson largimin e sfondit natyror për lokacione të ndryshme,
- ofron kushte të ndryshme të temperaturës për kristalet brenda dozimetrit,
- dallon dozimetrat me ngjyra.

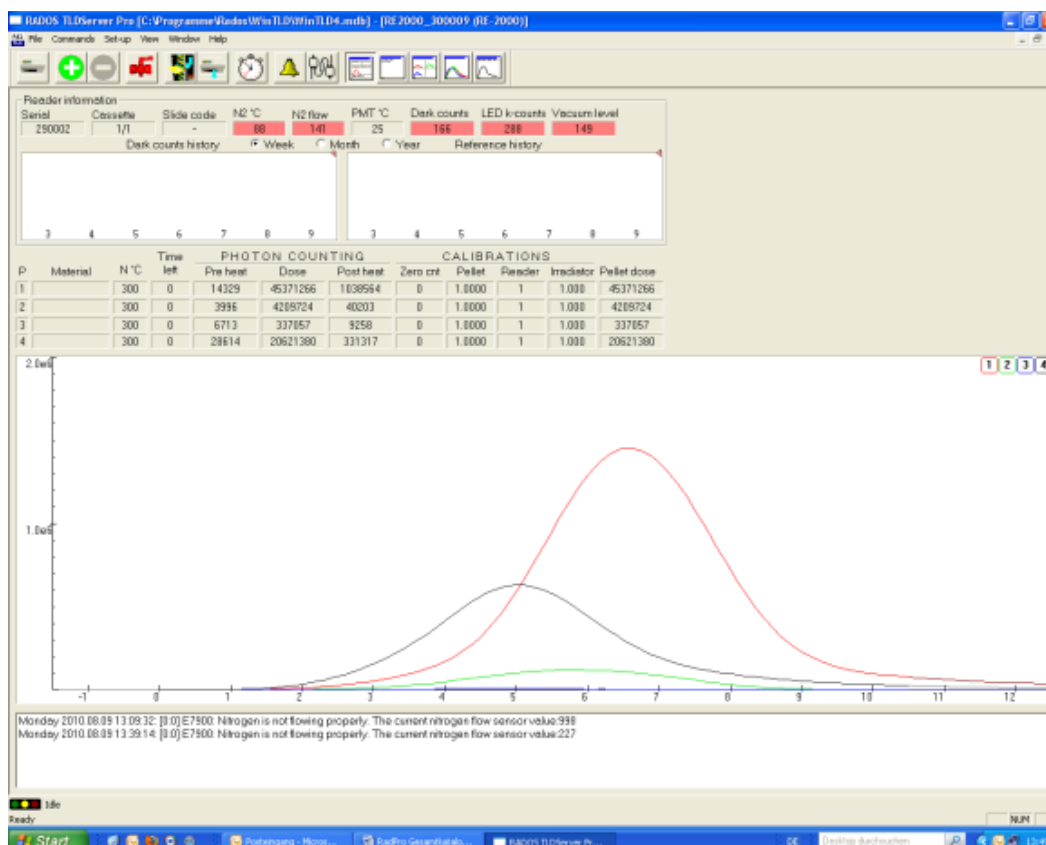


Figura 4.6. Pamja e dritares pas leximit të TLD ve

TLDEplorer – mundëson menaxhimin e ngritjes në punë të sistemit, kalibrimin dhe llogaritjen e dozës. Pra përmes këtij softueri përcaktojmë:

- Kohën e leximit, temperaturën, llojin e kristaleve dhe lokacionin;
- Kalibrimin, i cili përfshin: sfondin e kristalit (i cili mund të vijë si rezultat i defekteve strukturore gjatë ndërtimit të kristalit), materialin dhe ndjeshmërinë e lexuesit, konvertimin e impulseve në dozë, dozën e sfondit natyror dhe faktorin e kualitetit;
- Rezultatet pas kalibrimit;
- Eksportimin e rezultateve në formatin txt, i cili mund të konvertohet në tipatë tjerë;
- Zbatimin e 13 formulave për llogaritjene dozave (në lëkurë, thellësi, neutrone) dhe 3 funksionet bazë për kualitet kontrolli;
- Mundësi manipulimi me lakoren e rezultatit;
- Lexim i rezultateve dhe rikombinim të kristalit (shkarkim);
- 21 lloje të raporteve në varësi të nevojave të përdoruesit

Në figurënn 4.7 është paraqitur faqja startuese e softuerit TLDEplorer.

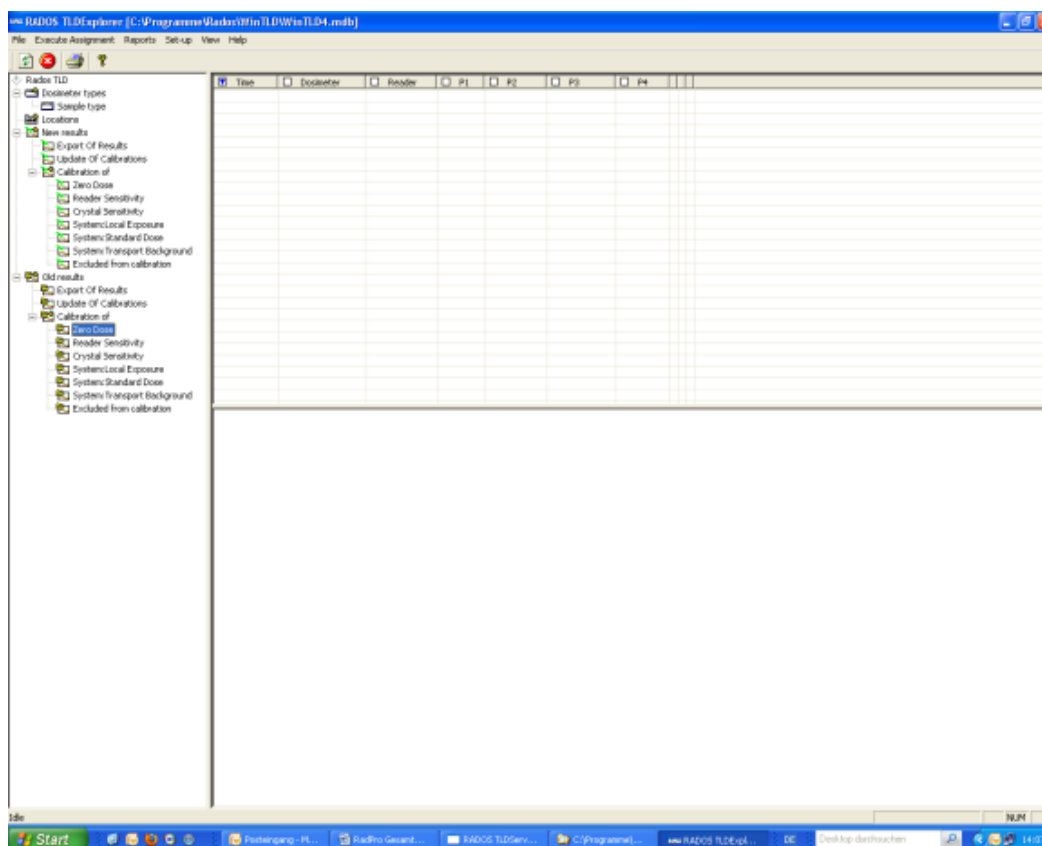


Figura 4.7. Faqja startuese e softuerit TLDEplorer

4.4. SOFTUERI PËR MENAXHIMIN E DOZAVE PROFESIONALE DOSIBASE

Softueri DosiBase[28], shërben për regjistrimin dhe analizimin e rezultateve të dozave profesionale. Ky softuer mundëson krijimin dhe freskimin e regjistrimit kombëtar të punonjësve të cilët bartin dozimetra termolumineshent. Softueri instalohet në një kompjuter qendror– server, i cili mundëson të kenë qasje klientë të ndryshëm përmes internetit.

DosiBase mundëson krijimin e llogarive të përdoruesve, të cilët kanë privilegje të ndryshme në sistem. Përdoruesi me privilegjin më të lartë është administratori, i cili mund të krijojë llogaritë e shfrytëzuesve, të cilët janë institucionet që përdorin dozimetrat personal.

Fillimisht softueri kërkon që të përshtatet sistemi me nevojat e shfrytëzuesve duke i vendosur fjalëkalimet e llogarive të përdoruesve, të plotësohen karakteristikat e institucioneve dhe

punonjësve të cilët bartin dozimetra, të vendosen numrat serial të dozimetrave që përdoren, të emërtohen llojet e dozimetrave.

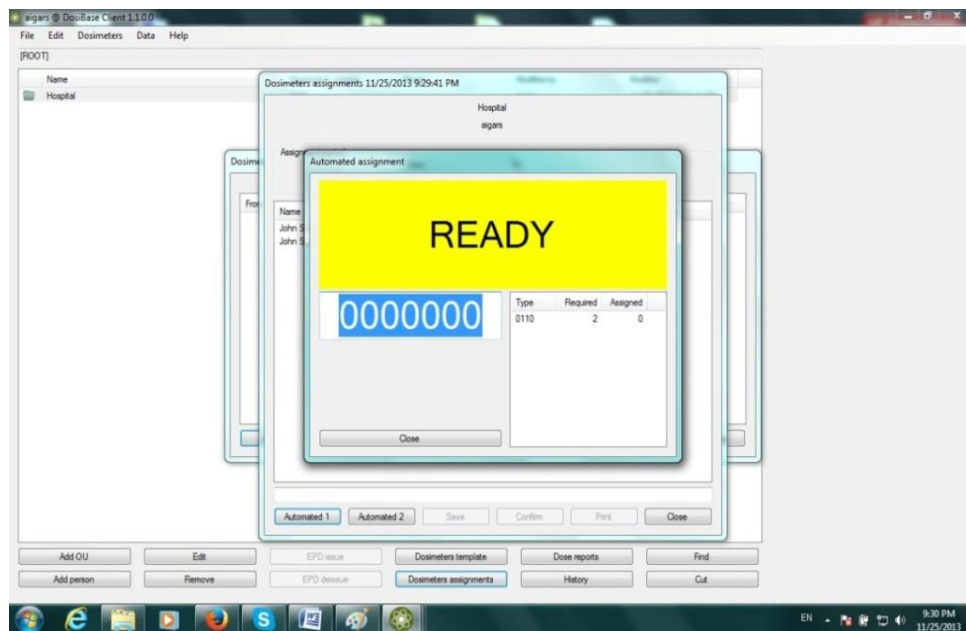


Figura 4.8. Pamje nga softueri për menaxhimin e të dhënave DosiBase

Pasi sistemi përgatitet për përdorim, duhet të hapet perioda kohore e përdorimit të dozimetrave nga shfrytëzuesit, t'i shoqërohet numri serial i dozimetrit për secilin përdorues dhe pas leximit të dozimetrit të bëhet eksportimi i të dhënave me rezultatet nga lexuesi në softuerin DosiBase. Nëse importimi është bërë me sukses, rezultatet i shoqërohen shfrytëzuesve përkatës për periudhën kohore të paracaktuar. Në kohë reale shfrytëzuesit mund t'i qasen të dhënave të regjistruara, ata mund të printojnë të dhënat dhe të shohin dozën e akumuluar për periudhën e caktuar kohore. Softueri mundëson shtimin, largimin apo ndryshimin e punonjësve dhe institucioneve. Të dhënat e vetme të cilat mbeten të padryshueshme janë rezultatet e dozave, të cilat janë regjistruar paraprakisht.

KAPITULLI I PESTË

5. REALIZIMI I MATJEVE DHE REZULTATET

5.1.KALIBRIMI I SISTEMIT DOZIKEMTRIK

Kalibrimi i sistemit dozimetrik bëhet për të gjetur relacionin në mes të dozës së rrezatimit jonizues që ka rënë në kristal dhe impulseve dritore që lexon instrumenti kur detektori termolumineshent vendoset në kushte specifike. I gjithë procesi i kalibrimit është kryer sipas rekomandimeve të prodhuesit të dozimetrave dhe lexuesit[29].

Për të kalibruar sistemindosimetrik duhet të kryhen hapat e poshtëshënuar:

- a) Kalibrimi i dozës zero;
- b) Kalibrimi i ndjeshmërisë së lexuesit;
- c) Kalibrimi i ndjeshmërisë së detektorëve:
 - Kalibrimi për dozën e sfondit,
 - Kalibrimi për dozën e sistemit,
 - Kalibrimi për faktorin e kualitetit të dozës.

Për arsye statistikore janë përzgjedhur 20 dozimetra, secili dozimetër përmban nga dy kristale të cilat do të përdoren për të gjetur koeficientet e dozës sipërfaqësore / të lëkurës Hp(0.07) dhe të dozës në thellësi / dozës personale Hp(10). Përpunimi i këtyre rezultateve do të nxjerrë koeficientet mesatarë nga 20 TLD, këta koeficientë do të përdoren për të gjithë TLD-të e grupit të cilët duhet të jenë të llojit të njëjtë dhe të përdoren për të njëjtin qëllim.

5.1.1 KALIBRIMI I DOZËS ZERO

Vlera e dozës zero paraqet informatën e lexuar nga lexuesi përkatës për tipin e detektorëve. Qëllimi i kalibrimit të dozës zero është që të bëhet e njohur vlera e dozës bazë, e cila vjen nga materiali i kristalit dhe lexuesi. Vlera e këtij koeficienti varet nga forma dhe madhësia e detektorëve, nga mënyra se si janë përgatitur detektorët, nga frekuenca e përdorimit të tyre, nga doza totale që ato kanë pranuar, nga mënyra e përdorimit etj. Gjithashtu ndikimi i lexuesit në dozën zero vjen nga: mirëmbajtja e lexuesit, papastërtitë, ndryshimi i temperaturës etj.

Doza Zero e detektorit paraqet impulset e lexuara për detektorin e caktuar nga lexuesi i caktuar. Gjatë kalibrimin dhe gjatë leximeve për rangun e definuar të TLD-ve sistemi kompjuterik e shfrytëzon në llogaritje vlerën mesatare të dozës zero të detektorëve që janë përzgjedhur. Kur dëshirojmë të bëjmë matje me pasaktësi të vogël, për secilin detektor që përdoret në matje duhet të gjendet vlera zero e tij.

Procedura për gjetjen e dozës zero

Vendosen nga dy detektorë në mbajtëse, pastaj secila nga to vendoset në kartelë, njëzetë kartela vendosen në një kastë, pastaj kaseta vendoset në lexues.

Nga softueri TLDServer urdhërohet fillimi i procedurës së shkarkimit për të gjithë dozimetrat, shkarkimi mund të bëhet edhe në furrë speciale. Shkarkimi duhet të bëhet duke respektuar udhëzimet e prodhuesit të detektorëve. Pastaj rivendosim kasetën me TLD-të përsëri në lexues dhe zgjedhim nga paneli kontrollues i softuerit Read-out apo “+” nga TLDServeri, gjatë këtij procesi lexohet vlera bazë për secilin kristal.

Rezultatet e lexuara regjistrohen në bazën e të dhënave duke ruajtur informacionin për kartelën dhe kristalin specifik. Rezultatet e lexuara automatikisht barten në softuerin TLDEplorer nën shënimin *New Results*. Këta rreshta me rezultate përzgjidhen dhe me tast të djathtë të miut dërgohen tek *Zero Dose*. Pastaj nga menyja *Execute Assignment* zgjedhim *Zero dose Calibration*. Kur përfundon procesi i gjetjes së dozës zero, njëkohësisht softuerët bëjnë llogaritjet e nevojshme statistikore.

5.1.2. KALIBRIMI I NDJESHMËRISË SË LEXUESIT

Ndjeshmëria e lexuesit kryesisht varet nga efikasiteti specifik i fotoshumëzuesit për gjatësitë valore të fotoneve që çlirohen nga materiali termolumineshent. Prandaj themi se lexuesit e ndryshëm mund të kenë ndjeshmëri të ndryshme për kristale të njëjta.

Stabiliteti i lexuesit Rados RE200S kontrollon në mënyrë automatike para çdo leximi të detektorëve dhe nëse në lexues regjistrohet vlera jashtë brezit të caktuar, paraqiten alarme të cilat në kushte normale pamundësojnë vazhdimin e punës, në rast se ndodhë një gjë e tillë dmth se kemi nevojë për një rikalibrim të ndjeshmërisë së lexuesit.

Nëse sistemi përbëhet nga dy kristale atëherë për secilin prej tyre gjendet vlera e ndjeshmërisë veç e veç. Ky parametër gjendet nga shprehja:

$$NL = \sum_{i=1}^n \frac{n(I_i - DZD_i)}{E_i} \quad (5.1)$$

ku:

NL - Ndjeshmëria e lexuesit,

I_i –Pulset,

DZD - Doza zero e detektorit,

E –Ekspozimi.

Procedura e kalibrimit të ndjeshmërisë së lexuesit

Secili dozimetër i përzgjedhur për të kalibruar ndjeshmërinë e lexuesit fillimisht duhet të shkarkohet në lexues apo furrë speciale, për të pasur detektor të zbrazët. Këta detektorë vendosen në diskun e rrezatuesit laboratorik duke i rrezitur me numër të caktuar të rrotullimeve. Informacionet për llojin e rrezatuesit, llojin e radioizotopit që ai përdor, aktivitetin fillestar si dhe kohën e përgjysmimit paraprakisht i vendosim në softuerin TLDEplorer.

