

**EVROPSKI UNIVERZITET BRČKO DISTRIKT
BOSNE I HERCEGOVINE**
PEDAGOŠKI FAKULTET

MATEMATIKA I FIZIKA



RADIOAKTIVNOST VOĆA I POVRĆA
MAGISTARSKI RAD

Mentor:

prof. dr. Hrustem Smailhodžić

Studentica:

Zvjezdana Puškarić, 001/14/MrMiF

Brčko, srpanj 2015.

Ovaj rad, izrađen pod vodstvom prof.dr. Hrustema Smailhodžića, predan je na ocjenu Pedagoškom fakultetu Evropskog univerziteta Brčko Distrikt Bosna i Hercegovina radi stjecanja zvanja magistra matematike i fizike.

ZAHVALA

Zahvaljujem prof. dr. Hrustemu Smailhodžiću na mentorstvu i stručnom vodstvu tijekom master studija i tijekom izrade magistarskoga rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji i najbližima na ljubavi, podršci, razumijevanju i vjeri u moj uspjeh.

SADRŽAJ	strana
---------	--------

1) UVOD

1.1. Osnovni hipotetički stavovi o problemu istraživanja.....	11
1.2. Značaj istraživanja.....	12
1.2.1. Naučni i društveni značaj istraživanja	12
1.2.2. Rezultati prethodnih istraživanja.....	12
1.3. Određenje predmeta istraživanja.....	13
1.3.1. Teorijsko određenje predmeta	13
1.3.2. Naučna verificirana saznanja.....	13
1.3.3. Naučna evidentirana, ali ne i verificirana saznanja.....	13
1.4. Pojmovno – kategorijalni sistem.....	14
1.5. Operacionalno određenje predmeta.....	14
1.6. Činitelji sadržaja predmeta istraživanja.....	15
1.7. Vremensko, prostorno i disciplinarno određenje predmeta istraživanja.....	15
1.8. Naučni i društveni cilj istraživanja.....	15
1.9. Hipotetički okvir istraživanja.....	15
1.10. Način istraživanja.....	16
1.10.1. Osnovne metode saznanja istraživanja.....	16
1.10.2. Opće naučne metode.....	16
1.10.3. Metode prikupljanja podataka.....	17
1.11. Stručna naučna i društvena opravdanost.....	17

2) RADIOAKTIVNOST

2.1. Povijest radioaktivnosti.....	18
2.2. Radioaktivni raspad i vrste.....	21
2.3. Mjerne jedinice radioaktivnosti.....	25
2.4. Prirodno zračenje i umjetna radioaktivnost.....	27
2.5. Nuklearne nesreće i njihove posljedice.....	33

3) RADIOAKTIVNOST VOĆA I POVRĆA U VIROVITICI.....	44
3.1. Tjedno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća.....	44
3.2. Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća.....	71
3.3. Usporedba radioaktivnosti voća s radioaktivnosti povrća.....	73
4) ZAKLJUČAK.....	74
LITERATURA.....	76

SAŽETAK

U ovom magistarskom radu dan je povijesni pregled nastanka radioaktivnosti, kako je otkrivena radioaktivnost, koji su poznati fizičari sudjelovali u otkrivanju i eksperimentiranju te kako se s vremenom razvijala radioaktivnost.

Opisan je radioaktivni raspad i koje vrste radioaktivnog raspada postoje. Objasnjenje su mjerne jedinice radioaktivnosti koje se koriste te je opisano prirodno zračenje i umjetna radioaktivnost te najveće nuklearne nesreće koje su se dogodile u povijesti i kakve su posljedice ostavile na svijet i čovječanstvo.

Provedeno je istraživanje radioaktivnosti voća i povrća na području grada Virovitice u tri trgovačka centra i tržnici. Dani su detaljni rezultati istraživanja (tjedni, mjesečni).

Opisan je naučni, društveni značaj istraživanja, stručna naučna i društvena opravdanost istraživanja i metode koje su se koristile u istraživanju.

SUMMARY

A historical overview of radioactivity is given in this master's thesis, considering the occurrence of the radioactivity, the names of the famous physicists who participated in the discovery and experiments which eventually led to the development of the radioactivity.

Radioactive decay is described along with the types of radioactive decay. The units of measurement of radioactivity are explained along with the description of the natural radiation and artificial radioactivity. Furthermore, the greatest nuclear accidents that happened are explained and their consequences left to the world and the humanity.

A survey was conducted radioactive fruits and vegetables on the territory of the town of Virovitica in three shopping centres and the town market. Detailed results of the study are given monthly and weekly.

The scientific, social importance of the research is described, along with the professional scientific and social validity of the research and the methods that were used in the study.

POPIS GRAFIKONA

strana

Grafikon 1.: Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća – ožujak.....	71
Grafikon 2.: Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća – travanj.....	71
Grafikon 3.: Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća – svibanj.....	72
Grafikon 4.: Usporedba radioaktivnosti voća s radioaktivnosti povrća.....	73

POPIS TABLICA	strana
Tablica 1.: Povrće – 2. - 8.ožujka 2015. A.....	44
Tablica 2.: Voće – 2. - 8.ožujka 2015. A.....	44
Tablica 3.: Povrće – 2. - 8.ožujka 2015. B.....	45
Tablica 4.: Voće – 2.- 8.ožujka 2015. B.....	45
Tablica 5.: Povrće – 2. - 8.ožujka 2015. C.....	45
Tablica 6.: Voće – 2. - 8.ožujka 2015. C.....	45
Tablica 7.: Povrće – 2. - 8.ožujka 2015. T.....	46
Tablica 8.: Voće – 2. - 8.ožujka 2015. T.....	46
Tablica 9.: Povrće – 9. - 15.ožujka 2015. A.....	46
Tablica 10.: Voće – 9. - 15.ožujka 2015. A.....	46
Tablica 11.: Povrće – 9. - 15.ožujka 2015. B.....	47
Tablica 12.: Voće – 9. - 15.ožujka 2015. B.....	47
Tablica 13.: Povrće – 9. - 15.ožujka 2015. C.....	47
Tablica 14.: Voće – 9. - 15.ožujka 2015. C.....	47
Tablica 15.: Povrće – 9. - 15.ožujka 2015. T.....	48
Tablica 16.: Voće – 9. - 15.ožujka 2015. T.....	48
Tablica 17.: Povrće – 16. - 22.ožujka 2015. A.....	48
Tablica 18.: Voće – 16. - 22.ožujka 2015. A.....	48
Tablica 19.: Povrće – 16. - 22.ožujka 2015. B.....	49
Tablica 20.: Voće – 16. - 22.ožujka 2015. B.....	49
Tablica 21.: Povrće – 16. - 22.ožujka 2015. C.....	49
Tablica 22.: Voće – 16. - 22.ožujka 2015. C.....	49
Tablica 23.: Povrće – 16. - 22.ožujka 2015. T.....	50
Tablica 24.: Voće – 16. - 22.ožujka 2015. T.....	50
Tablica 25.: Povrće – 23. - 29.ožujka 2015. A.....	50
Tablica 26.: Voće – 23. - 29.ožujka 2015. A.....	50
Tablica 27.: Povrće – 23. - 29.ožujka 2015. B.....	51
Tablica 28.: Voće – 23. - 29.ožujka 2015. B.....	51
Tablica 29.: Povrće – 23. - 29.ožujka 2015. C.....	51
Tablica 30.: Voće – 23. - 29.ožujka 2015. C.....	51
Tablica 31.: Povrće – 23. - 29.ožujka 2015. T.....	52
Tablica 32.: Voće – 23. - 29.ožujka 2015. T.....	52

Tablica 33.: Povrće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. A.....	52
Tablica 34.: Voće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. A.....	52
Tablica 35.: Povrće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. B.....	53
Tablica 36.: Voće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. B.....	53
Tablica 37.: Povrće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. C.....	53
Tablica 38.: Voće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. C.....	53
Tablica 39.: Povrće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. T.....	54
Tablica 40.: Voće – 30. - 31.ožujka & 1. - 5.travnja 2015. T.....	54
Tablica 41.: Povrće – 6. - 12.travnja 2015. A.....	54
Tablica 42.: Voće – 6. - 12.travnja 2015. A.....	54
Tablica 43.: Povrće – 6. - 12.travnja 2015. B.....	55
Tablica 44.: Voće - 6. - 12.travnja 2015. B.....	55
Tablica 45.: Povrće – 6. - 12.travnja 2015. C.....	55
Tablica 46.: Voće – 6. - 12.travnja 2015. C.....	55
Tablica 47.: Povrće – 6. - 12.travnja 2015. T.....	56
Tablica 48.: Voće – 6. - 12.travnja 2015. T.....	56
Tablica 49.: Povrće – 13.- 19.travnja 2015. A.....	56
Tablica 50.: Voće – 13. - 19.travnja 2015. A.....	56
Tablica 51.: Povrće – 13. - 19.travnja 2015. B.....	57
Tablica 52.: Voće - 13. - 19.travnja 2015. B.....	57
Tablica 53.: Povrće – 13. - 19.travnja 2015. C.....	57
Tablica 54.: Voće – 13. - 19.travnja 2015. C.....	57
Tablica 55.: Povrće – 13. - 19.travnja 2015. T.....	58
Tablica 56.: Voće – 13. - 19.travnja 2015. T.....	58
Tablica 57.: Povrće – 20. - 26.travnja 2015. A.....	58
Tablica 58.: Voće – 20. - 26.travnja 2015. A.....	58
Tablica 59.: Povrće – 20. - 26.travnja 2015. B.....	59
Tablica 60.: Voće - 20. - 26.travnja 2015. B.....	59
Tablica 61.: Povrće – 20. - 26.travnja 2015. C.....	59
Tablica 62.: Voće – 20. - 26.travnja 2015. C.....	59
Tablica 63.: Povrće – 20. - 26.travnja 2015. T.....	60
Tablica 64.: Voće – 20. - 26.travnja 2015. T.....	60
Tablica 65.: Povrće – 27. - 30.travnja & 1. - 3.svibnja 2015. A.....	60
Tablica 66.: Voće – 27. - 30.travnja & 1. - 3.svibnja 2015. A.....	60

Tablica 67.: Povrće – 27. - 30.travnja & 1. - 3.svibnja 2015. B.....	61
Tablica 68.: Voće - 27. - 30.travnja & 1. - 3.svibnja 2015. B.....	61
Tablica 69.: Povrće – 27. - 30.travnja & 1. - 3.svibnja 2015. C.....	61
Tablica 70.: Voće – 27. - 30.travnja & 1. - 3.svibnja 2015.C.....	61
Tablica 71.: Povrće – 27. - 30.travnja & 1 .- 3.svibnja 2015. T.....	62
Tablica 72.: Voće – 27. - 30.travnja & 1. - 3.svibnja 2015. T.....	62
Tablica 73.: Povrće – 4. - 10.svibnja 2015. A.....	62
Tablica 74.: Voće – 4. - 10.svibnja 2015. A.....	62
Tablica 75.: Povrće – 4. - 10.svibnja 2015. B.....	63
Tablica 76.: Voće - 4. - 10.svibnja 2015. B.....	63
Tablica 77.: Povrće – 4. - 10.svibnja 2015. C.....	63
Tablica 78.: Voće – 4. - 10.svibnja 2015. C.....	63
Tablica 79.: Povrće – 4. - 10.svibnja 2015. T.....	64
Tablica 80.: Voće – 4. - 10.svibnja 2015. T.....	64
Tablica 81.: Povrće – 11. - 17.svibnja 2015. A.....	64
Tablica 82.: Voće – 11. - 17.svibnja 2015. A.....	64
Tablica 83.: Povrće – 11. - 17.svibnja 2015. B.....	65
Tablica 84.: Voće - 11. – 17. svibnja 2015. B.....	65
Tablica 85.: Povrće – 11. - 17.svibnja 2015. C.....	65
Tablica 86.: Voće – 11. - 17.svibnja 2015. C.....	65
Tablica 87.: Povrće – 11.- 17.svibnja 2015. T.....	66
Tablica 88.: Voće – 11.- 17.svibnja 2015. T.....	66
Tablica 89.: Povrće – 18. - 24.svibnja 2015. A.....	66
Tablica 90.: Voće – 18. - 24.svibnja 2015. A.....	66
Tablica 91.: Povrće – 18. - 24.svibnja 2015. B.....	67
Tablica 92.: Voće - 18. – 24. svibnja 2015. B.....	67
Tablica 93.: Povrće – 18. - 24.svibnja 2015. C.....	67
Tablica 94.: Voće – 18. - 24.svibnja 2015. C.....	67
Tablica 95.: Povrće – 18.- 24.svibnja 2015. T.....	68
Tablica 96.: Voće – 18.- 24.svibnja 2015. T.....	68
Tablica 97.: Povrće – 25. - 31.svibnja 2015. A.....	68
Tablica 98.: Voće – 25. - 31.svibnja 2015. A.....	68
Tablica 99.: Povrće – 25. - 31.svibnja 2015. B.....	69
Tablica 100.: Voće - 25. – 31. svibnja 2015. B.....	69

Tablica 101.: Povrće – 25. - 31.svibnja 2015. C.....	69
Tablica 102.: Voće – 25. - 31.svibnja 2015. C.....	69
Tablica 103.: Povrće – 25.- 31.svibnja 2015. T.....	70
Tablica 104.: Voće – 25.- 31.svibnja 2015.....	70

POPIS SLIKA

strana

Slika 1.: Henri Becquerel.....	18
Slika 2.: Marie Curie – Skłodowska.....	19
Slika 3.: Ernest Rutherford.....	20
Slika 4.: Prikaz atoma.....	21
Slika 5.: Emitiranje alfa čestica pri alfa raspadu.....	22
Slika 6.: Primjer alfa raspada.....	22
Slika 7.: Beta (minus) raspad.....	23
Slika 8.: Primjer beta minus i beta plus raspada.....	23
Slika 9.: Primjer gama raspada.....	24
Slika 10.: Znak za opasnost od radioaktivnosti.....	25
Slika 11.: Ruli Sievert.....	25
Slika 12.: Zračenje i faktor kvalitete Q.....	26
Slika 13.: Logo Međunarodne agencije za atomsku energiju.....	33
Slika 14.: Područja pogodena većim količinama radioaktivne prašine odmah nakon nesreće.....	35
Slika 15.: Međunarodna ljestvica za nuklearne nesreće.....	36
Slika 16.: Prizor iz autobusa koji turiste prevozi na mjesto nesreće.....	37
Slika 17.: Nuklearna elektrana Three Mile Island prije nesreće.....	38
Slika 18.: Nuklearna elektrana kod Windscalea u VB.....	39
Slika 19.: Nesreća u Nuklearnoj elektrani Fukushimi.....	40
Slika 20.: Neobičan kupus.....	41
Slika 21.: Neobičan kukuruz.....	41
Slika 22.: Neobična rajčica.....	42
Slika 23.: Neobične breskve.....	42
Slika 24.: Nuklearne elektrane u svijetu.....	43

UVOD

1.1. Osnovni hipotetički stavovi o problemu istraživanja

Osnovna istraživačka ideja u ovom master radu je radioaktivnost voća i povrća. Riječ radioaktivnost potječe od latinske riječi radiare što znači zračiti/isijavati/sijati.

Kemijski element zbog unutrašnje nestabilnosti emitira iz sebe prirodna zračenja. Nestabilna jezgra se mijenja i prelazi u energetsko povoljnije stanje te emitira čestice i fotone koje zovemo radioaktivno zračenje.