Pasi të bëhet rrezitja me vlerë të njëjtë për të gjithë detektorët, bëhet shkarkimi i pjesëshëm për të larguar informacionin nga regjioni i parë i lakores së rrjedhshmërisë, i cili nuk paraqet vlerën e vërtetë të rrezitjes dhe që në kushte normale pas 5 ditësh largohet vetvetiu.

Për të shkurtuar kohën e pritjes kemi mundësi ta largojmë këtë pjesë të informacionit duke vendosur dozimetrat në lexues dhe duke ushtruar temperaturën specifike, e cila është më e ulët se temperatura e leximit. Kjo informatë quhet zbehje (fading). Pasi përfundon procedura për largimin e zbehjes bëhet leximi në mënyrë të rregullt. Të gjitha rezultatet barten automatikisht te TLDEplorer nën shënimin *New Results*. Këta rreshta rezultatesh përzgjidhen dhe me tast të djathtë të miut dërgohen tek *Reader Sensivity*. Pastaj nga menyuja *Execute Assignment* zgjedhim *Reader sensivity Calibration*.

Pasi përfundon procesi i gjetjes së ndjeshmërisë së lexuesit, njëkohësisht softuerët bëjnë llogaritjet e nevojshme statistikore.

5.1.3. KALIBRIMI I NDJESHMËRISË SË DETEKTORËVE

Kalibrimi i ndjeshmërisë së detektorëve është kalibrim relativ, i cili vlen për detektorët e ndërtuar me material të njëjtë, me formë fizike të njëjtë dhe të cilët do të përdoren për qëllim të njëjtë. Faktori për kalibrimin e ndjeshmërisë së kristaleve ndryshon gradualisht pas një numri të madh ripërdorimesh të detektorëve, përkatësisht pas ngarkimeve-shkarkimeve të tyre. Kur dëshirojmë të bëjmë matje me pasaktësi më të vogël, për secilin detektor që përdoret në matje duhet të gjendet ndjeshmëria e tij.

Ky faktor kalibrimi përdoret si sinjal për të na informuar se detektori nuk mund të ripërdoret më tutje, pra tregon se ka përfunduar jeta e detektorëve dhe si të tillë nuk mund të përdoren më. Rekomandohet që ky faktor të gjendet një apo dy herë në vit.

Koeficientit i kalibrimit të ndjeshmërisë së detektorëve paraqet vlerën mesatare të ndjeshmërisë së TLD-ve që përdoren për kalibrim:

$$ND_{Mes} = Exp \left[\frac{NL_{Mes}}{(I - DZK)_{Mes}} \right] \quad (5.2)$$

ku:

ND_{Mes} - Mesatarja e ndjeshmërisë së detektorëve;

NL_{Mes} - Mesatarja e ndjeshmërisë së lexuesit;

I - Impulset e lexuara;

DZK - Doza zero e kristaleve.

Preferohet që për secilin nga kristalet të gjendet faktori i ndjeshmërisë, për kristale të cilat nuk është gjetur faktori i kalibrimit, automatikisht softueri përdor vlerën mesatare të të gjitha kristaleve siç shpjegohet në ekuacionin 5.2.

Për të gjetur faktorin e kalibrimit për ndjeshmërinë e kristaleve duhet të kalohet nëpër tre hapat vijues:

1. Kalibrimi për dozën e sfondit– gjatë procedurës sa zgjat rrezitja e dozimetrave me vlerën e njohur (faktorin për dozën e sistemit) dozimetrat do të regjistrojnë rrezatimin natyror, ky rrezatim e rrit rezultatin e dozës së lexuar dhe si i tillë duhet të largohet nga rezultati i dozimetrave.

Për këtë qëllim një numër i caktuar i dozimetrave do t'i shoqërojnë dozimetrat, të cilët do të përdoren për të gjetur dozën e sistemit (vlerën e njohur) gjatë gjithë udhëtimit, dozimetrat shoqërues nuk i nënshtrohen rrezitjes.

Procedura për kalibrimin e dozës së sfondit – Të gjithë dozimetrat shoqërues duhet të jenë të shkarkuar dhe të jenë gjithnjë bashkë me dozimetrat të cilët përdoren për të gjetur faktorin e dozës së sistemit, përveç kur bëhet rrezitja e dozimetrave me dozën e njohur. Pra dozimetrat për dozën e sfondit nuk duhet t'i ekspozohen rrezitjes ndaj rrezatimit jonizues. Pas përfundimit të procesit të rrezitjes dozimetrat lexohen me procedurë standarde dhe rezultatet barten te TLDEplorer nën shënimin *New Results*.

Rreshtat përkatës me rezultatet përzgjidhen dhe me tast të djathtë të miut dërgohen tek *Calibration of* pastaj zgjedhim *Transport Background*.

Ekzekutimi i rezultatit nuk duhet të bëhet për deri sa nuk ka përfunduar procesi i kalibrimin për dozën e sistemit dhe për faktorin e kualitetit të dozës.

2. Kalibrimi për dozën e sistemit – paraqet faktorin kryesor për kalibrim e sistemit dozimetrik. Ky faktor mundëson konvertimin e impulseve të regjistruara (sipërfaqja në lakoren e rrjedhshmërisë) në dozë. Rekomandohet që faktori në fjalë të freskohet një herë në çdo vit dhe vlen vetëm për llojin e caktuar të kristaleve, të cilët përdoren për qëllimin e caktuar.

Procedura e kalibrimin për dozën e sistemit- të gjithë dozimetrat duhet të jenë paraprakisht të kalibruar për zero dozë dhe ndjeshmëri që të fillojmë me procedurën për kalibrimin dozës së sistemit.

Dozimetrat duhet të shkarkohen paraprakisht dhe të vendosen në fantom për t'u rrezatuar me dozën e njohur të rrezatimit gama. Dozimetrat e rrezitur duhet t'i nënshtrohen procedurës së shkarkimit të pjesëshëm për të larguar zbehjen. Pastaj bëhet leximi i dozimetrave, ku rezultatet barten automatikisht te TLDEplorer nën shënimin *New Results*. Rreshtat përkatës me rezultate përzgjidhen dhe me tast të djathtë të miut dërgohen tek *Calibration of* pastaj zgjedhim *Standard dose*.

Ekzekutimi i rezultatit nuk duhet të bëhet për deri sa nuk ka përfunduar procesi i kalibrimin për faktorin e kualitetit të dozës

3. Kalibrimi për faktorin e kualitetit të dozës – ky faktor mundëson llogaritjen e dozës në varësi nga kualiteti i dozës për grimca beta, dozën sipërfaqësore, dozën në thellësi dhe të neutroneve. Ky faktor vlen për grupin e caktuar të dozimetrave. Dozimetrat të cilët nuk janë definuar do të marrin automatikisht faktorin 1, kjo nënkupton se kemi të bëjmë me matjen e fotoneve.

Procedura për kalibrimin e dozës së kualitetit - Dozimetrat duhet të jenë të shkarkuar dhe të vendosen në rrezatuesin laboratorik IR 200, të rreziten me një numër të caktuar të rrotullimeve. Pastaj largohet zbehja dhe bëhet leximi i dozimetrave.

Rezultatet barten tek TLDEplorer nën shënimin *New Results*. Përzgjidhen rreshtat përkatës me rezultate dhe me tast të djathtë të miut dërgohen tek *Calibration of* pastaj zgjedhim *Local Exposure*. Pastaj nga menyja *Execute Assignment* zgjedhim *System Dose Calibration*, dhe shtypim OK. Pasi përfundon procesi i përcaktimit të ndjeshmërisë së detektorëve, njëkohësisht softuerët bëjnë llogaritjet e nevojshme statistikore.

5.2. LLOGARITJA E DOZËS PAS KALIBRIMIT TË SISTEMIT DOZIMETRIK

Faktorët e kalibrimit shfrytëzohen automatikisht për secilën matje të dozimetrave të cilët bëjnë pjesë në grupin e dozimetrave të definuara paraprakisht. Përmes skanerit sistemi dozimetrik identifikon barkodin unik të dozimetrit dhe në bazë të kodit të dozimetrit identifikohen se cilët koeficientët e kalibrimit do të përdoren. Njëkohësisht mund të përdoren më shumë se një seri e koeficientëve të kalibrimit. Vlerat e faktorëve të kalibrimit dhe algoritmi për llogaritje aktivizohet automatikisht për të dhënë rezultatin e dozës së dozimetrit. Për të gjetur dozën e regjistruar softueri shfrytëzon ekuacionin 5.3:

$$DD = \frac{(IL - DZD) \cdot KRr}{(NL \cdot ND)} \quad (5.3)$$

ku:

DD- Doza e detektorit;

IL- Impulset e lexuara;

DZD- Doza zero e detektorit;

KRr- Vlera e njohur për rrezitje të detektorit;

NL- Ndjeshmëria e lexuesit;

ND- Ndjeshmëria e detektorit.

Formula 5.4. në fakt paraqet sipërfaqen nën lakoren e rrjdhshmërisë. Secili nga koeficientet e saj është madhësi konstante për dozimetrat e llojit të përcaktuar të gjetura nga procesi i kalibrimit, madhësia e vetme e cila ndërron është IK-Impulset e lexuara.

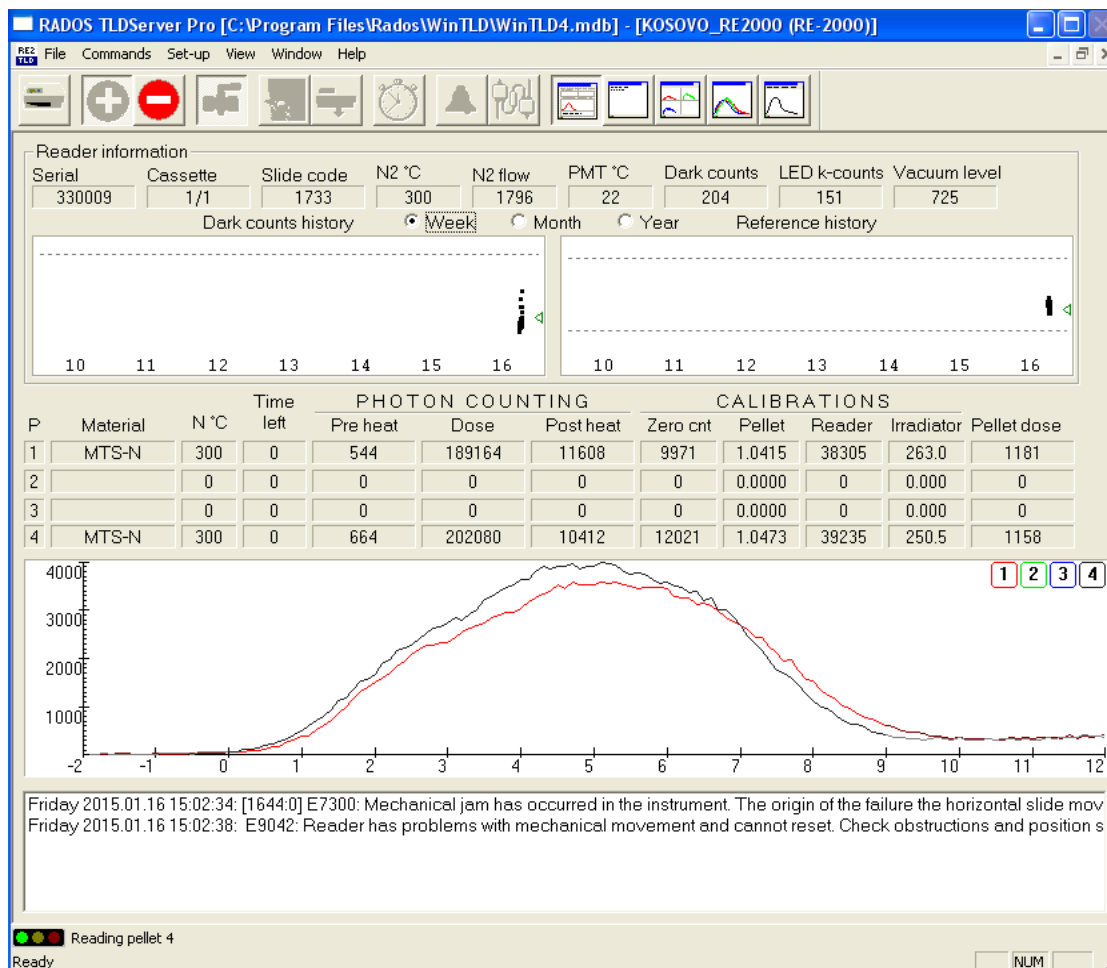


Figura 5.1. Pamje pas matjes së dozimetrave

Figura 5.1 paraqet një lexim të rastësishëm të dozimetrit me dy detektorë siç paraqiten dy lakoret dhe dy rreshtat e plotësuar me të dhëna. Nëse përdorim ekuacionin 5.3 për të verifikuar rezultatin e dozës së detektorit të parë, shkruajmë:

$$Doza = \frac{(IL - DZK) \cdot KRr}{(NL \cdot NK)} = \frac{(189164 - 9971) \cdot 263}{(1.0415 \cdot 38305)} = 1181,305$$

Rezultati i fituar paraqitet në njësinë mSv, rezultati nga ekuacioni është identik me rezultatin e paraqitur nga softueri.

5.3. KARAKTERISTIKAT E SISTEMIT DOZIMETRIK

Matjet e ekspozimeve profesionale janë realizuar në Laboratorin e Dozimetrisë Personale të Shërbimit për Mbrojtje nga Rrezatimi, i cili vepron në kuadër të Institutit të Mjekësisë së Punës në Obiliq, Kosovë, i cili është i akredituar me ISO 9001[30]. Sistemin dozimetrik termolumineshent, Instituti i Mjekësisë së Punës e përfitoi me realizimin e projektit të financuar nga Komisioni Evropian me titull “Strengthening the system of dosimetry control for occupationally exposed workers and patients in Bosnia and Herzegovina and Kosovo”, përveç instrumenteve Instituti në fjalë përfitoi asistencë profesionale nga Qendra Belge për Kërkime Bërthamore (SCK-CEN, Mol).

Kalibrimi dhe eksperimentet për ekspozimet profesionale janë bërë me detektor të tipit MTS, në bashkëpunim me Laboratorin Standard Sekondar Dozimetrik për Kalibrime, i cili vepron në kuadër të Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar në Tiranë, Shqipëri.

Eksperimentet për dozimetrinë e ekstremiteteve të realizuara në këtë punim, janë bërë me detektor të tipit MCP, në Labororët e Akredituar me ISO 17025[31] të Qendrës Belge për Kërkime Bërthamore (SCK CEN) në Mol të Belgjikës.

Secili sistem dozimetrik termolumineshent pas kalibrimit duhet t’i nënshtrohet një serie testesh të cilat sigurojnë që matjet kryhen në harmoni me standardet ndërkombëtare. Këto standarde na sigurojnë se sistemi të cilin e përdorim është i unifikuar për nga cilësia e matjeve me sistemet e tjera dozimetrike.

Aktualisht standardi themelor i cili duhet të respektohet për sisteme dozimetrike dhe të cilin e kemi pasur për bazë gjatë këtij studimi është përgatitur nga organizata për standarde International Electrotechnical Commission me numër identifikues 62387:2012 dhe mbanë titullin “Radiation Protection Instrumentation - Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation”.

Gjithashtu janë respektuar standardet ISO 4037 me titull “X and gamma reference radiation for calibrating doseimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy”, me pjesën e parë të publikuar në vitin 1996 “Radiation characteristics and

production methods”, pjesën e dytë të publikuar në vitin 1999 “Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1.3 MeV and 4 MeV to 9 MeV, pjesën e tretë të publikuar në vitin 1999 “Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence” [32].

Përpunimi statistikor i të dhënave është bërë në harmoni me standardin ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement – Pjesa e tretë “Guide to expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)[33].

5.3.1. FAKTORI INDIVIDUAL I DETEKTORËVE

Edhe pse të gjithë detektorët të cilët i kemi përdorur në këtë hulumtim janë të ndërtuar nga i njëjti material dhe janë ruajtur në kushte të njëjta, ata tregojnë vlera joidentike, të cilat vijnë sipasojëe defekteve dhe papastërtive në detektor.

Për të gjetur faktorin individual të 200 detektorëve të tipit MCP, të cilët janë përdorur në eksperimentet për gjetjen e varësisë nga energja dhe këndi i rrezitjes për dozimetrat e ekstremiteteve. Për këtë qëllim janë marrë 30 detektorë të ashtuquajtur të artë, të papërdorur. Të gjithë detektorët së bashku (200 + 30) janë shkarkuar në furrën speciale në temperaturë 240 °C për 10 minuta.

Në secilin detektor është shënuar me grafit numri identifikues, pastaj dozimetrat janë rrezitur në kushte të njëjta në tufën e rrezeve të burimit radioaktiv Cs-137. Leximi është bërë një ditë më vonë.