Radioaktivno zračenje je nuklearna pojava tj. svojstvo nekih kemijskih elemenata da emitiraju nevidljive čestice i zrake velike energije koje potječu iz atomske jezgre.

Radioaktivno zračenje mijenja strukturu i svojstva materijala kroz koji prolazi te može imati štetne posljedice po ljudsko zdravlje. Biološki učinci zračenja potječu od promjena koje ono izaziva u kemijskom sastavu stanice, a posljedice po organizam obično ovise o vrsti oštećenja, tipu i funkciji stanice, te broju oštećenih stanica.¹

Radioaktivni materijal ulazi u ljudski organizam preko hrane, vode za piće, zraka, a moguće je i direktno ozračivanje. Od radioaktivnog zračenja nismo u mogućnosti pobjeći, ono je svugdje oko nas. Godišnje čovjek primi ekvivalentnu dozu od približno 3.5.mSv.

Sve više se događa nemali porast radioaktivnog zračenja. Praćenje radioaktivnosti u Sloveniji gdje je Nuklearna elektrana Krško, točnije na lokacijama Jesenice na Dolenjskem i Oborovo ukazuje na mogući izvor radioaktivnog zagađenja, a radioaktivno zagađenje rijeke Sava potječe upravo od Nuklearne elektrane Krško (a i grada Zagreba).

U Hrvatskoj se godišnje provede 76 mjerena različitih uzoraka i mjerena doza. Kontrolu mlijeka, voća, povrća i poljoprivrednih proizvoda te mesa, peradi i jaja iz okolice Nuklearne elektrane Krško osigurava 168 mjerena različitih uzoraka godišnje. Dozimetri su postavljeni na 10 lokacija u Zagrebu i okolici. Na temelju izmjerene koncentracija aktivnosti radionuklida u uzorcima (zrak, voda, hrana) može se ustanoviti izloženost stanovništva, što izražavamo efektivnom ekvivalentnom dozom, mjereno u mikrosieverima (μSv). Većinom su koncentracije radionuklida u okolini zbog ispusta iz Nuklearne elektrane Krško ispod granica mjerljivih instrumentima.²

Ispitivanjem radioaktivnosti voća i povrća Geigerovim brojačem će pokazati da li su voće i povrće i njihovi sastojci sigurni za jelo i da li ispunjavaju međunarodne granice sadržaja radionuklida.

¹ <http://konmarklab.hr/radioaktivnost/>

² http://www.nek.si/hr/okolis/mjerenja_emisija_i_radioaktivnosti_u_okolisu/

1.2. Značaj istraživanja

1.2.1. Naučni i društveni značaj istraživanja

Ovo istraživanje će dati doprinos naučnom saznanju da li je voće i povrće u trgovačkim centrima u granicama dozvoljene radioaktivnosti.

Bit će uspoređeno voće i povrće iz više trgovačkih centara te će se vršiti usporedba s voćem i povrćem s tržnice. Uvidjet ćemo da li postoji povećana radioaktivnost voća i povrća koje je uvezeno iz raznih zemalja za razliku od domaće uzgojenog voća i povrća.

Istraživanje ima svoj društveni značaj jer će pokazati da li postoji problem radioaktivnosti voća i povrća na području grada Virovitice tj. da li je voće i povrće u granicama dozvoljene radioaktivnosti.

Istraživanje se odnosi i na zaštitu ljudi uslijed radioaktivnog zračenja.

Na osnovu ovog istraživanja bi se moglo raditi na podizanju svijesti građana.

1.2.2. Rezultati prethodnih istraživanja

Istraživanje radioaktivnosti voća i povrća na području grada Virovitice nije vršeno. U ovom master radu istraživanje će se temeljiti na dosadašnjim saznanjima o dozvoljenoj radioaktivnosti voća i povrća.

Prema Zakonu o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, pojedini stanovnik ne smije u jednoj godini primiti efektivnu dozu više od 1mSv od izvora ionizirajućeg zračenja koji su uključeni u djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, dok efektivna doza izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima tijekom rada biti veća od 100mSv u razdoblju od pet uzastopnih godina.³

Pravilnik o uvjetima, načinu, mjestu te rokovima sustavnog ispitivanja i praćenja vrste i aktivnosti radioaktivnih tvari u zraku, tlu, moru, rijekama, jezerima, vodi za piće, hrani i predmetima opće uporabe, Narodne Novine (Službeni list Republike Hrvatske) utvrđuje uvjete, načine, mjesta, rokove sustavnog ispitivanja i praćenje radioaktivnih tvari.

Istraživanjima nisu zamijećene povišene vrijednosti koncentracija radionuklida koje bi povećale ukupnu dozu zračenja za stanovništvo Republike Hrvatske u odnosu na onu primljenu prijašnjih godina.

³ http://www.propisi.hr/files/file/PRAVILNIK_O_GRANICAMA_OZRAČENJA.pdf

1.3. Određenje predmeta istraživanja

1.3.1. Teorijsko određenje predmeta

U ovom master radu pod pojmom radioaktivnost voća i povrća podrazumijevat će se da li je voće i povrće koje je dostupno pučanstvu u granicama dozvoljene radioaktivnosti.

1.3.2. Naučna verificirana saznanja

Teorijska saznanja o ovom predmetu istraživanja mogu se pronaći u kontekstu ekologije, kemije i fizike te drugim disciplinama koje se bave problemom radioaktivnosti voća i povrća.

U kemijskom rječniku pod pojmom radioaktivnosti smatra se da je to sposobnost spontanog raspadanja atoma pri čemu nastaje nova atomska vrsta i radioaktivno zračenje. Atom može emitirati tri vrste zračenja: pozitivno α - zračenje, negativno β - zračenje i električki neutralno γ -zračenje. Prilikom raspadanja jedan element nikad ne emitira istovremeno sve vrste zračenja.

U kemiji vrijeme poluraspada znači da je to vrijeme potrebno da se polovica sveukupne radioaktivne materije raspade. Što je kraće vrijeme poluraspada, to je materijal radioaktivniji.

Ako udahnemo radioaktivni materijal, on snažno djeluje na tkivo jer tada mogu djelovati i alfa čestice ako ih materijal proizvodi kao i beta čestice.

Kratko izlaganje izvoru radioaktivnog zračenja dovodi do pojava osjeta topline koji nestaje, a poslije njega dolazi dugotrajna bol.

U prirodi postoje stabilne i nestabilne atomske jezgre. Nestabilne atomske jezgre se spontano raspadaju tako da izbacuju alfa ili beta ili gama zračenje. Zračenja koja nastaju raspadom nazivamo radioaktivna zračenja, a sam proces se naziva radioaktivnost.

1.3.3. Naučna evidentirana, ali ne i verificirana saznanja

U novinama Republike Hrvatske Večernji list objavljeno je 25.2.2014. članak u kojem se opravdano postavlja pitanje da li je Bosna i Hercegovina jedan veliki deponij Europske unije i kada će institucije u Bosni i Hercegovini posvetiti više pozornosti kontroli hrane koju uvozimo.

Objavljeni su podaci kako je uvoz pangasiusa (ribe) zabranjen u Francuskoj i Italiji zbog radioaktivnosti i teških metala. Stručnjaci su upozorili kako su pojedinci koji su redovito

konzumirali spomenutu ribu ubrzo pokazali znakove trovanja i imali velike zdravstvene komplikacije.

Posljedice konzumacije ovakve ribe ne moraju se manifestirati odmah nego nakon dugog vremenskog razdoblja. Zbog toga ne treba konzumirati ovakvu hranu. U članku piše da svi sugovornici poručuju da je većina domaćih proizvoda u Bosni i Hercegovini puno zdravija od onoga što nam dolazi iz ostalih zemalja, no da većina ipak bira strane proizvode još uvijek.

1.4. Pojmovno – kategorijalni sistem

Pojmovi koji proizlaze iz naslova master rada i koji čine teorijsku osnovu istraživanja su:

Radioaktivnost je spontano emitiranje alfa-čestica i beta-čestica iz tvari, često praćeno i emisijom gama elektromagnetskih valova, pri čemu kemijski elementi prelaze iz jednih u druge te se oslobođa energija u obliku kinetičke energije emitiranih čestica ili energije elektromagnetskih valova a svaka atomska jezgra ima karakteristično vrijeme poluraspada.⁴

Voće je zbirna imenica koja podrazumijeva plodove ili sjemenke najčešće višegodišnjih stabala i grmova koji se uglavnom mogu jesti prijesni.⁵

U povrće spadaju različite biljke, koje se upotrebljavaju u prehrani, bilo svježe (u salati) ili termički obrađene ili konzervirane. Ovisno od vrste za prehranu, upotrebljavaju se cijele biljke ili samo pojedini dijelovi (korijen, stabljika ili listovi).⁶

1.5. Operacionalno određenje istraživanja

U ovom master radu pod pojmom radioaktivnost voća i povrće podrazumijevat će se voće i povrće koje sadrži radionuklide. Radionuklidi ili radioaktivni izotopi su atomi koji imaju omjer protona i neutrona veći ili manji od omjera potrebnog za stabilnost. Nestabilni izotopi teže stabilnosti, a to se postiže radioaktivnim raspadom (radioaktivnost).⁷

Nuklid je atom kemijskog elementa za koji je točno poznat ne samo redni ili atomski broj Z, već i ukupan broj nukleona (protona i neutrona) u atomskoj jezgri. Prema svojstvima jezgre, nuklidi se dijele na stabilne i nestabilne.

Nestabilni nuklidi ili radionuklidi pokazuju svojstvo radioaktivnosti i njihova se količina u uzorku tijekom vremena smanjuje prema zakonitostima radioaktivnoga raspada.⁸

U prirodi postoji oko 1500 radionuklida. Oni se nalaze u zraku, vodi, u nama, proizvod su okoline, ali i nas. Svaki dan u svoje tijelo mi unosimo nuklide u svoj organizam putem zraka, vode koju pijemo, hrane koju jedemo.

⁴ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>

⁵ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Voće>

⁶ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Povrće>

⁷ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Izotop>

⁸ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Nuklid>

1.6. Činitelji sadržaja predmeta istraživanja

Prvi činitelj – prvi dio istraživanja će se odnositi na osnovna i teorijska razmatranja o pojmu radioaktivnosti, nastanak radioaktivnosti i njegov razvoj, nuklearne nesreće i njihove posljedice na čovjeka i okolinu. Izvršit će se teorijska analiza pojma radioaktivnosti i koje vrste radioaktivnog zračenja postoje.

Drugi činitelj – drugi dio istraživanja odnosiće se na samo istraživanje radioaktivnosti voća i povrća na području grada Virovitice, obrada dobivenih rezultata, da li je voće i povrće sigurno za konzumaciju i da li ispunjava međunarodne sadržaje radionuklida.

Treći činitelj – ishod istraživanja i zaključak o radioaktivnosti voća i povrća

1.7. Vremensko, prostorno i disciplinarno određenje predmeta istraživanja

Ovo istraživanje je fokusirano na voće i povrće u trgovačkim centrima i tržnici na području grada Virovitice.

Istraživanje se provodilo od 1.1.2015. do 1.7.2015.

Istraživanje je interdisciplinarno, pripada polju prirodnih znanosti i provodilo se u okviru fizike i ekologije.

1.8. Naučni i društveni cilj istraživanja

Stručni naučni cilj u ovom master radu je opis (deskripcija) i klasifikacija radioaktivnosti voća i povrća u trgovačkim centrima, da hrana dobivena prirodnim putem ne smije biti radioaktivna. Naučni cilj istraživanja je da se dođe do relevantnih podataka.

Istraživanje ima za cilj ukazati da li stanovnici područja grada Virovitice konzumiraju voće i povrće iz trgovačkih centara koje je u granicama dozvoljene radioaktivnosti i da li je voće i povrće s tržnice manje radioaktivno.

Istraživanje treba donijeti pouzdane informacije o trenutnom stanju i bit će važno zbog zdravlja građana Virovitice. Posljedice zračenja ovise o količini primljenog zračenja, njegovoj vrsti i dužini vremenskog izlaganja.

1.9. Hipotetički okvir istraživanja

Generalna (opća) hipoteza

Čovjek dovodi sebe u stanje bolesti poremećaja normalnog funkcioniranja organizma unoseći radionuklide preko hrane i sam postaje izvor zračenja.

Posebne hipoteze istraživanja

Radionuklidi u ljudsko tijelo ulaze preko hrane, vode za piće ili zraka

a) Pojedinačna hipoteza I

Postoji dozvoljena granica sadržaja radionuklida u povrću kojeg konzumiramo.

Indikatori: Geigerov brojač

b) Pojedinačna hipoteza II

Postoji dozvoljena granica sadržaja radionuklida u voću kojeg konzumiramo.

Indikatori: Geigerov brojač

1.10. Način istraživanja

Istraživanje je interdisciplinarno i pretežito dijagnostičko empirijsko. Za istraživanje ovom definiranom predmetu istraživanja koristit ćemo adekvatne naučne metode iz sve tri grupe naučnih metoda.

1.10.1. Osnovne metode saznanja istraživanja

Kako je ovo istraživanje interdisciplinarnog karaktera, primjenjene su osnovne analitičke i sintetičke metode: analiza, generalizacija, specijalizacija. Naglasak je posebno stavljen na analizu.

Metodom analize vrši se rastavljanje predmeta istraživanja na njegove sastavne dijelove, odnosno činitelje strukture, funkcija, veza i odnosa na određenom prostoru i vremenu.

1.10.2. Opće naučne metode

Opće naučne metode koju sam primjenjivala u ovom istraživanju su komparativna i statistička metoda. Statistička metoda je primjenjivana jer se traže određena uspoređivanja rezultata po mjesecima koje sam dobila u sklopu istraživanja.

Komparativnom metodom sam usporedila rezultate radioaktivnosti voća s radioaktivnosti povrća te rezultate koji su dobiveni u trgovačkim centrima s rezultatima tržnice. Pomoću komparativne metode tj. uspoređivanjem utvrdila sam da li je radioaktivnost voća i povrća identična, slična ili različita.

1.10.3. Metode prikupljanja podataka

Operativna metoda prikupljanja podataka koju sam primijenila je analiza (sadržaja) dokumenata. Koristila sam kvantitativnu analizu (sadržaja) dokumenta kojom se pomoću logičkih procesa i uz primjenu statističkih postupaka, utvrđuju te obrazlažu kvantitativni pokazatelji o pojavi radioaktivnosti voća i povrća koje se istražuje.

1.11. Stručna naučna i društvena opravdanost

Stručna naučna opravdanost istraživanja proizlazi iz njegovog društvenog značaja i karakteristika radioaktivnosti voća i povrća kao negativan utjecaj na zdravlje čovjeka.

Istraživanje je opravdano zato što će dati doprinos spoznajama o radioaktivnom voću i povrću koje koristi populacija na jednom određenom području.

Društvena opravdanost istraživanja proizlazi iz naučnog saznanja o predmetu proučavanja njegovog društvenog značaja za populaciju na području grada Virovitice.