Nga detektorët e artë është gjetur vlera mesatare e impulseve, pastaj është llogaritur faktori individual për secilin dozimetër duke përdorur ekuacionin:

$$FIN = \frac{N_i}{V_m} \quad (5.4)$$

Ku:

FIN -Faktori Individual;

N_i -numri i fotoneve për detektorin e i-të;

V_m - Vlera mesatare e detektorëve të artë.

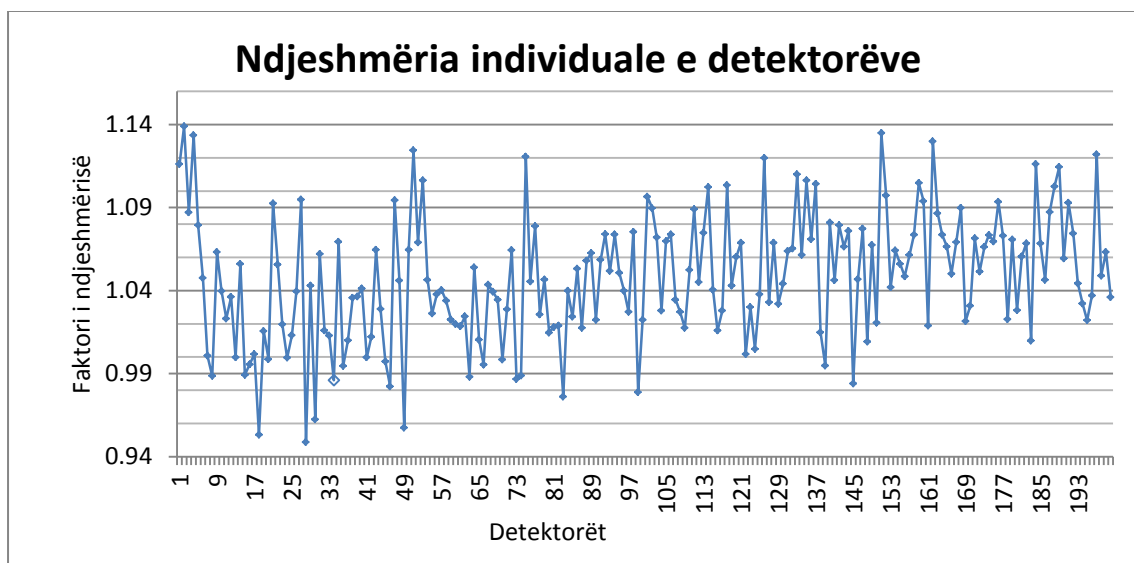


Figura 5.2. Ndjeshmëria individuale e detektorëve të përdorur në eksperiment

Secili detektor ka faktoren individual specifik dhe ky faktor përdoret për të gjetur vlerën e vërtetë të rrezatimit, i cili ka rënë në detektor.

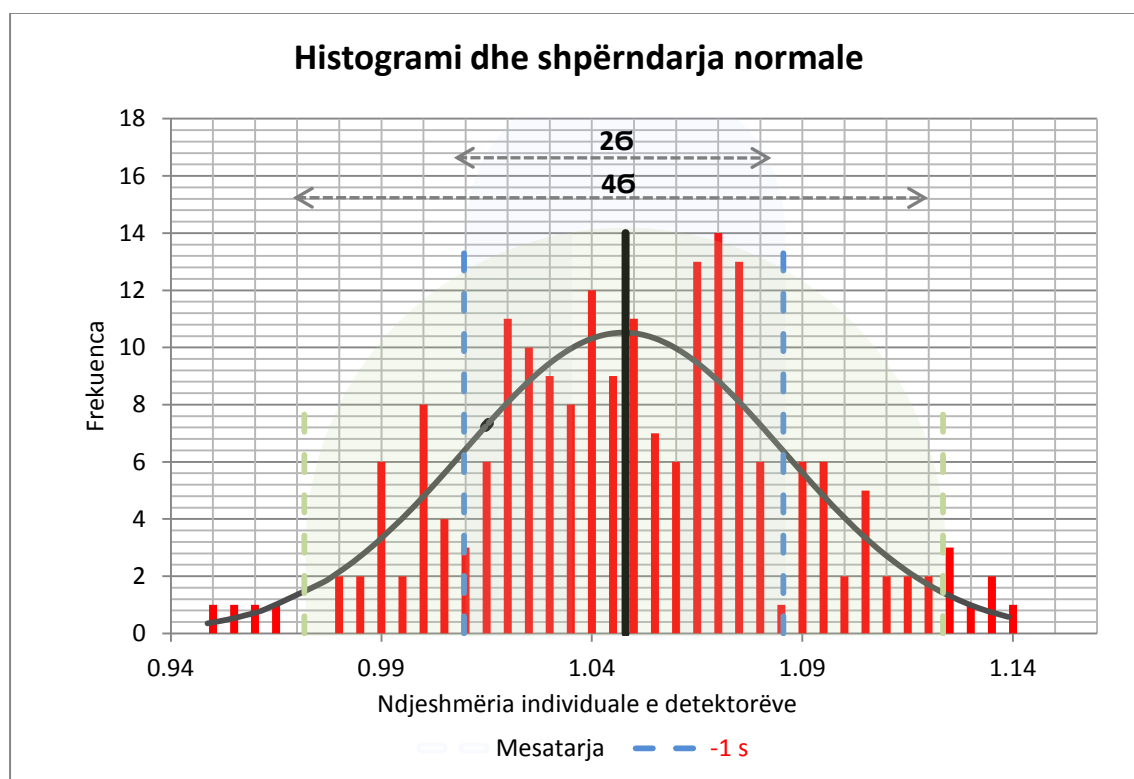


Figura 5.3. Histogrami dhe shpërndarja normale e ndjeshmërisë së detektorëve

Vlera mesatare e faktorit të ndjeshmërisë për detektorët e përdorur në këtë eksperiment është 1.0476 me devijim standard 0.0378. Në shpërndarjen 1σ apo 68% e rezultateve ndjeshmërisë së detektorëve shtrihen nga 1.010 deri në 1.085, ndërsa në 2σ apo 94 % të rezultat e ndjeshmërisë së detektorëve shtrihen nga 0.971 deri në 1.123.

5.3.2. LINEARITETI I DOZËS

Reagimi ndaj dozës varet kryesisht nga vetitë e detektorëve, por ajo mund të ndikohet edhe nga karakteristikat e lexuesit dhe mirëmbajtjes së tij. Standardi IEC 1066 [34] kërkon që lineariteti i reagimit të dozës deri në 10 Sv të jetë brenda 10%. Në këtë eksperiment janë përdorur detektorët e tipit MTS, të cilët janë rrezitur me burimin radioaktiv Cs-137[35]. Gjatë procesit të rrezitjes nuk është përdorur shtresa për Buil-up faktorin.

Tabela 5.1. Rezultatet e dozimetrave për Linearitetine Dozës

Dozimetrat	Grupet e dozimetrave të rrezitura sipas dozave [mSv]							
	0.3	0.6	0.9	1.2	400	800	1200	1600
1	0.25	0.54	1.11	1.03	432.12	812.26	1304.69	1778.85
2	0.24	0.52	0.81	1.17				
3	0.41	0.51	0.89	1.11	392.60	810.66	1231.17	1720.04
4	0.32	0.49	0.72	1.12				
5	0.26	0.46	0.73	1.16	419.36	846.97	1227.10	1609.65
6	0.22	0.82	0.70	1.02				
Mesatarja	0.28	0.55	0.82	1.10	414.69	823.29	1254.32	1702.84
DS*	0.07	0.13	0.16	0.06	20.17	20.52	43.67	85.90
GS*	0.03	0.05	0.06	0.03	11.64	11.85	25.21	49.59
Reagimi	0.93	0.92	0.91	0.91	1.04	1.03	1.05	1.06

* DS –Devijimi Standard, GS – Gabimi Standard

Në tabelën 5.1, nga rezultatet e paraqitura fillimisht është larguar vlera e sfondit natyror. Për dozat e ulëta 0.3, 0.6, 0.9 dhe 1.2 mSv janë përdorur nga 6 dozimetra, ndërsa për doza të larta 0.4, 0.8, 1.2 dhe 1.6 Sv janë përdorur vetëm nga 3 dozimetra.

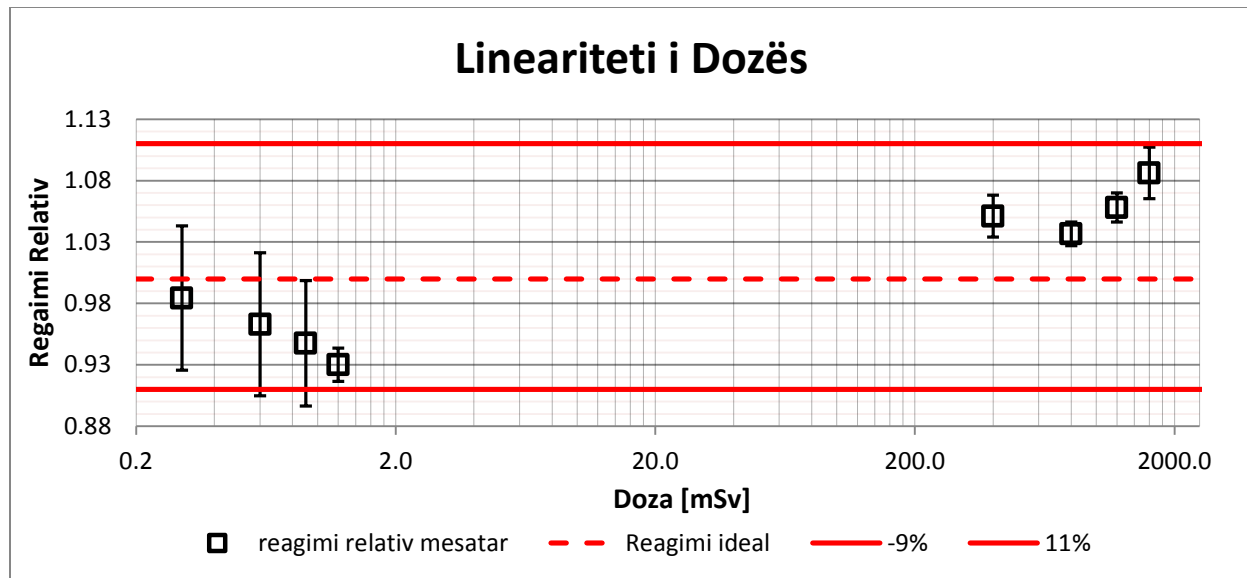


Figura 5.4. Reagimi relativ i dozave të lexuara ndaj dozave referente

Drejtëzate pandërprera me ngjyrë të kuqe, në figurën 5.4, paraqesin limitin e poshtëm, përkatësisht të sipërmin sipas standardit IEC 1066. Nga rezultatet përfundimtare kuptojmë se të gjitha vlerat gjenden brenda limiteve dhe përfundojmë se plotësohet kushti i linearitetit të sistemit dozimetrik termolumineshent. Ndërsa drejtëza me ndërprerje që ka ngjyrë të kuqe paraqet reagimin relativ ideal të sistemit dozimetrik. Me termin reagim relativ të dozimetrit kuptojmë raportin e dozës së teguar nga dozimetri në testim me vlerën e dozës me të cilën është rrezitur dozimetri.

5.3.3. VARËSIANGA ENERGJIAE FOTONEVE TË TUFËS RËNËSE NË DETEKTOR

Eksperimenti i varësisë së reagimit të detektorëve nga kualiteti i tufës rënëse është bërë për dozimetrat e ekstremiteve $H_p(0.07)$. Për këtë qëllim janë përdorur 200 detektorë të tipit MCP për secilin nga ta paraprakisht është gjetur faktori individual dhe pas shkarkimit janë vendosur në mbajtësen / kasetën për dozimetrat e gishtërinjve[36].

Dozimetrat janë grupuar në trembëdhjetë grupe, secili nga ta me nga tetë dozimetra. Njëri nga grupet nuk është rrezitur fare, por është përdorur për gjetjen e vlerës së sfondit natyror gjatë kohës sa zhvillohet eksperimenti.

Dozimetrat janë rrezitur me burimet radioaktive Cs-137 e Co-60 si dhe me dhjetë nivele të ndryshme të energjisë nga gjeneruesite rrezeve X, përndryshe kjo seri e gjeneruesëve është

definuar në ISO 4037 si “narrow series”. Doza referente përdorur për rrezitje është 3 mSv dhe largësia nga burimi i rrezatimit deri te detektorët është 2 m.

Dozimetrat janë vendosur në fantomën e gishtinjëve (rod phantom), me orientim paralel në krahasim me tufën e rrezeve rënëse dhe me nomalen e sipërfaqes së detektorit, me marrëveshje ky kënd njihet si 0° shkallë, në figurën 5.6 a është paraqitur drejtimi i rrezitjes së detektorëve.

Sistemi rrezatues, i cili është përdorur për rrezitjen e dozimetrave ka mundësi të rregullohet të bëjë rrezitjen për dozën personale ekuivalente $H_p(0.07)$ apo $H_p(10)$, por kjo mundësi vlenë vetëm për dozimetra të montuar në fantomën e gjoksit (slab phantom).

Andaj në rastin tonë, sistemi rrezatues është përgatitur për dozën personale ekuivalente $H_p(0.07)$ për fantomën e gjoksit. Në realitet është përdorurfantoma e gishtinjëve sepse kemi të bëjmë me dozimetrinë e ekstremiteteve, prandaj pas rrezitjes së dozimetrave dhe leximit të tyre, rezultati i lexuar nga dozimetrat është pjesëtuar me koeficientët konvertues[37] nga Air Kerma në dozën personale ekuivalente sipërfaqësore $H_p(0.07)$ për fantomën e gjoksit për të hequr efektin e fantomës në dozën e marrë nga detektori. Pastaj rezultatin e fituar e kemi shumëzuar me koeficientin konvertues të Air Kermës në dozë personale ekuivalente të ekstremiteteve $H_p(0.07)$ për fantomën e gishtinjëve. Koeficientët konvertues janë vlera specifike për energji të fotoneve rrezatuese, të cilët janë marrë nga tabelat përkatëse të ISO 4037 dhe IEC 62387.

Për të shpjeguar procedurën e përpunimit të të dhënave marrim si shembull rreshtin e parë të tabelës 5.2 e cila përmban të gjitha rezultatet e dozimetrave për varësi nga energjia dhe këndi rënës. Në rreshtin e parë kemi të dhënat e rrezitura me burimin radioaktiv Cs-137 dhe koeficienti konvertues i tij është 0.93 Air Kerma në dozë personale ekuivalente të ekstremiteteve, që vjen nga raporti në mes të koeficientit të konvertimit për kënd 0° , largësi 2m të Air Kermës në dozë personale ekuivalente $H_p(0.07)$ për fantomën e gishtinjëve që është 1.13 dhe koeficienti i konvertimit të Air Kermës në dozë personale ekuivalente për ekstremitetet $H_p(0.07)$ për fantomën e gjoksit që është 1.21. Në tabelën 5.5 gjenden vlerat, të cilat kanë dalë nga llogaritjet e bëra në MS Excel. Vlen të theksohet se është bërë rrumbullakosja e numrave dhe ajo bën që vlerat në këtë tabelë të mos përpunohen ekzaktësisht, por llogaritje të tilla janë të sakta kur nuk përdorim rrumbullakosje të numrave.

Vlera mesatare e grupit të dozimetrave për matjen e sfondit është 1046 impulse, vlerë e cila iu është zbritur grupeve tjera të rrezitura.

Në bazë të standardit IEC 62387 rezultatet e grupeve me energji të ndryshme duhet të krahasohen vetëm me rezultatet e fituara nga grupi, i cili është rrezitur me Cs-137 për këndin 0° , të cilët quhen dozimetra referent. Për secilin nga grupet e rrezitura duhet të plotësohet ekuacioni:

$$r_{min} - U_{c,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_1}{G_{r,0}} \pm U_{com} \right) \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{max} + U_{c,com} \quad (5.5)$$

ku:

r_{min} dhe r_{max} - paraqesin vlerat minimale dhe maksimale të cilat definojnë nga standardi;

U_{com} - pasiguria e zgjeruar e vleravetë kombinuara, për dozimetrat që testohen;

$U_{c,com}$ -pasiguria e zgjeruar e vleravetë kombinuara, për dozimetrat referent;

G_1 -vlera mesatare e grupit të dozimetrave të matur;

$G_{r,0}$ - vlera mesatare e grupit të dozimetrave referent;

C_i -vlerat e dozës me të cilën janë rrezitur dozimetrat që testohen;

$C_{r,0}$ - vlerat e dozës me të cilën janë rrezitur dozimetrat referent.