2. RADIOAKTIVNOST

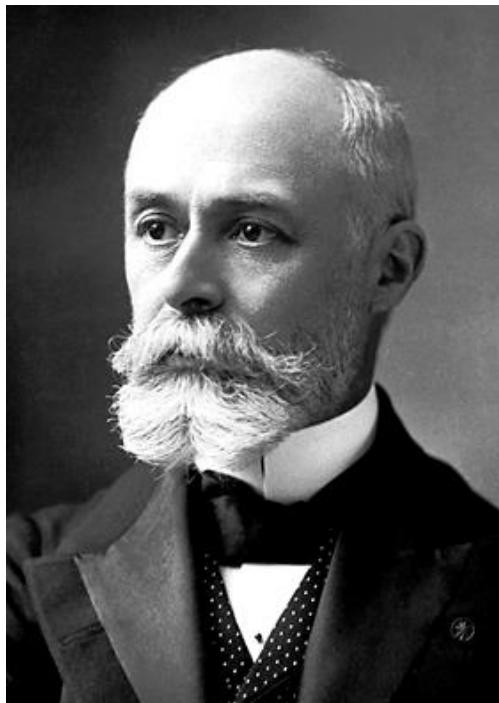
2.1. Povijest radioaktivnosti

Krajem 19.stoljeća slučajan niz događaja doveo je do otkrića radioaktivnosti i to otkrićem zagonetnih x-zraka i ispitivanjem fluorescencije. Radioaktivnost je obilježila 20.stoljeće, a zasigurno će obilježiti i 21.stoljeće.

Radioaktivnost je postala aktualna tek u novije vrijeme i to zahvaljujući, prije svega, nuklearnom naoružanju i nuklearnim elektranama, ali ona postoji još od nastanka Zemlje. To je prirodna radioaktivnost koja potječe od radioaktivnih izotopa u litosferi, biosferi, hidrosferi i pedosferi te od kozmičkog zračenja. Nemamo relevantne podatke zašto se mijenjala te na koji način prirodna radioaktivnost u tokom geološkog vremena.

Francuski fizičar Henri Becquerel je ispitivao fosforescenciju uranovih soli. Godine 1880. godine priređujući kalijev uranil-sulfat uočio je da on fosforescira pod utjecajem ultraljubičaste svjetlosti. Naučnici su se bavili ispitivanjem veze između x-zraka i fosforescencije te se ispitivalo zračenje fosforescentnih materija.

1896. Henri Becquerel je rekao da kristali uranil-sulfata emitiraju zračenje koje je nevidljivo i da oni poslije prolaska kroz crni papir i ostale supstance zacrne fotografsku ploču. Primijetio je da pod utjecajem tog zračenja elektroskop gubi naboj. On je tako otkrio prirodu radioaktivnosti.



Slika 1.: Henri Becquerel

Dalnjim ispitivanjem, Becquerel je pronašao da zračenje koje izazivaju uranijevi spojevi ioniziraju zrak (ionizirajuće zračenje), izazivaju fluorescenciju i prolaze kroz papir, pločice aluminija i bakra. Kroz zatvoreni spremnik one djeluju na fotografsku ploču, a djeluju i na našu kožu i klice raznih biljaka. Utvrdio je da ti zraci imaju slična svojstva kao rendgenske zrake (X – zrake), pa su se u početku te zrake nazivale i Becquerelove zrake. 1899. je Becquerel pronašao da te zrake skreću u magnetskom polju, pa se razlikuju od rendgenskih zraka, koje ne skreću u magnetskom polju.⁹

Marie Curie-Skłodowska otkrila je 1898. takvo zračenje kod torijevih spojeva, te da se na zračenje ne može utjecati električnom strujom, zagrijavanjem, kemijskim reakcijama i sl., da se radioaktivni kemijski elementi pretvaraju jedni u druge i da je vjerojatnost raspada neovisna o starosti pojedinog atoma.¹⁰



Slika 2.: Marie Curie-Skłodowska

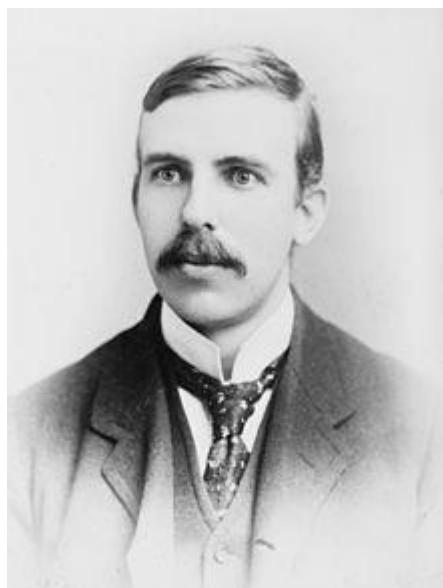
Otkrila je da uranijev mineral uraninit (pehblend) emitira pet puta jače zrake nego čisti uranij. Kada je išla istraživati uraninit, pronašla je da se sastoji 75% od uranijevog oksida U₃O₈, a pronašla je još i neke druge kemijske tvari: PbS, CaO, SiO₂, FeO, MgO i Bi. 1898. je Marie mjerila zračenje pojedinih udjela, pomoću osjetljivog elektroskopa, uz primjenu piezoelektriciteta i ionizacije zraka. Utvrdila je na primjer da bizmut, dobiven iz uraninita,

⁹ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>

¹⁰ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>

ima 60 puta jače zračenje od čistog uranija. Pronašla je da bizmutovo jako zračenje nastaje uslijed prisustva neznatne količine jednog nepoznatog kemijskog elementa, za koji se kasnije utvrdilo da je radij. Zato je predložila da se kemijski elementi koji izazivaju Becquerelove zrake nazovu radioaktivni elementi, a njihovo svojstvo radioaktivnost. Tek 1910. je uspjela izdvojiti radij.¹¹

Ernest Rutherford otkrio je 1899. da se zračenje radija sastoji od dvije komponente koje se različito apsorbiraju u tvarima. Onu vrstu zraka koju ne mogu da prođu kroz aluminiju pločicu debljine 0,02 mm nazvao je alfa-česticama, a onu vrstu koja je prolazila i kroz deblje slojeve nazvao je beta-česticama. Na osnovu skretanja u magnetskom polju, utvrđeno je da alfa-čestice imaju pozitivni električni naboј, a beta-čestice negativan električni naboј.¹²



Slika 3.: Ernest Rutherford

Irène Joliot-Curie i Frederik Joliot-Curie prvi su 1934. umjetno izazvali radioaktivnost i proizveli umjetni radioizotop stabilnog elementa.¹³

Umjetna radioaktivnost raste zajedno s tehnološkim razvojem. Danas smo okruženi radionuklidima iz svemira, vode, hrane, zraka, kućnih aparata, medicinskih aparata. I mi sami sadržimo malu količinu prirodnih radionuklida. Radioaktivno zračenje dovodi do kemijskih i bioloških promjena.

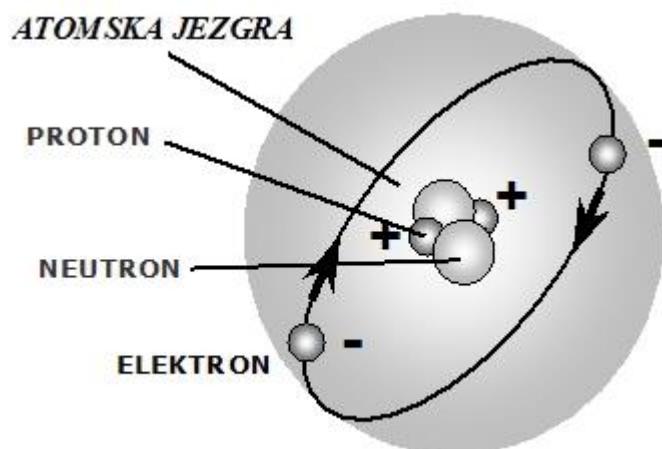
¹¹ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>

¹² <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>

¹³ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>

2.2. Radioaktivni raspad i vrste

Atom je najsitnija čestica elementa koja je sastavljena od pozitivno nabijene jezgre okružene negativno nabijenim elektronima. Jezgra atoma sadrži protone i neurone. Oni se zajedničkim imenom nazivaju nukleoni. Atom koji ima isti broj protona, a različit broj neutrona naziva se izotop.



Slika 4.: Prikaz atoma

Izotopi imaju ista kemijska svojstva i redni broj, a masa im je različita. Izotopi mogu biti stabilni i nestabilni. Stabilnost i nestabilnost jezgre je uvjetovana omjerom protona i neutrona. Ako je omjer broja neutrona i protona odgovarajući, jezgra je stabilna.

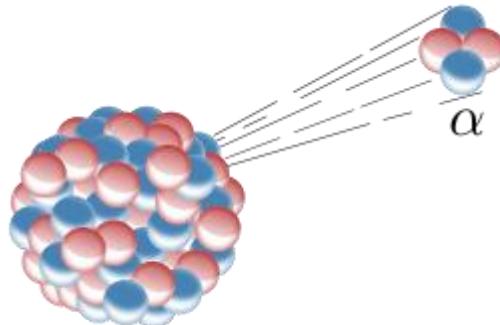
Nestabilni izotopi su nazivaju radioaktivni izotopi ili radionuklidi. Oni su atomi koji imaju veći ili manji omjer protona i neutrona potrebnog za stabilnost. Oni teže stabilnosti, a postižu je radioaktivnim raspadom. Jezgra radionuklida se spontano raspada i prelazi u neku drugu jezgru te emitira čestice i/ili elektromagnetske zrake kratke valne duljine. Spontani prijelaz jedne jezgre u drugu se naziva radioaktivni raspad.

Vrijeme poluraspada je vrijeme koje je potrebno da bi se raspala polovica od početnog broja radioaktivnih jezgara. Ono se koristi kao praktična mjera za praćenje toka raspada. Svaki radionuklid ima svoje karakteristično i jedinstveno vrijeme poluraspada. Posljedica radioaktivnog raspada je promjena jezgre tj. broj protona u jezgri se mijenja što ujedno znači da se mijenja kemijski element. Obično se misli na ukupnu radioaktivnost kada se govori o aktivnosti radionuklida.

Ukupna radioaktivnost je aktivnost radionuklida izražena brojem raspada u jedinici vremena i mjerna jedinica je Bq (raspad/s). Specifična radioaktivnost je radioaktivnost

specifičnog volumena i mase tvari i izražava se u Bq. Za jedinicu mase je Bq/kg, a za jedinicu volumena je Bq/m³.

Tri osnovne i najčešće vrste radioaktivnog raspada su α , β i γ raspad.



Slika 5.: Emitiranje alfa čestica pri alfa raspadu

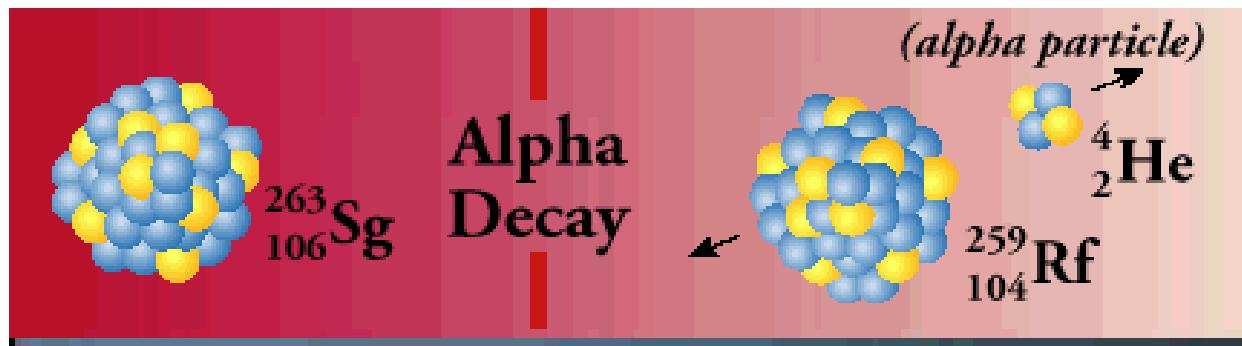
Ispuštanje alfa čestica ili jezgara helija je proces koji se naziva alfa raspad. Jezgra se raspada na manju jezgru masenog broja manjeg za 4 i atomskog broja manjeg za 2 tj. smješten je dva mjesta ulijevo u Periodnom sustavu elemenata. Na taj način se odstranjuje višak nukleona iz jezgre.

Alfa raspad se najčešće događa kod masivnih jezgri koje imaju prevelik omjer protona u odnosu na neutrone. Alfa čestica i novonastala jezgra imaju dobro definiranu energiju nakon raspada. Mnoge jezgre koje su masivnije od olova se raspadaju ovim raspadom.

Alfa čestice, koje emitiraju radioaktivni izotopi, ako se slučajno nađu u ljudskom tijelu, je jedno od najopasnijih oblika zračenja.

Atomi koji emitiraju alfa-čestice uglavnom imaju visoke atomske brojeve. Postoji mnogo prirodnih i umjetnih radioaktivnih elemenata koji emitiraju alfa čestice.

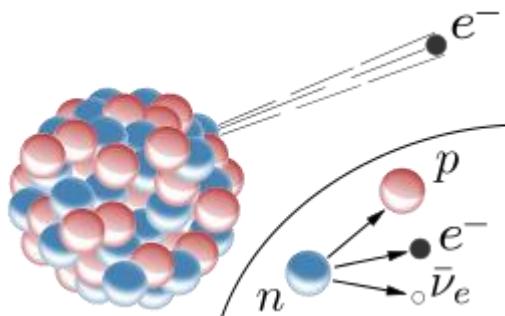
Na slici broj. 3., u alfa raspadu, jezgra emitira jezgru helija 4, točnije alfa česticu.



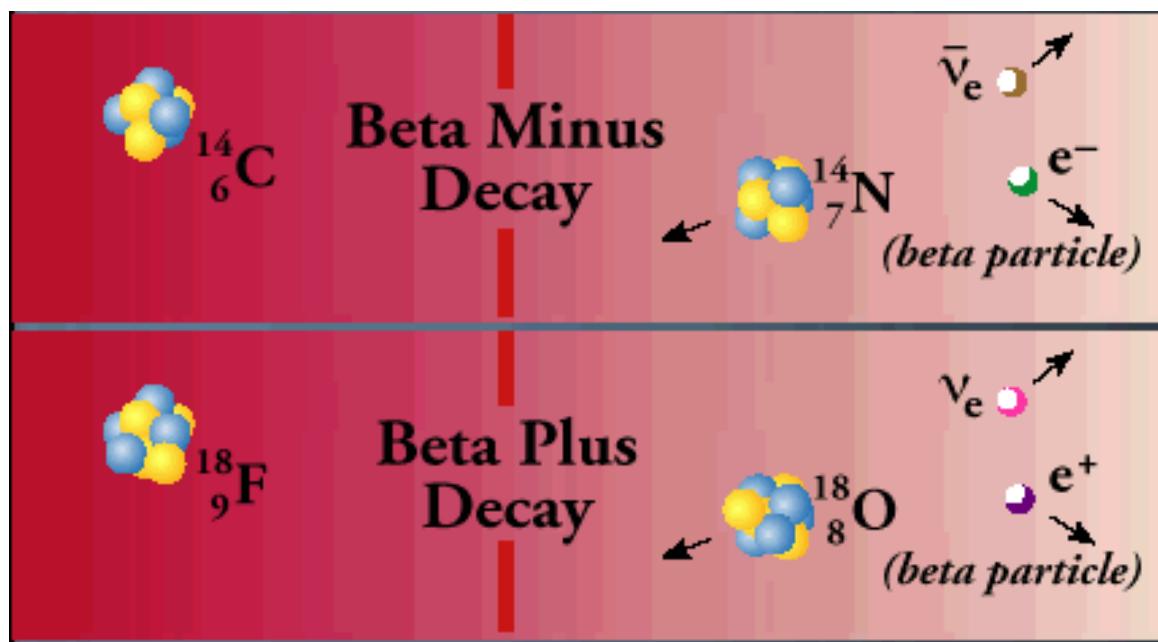
Slika 6.: Primjer alfa raspada

Kod beta raspada ne dolazi do promjene atomske mase nego se atomski broj poveća ili smanji za jedan ili se atomska jezgra pretvara u novi kemijski element. Beta raspad nastaje kada se neutron mijenja u proton u okviru jezgre.

Postoji beta (minus) i beta (plus) raspad. Beta (minus) raspad nastaje zbog djelovanja slabe nuklearne sile, a beta (plus) raspad se događa samo unutar atomske jezgre.



Slika 7.: Beta (minus) raspad



Slika 8.: Primjer beta minus i beta plus raspada

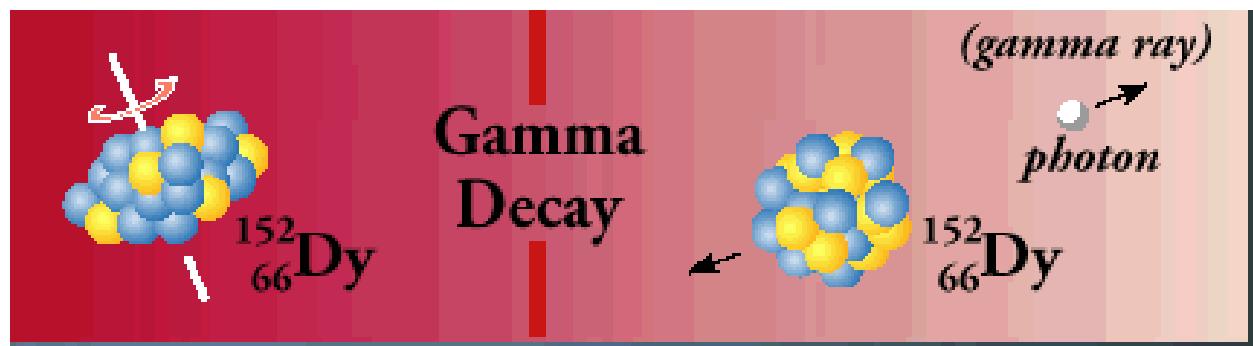
I kod ovih raspada, određeni zakoni moraju biti zadovoljeni. Npr. zakon očuvanja naboja zahtijeva da ako se električki neutralni neutron pretvori u pozitivni proton, tada u ovom slučaju mora biti proizveden elektron.

Kod beta raspada promjena energije vezanja odlazi na masu i kinetičku energiju beta čestica, energije neutrina te kinetičke energije nove jezgre.

Za razliku od alfa i gama raspada, beta raspad je malo jedinstveniji. Ovdje dolazi do gama raspada neke vrste emisija gama zraka.

Gama raspad tj. gama zračenje obično prati alfa i beta zračenje. Ovaj raspad ne mijenja identitet jezgre već samo njezino energetsko stanje, ne nastaje novi element.

Gama zrake su snopovi fotona, a foton je kvant energije. Takav foton ima energiju koja je veća od fotona vidljive svjetlosti i naziva se gama foton. Gama čestice su najštetnije čestice jer imaju i najveću frekvenciju.



Slika 9.: Primjer gama raspada

2.3. Mjerne jedinice radioaktivnosti



Slika 10.: Znak za opasnost od radioaktivnosti



Slika 11.: Rolf Sievert

Ozračene tvari dobivaju energiju od zračenja i mijenjaju se svojstva te ozračene tvari. Mjerenje doze zračenja i njezinih posljedica naziva se dozimetrija. Fizikalne veličine opisuju izvor zračenja, snop i djelovanje zračenja na tvari.

Aktivnost radioaktivnog izvora se mjeri u bekerelima (Bq). Ta mjerna jedinica je nazvana prema francuskom fizičaru Antoineu Henriu Becquerelu, njemu u čast, koji je slučajno otkrio radioaktivnost proučavajući uranijevu sol.

Aktivnost od jednog bekerela znači jedan radioaktivni raspad u sekundi.

Vrijeme poluraspada radionuklida jest vrijeme koje je potrebno da se početna aktivnost radionuklida smanji na polovicu početne vrijednosti. Predana energija definirana je kao razlika ulazne energije E_u i izlazne energije E_i zračenja koje prolazi nekim tijelom:

$$E_d = E_u - E_i$$

Aktivnosti atomskih jezgri radioaktivnih uzoraka su poprilično velike pa se koristi i veća jedinica kiri (Ci). Ona iznosi $3,7 \times 10^{10}$ Bq.

Jedinica grej (Gy) koristi se za mjerenje energije koju apsorbira određena tvar putem ionizirajućeg zračenja i omjer te energije i mase tijela koje ju apsorbira naziva se apsorbirana doza.

Prije uvođenja SI jedinica, jedinica za apsorbiranu dozu je bila rad (Radiaton Absorbed Dose). 1 Gy iznosi 100 rad tj. rad je sto puta manja jedinica od Gy.

Učinak zračenja ovisi i o vrsti zračenja i tvari. Također ovise i o drugim čimbenicima kao što su npr. način zračenja – da li je jednokratan, višekratan, ritmu ozračivanja, da li je izvor zračenja izvan tijela i sl.

Apsorbirana doza se korigira faktorima modifikacije da bi se procijenio učinak zračenja s obzorom na sve okolnosti. Upravo ta korigirana doza je pokazatelj zračenja na neku tvar. Svaka vrsta zračenja ima svoj utjecaj i on se opisuje faktorom Q. Na slici je prikazano da različita zračenja imaju i različite faktore kvalitete.

Zračenje	Faktor kvalitete Q
Rendgensko i γ -zračenje	1
β -zračenje	1 – 2
Neutronsко zračenje	3 – 10
Protonsко i α -zračenje	10
Teškoionsko zračenje	20

Slika 12.: Zračenje i faktor kvalitete Q

Definirana je zato ekvivalentna doza (Relative Biological Effectiveness) koja se dobije tako da faktorom Q pomnožimo apsorbiranu dozu D i proizvode ostalih čimbenika (N). Ona najbolje pokazuje učinak zračenja.

Ekvivalentna doza ima svoju jedinicu sievert (Sv, $Sv=J/kg$) jer bi uslijed upotrebe iste mjerne jedinice moglo doći do opasnosti za ljudsko zdravlje. Nazvana je u čast švedskom fizičaru Rolfu Sievertu koji je radio na mjerenu doziranja radioaktivnog zračenja te zaštiti od tog zračenja.

Već iz naziva jedinice, jasno se vidi da li je to apsorbirana ili preračunata ekvivalentna doza.

Ekvivalentna doza je uvedena jer apsorbirana doza ne izražava najpreciznije količinu štetnih učinaka zračenja na organizam.

Efektivna ekvivalentna doza je zbroj ekvivalentnih doza Hi u pojedinim dijelovima tijela i pomnožena je s težinskim faktorima ozračivanja Wi : $H_E = \sum Wi Hi$.

Kolektivna efektivna doza je ukupna doza koju primi skupina različito ozračenog stanovništva. Jedinica kolektivne doze je čovjek.

2.4. Prirodno zračenje i umjetna radioaktivnost

Zračenje je svugdje oko nas, obuhvaća našu planetu Zemlju i cijeli svemir. Prirodni radionuklidi se nalaze u svim tvarima na Zemlji, kao i u svim živim bićima. Zračenje se povećava iznad prirodne razine zahvaljujući čovjeku koji koristi umjetne izvore zračenja koji su korišteni u znanosti, energetici....

Najintenzivnije prirodno zračenje različitog sastava i porijekla je zračenje iz svemira. Smatra se da u prvobitnoj povijesti nije bilo materije kakva nam je danas poznata već se cijela masa svemira sastojala upravo od zračenja.

Postojanje zračenja iz svemira poznato je od 31.12.1958. kada je prvi svemirski brod krenuo s planeta Zemlje u svemir i onda je uočeno veliko zračenje.

Tek mali dio zračenja iz svemira probije se izravno do površine Zemlje jer većina preostalog zračenja gubi energiju u sudarima kroz atmosferu. Iako atmosfera apsorbira gotovo svu količinu zračenja, sekundarna čestica može doseći površinu Zemlje i uzrokovati oštećenja na poluvodičima i elektroničkim čipovima.

Primarno galaktičko zračenje se sastoje većinom od protona dok elektroni i alfa čestice sudjeluju s oko 5% dok gama zrake još manje.

Najmanja ekvivalentna doza zračenja iz svemira je na razini mora i iznosi $0,034 \mu\text{Sv}/\text{h}$, a godišnja ekvivalentna doza je $0,3\text{mSv}/\text{g}$. Veća su ozračenja na visinama od recimo 10 kilometara gdje je ekvivalentna doza veća i do 90 puta od one na razini mora. Dakle, intenzitet zračenja raste s nadmorskom visinom.

Energija Sunčevog zračenja na površini Zemlje je mala. Ona je puno veća prije ulaska u atmosferu, veća je čak i od svemirskog zračenja pa može biti opasno za svemirske letove.

Zračenje iz Zemlje dolazi iz materijala u stijenama. Godišnja doza prirodnog zračenja, i zračenja iz svemira i zemljinog zračenja, na razini mora iznosi za granit $1,43\text{mSv}/\text{g}$, a za sedimentalnu stijenu $0,76\text{mSv}/\text{g}$.

Da bi se odredila prosječna vrijednost efektivne doze u nekoj državi treba procijeniti statističke osobine koje bi bile značajne kao npr. raspodjela naseljenosti, putovanje zrakoplovom... Putovanje zrakoplovom daje neznatan doprinos prosječnoj efektivnoj dozi. No, posada zrakoplova tijekom leta je $2,5\text{mSv}/\text{g}$ u prosjeku.

Postoji i zračenje iz tla koje ovisi o količini radioaktivnih elemenata u njemu kao što su uran U-238, torij Th-232 i kalij K-40. Prosječna ekvivalentna doza zračenja iz tla je $0,5\text{mSv}/\text{g}$. Na nekim su mjestima u svijetu godišnje ekvivalentne doze zračenja iz tla

nekoliko stotina puta veće nego kod nas. Tako je u okolini grada Ramsara u Iranu, ekvivalentna godišnja doza je 400mSv. Na nekim lokacijama pokrajine Minas Gerais u Brazilu ekvivalentna godišnja doza je između 120mSv i 250mSv. Nema nekih dokaza da te povećane doze na tim lokacijama bitnije utječu na zdravlje tamošnjeg stanovništva.

Građevni materijal od kojeg su izgrađeni brojni stanovi, kuće i stambene zgrade također zrači jer sadrži prirodne radionuklide kao što su granit i opeka od troske.

Sve više se preporučuje u građenju korištenje drveta jer ne zrači i drvo apsorbira zračenje. Drvena kuća ima godišnju ekvivalentnu dozu zračenja od 1,04 mSv/g, a kuća od cigli i betona 3,0mSv/g.

I u ljudskom tijelu ima prirodnih radionuklida koji zrače i to je unutrašnje zračenje i na njega čovjek ne može utjecati.

Radioaktivni plin Rn-222 se nalazi i u zraku i u vodi i on je glavni unutarnji ozračivač tijela jer ga unosimo disanjem i pitkom vodom.

Kalij K-40 je važan element i njegov udio u ljudskom tijelu je malen, ali stvara ekvivalentnu dozu od 0,18mSv/g što je jednako svemirskom zračenju koje primamo.

Radionuklidi iz svemirskog zračenja stižu u organizme hranom, pićem, disanjem i najvažniji od njih su : tricij H-3, berilij Be-7, ugljik C-14 i natrij Na-22.

Uz ova prirodna zračenja, čovjek je proizveo i niz umjetnih zračenja. Njihovom upotrebom se povećavaju doze zračenja koje prima pojedinac, ali i cijelokupno čovječanstvo. Uzrokuju ga uređaji koji sami zrače, radioaktivne tvari koje nastaju nuklearnim eksplozijama i otpad iz nuklearnih elektrana. U atmosferi su razneseni zrakom i vodom na šire prostore i doprinose trajnom ozračivanju stanovništva.

Najveća doza zračenja se dobiva radiografskim snimanjem i upravo zbog toga postoje i stroge kontrole. Svaki djelatnik mora nositi dozimetar koji očitava dozu zračenja. Mjeri se i količina zračenja u prostorima gdje se ovakvi izvori primjenjuju.

Čovjek koji radi s izvorima zračenja, efektivna doza može biti do 20mSv/g tijekom uzastopnih pet godina. Za ostalo stanovništvo je ona do 1mSv/g, a može biti i do 5mSv/g, ali uz uvjet da u idućih pet godina ne prijeđe ukupno 5mSv.

Pokusnih nuklearnih eksplozija u atmosferi je izvedeno četiristo trideset. Sve više se provode pod zemljom upravo zbog opasnosti zračenja. Krajem šezdesetih godina ekvivalentna doza zračenja nastala nuklearnim pokusima iznosila je 5mSv/g, a danas je ta doza uvelike smanjena i iznosi 0,05mSv/g.

Ako stojimo blizu drugog čovjeka, dobivamo godišnju dozu ozračenja uzrokovanu zračenjem ljudi i ona iznosi 0,12 do 0,15 µSv/g.

Ukupna prosječna ekvivalentna ozračenost ljudi je 2,4mSv/g od čega je 85% prirodno zračenje.

Mjerenje radioaktivnosti životne sredine u Republici Hrvatskoj provode se u Jedinici za zaštitu zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada još od 1959. godine.

Sustavno se istražuje radioaktivnost zraka, oborina, tla, rijeka, mora i jezera, pitke vode te ljudske i stočne hrane. Istraživana je i prirodna radioaktivnost te povišena prirodna radioaktivnost. Najviše pažnje je posvećeno istraživanju radona u zraku unutar prostorija budući da je on najvažniji od svih izvora prirodnih zračenja.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada skuplja podatke o profesionalnoj izloženosti vanjskom zračenju djelatnika koji rade s izvorima i uz izvore zračenja.

Od lipnja 1990. do 1.travnja 1999. promatrano je 7536 djelatnika da bi se procijenila prosječna efektivna doza zračenja. Struktura radnika je bila: 75% djelatnika iz medicine, 20% iz industrije i 5% iz ostalih djelatnosti – državne, javne službe... Kod 5094 djelatnika, na njihovim dozimetrima, nije zabilježena doza koja je iznad osnovnog zračenja.

Republika Hrvatska uredila je područje zaštite od zračenja. Sabor je donio Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti i prateće Pravilnike.

„Od zračenja se nikamo ne možemo sakriti. Stoga svaki čovjek prima godišnju ekvivalentnu dozu zračenja od približno 3,5 mSv. To je prosječna doza, a sastoji se od sljedećih doprinosa: Udisanje radona - 2 mSv

Ostali radionuklidi uneseni u tijelo - 0,39 mSv

Zemljino zračenje - 0,28 mSv

Kozmičko zračenje - 0,28 mSv

Tako ispada da je ukupna doza od prirodnih izvora 3 mSv, a ukupna doza od umjetnih izvora 0,5 mSv. Ukupna doza od umjetnih izvora proračunata je prema prosječnoj izloženosti medicinskom zračenju, korištenju raznih aparata, te doprinosu od testiranja nuklearnog oružja i rada nuklearnih elektrana. Najveći doprinos od umjetnih izvora daje medicinsko zračenje.