Pasiguria e zgjeruar e vlerave të kombinuara U_{com} llogaritet nga:

$$U_{com} \approx \frac{\bar{G}_1}{G_{r,0}} * \sqrt{\left(\frac{U_1}{G_1} \right)^2 + \left(\frac{U_{r,0}}{G_{r,0}} \right)^2} \quad (5.6)$$

ku:

U_1 — shpërndarja e rezultateve për dozimetrat që testohen;

$U_{r,0}$ - shpërndarja e rezultateve për dozimetrat referent;

të cilat i gjejmë nga ekuacionet:

$$U_1 = \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}} s \quad (5.7)$$

ku:

t_{n-1} – vlera specifike për numrin e matjeve nga shpërndarja t-test;

s – devijimi standard i grupit të matjeve;

n – numri i matjeve për një grup.

Kurse $U_{r,0}$ gjendet nga shprehja:

$$U_{c,com} = \sqrt{U_{c,rel,r,o}^2 + U_{c,rel,r,1}^2} \quad (5.8)$$

e cila paraqet 5% nga numri i përgjithshëm i matjeve.

$$U_{c,rel,r,o}^2 = U_{c,rel,r,1}^2 = 2.5\% = 0.025$$

Tabela 5.2. Vleartat për r_{min} dhe r_{max} sipas energjisë së fotoneve për $H_p(0.07)$

Enefgjia e fotoneve rrezatuese	Vlera minimale r_{min}	Vlera maksimale r_{max}
$8 \text{ keV} \leq E_f \leq 20 \text{ keV}$	0,67	2,00
$20 \text{ keV} < E_f < 33 \text{ keV}$	0,69	1,82
$E_f \geq 33 \text{ keV}$	0,71	1,67

Pasi t'i aplikojmë ekuacionet e mësipërme për grupet e matjeve me kënd 0° , nga tabela 5.2 do të fitohet tabela 5.3 e cila sqaron plotësimin e ekuacionit 5.5 për secilin grup të dhënë në krahasim me grupin referent, i cili është rrezitur me burimin radioaktive Cs-137.

Tabela 5.3. Llogaritjet përfundimtare të varësisë së reagimit nga energjia

Rrezatuesi	Energjia [keV]	$r_{min}-$ $U_{c,com}$	$\left(\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} - U_{com}\right)$	$\left(\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} + U_{com}\right)$	$r_{min}+U_{c,com}$	
N-10	8	0.635	0.412	0.445	2.035	Nuk Kalon
N-15	12	0.635	0.930	1.003	2.035	Kalon
N-20	16	0.635	1.238	1.332	2.035	Kalon
N-30	24	0.655	1.461	1.568	1.855	Kalon
N-40	33	0.675	1.566	1.682	1.705	Kalon
N-60	48	0.675	1.462	1.570	1.705	Kalon
N-80	65	0.675	1.359	1.458	1.705	Kalon
N-100	83	0.675	1.283	1.435	1.705	Kalon
N-200	118	0.675	1.264	1.430	1.705	Kalon
N-300	164	0.675	1.015	1.095	1.705	Kalon
Cs -137	662	0.675	0.957	1.043	1.705	Kalon
Co-60	1250	0.675	0.895	0.955	1.705	Kalon

Nga ekuacioni 5.5 raporti $C_0/C_{r,0}$ merr vlerën 1, pasi dozimetrat referent dhe dozimetrat në testim janë rrezitur me vlerë të njëjtë, në eksperimentin tonë doza e përdorur ka qenë 3 mSv.

Nga dymbëdhjetë testet e realizuara, vetëm njëri nuk i plotëson kriteret e parapara sipas standardeve, vlerat e llogaritura janë më të vogla se kriteri minimal i dhënë nga standardi. E veçanta e testit që nuk i plotëson kushtet është se energjia mesatare e fotoneve rënëse është më e vogla nga seria e përdorur dhe ka vetëm 8 keV.

5.3.4. VARËSIA NGA KËNDI I RËNIES SË TUFËS SË RREZATIMIT

Eksperimenti i varësisë së reagimit të dozimetrave nga këndi i rrezitjes së dozimetrave është bërë për dozimetrat e ekstremiteteve $H_p(0.07)$.

Ecuria e eksperimentit për këtë rast është e ngjashme me eksperimentine varësisë së reagimit të detektorëve nga kualiteti i tufës rrezatuese, dallimet e vetme janë se në këtë rast është te pozicionimi i dozimetrave gjatë rrezitjes në fantomën gishtrinjëve si dhe përdorimi i koeficienteve përkatës për këndin e dhënë.

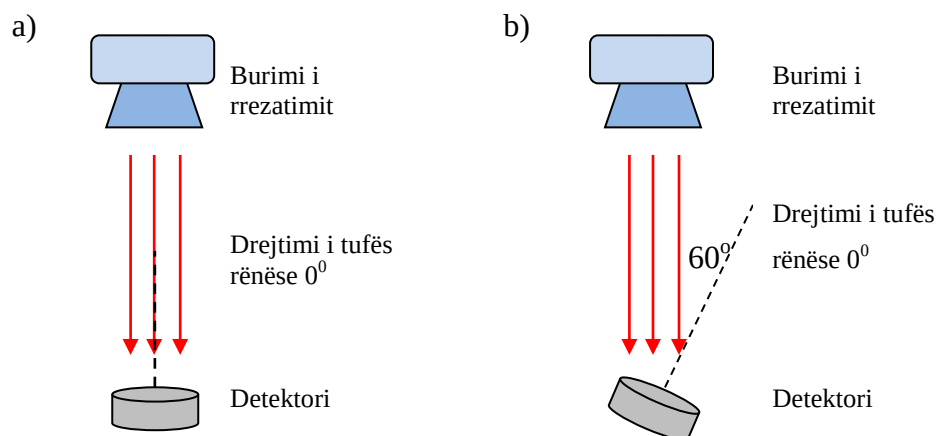


Figura 5.5. Këndi i rrezitjes së detektorëve, a) rrezitja në 0° dhe b) rrezitja në 60°

Dozimetrat janë vendosur në mbajtësen përkatëse/kasetat dhe janë fiksuar në fantomën e gishtrinjëve dhe këndi në mes të tufës rënëse të rrezatimit dhe normales së sipërfaqes së detektorëve ka qenë 60° , në figurën 5.5 b është paraqitur skematikisht pozicionimi i detektorëve gjatë rrezitjes.

Pasiqë dozimetrat e ekstremiteteve janë simetrikë në rrafshin z, nuk është e nevojshme të bëhen eksperimente për këndet tjera.

Doza referente për rrezitje është përdorur 3 mSv dhe largësia nga burimi i rrezatimit deri teqendra e detektorit është 2 m.

Të gjitha hapat janë bërë në harmoni me standardet ISO 4037[38] dhe IEC 62387.

Nga vlera mesatare e dymbëdhjetë grupeve të rrezitura është zbritur vlera mesatare e grupit të dozimetrave për matjen e sfondit, e cila ka qenë 1046 impulse.

Pasi të aplikojmë ekuacionin 5.5 për grupet e matjeve me kënd 60° , nga tabela 5.2 do të fitohet tabela 5.4, e cila sqaron plotësimin e kushteve të ekuacionit në fjalë për secilin grup të dhënë në krahasim me grupin referent, i cili është rrezitur me burimin radioaktive Cs-137 në këndin 0° .

Tabela 5.4. Llogaritjet përfundimtare të varësisë së reagimit sipas këndit rënës

Rrezatuesi	Energjia [keV]	$r_{\min} - U_{c.com}$	$\left(\frac{\overline{G}_1}{\overline{G}_{r,0}} - U_{com}\right)$	$\left(\frac{\overline{G}_1}{\overline{G}_{r,0}} + U_{com}\right)$	$r_{\min} + U_{c.com}$	
N-10	8	0.635	0.155	0.204	2.035	Nuk Kalon
N-15	12	0.635	0.642	0.738	2.035	Kalon
N-20	16	0.635	0.974	1.092	2.035	Kalon
N-30	24	0.655	1.366	1.462	1.855	Kalon
N-40	33	0.675	1.477	1.630	1.705	Kalon
N-60	48	0.675	1.440	1.554	1.705	Kalon
N-80	65	0.675	1.321	1.421	1.705	Kalon
N-100	83	0.675	1.246	1.405	1.705	Kalon
N-200	118	0.675	1.198	1.378	1.705	Kalon
N-300	164	0.675	1.018	1.109	1.705	Kalon
Cs -137	662	0.675	0.925	1.013	1.705	Kalon
Co-60	1250	0.675	0.702	0.903	1.705	Kalon

Nga dymbëdhjet testet e realizuara, vetëm rasti kur është përdorur rrezatuesi N-10 nuk i plotëson kriteret e parapara, vlerat e llogaritura janë më të vogla se kriteri minimal i dhënë nga standardi. E veçanta e testit që nuk i plotëson kushtet është se energjia mesatare e fotoneve rënëse është më e vogla nga seria e përdorur dhe ka vetëm 8 keV.

Në tabelen 5.5 gjenden rezultatet të cilat kanë dalë nga llogaritjet e bëra në MS Excel. Vlen të theksohet se rrumbullakimi i numrave është bërë dhe kjo bën që vlerat në këtë tabelë të mos

përputhen ekzaktësisht, por llogaritjet e tilla janë të sakta kur nuk përdorim rrumbullakime të numrave.

Për të nxjerrë përfundimet përkatëse do të paraqesim grafikisht reagimin relativ të vlerës mesatare të fotoneve për secilin grup veç e veç. Vlerat mesatare të grupimeve sipas energjisë së fotoneve për këndet 0° dhe 60° pjesëtohen me vlerën mesatare të grupit, i cili është rrezitur me burimin radioaktiv Cs-137 dhe kanë patur këndin 0° në krahasim me tufën rënëse të rrezatimit.

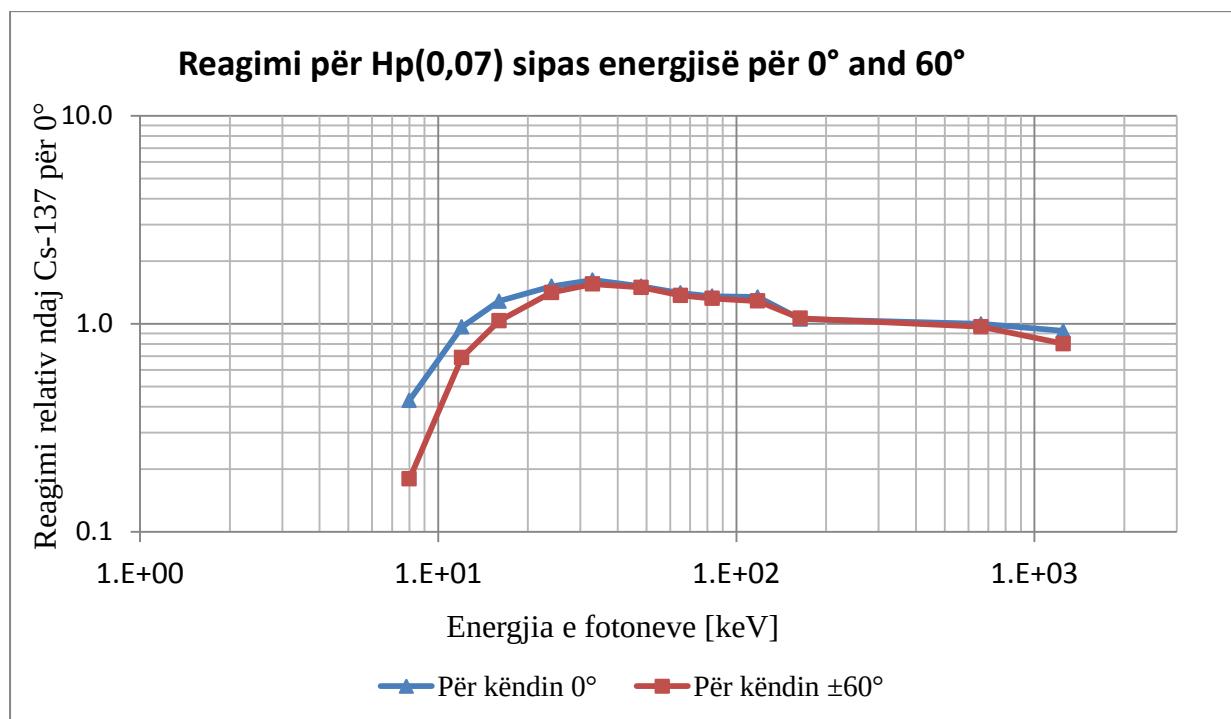


Figura 5.6. Reagimi relativ i dozimetreve të ekstremiteteve për energji dhe kënd të rënjes

Forma e grafikut e paraqitur në figurën 5.6 është pothuajse identike me formën e lakores të publikuar nga prodhuesi dhe autorët e tjerë. Në rastin tonë për të dy rastet e këndeve 0° dhe $\pm 60^\circ$ dhe për energjinë e fotoneve 8 keV nuk plotësohet kushti sipas ekuacionit 5.1, i rekomanduar nga IEC 62387. Kjo për arsye se energjia e tufës ka qenë shumë e vogël, me vetëm 8 keV dhe nuk ka patur aftësi të mjaftueshme për të penetruar plastikën mbuluese të kasetës së detektorëve për ekstremitetet.

Tabela 5.5. Rezultatet dhe llogaritjet varësisë së reagimit nga energjia dhe këndi i rrezitjes

Burimi	Energjia [keV]	Këndi [°]	Detektor	Raporti i Koeficientëve të konvertimit	Referenca e dozës në fantomin rod për Hp(0.07) [mSv]	Rezultati i dozimetrit në impulse [cts]	Faktori Individual i ndjeshmërisë	Pas faktorit individual [cts]	Pas zbritjes së sfondit [cts]	Ndjeshmëria [cts/mSv]	Llogaritjet sipas grupit	
I	II	III	IV	V	VI = 3 mSv * V	VII	VIII	IX =VII/VIII	X =IX-sfondi	XI =X/VI		
S-Cs	662	0	1	0.93	2.80	22738	1.12	20370	19324	6897	Mesatarja	6729
			2	0.93	2.80	21908	1.14	19236	18189	6492		
			3	0.93	2.80	20876	1.09	19202	18156	6480	Devijimi	242.75
			4	0.93	2.80	21528	1.13	18993	17947	6406		
			5	0.93	2.80	22399	1.08	20752	19705	7033	U ₁	202.55
			6	0.93	2.80	20952	1.05	20001	18954	6765		
			7	0.93	2.80	20634	1.00	20617	19571	6986		
			8	0.93	2.80	19793	0.99	20023	18977	6773		
		60	9	0.93	2.80	19436	1.06	18282	17236	6152	Mesatarja	6652.0
			10	0.93	2.80	18731	1.04	18016	16969	6057		
			11	0.93	2.80	19885	1.02	19435	18389	6564	Devijimi	226.29
			12	0.93	2.80	20683	1.04	19961	18915	6751		
			13	0.93	2.80	19459	1.00	19464	18418	6574	U ₁	222.20
			14	0.93	2.80	20966	1.06	19853	18807	6713		
			15	0.93	2.80	19418	0.99	19630	18584	6633		
			16	0.93	2.80	19772	1.00	19860	18814	6715		
N-10	8	0	65	1.00	3.00	9856	1.01	9754	8708	2903	Mesatarja	2884.7
			66	1.00	3.00	10132	1.00	10179	9133	3044		
			67	1.00	3.00	9890	1.04	9477	8431	2810	Devijimi	82.5
			68	1.00	3.00	9862	1.04	9489	8443	2814		
			69	1.00	3.00	10251	1.03	9909	8863	2954	U ₁	68.84
			70	1.00	3.00	9505	1.00	9519	8473	2824		
			71	1.00	3.00	9817	1.03	9542	8496	2832		
			72	1.00	3.00	10359	1.06	9733	8687	2896		
		60	73	1.00	3.00	4478	0.99	4539	3492	1164	Mesatarja	1208.9
			74	1.00	3.00	5288	0.99	5348	4302	1434		
			75	1.00	3.00	4023	1.12	3590	2544	848	Devijimi	195.5
			76	1.00	3.00	4594	1.05	4395	3348	1116		
			77	1.00	3.00	5419	1.08	5023	3977	1326	U ₁	163.1
			78	1.00	3.00	5340	1.03	5206	4160	1387		
			79	1.00	3.00	4469	1.05	4270	3223	1074		
			80	1.00	3.00	5086	1.01	5013	3966	1322		

Tabela 5.5. Rezultatet dhe llogaritjet e varësisë së reagimit nga energjia dhe këndi i rrezitjes

Burimi	Energjia [keV]	Këndi [°]	Detektor	Raporti i Koefficientë ve të konvertimit	Referenca e dozës në fantomin rod për Hp(0.07) [mSv]	Rezultati i dozimetrit në impulse [cts]	Faktori Individual i ndjeshmërisë	Pas faktorit individual [cts]	Pas zbritjes së sfondit [cts]	Ndjeshmëria [cts/mSv]	Llogaritjet sipas grupit	
I	II	III	IV	V	VI = 3 mSv * V	VII	VIII	IX =VII/VIII	X =IX-sfondi	XI =X/VI		
N-15	12	0	81	0.99	2.97	20947	1.02	20578	19532	6579	Mesatarja	6504.3
			82	0.99	2.97	20344	1.02	19967	18921	6373		
			83	0.99	2.97	20408	0.98	20908	19862	6690		
			84	0.99	2.97	20341	1.04	19563	18517	6237	Devijimi	182.7
			85	0.99	2.97	20581	1.02	20094	19048	6416		
			86	0.99	2.97	21769	1.05	20669	19623	6610		
			87	0.99	2.97	21494	1.02	21124	20078	6763	U ₁	152.5
			88	0.99	2.97	21102	1.06	19944	18898	6365		
		60	89	0.99	2.97	17110	1.06	16103	15057	5072	Mesatarja	4640.3
			90	0.99	2.97	15420	1.02	15082	14036	4728		
			91	0.99	2.97	15612	1.06	14749	13702	4616		
			92	0.99	2.97	13995	1.07	13032	11986	4037	Devijimi	348.6
			93	0.99	2.97	16687	1.05	15866	14820	4992		
			94	0.99	2.97	16665	1.07	15519	14473	4875		
			95	0.99	2.97	14824	1.05	14108	13062	4400	U ₁	290.8
			96	0.99	2.97	14683	1.04	14119	13073	4404		
N-20	16	0	97	0.99	2.97	27598	1.03	26868	25822	8695	Mesatarja	8647.5
			98	0.99	2.97	28342	1.08	26356	25310	8523		
			99	0.99	2.97	24878	0.98	25418	24371	8207		
			100	0.99	2.97	27755	1.02	27146	26100	8789	Devijimi	219.3
			101	0.99	2.97	30306	1.10	27637	26591	8954		
			102	0.99	2.97	29403	1.09	26983	25937	8734		
			103	0.99	2.97	28505	1.07	26588	25542	8601	U ₁	182.9
			104	0.99	2.97	27568	1.03	26819	25773	8679		
		60	105	0.99	2.97	22229	1.07	20780	19733	6645	Mesatarja	6951.1
			106	0.99	2.97	24020	1.07	22370	21324	7181		
			107	0.99	2.97	22944	1.03	22178	21131	7116		
			108	0.99	2.97	21291	1.03	20728	19681	6627	Devijimi	404.7
			109	0.99	2.97	22647	1.02	22258	21212	7143		
			110	0.99	2.97	24935	1.05	23693	22647	7626		
			111	0.99	2.97	23562	1.09	21637	20591	6934	U ₁	337.6
			112	0.99	2.97	20764	1.05	19869	18822	6338		

Tabela 5.5. Rezultatet dhe llogaritjet e varësisë së reagimit nga energjia dhe këndi i rrezitjes

Burimi	Energjia [keV]	Këndi [°]	Detektor	Raporti i Koeficientë ve të konvertimit	Referenca e dozës në fantomin rod për Hp(0.07) [mSv]	Rezultati i dozimëtrit në impulse [cts]	Faktori Individual i ndjeshmëris ë	Pas faktorit individual [cts]	Pas zbritjes së sfondit [cts]	Ndjeshmëria [cts/mSv]	Llogaritjet sipas grupit	
I	II	III	IV	V	VI = 3 mSv * V	VII	VIII	IX =VII/VIII	X =IX-sfondi	XI =X/VI		
N-30	24	0	113	0.95	2.86	31353	1.07	29172	28126	9831	Mesatarja	10192.5
			114	0.95	2.86	32409	1.10	29403	28357	9911		
			115	0.95	2.86	31594	1.04	30366	29319	10248	Devijimi	226.6
			116	0.95	2.86	31632	1.02	31135	30089	10517		
			117	0.95	2.86	31522	1.03	30666	29620	10353	U ₁	189.1
			118	0.95	2.86	33188	1.10	30074	29028	10146		
			119	0.95	2.86	31638	1.04	30337	29291	10238		
			120	0.95	2.86	32354	1.06	30512	29466	10299		
		60	121	0.95	2.86	30723	1.07	28747	27701	9682	Mesatarja	9513
			122	0.95	2.86	28220	1.00	28173	27127	9481		
			123	0.95	2.86	27969	1.03	27154	26108	9125	Devijimi	182.5
			124	0.95	2.86	28959	1.00	28819	27773	9707		
			125	0.95	2.86	29535	1.04	28459	27412	9581	U ₁	152.3
			126	0.95	2.86	31907	1.12	28493	27447	9593		
			127	0.95	2.86	29109	1.03	28180	27133	9484		
			128	0.95	2.86	30024	1.07	28092	27046	9453		
N-40	33	0	17	0.89	2.68	30298	1.00	30247	29200	10916	Mesatarja	10928.1
			18	0.89	2.68	28016	0.95	29393	28347	10597		
			19	0.89	2.68	30135	1.02	29675	28629	10703	Devijimi	254.7
			20	0.89	2.68	29966	1.00	30007	28961	10826		
			21	0.89	2.68	33719	1.09	30862	29816	11146	U ₁	212.5
			22	0.89	2.68	32556	1.06	30837	29791	11137		
			23	0.89	2.68	30430	1.02	29843	28797	10765		
			24	0.89	2.68	31353	1.00	31367	30321	11335		
		60	25	0.89	2.68	29000	1.01	28626	27580	10310	Mesatarja	10453.4
			26	0.89	2.68	29728	1.04	28599	27553	10300		
			27	0.89	2.68	30587	1.09	27938	26892	10053	Devijimi	484.3
			28	0.89	2.68	30317	0.95	31956	30910	11555		
			29	0.89	2.68	29042	1.04	27844	26798	10018	U ₁	404.1
			30	0.89	2.68	27980	0.96	29071	28025	10477		
			31	0.89	2.68	31188	1.06	29367	28320	10587		
			32	0.89	2.68	29131	1.02	28672	27626	10327		

Tabela 5.5. Rezultatet dhe llogaritjet e varësisë së reagimit nga energjia dhe këndi i rrezitjes

Burimi	Energjia [keV]	Këndi [°]	Detektor	Raporti i Koefficientëve të konvertimit	Referenca e dozës në fantomin rod për Hp(0.07) [mSv]	Rezultati i dozimetrit në impulse [cts]	Faktori Individual i ndjeshmërisë	Pas faktorit individual [cts]	Pas zbrirjes së sfondit [cts]	Ndjeshmëria [cts/mSv]	Llogaritjet sipas grupit	
I	II	III	IV	V	VI = 3 mSv * V	VII	VIII	IX =VII/VIII	X =IX-sfondi	XI =X/VI		
N-60	48	0	33	0.83	2.50	26694	1.01	26356	25310	10109	Mesatarja	10200.3
			34	0.83	2.50	19058	0.73	26107	25061	10009		
			35	0.83	2.50	27815	1.07	26010	24964	9971	Devijimi	233.8
			36	0.83	2.50	25950	0.99	26092	25046	10003		
			37	0.83	2.50	27616	1.01	27345	26299	10504	U ₁	195.1
			38	0.83	2.50	27318	1.04	26377	25331	10117		
			39	0.83	2.50	28496	1.04	27493	26447	10563	Mesatarja	10073.4
			40	0.83	2.50	28008	1.04	26902	25855	10327		
		60	41	0.83	2.50	25633	1.00	25639	24593	9822	Devijimi	279.2
			42	0.83	2.50	27544	1.01	27216	26170	10452		
			43	0.83	2.50	27484	1.06	25819	24773	9894	U ₁	232.9
			44	0.83	2.50	27596	1.03	26823	25776	10295		
			45	0.83	2.50	25099	1.00	25166	24120	9633	Mesatarja	9476.6
			46	0.83	2.50	25996	0.98	26466	25420	10153		
			47	0.83	2.50	28625	1.09	26153	25107	10028	Devijimi	202.3
			48	0.83	2.50	28099	1.05	26860	25814	10310		
N-80	65	0	49	0.83	2.48	22999	0.96	24021	22975	9257	U ₁	168.8
			50	0.83	2.48	25589	1.06	24036	22990	9263		
			51	0.83	2.48	28080	1.12	24972	23926	9640	Mesatarja	9226.4
			52	0.83	2.48	26728	1.07	25002	23955	9652		
			53	0.83	2.48	27489	1.11	24844	23798	9588	Devijimi	223.9
			54	0.83	2.48	25561	1.05	24426	23380	9420		
			55	0.83	2.48	25883	1.03	25223	24177	9741	U ₁	186.8
			56	0.83	2.48	24922	1.04	24014	22968	9254		
		60	57	0.83	2.48	25260	1.04	24283	23236	9362	Mesatarja	9226.4
			58	0.83	2.48	23906	1.03	23124	22078	8895		
			59	0.83	2.48	23852	1.02	23325	22279	8976	Devijimi	223.9
			60	0.83	2.48	24654	1.02	24174	23128	9318		
			61	0.83	2.48	25079	1.02	24625	23579	9500	U ₁	186.8
			62	0.83	2.48	24914	1.02	24321	23274	9377		
			63	0.83	2.48	23181	0.99	23460	22414	9031	Mesatarja	9476.6
			64	0.83	2.48	25569	1.05	24259	23213	9352		

Tabela 5.5. Rezultatet dhe llogaritjet e varësisë së reagimit nga energjia dhe këndi i rrezitjes

Burimi	Energjia [keV]	Këndi [°]	Detektor	Raporti i Koefficientëve të konvertimit	Referenca e dozës në fantomin rod për Hp(0.07) [mSv]	Rezultati i dozimetrit në impulse [cts]	Faktori Individual i ndjeshmërisë	Pas faktorit individual [cts]	Pas zbritjes së sfondit [cts]	Ndjeshmëria [cts/mSv]	Llogaritjet sipas grupit	
I	II	III	IV	V	VI = 3 mSv * V	VII	VIII	IX =VII/VIII	X =IX-sfondi	XI =X/VI		
N-100	83	0	161	0.85	2.54	26252	1.02	25767	24720	9719	Mesatarja	9143.7
			162	0.85	2.54	28875	1.13	25556	24510	9636		
			163	0.85	2.54	27514	1.09	25322	24276	9544	Devijimi	514.6
			164	0.85	2.54	26303	1.07	24498	23452	9220		
			165	0.85	2.54	26281	1.07	24645	23598	9278	U ₁	429.3
			166	0.85	2.54	24868	1.05	23682	22636	8899		
			167	0.85	2.54	24175	1.07	22612	21566	8479		
			168	0.85	2.54	24348	1.09	22343	21297	8373		
		60	169	0.85	2.54	22091	1.02	21627	20581	8092	Mesatarja	8917.8
			170	0.85	2.54	23471	1.03	22769	21723	8540		
			171	0.85	2.54	24735	1.07	23086	22040	8665	Devijimi	552.7
			172	0.85	2.54	23950	1.05	22780	21734	8545		
			173	0.85	2.54	25638	1.07	24046	22999	9043	U ₁	461.2
			174	0.85	2.54	26269	1.07	24471	23425	9210		
			175	0.85	2.54	27084	1.07	25321	24274	9544		
			176	0.85	2.54	28134	1.09	25728	24682	9704		
N-200	164	0	145	0.91	2.74	23367	0.98	23746	22700	8284	Mesatarja	9064.0
			146	0.91	2.74	25133	1.05	24011	22965	8381		
			147	0.91	2.74	27194	1.08	25244	24198	8831	Devijimi	585.2
			148	0.91	2.74	25849	1.01	25613	24567	8966		
			149	0.91	2.74	27337	1.07	25611	24565	8965	U ₁	488.3
			150	0.91	2.74	27656	1.02	27099	26053	9508		
			151	0.91	2.74	31684	1.13	27918	26872	9807		
			152	0.91	2.74	30531	1.10	27821	26775	9771		
		60	153	0.91	2.74	27486	1.04	26377	25331	9244	Mesatarja	8665.9
			154	0.91	2.74	28654	1.06	26928	25882	9446		
			155	0.91	2.74	27187	1.06	25745	24699	9014	Devijimi	654.4
			156	0.91	2.74	27201	1.05	25942	24895	9085		
			157	0.91	2.74	25969	1.06	24466	23420	8547	U ₁	546.1
			158	0.91	2.74	25959	1.07	24178	23132	8442		
			159	0.91	2.74	25388	1.10	22980	21934	8005		
			160	0.91	2.74	23760	1.09	21720	20674	7545		

Tabela 5.5. Rezultatet dhe llogaritjet e varësisë së reagimit nga energjia dhe këndi i rrezitjes

Burimi	Energjia [keV]	Këndi [°]	Detektor	Raporti i Koeficientëve të konvertimit	Referenca e dozës në fantomin rod për Hp(0.07) [mSv]	Rezultati i dozimetrit në impulse [cts]	Faktori Individual i ndjeshmërisë	Pas faktorit individual [cts]	Pas zbritjes së sfondit [cts]	Ndjeshmëria [cts/mSv]	Llogaritjet sipas grupit	
I	II	III	IV	V	VI = 3 mSv * V	VII	VIII	IX =VII/VIII	X =IX-sfondi	XI =X/VI		
N-300	250	0	129	0.93	2.80	21188	1.03	20531	19485	6951	Mesatarja	7099.6
			130	0.93	2.80	21938	1.04	21010	19963	7121		
			131	0.93	2.80	21490	1.06	20202	19155	6833		
			132	0.93	2.80	21735	1.07	20402	19356	6905	Devijimi	192.8
			133	0.93	2.80	23579	1.11	21242	20196	7204		
			134	0.93	2.80	22410	1.06	21113	20067	7158		
			135	0.93	2.80	24176	1.11	21853	20807	7422		
		136	0.93	2.80	22739	1.07	21235	20189	7202	U ₁	160.9	
		60	137	0.93	2.80	24272	1.10	21979	20933	7467	Mesatarja	7155.7
			138	0.93	2.80	21536	1.01	21224	20178	7198		
			139	0.93	2.80	21967	0.99	22084	21037	7505		
			140	0.93	2.80	22995	1.08	21274	20228	7216	Devijimi	262.4
			141	0.93	2.80	22046	1.05	21072	20026	7144		
			142	0.93	2.80	22051	1.08	20428	19382	6914		
			143	0.93	2.80	22305	1.07	20916	19870	7088		
		144	0.93	2.80	21379	1.08	19869	18823	6714	U ₁	218.9	
S-Co	1250	0	177	0.97	2.92	20384	1.07	18997	17951	6144	Mesatarja	6222.5
			178	0.97	2.92	19525	1.02	19093	18046	6177		
			179	0.97	2.92	20684	1.07	19319	18273	6254		
			180	0.97	2.92	20160	1.03	19609	18563	6353	Devijimi	87.9
			181	0.97	2.92	20042	1.06	18898	17852	6110		
			182	0.97	2.92	20413	1.07	19105	18059	6181		
			183	0.97	2.92	19418	1.01	19230	18183	6224	U ₁	73.4
			184	0.97	2.92	21838	1.12	19565	18519	6338		
		60	185	0.97	2.92	19887	1.07	18614	17567	6013	Mesatarja	5398.8
			186	0.97	2.92	20132	1.05	19240	18193	6227		
			187	0.97	2.92	14903	1.09	13707	12661	4333		
			188	0.97	2.92	15644	1.10	14187	13141	4498	Devijimi	786.1
			189	0.97	2.92	17118	1.11	15359	14313	4899		
			190	0.97	2.92	16776	1.06	15837	14790	5062		
			191	0.97	2.92	20918	1.09	19141	18095	6193		
			192	0.97	2.92	19850	1.07	18477	17430	5966	U ₁	655.9

5.3.5. AFTËSIA E RUAJTJES SË INFORMACIONIT

Për të gjetur aftësinë e ruajtjes së informacionit në funksion të kohës, dozimetrat e shkarkuar janë rrezitur në tufën e gjeneruesit të rrezeve X, i cili përdoret në Radiologji për qëllime diagnostike. Dozimetrat janë vendosur në tavolinën e pacientit në largësi 1 m nga tubi rrezatues.

Në grupin e parë janë rrezitur dozimetrat me karakteristikat e tufës 40 kV, 25 mAs dhe 0.16 s. Për grupin e dytë dhe të tretë parametri i vetëm i cili është ndryshuar ka qenë tensioni me 70 dhe 110 kV.

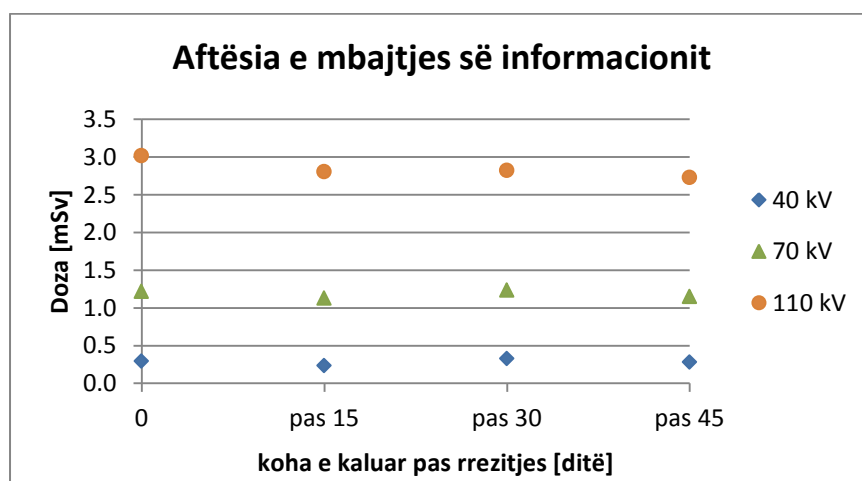


Figura 5.7. Aftësia e ruajtjes së informacionit sipas kohës

Për secilin grup të dhënë, dozimetrat përkatës janë ndarë në katër nëngrupe, të cilat janë lexuar në kohë të ndryshme. Grupi i parë është lexuar menjëherë pas rrezitjes dhe rezultatet e tij shërbejnë si referencë për grupet e lexuara pas 15, 30 dhe 45 ditësh.