Prosječna doza koju primi stanovništvo u pojedinim dijelovima Hrvatske od vanjskog ozračivanja: Osijek (najviše): 1,30 mSv/godina

Zagreb: 1,14 mSv/godina

Varaždin: 1,10 mSv/godina

Rabac (najmanje): 0,66 mSv/godina

prosjek: oko 1,00 mSv/godina“¹⁴

¹⁴ <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>

Jednodnevne ekvivalentne doze

Simptomi ekvivalentnih doza primljenih u jednom danu:

- 0 do 0,25 Sv: nema simptoma;
- 0,25 do 1 Sv: neki ljudi osjete mučninu i gubitak apetita; nastaju ostećenja koštane srži, limfnih čvorova i slezene;
- 1 do 3 Sv: srednja do teška mučnina, gubitak apetita, zaraze (infekcije); teža ostećenja koštane srži, limfnih čvorova i slezene; oporavak nije siguran
- 3 do 6 Sv: teška mučnina, gubitak apetita, unutarnja krvarenja, zaraze (infekcije), proljevi, ljuštenje kože, sterilnost i smrt ako se ne liječi;
- 6 do 10 Sv: svi gornji simptomi i dodatno ostećenje središnjeg živčanog sustava; najvjerojatnija smrt;
- iznad 10 Sv: oduzetost (paraliza) i smrt¹⁵

Primjeri jednostrukih ekvivalentnih doza

- zubna radiografija: 0,005 mSv
- prosječna ekvivalentna doza unutar 16 km udaljenosti od nesreće na otoku Tri milje: 0,08 mSv za vrijeme nesreće
- mamografija – jednostruko izlaganje (srednja ekvivalentna doza): 2 mSv
- mamografija – cjelokupno izlaganje (s promjenjivom ekvivalentnom dozom): 2 mSv
- računalna tomografija mozga ili CT mozga: 0,8 do 5 mSv
- računalna tomografija prsnog koša ili CT prsnog koša: 6 do 18 mSv
- rendgensko proučavanje probavnih organa: 14 mSv
- preporuka Međunarodnog povjereništva za radiološku zaštitu (engl. International Commission on Radiological Protection) kao granica za dobrovoljno sudjelovanje u nuklearnim nesrećama: 500 mSv
- preporuka Međunarodnog povjereništva za radiološku zaštitu (engl. International Commission on Radiological Protection) kao granica prilikom spašavanja preživjelih i teško nastrandalih: 1000 mSv = 1 Sv¹⁶

¹⁵ http://mobileapps.wikiwand.com/hr/Ekvivalentna_doza

¹⁶ http://mobileapps.wikiwand.com/hr/Ekvivalentna_doza

Godišnja ekvivalentna doza

Primjeri ekvivalentnih doza primljenih u jednoj godini:

- najveća dozvoljena ekvivalentna doza za javnost stvorena bilo kakvom ljudskom aktivnošću: 1 mSv/godinu
- ekvivalentna doza za stanovanje u blizini nuklearnih elektrana: 0,0001–0,01 mSv/godinu
- ekvivalentna doza za stanovanje u blizini termoelektrana na ugljen: 0,0003 mSv/godinu
- ekvivalentna doza kod spavanja (8 sati) u blizini druge osobe: 0,02 mSv/godinu
- ekvivalentna doza zbog kozmičkog zračenja (iz atmosfere) na razini mora: 0,24mSv/godinu
- ekvivalentna doza zbog kozmičkog zračenja (s površine Zemlje): 0,28 mSv/godinu
- ekvivalentna doza zbog prirodne radioaktivnosti (kalij-40, ugljik-14) ljudskog tijela: 0,40 mSv/godinu
- ekvivalentna doza u blizini zgrade Kongresa SAD-a (granit): 0,85 mSv/godinu
- prosječna pojedinačna ekvivalentna doza zbog pozadinskog zračenja: 2 mSv/godinu (1,5 mSv/godinu u Australiji, 3 mSv/godinu u SAD i Zagreb 1,14 mSv/godina)
- ekvivalentna doza zbog atmosferskog utjecaja (uglavnom radon): 2 mSv/godinu
- ukupna ekvivalentna doza u SAD: 6,2 mSv/godinu
- let zrakoplovom na liniji New York-Tokio (za posadu): 9 mSv/godinu
- trenutna prosječna ekvivalentna doza za radnike u nuklearnim elektranama: 20mSv/godinu
- prosječna ekvivalentna doza zbog pozadinskog zračenja u nekim dijelovima Irana, Indije i Europe: 50 mSv/godinu
- ekvivalentna doza zbog pušenja 30 cigareta na dan: 60 do 160 mSv/godinu
- prosječna ekvivalentna doza u gradu Ramsaru (Iran): 260 mSv/godinu.¹⁷

¹⁷ http://mobileapps.wikiwand.com/hr/Ekvivalentna_doza

Neki primjeri ekvivalentne doze

- mjerilo za iseljenje iz opasnog područja nakon Černobilske nesreće: 350 mSv/ljudskom život;
- trenutna prosječna ekvivalentna doza za radnike u nuklearnim elektranama je 20 mSv/godinu, u prosjeku za 5 godina, ali najveća dopuštena ekvivalentna doza je 50 mSv u jednoj godini;
- granična ekvivalentna doza u blizini rudnika uranija i nuklearnih elektrana je obično 1 mSv/godinu;
- granična ekvivalentna doza za radnike za vrijeme nesreće u nuklearnoj elektrani Fukushima I: 250 mSv¹⁸

¹⁸ http://mobileapps.wikiwand.com/hr/Ekvivalentna_doza

2.5. Nuklearne nesreće i njihove posljedice

Nuklearnih postrojenja ima sve više u svijetu. Nuklearna elektrana je vrsta termoelektrane. Izvor energije joj je toplina koja je dobivena fisijama nuklearnog goriva. U uporabi nuklearne energije pozornost mora biti usmjerena na sigurnost. Ako se slučajno dogodi nesreća u nuklearnoj elektrani, mogu se oslobođiti velike količine radioaktivnih tvari koje nanose veoma teške posljedice. Nastoji se smanjiti vjerojatnost nastajanja nesreće na minimum, smanjiti što je više moguće ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš (u slučaju nesreće).

Ponekad se dogodi nekontrolirani udes izazvan ljudskom greškom. Ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš i kontaminacija ljudi i životne sredine sve više izaziva pažnju i pokreće se niz pitanja o svrshodnosti takvih postrojenja koje predstavljaju opasnost za čovječanstvo. Problem su i skladištenje i odlaganje radioaktivnog otpada.

Svijet je postao ovisniji o nuklearnoj energiji unatoč svim pokretima za zelenu energiju, a nesreće koje su se dogodile promijenile su pogled na nuklearne elektrane.

Postoji međunarodna agencija koja je definirala nuklearnu nesreću kao događaj čije posljedice imaju utjecaj na ljude i okoliš. Njezin naziv je Međunarodna agencija za atomsku energiju i sjedište joj je u Beču. U ovom trenutku broji 144 država članica Agencije.



Slika 13.: Logo Međunarodne agencije za atomsku energiju

Do danas je poznato oko 30 nuklearnih nesreća u svijetu. Nekoliko njih je ušlo u povijest.

Katastrofa koja se dogodila 1986. godine u Černobilu u bivšoj Sovjetskoj Ukrajini na sjeveru zemlje, uz samu ukrajinsko-bjelorusku granicu ostat će zapamćena kao najgora u povijesti. Ekološka katastrofa, izgubljeni ljudski životi i uništen život za tko zna koliko budućih generacija.

Černobil je do subote 26.4.1986. bio potpuno nepoznat. U 1:23 nakon neuspješnog eksperimenta došlo je do eksplozije koja je uništila jedan od četiri reaktora u „Memorijalnoj elektrani Vladimir Iljič Lenjin“ tj. Nuklearnoj elektrani Černobil. Nestabilan dizajn, loša tehnička procjena i loše odluke inženjera doveli su do eksplozije u četvrtom reaktoru. Eksploziju je uzrokovalo gorivo uran – oksida koje se rastalilo. Drugu eksploziju je uzrokovao vodik proizведен tokom zagrijavanja kemijskim reakcijama. Grafit koji je služio kao moderator, došao je u doticaj sa zrakom i počeo gorjeti.

Eksperimentom se trebalo utvrditi da li mogu turbine pri gašenju osigurati dovoljno energije za održavanje sustava hlađenja reaktora dok se ne uključe dizel agregati. Prije toga je eksperiment dobro prošao, ali rezultati su bili ispod očekivanja. Na osnovi prethodnih rezultata napravljena su poboljšanja koja je trebalo ispitati i izabran je četvrti reaktor. On je trebao biti privremeno uključen zbog održavanja

Prvi su eksploziju uočili stanovnici grada Pripjata. Pripjat je bio udaljen tri kilometra i izgrađen je za obitelji zaposlenika u Nuklearnoj elektrani Černobil.

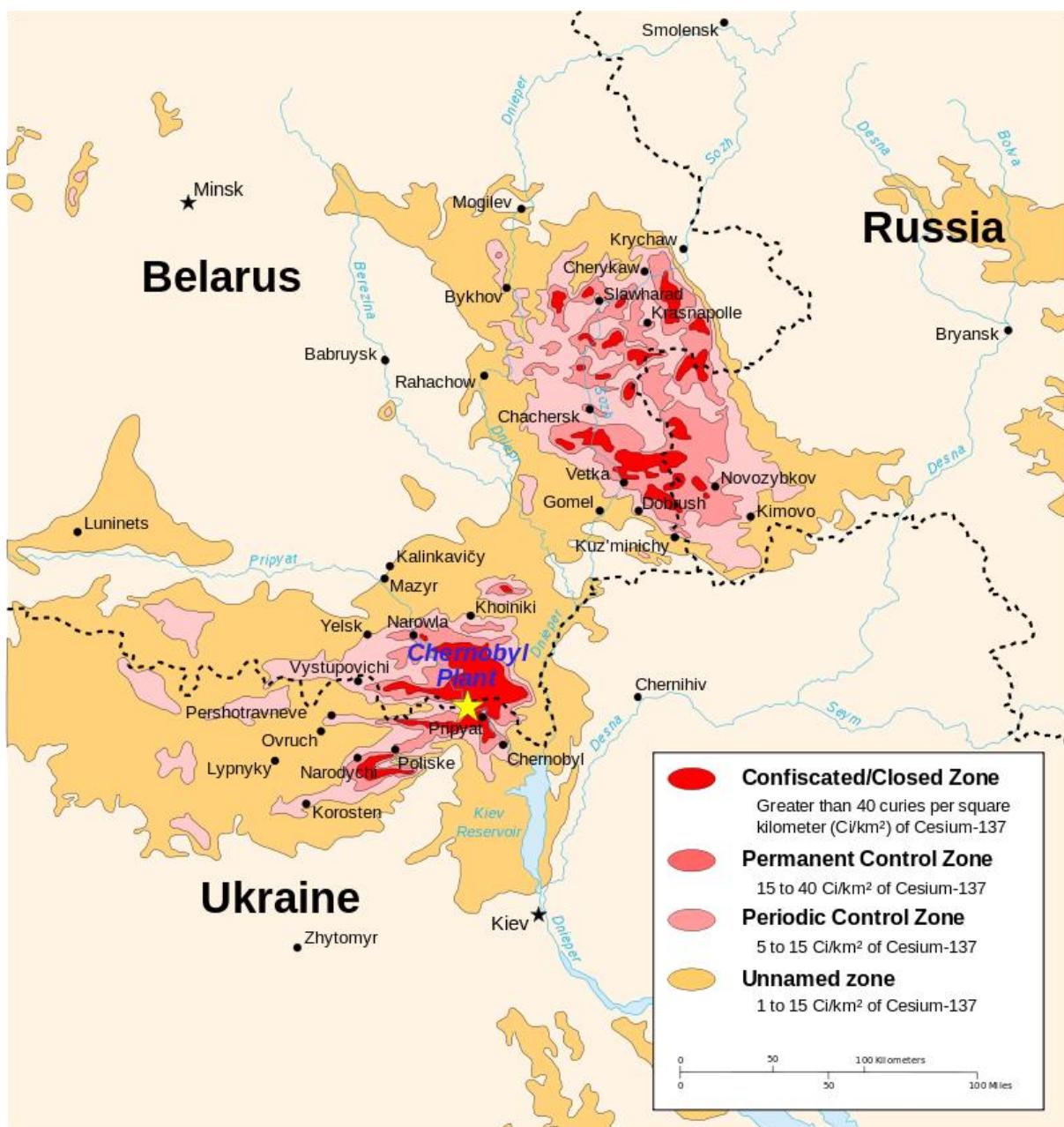
Unesrećenih je najviše bilo među osobljem elektrane i vatrogascima. Na licu mjesta su dva radnika poginula od eksplozije, a 29 ljudi je umrlo od posljedica zračenja. Bili su ozračeni dozama od 2 do 16Sv. Prouzročena je šteta od sedam bilijuna dolara štete, a od posljedica radijacije do sada je preminulo 400 tisuća ljudi. Kontaminirano je 144 tisuće kvadratnih kilometara na području Ukrajine, Bjelorusije i Rusije.

Cijeli dan je trebao tadašnjoj sovjetskoj vlasti da shvati razmjere nesreće i posljedice. Nakon toga je tek započela evakuacija ljudi. Oko 135 tisuća ljudi je evakuirano iz Pripjata, Černobila i okolnih naselja.

Službena obavijest poslana je tek dva nakon katastrofe. Izravne i neizravne posljedice radioaktivnog zračenja osjetilo je do pet milijuna ljudi. Velike količine radioaktivnih čestica su se uzdigle na visinu i došle do Skandinavije i srednje Europe.

Oko 35 tisuća odraslih i 1400 djece je zatražilo pomoć zbog posljedica nesreće. Posljedice zračenja se i danas osjećaju u brojnim oboljenjima od karcinoma u Ukrajini i Bjelorusiji. U Južnoj Bjelorusiji je dijagnosticirano šest tisuća karcinoma štitnjače među mladima. Još uvijek nema dokaza, ali černobilska katastrofa je povezana s drugim vrstama raka kao npr. leukemijom.

Tragovi radijacije u krugu od 38.850 kilometara kvadratnih potrajat će još oko tristo godina. Znanstvenici koji su proučavali lastavice u blizini nuklearne elektrane otkrili su 11 abnormalnosti. Istraživanje je pokazalo da posljedice za one koji prežive nuklearnu nesreću, osim raznih oboljenja, su i velike količine stresa.