Nga të gjitha testet vërtetohet se rezultatet e fituara janë brenda kriterit të kërkuar nga standardi IEC 61066, i cili është $\pm 10\%$ nga vlera referente.

5.4. VERIFIKIMI I PASAKTËSISË SË MATJES SË SISTEMIT DOZIMETRIK

Pasi kanë përfunduar testet e sistemit dozimetrik të parapara me standardet përkatëse, kemi bërë testin final, i cili nxjerr në pah pasaktësinë e matjeve të sistemit dozimetrik.

Në mënyrë të rastësishme janë përzgjedhur dozimetrat nga grupi i dozimetrave për të cilët është bërë kalibrimi. Dozimetrat janë shkarkuar në lexuesin Rados 2000RE dhe janë rrezitur me

burimin Cs-137 në kushte atmosferike të njohura, pra është bërë korrigjimi i dozës për temperaturën dhe shtypjen atmosferike.

Dozimetrat janë ndarë në tetë grupe, katër prej të cilëve janë rrezitur me doza të ulëta dhe katër të tjerët janë rrezitur me doza të larta.

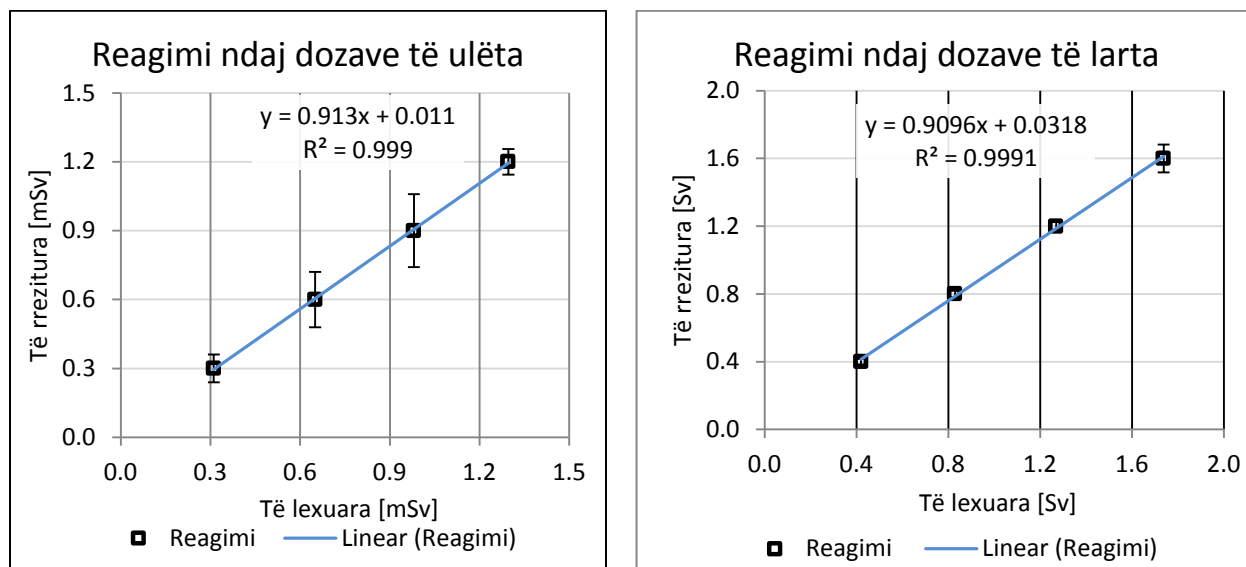


Figura 5.8. Testimi i reagimit të dozimetrave, a) për doza të ulëta, b) për doza të larta

Në grupin e dozimetrave me vlera të ulëta bëjnë pjesë katër nëngrupe të cilat janë rrezitur me dozat 0.3, 0.6, 0.9 dhe 1.2 mSv. Në grupin e dozimetrave me vlera të larta bëjnë pjesë katër nëngrupe të cilat janë rrezitur me dozat 0.4, 0.8, 1.2 dhe 1.6 Sv.

Nga vlearn e vexuar është zbritur vlera e sfondit natyror prej 0.144 mSv, e cila paraqet dozën e akumuluar për dy muaj, sa ka zgjatë eksperimenti. Në grafikë janë paraqitur mesataret e reagimit për secilin nëngrup dhe devijimi standard për grupin përkatës.

Për regjionet e dozave me të cilat janë ngarkuar dozimetrat, është e pritshme që të kemi varësi lineare në mes të vlerave të rrezitura dhe atyre të lexuara. Ekuacionet që i përshtatet më së miri rezultateve përfundimtare janë funksione lineare dhe pothuajse e ndajnë përgjysmë kuadrantin e parë me faktorë të përshtatjes $R^2=0.999$.

Papërcaktueshmëria e llogaritur për secilën nga matjet, varion në mes të 0.016 - 0.046 mSv për grupin e dozimetrave të rrezitur me vlera të ulëta dhe për grupin e dozimetrave të rrezitur me vlera të larta papërcaktueshmëria varion në mes të 0.007 - 0.034 Sv.

Në vargun testeve të performacës për sistemet dozimetrike të cilat shfrytëzohen për matjeve e rrezeve x dhe fotoneve në dozimetrinë personale është kriteri i “Trumpet Curves” i cili rekomandohet nga ISO 14146 [39].

Ky standard obligon që rezultatet e matjeve të respektojnë ekuacionin:

$$\frac{1}{1.5} \left[1 - \frac{2H_0}{(H_0 + H_1)} \right] \leq \frac{H_m}{H_v} \leq 1.5 \left[1 + \frac{H_0}{(2H_0 + H_1)} \right] \quad (5.9)$$

Ku:

H_1 - është doza referente

H_0 - vlera më e vogël e matshme (për matje mujore është 0.085 mSv[40])

H_m - vlera e matur

H_v - vlera e vërtetë

H_m/H_v – paraqet reagimin relativ

Nga ekuacioni 5.9 gjejmë shprehjet që paraqesin limitin e epërm dhe të poshtëm, këto limite janë paraqitë me ngjyrë të kuqe në grafikun 5.9.

Për limitin e epërm shkruajmë: $H_{le} = 1.5 \left[1 + \frac{H_0}{(2H_0 + H_1)} \right]$ dhe

Për limitin e poshtëm shkruajmë: $H_{lp} = \frac{1}{1.5} \left[1 - \frac{2H_0}{(H_0 + H_1)} \right]$.

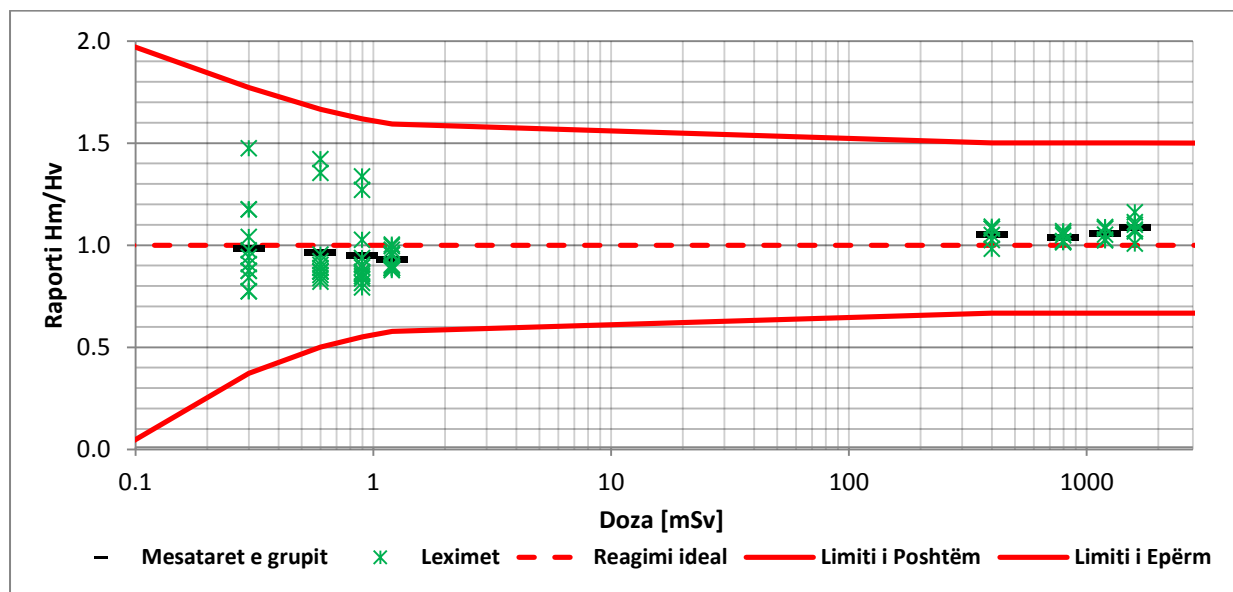


Figura 5.9. Rezultatet e perofrancës së sistemit termolumineshentsipas “trumpet curves”

Për sistemin dozimetrik personal termolumineshent themi se plotëson standardin ISO 14146:2000, nëse jo më shumë se një e dhjeta e matjeve të bëra janë jashtë lakorës së epërme apo të poshtëme të cilat shprehen me ekuacionin 5.9.

Në grafiku 5.9 me simbolet në formë të shkronjës “x” me ngjyrë të gjelbërt janë paraqitë vlerat e reagimit relativ të matjeve. Me shenën “-“ me ngjyrë të zezë janë paraqitë mesataret e reagimit relativ për grupin përkatës. Uptohet se asnjë matje nga eksperimenti ynë nuk është jashtë limiteve të “tumpet curves”. Prandaj përfundojmë që sistemi dozimetrik termolumineshent pas kalibrimit e plotëson kushtin e performancës sipas standardit ISO 14146.

5.5. TË DHËNAT PËR PUNONJËSIT QË EKSPOZOHEN PROFESIONALISHT NË KOSOVË

Të dhënat në vijim, paraqesin vlerat e dozave profesionale për punonjësit, të cilët bartin dozimetër pasiv personal në Republikën e Kosovës. Të dhënat e paraqitura i takojnë periudhës një vjeçare të monitorimit të punonjësve nga muaji Prill/2014 deri në Prill/2015.

Numri i të monitoruarve me dozimetra personal ka variuar nga muaji në muaj, për shkaqe të ndryshme si: punësimet e reja, pensionimet e punonjësve, hapja apo mbyllja e institucioneve të cilat në praktikën e tyre përdorin burime të rrezatimit jonizues etj.

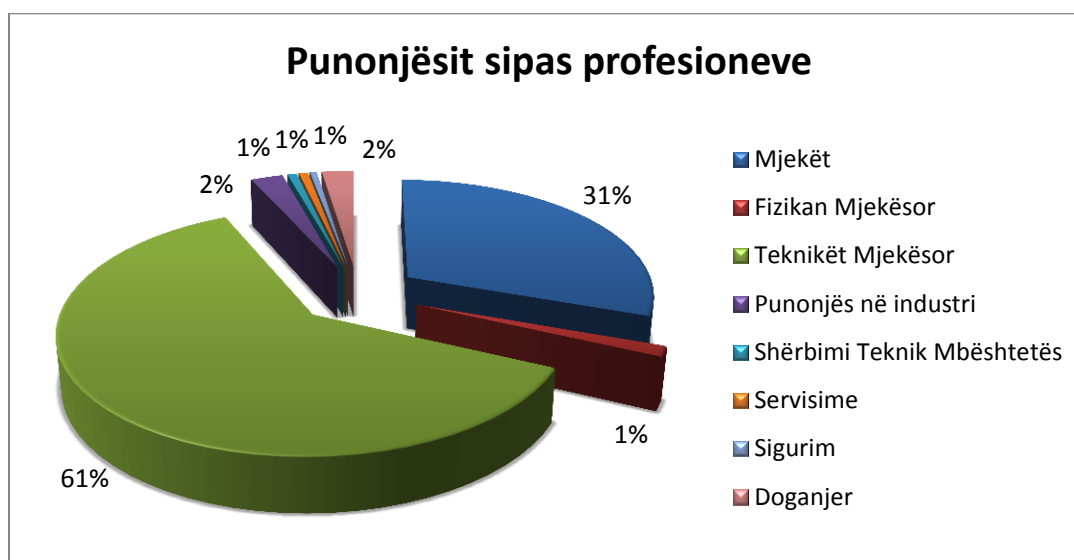


Figura 5.10. Bartësit e dozimetrave sipas profesioneve në Republikën e Kosovës

Megjithatë, numri i përgjithshëm i punonjësve të regjistruar si bartës të dozimetrave personal gjatë periudhës në fjalë ka arritur shifrën 575 punonjës nga e gjithë Kosova. Nga numri i përgjithshëm 22.3% apo 128 punonjës i takojnë sektorit privat, kurse 77.7 % apo 447 punonjës i takojnë sektorit publik.

Nga figura 5.10 vërehet se shumica e punonjësve të cilët ekspozohen profesionalisht janë teknik mjekësorë, grupi në fjalë përbën 61 % nga të gjithë punonjësit që monitorohen me dozimetra në Kosovë. Në grupin e dytë për nga numri i punonjësve janë mjekët, me pjesëmarrje prej 31 %.

Numri i punonjësve nën monitorim ndryshon nga një qytet në tjetrin, në varësi nga përdorimi i rrezatimit jonizues në atë qytet.

Tabela 5.6. Numri i bartësve të dozimetrave sipas regjioneve

Nr	Regjionet	Sipërfaqja [km ²]	Numri i banorëve[41]	Numri i bartësve të dozimetrave
1	Ferizaj	1024	185695	27
2	Gjakovë	1236	140659	40
3	Gjilan	1331	181459	44
4	Mitrovicë	2051	232833	32
5	Pejë	1366	174325	31
6	Prishtinë	2157	477312	376
7	Prizren	1747	387878	45

Nëse bëhet grupimi i punonjësve të ekspozuar sipas regjioneve do të kemi një pasqyrë e cila tregon se vetëm në regjionin e Prishtinës janë në përdorim 376 dozimetra të cilët përbëjnë 65.4.% e bartësve të dozimetrave në nivel vendi.

Për ilustrim, është paraqitur në mënyrë grafike raporti në mes të numrit të banorëve dhe punonjësve që profesionalisht i ekspozohen rrezatimit jonizues. Nga rezultatet e paraqitura kuptojmë se në regjionin e Prishtinës kemi një punonjës i cili profesionalisht i ekspozohet rrezatimit jonizues për 1269 banorë. Vlera më e vogël e raportit të banorëve dhe përdoruesve për regjion është në regjionin e Prishtinës, kjo shpjegohet për faktin se shumica e aktiviteteve me burime të rrezatimit jonizues janë të koncentruara në regjionin e Prishtinës.

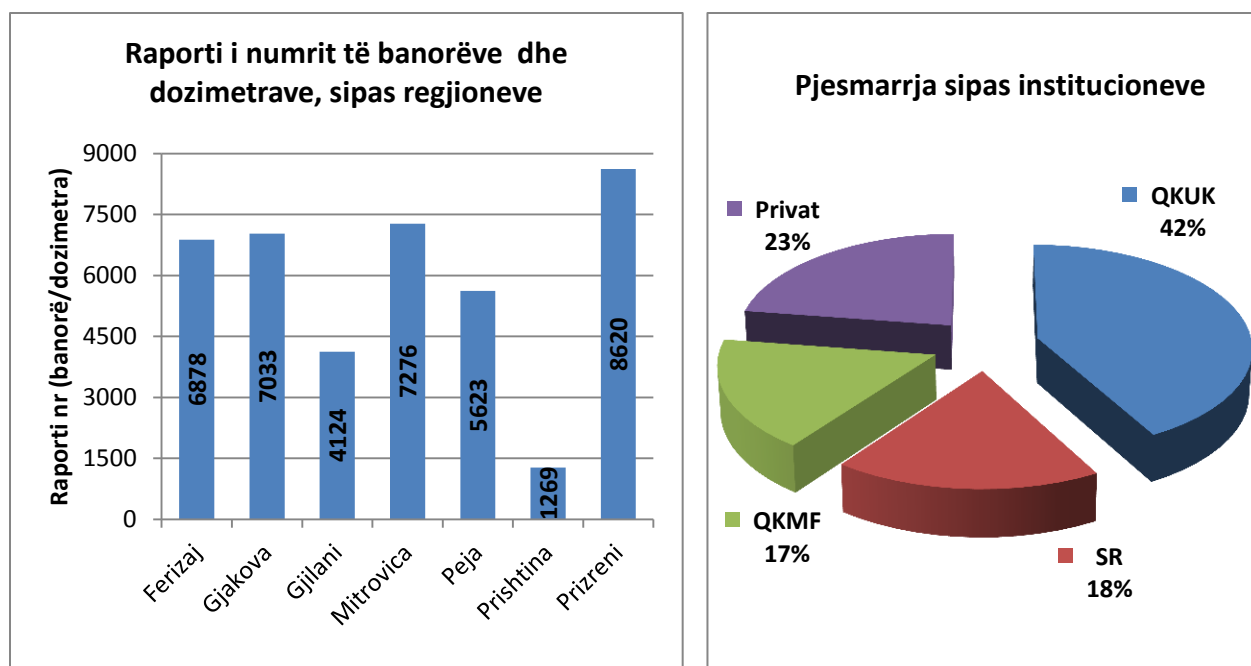


Figura 5.11. a) Raporti në mes të numrit të banorëve dhe numrit të dozimetra sipas regjioneve, b) Pjesëmarrja e punonjësve të ekspozuar sipas institucioneve

Vlen të përmendet se vetëm Qendra Klinike Universitare e Kosovës (QKUK) numëron 241 punonjës që ekspozohen profesionalisht, apo 41.9 % nga të gjithë punonjësit që profesionalisht ekspozohen në Kosovë. Kuptimi i shkurtesave tjera nga grafiku 5.11 b janë: QKMF qëndron për Qendrat Kryesore të Mjekësisë Familjare të cilat janë të shpërndara nëpër të gjitha qytetet e Kosovës si dhe SR qëndron për Spitalet Rajonale.

5.6. EKSPOZIMET PROFESIONALE NË KOSOVË

Në raportimet e dozave profesionale të punonjësve, shkruhet vlera mesatare e fituar nga rezultatet e dozës personale ekuivalente sipërfaqësore $H_p(0.07)$ dhe dozës personale ekuivalente në thellësi $H_p(10)$.

Nga rezultatet e paraqitura në vijim është zbritur vlera mesatare e sfondit natyror për territorin e Republikës së Kosovës e cila është 98 nSv/h .

Koha e bartjes së dozimetrit nga punonjësit është një muaj kalendarik. Prandaj, rezultatit të dozimetrit të lexuar duhet t'i zbritet kontributi mesatar i sfondit natyror, i cili është llogaritur të jetë 0.07 mSv .

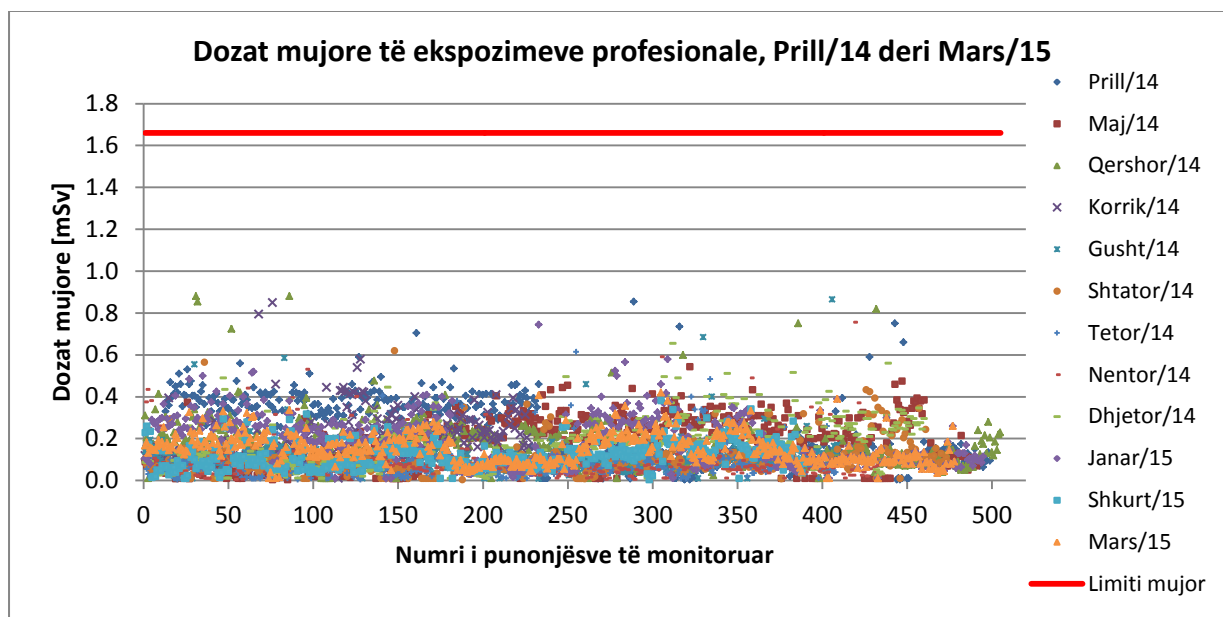


Figura 5.12. Dozat mujore të ekspozimeve profesionale

Të gjitha rezultatet e dozave profesionale për periudhën kohore dymbëdhjetë mujore, janë paraqitur në figurën 5.12. Një pikë e vetme paraqet rezultatin e dozës ekuivalente personale të një punonjësi për muajin kalendarik. Në total grafiku përmban 6235 matje.

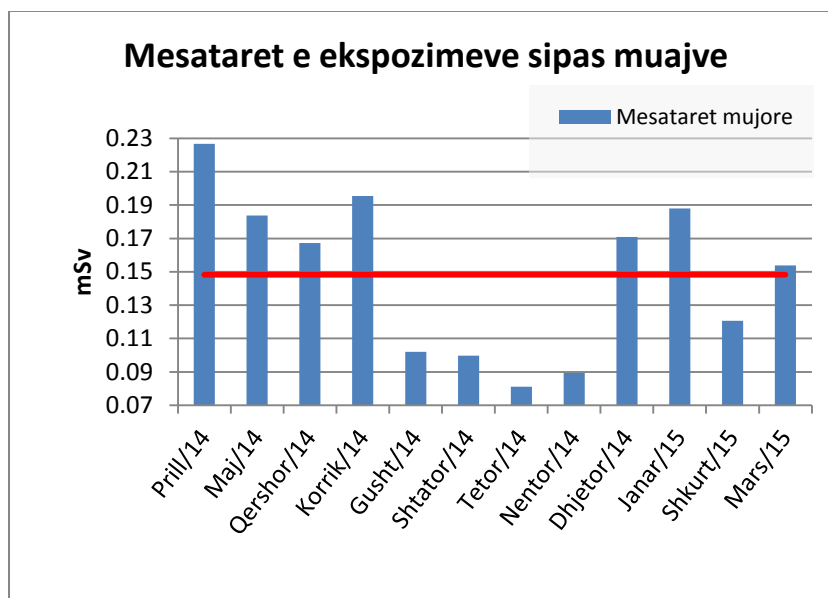


Figura 5.13. Dozat mesatare mujore

Nëse rezultatet e matjeve grupohen sipas muajve, llogarisim vlerat mesatare mujore, nga të cilat kuptojmë se muajt me vlera më të ulëta janë ata që i takojnë sezonit veror. Gjithashtu një

tendencë e rritjes së mesatares mujore vërehet në fillimin e vitit 2015 që përkon me sezonin dimëror. Vlera mesatare mujore gjatë periudhës së studimit është 0.148 mSv .

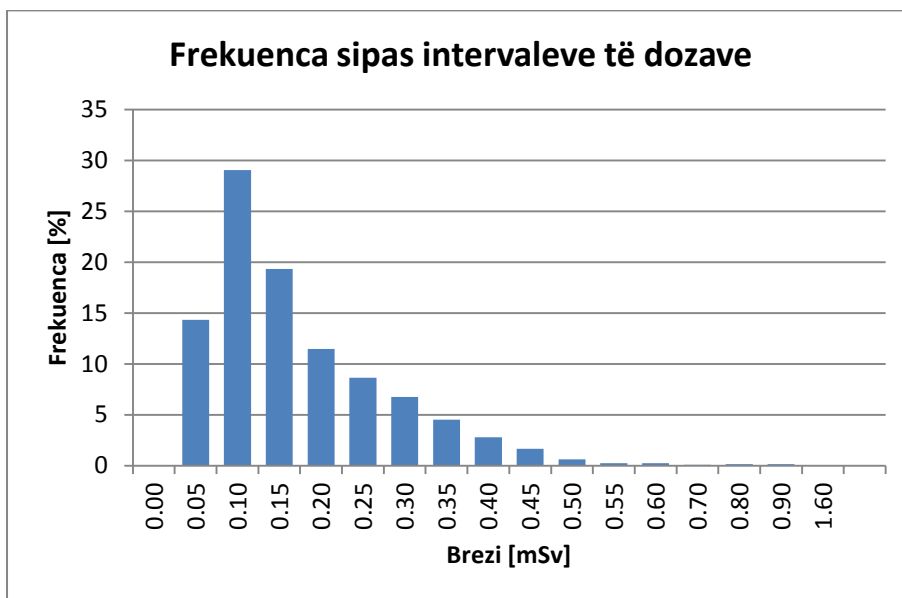


Figura 5.14. Histogrami i dozave profesionale

Nga grafiku i frekuencës së dozave ekspozuese sipas intervaleve të caktuara me hap prej 0.05 mSv , kemi 30 % të rasteve në brezin 0.1 deri 0.15 mSv , ndërsa mbi 0.5 mSv nuk paraqiten raste.

5.7. DOZAT PROFESIONALE SIPAS PRAKTIKAVE

Nëse rezultatet e dozimetrave të punonjësve i grupojmë sipas praktikave do të gjejmë vlerën e ekspozimit profesional të punonjësve për secilën nga praktikat. Në figurën 5.15 janë paraqitur vlerat mesatare të ekspozimeve profesionale vjetore sipas praktikave dhe kualifikimeve.

Pasi që 92% e punonjësve që monitorohen me TLD në Kosovë janë teknikët mjekësorë dhe mjekët, atëherë e kemi bërë një grupim të tillë sipas këtyre kategorive të punonjësve.

Nga të dhënat e përpunuara vërtetohet se punonjësit që ekspozohen më së shumti në Kosovë janë ata të mjekësisë nukleare me dozë ekuivalente mesatare vjetore prej 3.04 mSv për teknikët mjekësorë dhe 2.33 mSv për mjekët, në vendin e dytë janë punonjësit e radiologjisë intervenuese, pastaj të emergjencës e kështu me radhë. Punonjësit të cilët ekspozohen më së paku nga të monitoruarit në Kosovë janë ata që merren me grafi dentare.

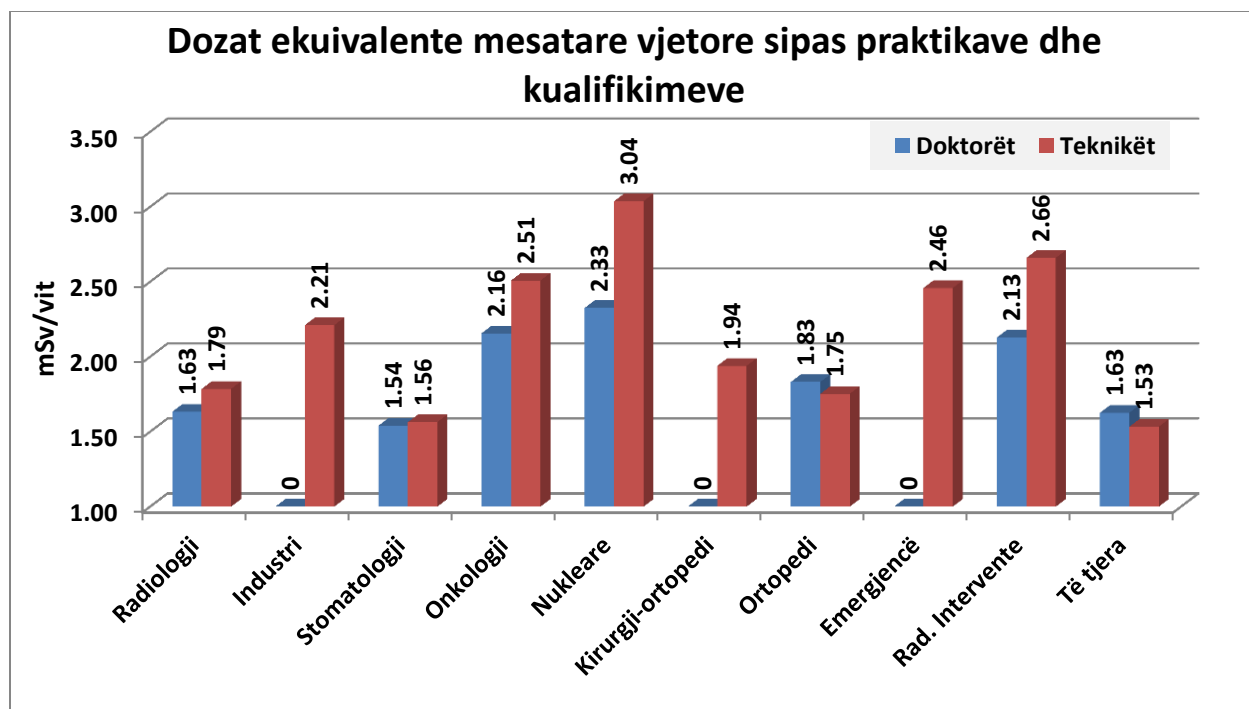


Figura 5.15. Krahasoni i dozave profesionale sipas praktikave dhe kualifikimeve

Gjithashtu vërehet se punonjësit me kualifikime të larta, si mjekët mesatarisht ekspozohen më pak se sa punonjësit me kualifikime më të ulëta, siç janë teknikët mjekësorë dhe infermierët.

Tabela 5.7. Dozat kolektive sipas praktikave

Nr.	Praktikat	Mjekët		Teknikët		Doza kolektive [njeri mSv]
		Doza ekuivalente vjetore [mSv]	Numri i Punonjësve	Doza ekuivalente vjetore [mSv]	Numri i Punonjësve	
1.	Radiologji	1.63	102	1.79	230	577.24
2.	Industri	0	0	2.21	14	30.95
3.	Stomatologji	1.54	6	1.56	29	54.57
4.	Onkologji	2.16	20	2.51	37	135.93
5.	Nukleare	2.33	9	3.04	10	51.30
6.	Kirurgji-ortopedi	0	0	1.94	6	11.64
7.	Ortopedi	1.83	7	1.75	32	68.90
8.	Emergjencë	0	0	2.46	9	22.13
9.	Radiologji intervenuese	2.13	13	2.66	12	59.58
10.	Të tjera	1.63	26	1.53	13	62.21

Për të gjetur dozën kolektive nga praktikat e caktuara, kemi llogaritur prodhimin në mes të numrit të punonjësve të angazhuar në një praktikë dhe vlerën mesatare të dozave ekuivalente vjetore të praktikës përkatëse, e cila është në harmoni me ekuacionin 1.24.

Doza kolektive më e lartë është llogaritur të jetë te grupi i punonjësve të Radiologjisë, i cili është 0,56 *njeri·Sv*, e cila njëkohësisht është mbi 53% e dozës kolektive të pranuar nga të gjithë punonjësit, të cilët profesionalisht i ekspozohen rrezatimit në Kosovë. Doza e përgjithshme kolektive nga praktikat e shënuara në tabelën e mësipërme është 1.07 *njeri Sivert*.

PËRFUNDIME

Duke pasur parasysh përdorimin e madh që ka gjetur rrezatimi jonizues në lëmi të ndryshme jetësore dhe efektet negative që ai mund të shkaktojë në organizmate gjalla, paraqitet nevoja që t'i kushtohet vëmendje e posaçme këtij lloj rrezatimit, me qëllim që të sigurohemi për një punë të parrezikshme dhe sa më efektive. Vëmendje të veçantë duhet t'i kushtohet ekspozimeve profesionale, me qëllim që të sigurohet se efekti i rrezatimit jonizues për punonjësit në fjalë të jetë sa më i vogël i mundshëm dhe i arritshëm, duke respektuar faktorët ekonomik dhe social, sipas parimit ALARA. Monitorimi i ekspozimeve profesionale obligohet nga dokumentet ndërkombëtare [2, 3] dhe vendore [1].

Në këtë studim është paraqitur monitorimi i jashtëm individual i punonjësve të cilët përdorin burimetë ndryshme të rrezatimit jonizues në Kosovë. Monitorimi është bërë me anë të detektorëve, të cilët shfrytëzojnë parimin e termoluminiscencës. Për këtë qëllim është përdorur lexuesi termolumineshent Rados RE2000S i cili bën leximin e detektorëve të tipit MTS-N (LiF:Mg,Ti) për matjen e dozës personale ekuivalente $H_p(0.07)$ dhe $H_p(10)$ dhe MCP-N (LiF:Mg,Cu,P) për matjen e dozës ekuivalente të ekstremiteteve $H_p(0.07)$.

Instituti i Mjekësisë së Punës, përkatësisht Shërbimi për Mbrojtje nga Rrezatimi në Obiliq e përfitoi sistemin dozimetrik bashkë me detektorët dhe rrezatuesin IR 200 nga Komisioni Evropian përmes projektit IPA 2009 të titulluar “Strengthening the system of dosimetry control for occupationally exposed workers and patients”.