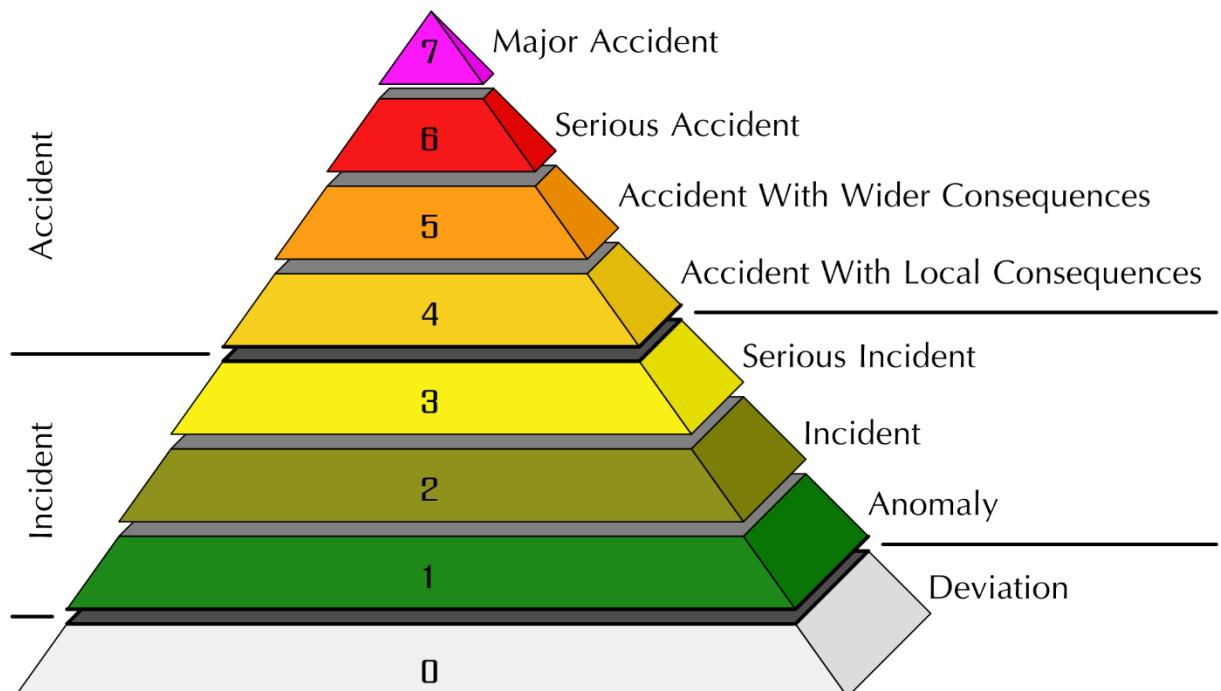


Slika 14.: Područja pogodjena većim količinama radioaktivne prašine odmah nakon nesreće

Nakon nesreće, elektrana nije bila zatvorena. Tri reaktora su bila neoštećena i bili su ubrzno pokrenuti. Zaustavljeni su tek kasnije. Reaktor broj dva zatvoren je 1991. godine, reaktor broj dva 1996. godine, a reaktor broj tri 2000.godine

Nad oštećenim reaktorom je sagrađen sarkofag koji je trebao štititi okoliš od daljnje radioaktivnosti. Kada je bila dvadeseta godišnjica ove katastrofe, upozorenje je da sarkofag neće još dugo izdržati. Novi bi trebao biti završen 2016. godine, a prema podacima Svjetske nuklearne Udruge, to će biti luk visok 354 metara i dug 492 metra, a koštat će oko 1,54 milijarde eura.

Postoji Međunarodna ljestvica za nuklearne nesreće (INES) koja se koristi u cijelome svijetu. Postoji sedam razina: od 1 do 3 su nezgode, od 4 do 7 su nesreće. Černobilska katastrofa je označena brojem 7.



Slika 15.: Međunarodna ljestvica za nuklearne nesreće

Sa sigurnošću se danas može reći da je uzrok eksplozije bio nesiguran dizajn sovjetskog nuklearnog reaktora i ljudska pogreška. Bilo je nestručnih ljudi tj. nedostatak stručnih pri pokušaju uspostavljenja stabilizacije nad nepredviđenim radom tada destabiliziranog reaktora.

Cijeli prostor koje je bio ozračen je sve do danas pod posebnom kontrolom i promatranjem velikih stručnjaka.

Prošlo je više od 28 godina od te katastrofe, no ukrajinski grad Pripjat još uvijek se nije oporavio od posljedica. Nekoliko starijih i bolesnih ljudi se vratilo jer žele tamo umrijeti. Čak je i danas nivo radioaktivnosti izuzetno visok.

Pripyat, kao i Černobil, gradovi su duhova u koji samo nekada uđu fotografi, snimatelji i turisti da bi zabilježili mjesto na kojem je vrijeme stalo. Polako, ali sigurno Černobil postaje turistička atrakcija. Tvrtke koje pružaju turističke usluge ističu kako jednodnevni posjet ne predstavlja nikakav rizik za zdravlje. Do Pripyata se stiže autobusom i nije dozvoljeno ništa dirati, jesti ili piti kao ni sjesti. Nakon obilaska, turisti prolaze kontrolu provjere nivoa radijacije.



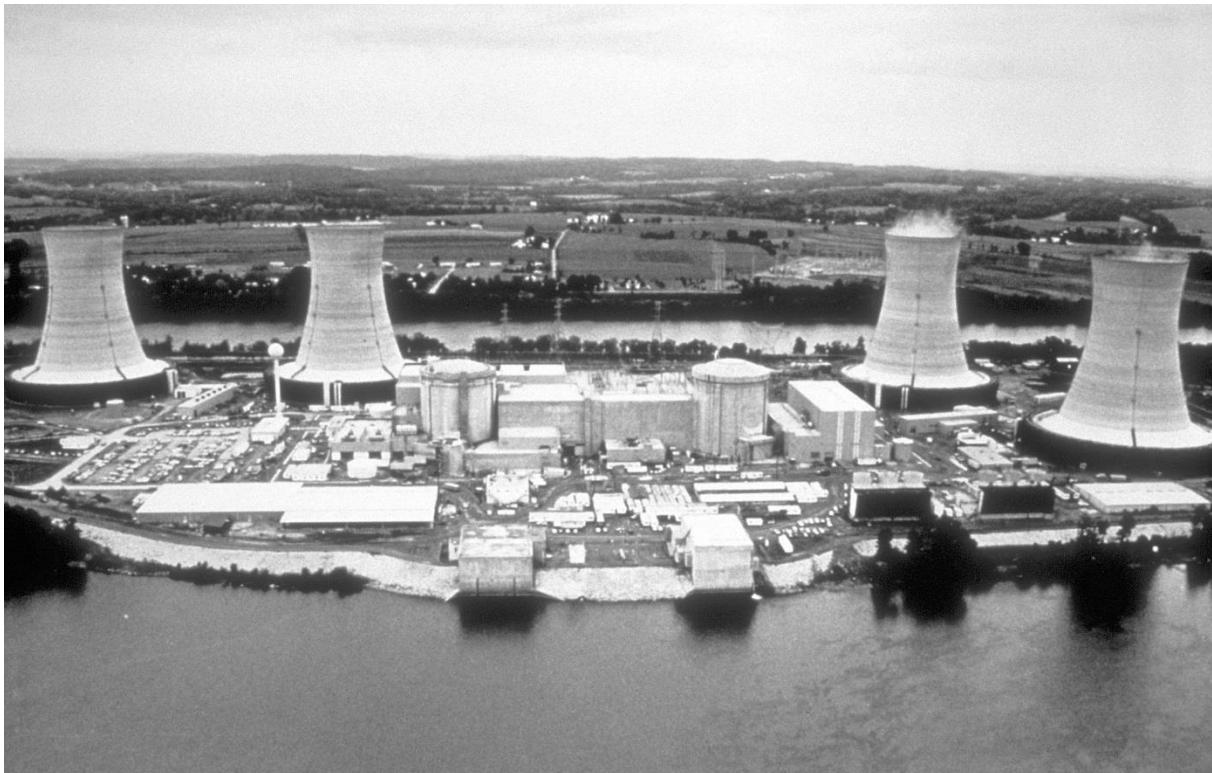
Slika 16.: Prizor iz autobusa koji turiste prevozi na mjesto nesreće

Druga najteža nesreća dogodila se u ruskom Kyshtymu 1957. godine. Sovjetski savez je bio iza SAD-a u utrci naoružavanja nuklearnim oružjem pa je izgradio čitav niz nuklearnih postrojenja.

Nuklearno postrojenje u gradu Ozersku služilo je za skladištenje nuklearnog otpada. U jednom od rezervoara pokvario se sustav za hlađenje i nije bio popravljen. Rastuće temperature unutar spremnika rezultirale su ne-nuklearnom eksplozijom koja je izbila težak poklopac spremnika i radioaktivni materijal je počeo curiti u atmosferu.

I tada su vlasti šutile o tome. Tek nakon tjedan dana je deset tisuća ljudi evakuirano, ali bez objašnjenja o razlozima za evakuaciju. Neka izvješća su govorila da se ozračenim ljudima raspada koža. Više od osamsto četvornih kilometara je zagađeno radijacijom. Po INES-u nesreća je označena brojem 6.

Treća najveća nuklearna nesreća se dogodila 1979. godine u blizini Harrisburga, glavnog grada američke savezne države Pennsylvania. Nuklearna elektrana Three Mile Island sastoji se od dva nuklearna bloka. Nesreća se dogodila upravo u drugom bloku. Uzrok nesreće je bio otvoreni ventil čija je funkcija smanjenje pritisaka u nuklearnom reaktoru. Taj kvar je inače rutinskog tipa i rješava se aktiviranjem automatskih zaštitnih sistema.



Slika 17.: Nuklearna elektrana Three Mile Island prije nesreće

Operator nije vidio fizikalne promjene koje su se događale u drugom bloku i dao je lošu signalizaciju. Drugi blok je gubio vodu zbog čega je prvi blok ostao bez toplinskog pogona. Jezgra reaktora je ostala bez hlađenja i počela se brzo pregrijavati. Počelo je istjecanje radioaktivnosti u okoliš.

Netočne informacije su kružile u medijima pa je stanovništvo bilo u panici. Oko 140 tisuća ljudi je bilo prisiljeno na evakuaciju. Nisu pronađene neobično velike doze zračenja i nije bilo opasnosti za lokalno stanovništvo.

U periodu od 18 godina je praćeno stanje 30 tisuća ljudi koji su bili u okolini 8km od elektrane. Program praćenja je prekinut 1997. godine. Po INES-u nesreća je označena brojem 5.

Vlada SAD-a je povećala sigurnost nuklearnih postrojenja i smanjio se broj novoizgrađenih nuklearnih elektrana. Započeta je i izgradnja Instituta za pogon nuklearnih elektrana (INPO) i Centra za analizu nuklearne sigurnosti (NSAC).

Četvrta najveća nuklearna nesreća dogodila se u Velikoj Britaniji. Isto je po INES-u označena brojem 5. U mjestu Windscale u nuklearnoj elektrani izbio je požar u reaktoru i stvorio radioaktivni oblak.



Slika 18.: Nuklearna elektrana kod Windscalea u VB

Nesreća je uzrokovala 33 smrti od raka i 78 milijuna dolara štete. Prodaja nekih proizvoda s obližnjih farmi bila je zabranjena mjesec dana.

Po INES-u sljedeća nesreća je bila u Japanu 1999. godine i označena je brojem 4. U nuklearnoj elektrani u Tokaimuri smjesa koja je bila obogaćena uranom, nije pravilno korištena u postupku taloženja i radijacija je uzrokovala smrt dvojice radnika, a oko sto ljudi je bilo hospitalizirano.

U novijoj povijesti, 11.3.2011. Japan je bio pogoden razornim potresom Tokoku jačine 9,3 stupnja prema Richterovoј ljestvici. Izazvao ga je tsunami koji je prouzročio je najveću poslijeratnu nuklearnu katastrofu u Japanu čije će se posljedice osjećati i u idućim desetljećima. Više od 19 tisuća ljudi je izgubilo život ili se vode kao nestali. Tsunami je dosegao visinu od čak 16 metara.

Nuklearno postrojenje Fukushima Daiichi ima šest reaktorskih blokova i to je jedna od najvećih nuklearnih elektrana Japana. Iako su na brzinu bili isključeni reaktorski blokovi, katastrofu nije bilo moguće izbjegći jer su rezervni generatori za struju bili poplavljeni i izostalo je hlađenje reaktora. Ceste nisu bile prohodne i pomagači nisu uspjeli dostaviti opremu koja je bila nužna. Blokovi od jedan do četiri su bili najviše pogodjeni, a u blokovima pet i šest voda je bila dosegla samo metar.



Slika 19.: Nesreća u Nuklearnoj elektrani Fukushimi

Veliki dio radioaktivnih oblaka završio je iznad oceana i to zahvaljujući vjetru koji je puhao u smjeru mora. Iako su vremenske prilike bile povoljne, područja oko Fukushime su bila radioaktivno kontaminirana. U obliku dima i pare, radioaktivnost je istjecala iz nuklearnih blokova.

Bilo je pogodjeno oko 200 tisuća ljudi i evakuirano je stanovništvo u krugu od 30 kilometara. Bila je uvedena zabrana prodaje povrća, mesa i mlijecnih proizvoda u pet oblasti u regiji oko nuklearke. Iako su radnici bili izloženi zračenju

Iako nije došlo do izravnog istjecanja radioaktivnog materijala u okoliš, nesreća je prema INESU-u označena maksimalnim stupnjem 7.

Broj ljudi koji je stradao je teško odrediti jer je prije nesreće bio potres i tusnami.

Bilo bi pametno izbjegavati voće i povrće koje nam dolazi iz Japana narednih sto godina. Na jednoj koreanskoj stranici postoji galerija slika voća i povrća u gradovima i selima u regiji Fukushima. Vidi se od sijamski spojenih klipova kukuruza do breskvi koje su ogromne veličine. Još uvijek nije poznato da li upotreba ovog voća i povrća ostavlja posljedice na lokalnu populaciju.



Slika 20.: Neobičan kupus



Slika 21.: Neobičan kukuruz



Slika 22.: Neobična rajčica



Slika 23.: Neobične breskve

Od Republike Hrvatske, na udaljenosti tisuću kilometara, u pogonu je 40 nuklearnih elektrana na čijim lokacijama su 92 reaktora. Najbliže su nam Nuklearna elektrana Krško u Sloveniji i Nuklearna elektrana Paks u Mađarskoj.

Nuklearna elektrana Krško ima jedan reaktor koji je smješten na Savi i nalazi se 10 kilometara od zapadne hrvatske granice. Nuklearna elektrana Paks ima četiri reaktora i smještena je na Dunavu, oko 75 kilometara od sjeverne hrvatske granice.

Nuklearne elektrane su pouzdan izvor električne energije, ali su se nesreće događale i to većinom ljudskom pogreškom ili je došlo do kvara na opremi. Sustav pripravnosti je razvijen u svrhu sprječavanja i umanjenja posljedica nuklearne nesreće. Ukoliko se procijeni da bi moglo doći do ispuštanja radioaktivnosti u okoliš, poduzimaju se preventivne mjere.



Slika 24.: Nuklearne elektrane u svijetu

3. RADIOAKTIVNOST VOĆA I POVRĆA U VIROVITICI

U vremenskom periodu od 2.3. do 31.5. 2015. provedeno je istraživanje radioaktivnosti voća i povrća uz pomoć Geigerovog brojača.

Iz skupine povrća odabрано je: bijeli luk, crveni luk, mrkva, blitva, peršin, krumpir, salata i celer, dok je iz skupine voća odabранo: banana, limun, eko limun, jabuka, mango, pomelo, kokos i ananas.