Duke respektuar rekomandimet e prodhuesit dhe standardet ISO dhe IEC është bërë kalibrimi i sistemit dozimetrik termolumineshent. Rrezitja e dozimetrave me vlerën referente është bërë në tufën e rrezeve gama të burimit radioaktiv Cs-137, pjesë e Labororit Standard Sekondar Dozimetrik në Institutin e Fizikës Bërthamore të Aplikuar në Tiranë.

Për detektorët MCP janë gjetur faktorët individual të dozimetrave të ekstremiteteve, gjithashtu është gjetur varësia e reagimit të dozimetrave nga energjia dhe këndi i rënies së tufës rrezatuese. Këto eksperimente janë bërë në qendrën Belge për Kërkime Nukleare (SCK CEN) në Mol të Belgjikës.

Në këtë studim janë bërë gjashtë lloje eksperimentesh të ndryshme për t'u siguruar se sistemi dozimetrik termolumineshent i plotëson kriteret ndërkombëtare[32, 34] për të monitoruar ekspozimet profesionale, si varësia sipas energjisë dhe këndit rënës të rrezatimit, reagimi relativ i dozimetrave etj.

Si kurorëzim i studimit, janë paraqitur vlerat e dozave profesionale të punonjësve, të cilët kanë bartur dozimetra personal gjatë periudhës Prill/2014 deri Prill/2015. Numri i përgjithshëm i dozimetrave të proceduar ka qenë 6743. Dozimetri i njëjtë është bartur nga punonjësi përkatës gjatë kohës së punës për një muaj kalendarik dhe është varur në pjesën e përparme të trupit, përkatësisht në anën e majtë të gjoksit. Nëse punonjësit kanë përdorur përparëse/mbrojtëse prej gome të plumbuar, atëherë ai është udhëzuar që dozimetrin mos ta mbulojë me përparëse.

Numri i përgjithshëm i punonjësve të monitoruar ka ndryshuar nga muaji në muaj, megjithatë numri total i punonjësve gjatë periudhës në fjalë ka arritur deri në 575 punonjës. Nga numri i përgjithshëm 22.3% apo 128 punonjës i takojnë sektorit privat, kurse 77.7 % apo 447 punonjës i takojnë sektorit publik.

Në Kosovë numri më i madh i punonjësve që ekspozohen profesionalisht ndaj rrezatimit jonizues në punët e tyre të përditshme janë punonjësit shëndetësorë të cilët përbëjnë 93.2 %, ndërsa pjesën e mbetur e përbëjnë punonjësit e angazhuar në industri, dogana, kërkime etj.

Pas përpunimit të rezultateve është vërtetuar se vlera mesatare vjetore e dozave profesionale në Kosovë është 1.73 mSv. Ndërsa nëse vlerësohen ndaras ekspozimet profesionale sipas praktikave të rrezatimit jonizues në Kosovë, vërtetohet se mesatarisht punonjësit e mjekësisë nukleare ekspozohen më së shumti rrezatimit jonizues me vlerën mesatare vjetore prej 2.7 mSv, kurse në vendin e dytë janë punonjësit e radiologjisë intervenuese me vlerë mesatare vjetore 2.4 mSv. Ndërsa punonjësit të cilët mesatarisht ekspozohen më së paku rrezatimit jonizues në Kosovë janë punonjësit e grafive dentare. Rezultate të ngjashme janë raportuar edhe në vende tjera[42, 43].

Nga vlerat e raportuara të dozave profesionale është larguar kontributi i sfondit natyror, i cili është akumuluar në detektorë, vlera e larguar ka qenë në raport me kohën sa dozimetri ka qenë në përdorim nga punonjësi. Vlerat e larta të dozimetrave të cilat janë vërtetuar se kanë ardhur si rezultat i keqpërdorimit të dozimetrave nga punonjësit, nuk janë marrë në konsideratë.

Punonjësit e monitoruar me kualifikime të larta si mjekët mesatarisht për një vit pranojnë dozë profesionale prej 1.3 *mSv*, ndërsa punonjësit me kualifikime më të ulëta, siç janë teknikët mjekësorë dhe infermierët mesatarisht pranojnë dozë profesionale vjetore 2.1 *mSv*. Prandaj përfundojmë se punonjësit me kualifikime të larta, si mjekët mesatarisht gjatë një viti ekspozohen më pak se sa punonjësit me kualifikime më të ulëta si teknikët mjekësorë dhe infermierët.

Vetëm 6.1 % (35 punonjës) e punonjësve të monitoruar gjatë periudhës një vjeçare në Kosovë i takojnë grupit të punonjësve të kategorisë A, prej të cilëve numri më i madh janë nga departamenti i mjekësisë nukleare.

Ndërsa doza kolektive e ekspozimeve profesionale të punonjësve në Kosovë është llogaritur të jetë 1.07 *njeri Sv*, në të cilën kontributin më të lartë e kanë punonjësit e radiologjisë konvencionale me 53.2 %. Kjo për shkak se në këtë praktikë janë të angazhuar 57.7 % e punonjësve nga numri i përgjithshëm i tyre.

REKOMANDIME

Duke pasur parasysh gjendjen në të cilën gjendet dozimetria personale në Kosovë dhe standardet ndërkombëtare që e rregullojnë këtë fushë, rekomandimet do t'i adresojmë në tri nivele:

a) Rekomandimet për Laboratorin e Dozimetrisë Personale:

- Të vazhdohet realizimi i testeve të sistemit dozimetrik termolumineshent në harmoni me IEC 62387 dhe ISO 4037.
- Të përgaditen procedurat e shruara për dozimetrinë personale.
- Të funksionalizohet sistemi i dozimetrisë së ekstremiteteve, sidomos për punonjësit e mjekësisë nukleare dhe radiologjisë intervenuese.
- Të funksionalizohet sistemi i dozimetrisë së neutroneve, sidomos për punonjësit e departamenteve të teleterapisë.
- Të zgjerohen shërbimet e dozimetrisë personale edhe me lloje të tjera të detektorëve, p.sh. të ofrohen dozimetra aktiv personal për klientët specifik.
- Të participojnë në testet e ndryshme të ndërkrahasimit.

b) Rekomandimet për shfrytëzuesit e dozimetrave personal

- Është e domosdoshme që punonjësit profesional të kryejnë trajnime për mbrojtje nga rrezatimi dhe siguria bërthamore, trajnimet të kenë natyrë të përgjithëshme dhe specifike.
- Të përdorin rrezatimin në mënyrë racionale duke përdorur doza sa më të vogla të mundshme, por duke mos i cënuar benifitet nga praktikat e realizuar.
- Të shkurtojnë kohën e ekspozimit ndaj rrezatimit jonizues aq sa është e mundur.
- Të përdorin mjete mbrojtëse atëherë kur është e mundur.

- Të përdorin dozimetrat në mënyrë të drejtë, ashtu siç rekomandohet nga furnizuesi i dozimetrave dhe për çdo dyshim të kontaktohet personi përgjegjës.

c) Rekomandimet për trupën përkatëse rregullatore të Kosovës

- Të hartoj, funksionalizoj dhe të sigurojë zbatimin e rregulloreve, të cilat e trajtojnë fushën e dozimetrisë dhe mbrojtjes nga rrezatimi.
- Të ndihmoj që pranë Institutit të Mjekësisë së Punës, përkatësisht pranë Laboratorit të Dozimetrisë Personale, të funksionalizohet Laboratori Standard Sekondar Dozimetric për Kalibrime, i cili do të ofrojë rrezitjen e dozimetrave me burimet e rrezatimit Cs-137, Co-60 dhe gjeneruesit e rrezeve X të serisë N (narrow).
- Të monitorojë Laboratorin e Dozimetrisë Personale pranë IMP-së, dhe pasi të vërtetojë se plotësohen kushtet e nevojshme ta njohë atë si Laborator i Aprovuar i Dozimetrisë Personale.
- Të emërojë dhe njohë Zyrtarët për Mbrojtjen nga Rrezatimi dhe Ekspertët e Mbrojtjes nga Rrezatimi për të funksionalizuar hallkën e obligimeve në procesin e mbrojtjes nga rrezatimi.
- Të obligojë dhe të marrë masa ndëshkuese nëse është e nevojshme për punonjësit të cilët nuk bartin dozimetrat personal gjatë orarit të punës.

REFERENCAT

- [1] Ligji No. 03/ L-104, për Mbrojtjen nga Rrezatimi Jojonizues, Jonizues dhe Siguria Bërthamore, Republika e Kosovës, Gazeta Zyrtare e Republikës së Kosovës nr= 66/2010. Datë 17/03/2010.
- [2] European Commission, Council directive 2013/51/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom.
- [3] International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP 37(2–4). Elsevier (2008).
- [4] J.E. Turner. “Atoms, Radiation and Radiation Protection”, 2nd Edition, J. Wiley, New York (1995).
- [5] Radiation Safety Fundamentals Workbook “Environmental Health and Safety”, University of California, January 2000.
- [6] Glenn F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement”, 3rd edition, John Wiley and Sons, 2000.
- [7] James E. Turner, “Atoms, Radiation and Radiation Protection”, 3rd edition, 2007 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- [8] Dollani, K., “Dozimetria dhe Mbrojtja nga Rrezatimi”, 2007.
- [9] International Commission on Radiological Protection, 1981. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 30 (Part 3 and 4). Ann. ICRP 6 (2-3).
- [10] International Commission on Radiological Protection, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
- [11] International Commission on Radiological Protection, 2003. Relative Biological Effectiveness, Radiation Weighting and Quality Factor. ICRP Publication 92. Ann. ICRP 33 (4).

-
- [12] International Atomic Energy Agency, Personal Protective Equipment - Practical Radiation Technical Manual, Vienna: IAEA, 2004
- [13] International Atomic Energy Agency, Occupational Radiation Protection. Safety Standard Series, RS-G-1.1, Vienna: IAEA, 1999.
- [14] International Commission on Radiological Protection, 2010. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116, Ann. ICRP 40(2-5).
- [15] James E. Martin, “Physics for Radiation Protection”, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2006
- [16] International Atomic Energy Agency, Individual Monitoring, Practical Radiation Technical Manual, Vienna: IAEA, 2004
- [17] European Commission, Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation, Radiation Protection 160, EURADOS 2009
- [18] International Atomic Energy Agency, Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Safety Reports Series No.16, IAEA, Vienna, 2000.
- [19] Bilski, P., Berger, T., Hajek, M., Twardak, A., Koerner, C., Reitz, G., “Thermoluminescence fading studies: Implications for long-duration space measurements in Low Earth Orbit”, Radiation Measurements (2013), doi: 10.1016/j.radmeas.2013.01.045.
- [20] S. M. Sze, M.K. Lee, “Semiconductor Devices Physics and Technology”, John Wiley & Sons, 3rd edition, 2012.
- [21] Jacob Shapiro, “Radiation Protection”, 4th edition, Harvard University Press, Cambridge, England 2002.
- [22] Oberhoffer, M., Scharmann, A., “Applied Thermoluminescence Dosimetry”, Ispra, Italy, 1979.
- [23] TLD Badge RADOS, Mirion Technologies 2014.
- [24] Specification for Thermoluminescent Detectors - MTS type, TLD RADCARD, Krakow, Poland, 2009.
-

-
- [25] M. Budzanowski, J. C. Saez, Vergara, J. M. Gomez, Ros, A. M. Romero, Guitierrez and E. Ryba “The Fading of Different Peaks in LiF:Mg,Cu,P (MCP:N and GR:200A) TL Detectors”, Radiat. Meas. 29, 361:364, 1998.
- [26] Specification for Thermoluminescent Detectors - MCP type, TLD RADCARD, Krakow, Poland, 2013.
- [27] Christoph Ilgner , “TLD systems commercially available”, CERN, March 2005.
- [28] Training Guide of DosiBase TLD, Riga, Latvia, SIA, 2013.
- [29] Rados Technology, Finland. (2005). WinTLD light and User Manual, ver 3.2.
- [30] International Standards, Quality management systems – Requirements-ISO 901:2008.
- [31] International Standard, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories-ISO17025, second edition, 2005.
- [32] International Organization for Standardization-ISO 4037-3, “Calibrating of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence”.
- [33] JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM 1995, 1st edition, September 2008.
- [34] International Electrotechnical Commission (IEC). (2012). Radiation protection instrumentation – passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation. IEC Standard 612387, IEC.
- [35] System manual for the G10 Gamma Beam Irradiator and 80-X, X-Ray Irradiator, Hopewell Designs, Inc. , Alpharetta, Georgia USA, 2004.
- [36] RadPro International GmbH, Finger Ring Hp(0.07) Photon & Beta-Photon, Wermelskirchen Germany.
- [37] International Commission on Radiological Protection, 1996. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74. Ann. ICRP 26 (3-4).
-

- [38] International Organization for Standardization-ISO 4037-3, “Calibrating of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence”.
- [39] International Organization for Standardization - ISO 14146:2000 Radiation protection -- Criteria and performance limits for the periodic evaluation of processors of personal dosimeters for X and gamma radiation.
- [40] International Commission On Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Ann. ICRP, Pergamon Press, Oxford (1991).
- [41] <https://sites.google.com/site/mapmakerpedia/regional-hubs/mapping-kosovo/Regjionet>.
- [42] G. Morkunas, B. Gričienė and D. Jankauskienė, Current status of Personal Dosimetry in Industry, research and medicine in Lithuania, Rad.Prot. Dos. Vol 96, pp 57-57, 2001.
- [43] M. Budzanowski, R. Kopec, B. Obryk, P. Olko, Dose levels of the occupational radiation exposures in Poland based on results from the accredited dosimetry service at the IFJ PAN, Krakow, Rad. Pro. Dos, Vol 144, pp 107-110, 2010.

PUBLIKIMET DHE PJESEMMARRJA NË KONFERENCAT SHKENCORE

PUBLIKIMET NË REVISTAT SHKENCORE

- Gezim Hodolli, Sehad Kadiri, Gazmend Nafezi, Meleq Bahtijari, Kostandin Dollani
1. **External individual monitoring of radiation workers in Kosovo**
Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology Vol.5. No.2. 03/2016.
 - Gëzim Hodolli, S. Kadiri, G. Nafezi, A. Sinani, M. Bahtijari, K. Dollani
 2. **Aftësia e ruajtjes së informacionit në dozimetrat termolumineshent**
Periodiku i Kërkimeve Universitare Universiteti i Gjirokastrës
E pranuar, në proces të publikimit
 - Gëzim Hodolli, Sadik Bekteshi, Sehad Kadiri, Besim Xhafa, Konstandin Dollani
 3. **Radon concentration and gamma exposure in some Kosovo underground mines**
International Journal of Radiation Research, Vol 13, Nr.4, P 369-372
 - Gëzim Hodolli, Sehad Kadiri, Shyqri Dumani, Ymer Halimi, Albert Jonuzaj, Besim Xhafa
 4. **Variation of total beta activity in air by years on Obiliq**
Journal Environmental Occupation Science 2012; 1(2): 121-124
 - Gëzim Hodolli, Ymer Halimi, Rexhep Gashi, Sehad Kadiri, Besim Xhafa, Albert Jonuzaj
 5. **Measurements of Background Gamma Radiation on Some Localities of North-East Kosovo**
Journal of International Environmental Application & Science 2010; 5(4):629-633.
 - Gëzim Hodolli, Shyqri Dumani, Sehad Kadiri, Xhevat Pllana
 6. **Radioactive Lightning Conductor and Difficult Circumstances**
Journal of International Environmental Application & Science 2010;5(4):523-525.

PJESEMMARRJA NË KONFERENCAT SHKENCORE

- Gëzim Hodolli, Sehad Kadiri, Gazmend Nafezi, Meleq Bahtijari, Konstandin Dollani
- 1 **External Individual Monitoring of Radiation Workers in Kosovo**
2nd International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering, Antalya, Turkeye, 2015

Gëzim Hodolli, Sehad Kadiri, Antuela Sinani, Konstandin Dollani

 - 2 **Kalibrimi i sistemit dozimetrik termolumineshent**
New Technologies and Applications in Medicine, **Tiranë, Shqipëri. 2014**

Gëzim Hodolli, Sehad Kadiri, Bardhyl Grillo, Meleq Bahtijari, Konstandin Dollani

 - 3 **The measurement accuracy comparisons of two different dosimetry thermoluminescent systems**
The 9th International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE-IX) 24-26/09/12, Hirosaki City, Japan, 2014

Gëzim Hodolli , Sadik Bekteshi, Sehad Kadiri, Besim Xhafa , Kostandin Dollani.

- 4 **Radon concentration and gamma exposure in some Kosovo underground mines**
International Environmental Sciences Symposium of Van (IESSV), 2014 Turkey

Gëzim Hodolli, Sehad Kadiri, Gazmend Nafezi, Kostandin Dollani

- 5 **Radioactive orphan sources challenges in Kosovo**
International Environmental Sciences Symposium of Van (IESSV), 2014 Turkey
-