Bilo je potrebno držati Geigerov brojač u ruci kraj voća ili povrća čije se zračenje željelo izmjeriti. Brojač se držao na udaljenosti od jednog centimetra od izabranog voća/povrća te se nije pomicalo. Rezultati su iščitani nakon tri minute mirovanja.

Prirodno doza gama zračenje kreće se između 0,01-0,3 $\mu\text{Sv}/\text{h}$.

Istraživanje je redovito provedeno svaki tjedan na izabranom voću i povrću. Voće i povrće je kupljeno u tri različita centra na području grada Virovitice.

Na tržnici je također kupljeno povrće, a što se tiče voća, provedeno je istraživanje na jabukama kupljenim od više prodavača.

3.1. Tjedno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća

TRGOVAČKI CENTAR A (2.-8.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 1.: Povrće – 2.-8.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.46 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.18 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 2.: Voće – 2.-8.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.4 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.18 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

TRGOVAČKI CENTAR B (2.-8.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 3.: Povrće – 2.-8.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.32 µSv/ h Prosjek: 0.17 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 4.: Voće – 2.-8.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.19 µSv/ h Prosjek: 0.15 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (2.-8.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.27 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 5.: Povrće – 2.-8.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.41 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 6.: Voće – 2.-8.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.46 μ Sv/ h Prosjek: 0.18 μ Sv/ h

TRŽNICA (2.-8.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 7.: Povrće – 2.-8.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 1.11 µSv/ h Prosjek: 0.14 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 8.: Voće – 2.-8.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 0.59 µSv/ h Prosjek: 0.15 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (9.-15.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 9.: Povrće – 9.-15.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.74 µSv/ h Prosjek: 0.22 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.34 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 10.: Voće – 9.-15.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.67 μ Sv/ h Prosjek: 0.21 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (9.-15.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 11.: Povrće – 9.-15.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.6 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 12.: Voće – 9.-15.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.46 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (9.-15.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.20 µSv/ h	0.120 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 13.: Povrće – 9.-15.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.67 µSv/ h Prosjek: 0.21 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.48 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 14.: Voće – 9.-15.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.33 μ Sv/ h Prosjek: 0.17 μ Sv/ h

TRŽNICA (9.-15.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.07 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 15.: Povrće – 9.-15.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 0.84 µSv/ h Prosjek: 0.11 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.21 µSv/ h

Tablica 16.: Voće – 9.-15.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 0.46 µSv/ h Prosjek: 0.12 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (16.-22.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.34 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 17.: Povrće – 16.-22.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.48 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.34 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 18.: Voće – 16.-22.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.39 μ Sv/ h Prosjek: 0.17 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (16.-22.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.21 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 19.: Povrće – 16.-22.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.54 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 20.: Voće – 16.-22.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.81 µSv/ h Prosjek: 0.23 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (16.-22.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.21 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 21.: Povrće – 16.-22.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.55 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 22.: Voće – 16.-22.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.54 μ Sv/ h Prosjek: 0.19 μ Sv/ h

TRŽNICA (16.-22.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.07 µSv/ h

Tablica 23.: Povrće – 16.-22.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 0.98 µSv/ h Prosjek: 0.12 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 24.: Voće – 16.-22.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 0.8 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (23.-29.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.07 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 25.: Povrće – 23.-29.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.4 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 26.: Voće – 23.-29.ožujka 2015. A

Ukupna suma: 1.11 μ Sv/ h Prosjek: 0.14 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (23.-29.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 27.: Povrće – 23.-29.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.74 µSv/ h Prosjek: 0.22 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.21 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.01 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 28.: Voće – 23.-29.ožujka 2015. B

Ukupna suma: 1.49 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (23.-29.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 29.: Povrće – 23.-29.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.39 µSv/ h Prosjek: 0.17 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 30.: Voće – 23.-29.ožujka 2015. C

Ukupna suma: 1.93 μ Sv/ h Prosjek: 0.24 μ Sv/ h

TRŽNICA (23.-29.ožujka 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.01 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 31.: Povrće – 23.-29.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 1.00 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.34 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 32.: Voće – 23.-29.ožujka 2015. T

Ukupna suma: 1.02 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.26 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

TRGOVAČKI CENTAR A (30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 33.: Povrće –30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.16 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 34.: Voće –30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.4 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.18 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

TRGOVAČKI CENTAR B (30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 35.: Povrće –30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.48 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 36.: Voće –30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.27 µSv/ h Prosjek: 0.16 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 37.: Povrće –30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.49 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.01 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.42 µSv/ h

Tablica 38.: Voće –30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.49 μ Sv/ h Prosjek: 0.19 μ Sv/ h

TRŽNICA (30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.07 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.21 µSv/ h

Tablica 39.: Povrće –30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.94 µSv/ h Prosjek: 0.12 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.07 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 40.: Voće – 30.-31.ožujka & 1.-5.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.53 µSv/ h Prosjek: 0.13 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (6.-12.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 41.: Povrće –6.-12.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.25 µSv/ h Prosjek: 0.16 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 42.: Voće –6.-12.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.48 μ Sv/ h Prosjek: 0.19 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (6.-12.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.48 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 43.: Povrće –6.-12.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.67 µSv/ h Prosjek: 0.21 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.01 µSv/ h

Tablica 44.: Voće -6.-12.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.56 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (6.-12.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.48 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 45.: Povrće –6.-12.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.47 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.21 µSv/ h

Tablica 46.: Voće –6.-12.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.5 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.19 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

TRŽNICA (6.-12.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.01 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 47.: Povrće – 6.-12.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.99 µSv/ h Prosjek: 0.12 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.07 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 48.: Voće – 6.-12.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.6 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (13.-19.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 49.: Povrće – 13.-19.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.53 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 50.: Voće – 13.-19.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.25 μ Sv/ h Prosjek: 0.16 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (13.-19.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 51.: Povrće –13.-19.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.39 µSv/ h Prosjek: 0.17 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 52.: Voće -13.-19.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.19 µSv/ h Prosjek: 0.15 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (13.-19.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 53.: Povrće –13.-19.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.32 µSv/ h Prosjek: 0.17 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 54.: Voće –13.-19.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.23 μ Sv/ h Prosjek: 0.15 μ Sv/ h

TRŽNICA (13.-19.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.07 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 55.: Povrće –13.-19.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.84 µSv/ h Prosjek: 0.11 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.21 µSv/ h

Tablica 56.: Voće – 13.-19.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.53 µSv/ h Prosjek: 0.13 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (20.-26.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 57.: Povrće –20.-26.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.47 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 58.: Voće –20.-26.travnja 2015. A

Ukupna suma: 1.53 μ Sv/ h Prosjek: 0.19 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (20.-26.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.21 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 59.: Povrće –20.-26.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.61 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 60.: Voće -20.-26.travnja 2015. B

Ukupna suma: 1.67 µSv/ h Prosjek: 0.21 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (20.-26.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.21 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 61.: Povrće –20.-26.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.76 µSv/ h Prosjek: 0.22 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.20 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 62.: Voće –20.-26.travnja 2015. C

Ukupna suma: 1.41 μ Sv/ h Prosjek: 0.18 μ Sv/ h

TRŽNICA (20.-26.travnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.07 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 63.: Povrće –20.-26.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.99 µSv/ h Prosjek: 0.12 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.21 µSv/ h

Tablica 64.: Voće – 20.-26.travnja 2015. T

Ukupna suma: 0.88 µSv/ h Prosjek: 0.22 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.07 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 65.: Povrće –27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.42 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 66.: Voće –27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.41 μ Sv/ h Prosjek: 0.18 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 67.: Povrće –27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.62 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.21 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 68.: Voće -27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.75 µSv/ h Prosjek: 0.22 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 69.: Povrće –27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.32 µSv/ h Prosjek: 0.17 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 70.: Voće – 27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.34 μ Sv/ h Prosjek: 0.17 μ Sv/ h

TRŽNICA (27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 71.: Povrće – 27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.9 µSv/ h Prosjek: 0.11 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 72.: Voće – 27.-30.travnja & 1.-3.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.59 µSv/ h Prosjek: 0.15 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (4. - 10.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 73.: Povrće – 4. - 10.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.54 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 74.: Voće – 4. - 10.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.46 μ Sv/ h Prosjek: 0.18 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (4. - 10.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.21 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.21 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h

Tablica 75.: Povrće – 4. - 10.svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.63 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 76.: Voće - 4. - 10.svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.32 µSv/ h Prosjek: 0.17 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (4. - 10.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.21 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 77.: Povrće – 4. - 10.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.54 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 78.: Voće – 4. - 10.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.53 μ Sv/ h Prosjek: 0.19 μ Sv/ h

TRŽNICA (4.-10.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.07 µSv/ h

Tablica 79.: Povrće – 4.-10.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.98 µSv/ h Prosjek: 0.12 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h

Tablica 80.: Voće – 4.-10.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.73 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (11. - 17.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.07 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 81.: Povrće – 11. - 17.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.47 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.01 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 82.: Voće – 11. - 17.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.06 μ Sv/ h Prosjek: 0.13 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (11. - 17.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.07 µSv/ h

Tablica 83.: Povrće – 11. - 17.svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.61 µSv/ h Prosjek: 0.20 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.01 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 84.: Voće - 11. – 17. svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.49 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (11. - 17.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.34 µSv/ h

Tablica 85.: Povrće – 11. - 17.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.67 µSv/ h Prosjek: 0.21 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 86.: Voće – 11. - 17.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.27 μ Sv/ h Prosjek: 0.16 μ Sv/ h

TRŽNICA (11.-17.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.01 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 87.: Povrće – 11.-17.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.99 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.12 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 88.: Voće – 11.-17.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.61 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.15 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

TRGOVAČKI CENTAR A (18. - 24.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.07 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 89.: Povrće – 18. - 24.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.48 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.19 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.34 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.01 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 90.: Voće – 18. - 24.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.34 μ Sv/ h Prosjek: 0.17 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (18. - 24.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 91.: Povrće – 18. - 24.svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.53 µSv/ h Prosjek: 0.19 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.07 µSv/ h	0.07 µSv/ h

Tablica 92.: Voće - 18. – 24. svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.2 µSv/ h Prosjek: 0.15 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (18. - 24.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.20 µSv/ h	0.21 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.27 µSv/ h

Tablica 93.: Povrće – 18. - 24.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.68 µSv/ h Prosjek: 0.21 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.01 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 94.: Voće – 18. - 24.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.08 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.14 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

TRŽNICA (18.-24.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.06 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.01 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.07 µSv/ h

Tablica 95.: Povrće – 18.-24.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.86 µSv/ h Prosjek: 0.11 µSv/ h

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.13 µSv/ h	0.07 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h

Tablica 96.: Voće – 18.-24.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.6 µSv/ h Prosjek: 0.16 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR A (25. - 31.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 97.: Povrće – 25. - 31.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.74 µSv/ h Prosjek: 0.22 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.34 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.01 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 98.: Voće – 25. - 31.svibnja 2015. A

Ukupna suma: 1.48 μ Sv/ h Prosjek: 0.19 μ Sv/ h

TRGOVAČKI CENTAR B (25. - 31.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.27 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.06 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 99.: Povrće – 25. - 31.svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.32 µSv/ h Prosjek: 0.17 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.48 µSv/ h	0.34 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.20 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.13 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 100.: Voće - 25. – 31. svibnja 2015. B

Ukupna suma: 1.81 µSv/ h Prosjek: 0.23 µSv/ h

TRGOVAČKI CENTAR C (25. - 31.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.06 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.20 µSv/ h	0.27 µSv/ h	0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 101.: Povrće – 25. - 31.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.46 µSv/ h Prosjek: 0.18 µSv/ h

BANANA	LIMUN	EKO LIMUN	JABUKA
0.20 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.13 µSv/ h	0.27 µSv/ h
MANGO	POMELO	KOKOS	ANANAS
0.07 µSv/ h	0.06 µSv/ h	0.01 µSv/ h	0.13 µSv/ h

Tablica 102.: Voće – 25. - 31.svibnja 2015. C

Ukupna suma: 1.0 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

TRŽNICA (25.-31.svibnja 2015.)

BIJELI LUK	CRVENI LUK	MRKVA	BLITVA
0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.01 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.01 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
PERŠIN	KRUMPIR	SALATA	CELER
0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 103.: Povrće – 25.-31.svibnja 2015. T

Ukupna suma: 0.8 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.1 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

JABUKA	JABUKA	JABUKA	JABUKA
0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.06 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

Tablica 104.: Voće – 25.-31.svibnja 2015. T

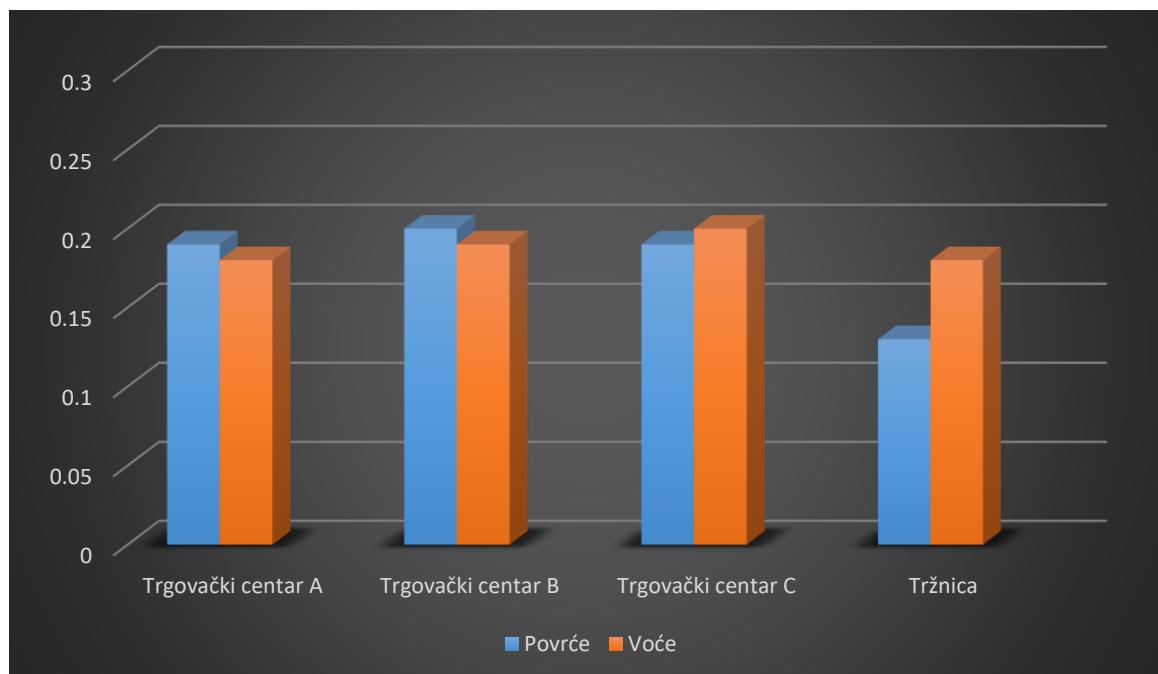
Ukupna suma: 0.59 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ Prosjek: 0.15 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

U navedenim tablicama prikazano je sustavno praćenje radioaktivnosti voća i povrća u tri različita centra iz tjedna u tjedan. Prikazano je i praćenje radioaktivnosti povrća i jabuka na tržnici.

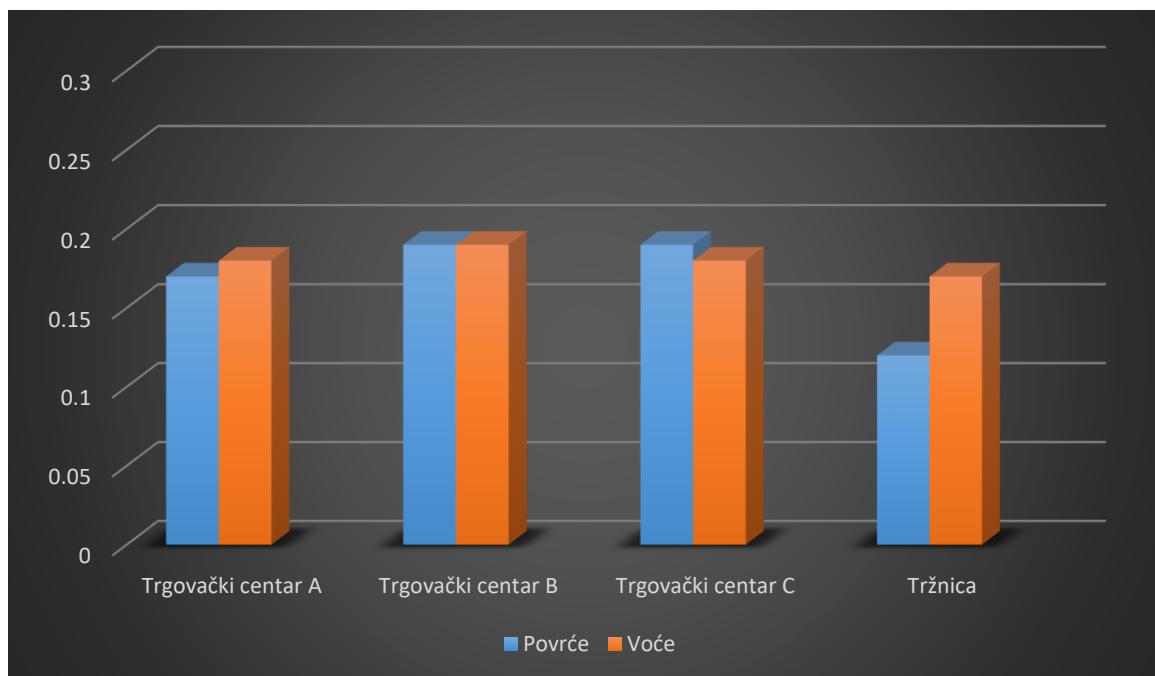
Za povrće: bijeli luk, crveni luk, mrkvu, blitvu, peršin, krumpir, salatu, celer i voće: banana, limun, eko limun, jabuku, mango, pomelo, kokos i ananas, može se iščitati iz tablica iz tjedan u tjedan koliko su iznosili $\mu\text{Sv}/\text{h}$ i iz kojeg centra potječu ili s tržnice.

Iz navedenih rezultata se iščitava da radioaktivnost ne postoji, kako u centrima, tako i na tržnici. Istraživanjem je pokazano da je voće i povrće sigurno za konzumaciju i da nema nikakve opasnosti od radioaktivnosti.

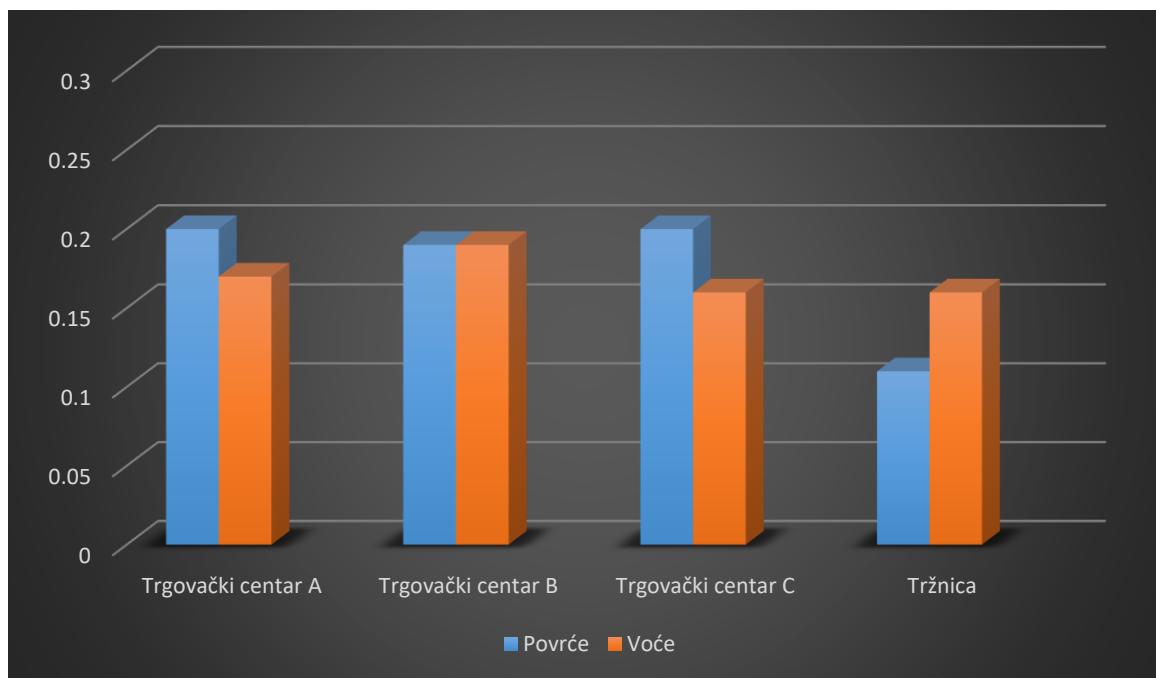
3.2. Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća



Grafikon 1.: Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća – ožujak

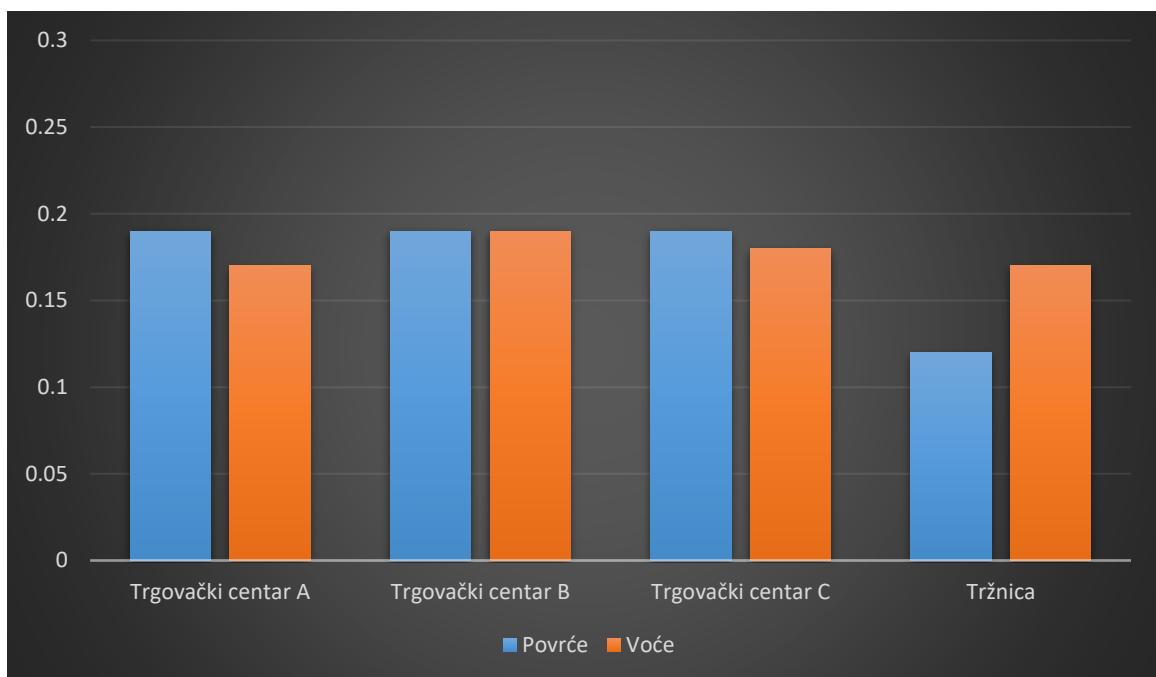


Grafikon 2.: Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća – travanj



Grafikon 3.: Mjesečno istraživanje radioaktivnosti voća i povrća – svibanj

3.3. Usporedba radioaktivnosti voća s radioaktivnosti povrća



Grafikon 4.: Usporedba radioaktivnosti voća s radioaktivnosti povrća

Grafikon broj 4 prikazuje usporedbu radioaktivnosti voća s radioaktivnosti povrća u trgovačkom centru A, B, C i tržnici.

Jasno je vidljivo da između tri centra i nema neke razlike, sve je podjednako. Eventualna razlika je oko $0,01 \mu\text{Sv}/\text{h}$ i $0,02 \mu\text{Sv}/\text{h}$. Razlika između povrća i jabuka na tržnici iznosi $0,05 \mu\text{Sv}/\text{h}$.

Istraživanjem nisu zapažene neke veće razlike između voća i povrća, i nije zapaženo da je voće i povrće izvan granica dozvoljene radioaktivnosti. Nakon sustavnog praćenja zapaženo je da radioaktivnosti nema.

4. ZAKLJUČAK

Čovjek je od svog postanka izložen zračenju iz svemira i okružen je prirodnim radioaktivnim tvarima. Efekt prirodnih radioaktivnih tvari je stalni, ali i jako slab. Nema neki preveliki utjecaj na organizam jer se nikada ne sakuplja u tijelu. Ipak, kozmičko zračenje ima veći utjecaj na polove zemlje nego na ekvatoru.

Umjetnu radioaktivnost je čovjek sam proizveo i umjetni izvori radioaktivnosti su nuklearne elektrane, razni medicinski izvori i nuklearne nesreće.

Alfa zračenje se zaustavi kad dođe na kožu i ono je najmanje prodorno, no i ono može imati opasne posljedice u slučaju ako radionuklidi koji se raspadaju za vrijeme alfa raspada budu uneseni u organizam. Oni onda oštećuju unutrašnjost mekog tkiva.

Beta zračenje je više prodornije od alfa zračenja. Njega zaustavlja aluminijski lim. Gama zračenje je najprodornije i njega samo zaustavlja sloj nekoliko centimetara debelog olova.

Radioaktivni materijal u organizam može doći putem vode, zraka ili hrane. Kada radioaktivni materijal u organizam prodre zračenjem, sam čovjek djeluje kao radioaktivni izvor. Radioaktivni materijal se dijelom zadržava u ljudskim organima, a dijelom se oslobođa iz tijela. Različiti radionuklidi različito djeluju na čovjeka.

Radioaktivnost je veoma štetna za čovjeka jer nijedno ljudsko čulo ne može osjetiti radioaktivnost. Radioaktivnost u okoliš može biti oslobođena nesretnim slučajem, kako iz prirodnih izvora, tako i iz izvora koje je stvorio čovjek.

Ukoliko je čovjek ozračen velikim dozama radioaktivnog zračenja, to može biti jako štetno za zdravlje. Također ovisi da li je ozračivanje trajalo kratko ili dugo tj. je li bilo jednokratno ili višekratno. Posljedice radioaktivnog zračenju su zdravstvene i u nekim slučajevima rezultiraju smrću ili teškim bolestima. Posljedice ne moraju biti odmah vidljive, mogu se pojaviti za deset godina i više.

Vrlo su strogi propisi o tome koliko smiju biti ozračeni ljudi koji rade s radioaktivnim izvorima, ali i stanovnici koji žive u okolini gdje se koriste ili javljaju radioaktivne tvari. Ta ograničenja vrijede samo za umjetne izvore radioaktivnosti. Ako se slučajno dogodi nuklearna nesreća, ta ograničenja više ne vrijede već se primjenjuju nova pravila zaštite.

Na području Republike Hrvatske nema nuklearnih elektrana, već samo u susjednim zemljama – Sloveniji i Mađarskoj. U slučaju nuklearne nesreće, da se oslobođi radioaktivnost u zrak ili vodu, to širenje u okoliš moglo bi ugroziti i područja Republike Hrvatske.

Zaštita od zračenja u Republici Hrvatskoj je usklađena s europskom pravnom stečevinom s područja zaštite od zračenja i ograničene izloženosti zračenja pojedinca iz zajednice.

Potrebne su stalne kontrole stanja radioaktivnosti u okolišu i da iz tih kontrola dobivaju stvarni brojevi iako su oni daleko ispod dopuštenih vrijednosti. Trebaju se kontrolirati pitke i termalne vode, radon, prehrambene namirnice... Od previše kontrole ne može biti štete već samo se može zaštiti pučanstvo.

U istraživanju radioaktivnosti voća i povrća na području Virovitice nisu zapažene nikakve abnormalnosti već je sve voće i povrće u granicama dozvoljene radioaktivnosti i u potpunosti je sigurno za konzumaciju i nema straha od radioaktivnosti i njenih posljedica na zdravlje.

Europska unija od početka ima propise o sigurnosti hrane i sigurnost hrane je jedan od glavnih prioriteta u Europi. Europska unija zahtijeva navođenje svih relevantnih informacija na etikete proizvoda.

Nuklearna energetika ima svojih mana, ali sve više će prevladavati nuklearne opcije ako zalihe fosilnih goriva opadnu i njihova cijena vrtoglavo poraste. Najvjerojatnije će i u Republici Hrvatskoj potreba za električnom energijom biti sve veća i neminovno će se morati izgraditi nuklearna elektrana.

LITERATURA

KNJIGA:

Od polja do tanjura – Sigurna hrana za europske potrošače, Delegacija Europske komisije u Republici Hrvatskoj, 2006.

Havranek J., Tudor Kalit M. i suradnici, Sigurnost hrane od polja do stola, Stega tisk, Zagreb, 2014.

Puntarić D., Miškulin M., Bošnir J. i suradnici, Zdravstvena ekologija, Medicinska naklada, Zagreb, 2012.

United Nations

Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), Sources, effects and risks of ionizing radiation, New York, UN, 1988.

International Atomic Energy Agency (IAEA), International basic safety standards for protection against ionizing radioation and for the safety of radioation sources, Safety Series No 115., Viena: IAEA, 1996.

ČLANAK:

Bauman A., Cesar D., Franić Z., Kovač J., Lokobauer N., Marović G. i suradnici, Rezultati mjerjenja radioaktivnosti životne sredine u Republici Hrvatskoj, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, 1998.

International Commission on Radiological Protection (ICRP), 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publiciation 60, Oxford, 1990.

Franić Z., Marović G., Lokobauer N., Prlić I., Radioaktivnost u biosferi i u profesionalnoj izloženosti u nas, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, 1999.

Šarkanj B., Kipčić D., Delaš F. i suradnici, Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani, Hrvatska agencija za hranu, 2010.

PRAVILNICI:

Pravilnik o uvjetima, načinu, mjestima te rokovima sustavnog ispitivanja i praćenja vrste i aktivnosti radioaktivnih tvari u zraku, tlu, moru, rijekama, jezerima, podzemnim vodama, krutim i tekućim oborinama, vodi za piće, hrani i predmetima opće uporabe te stambenim i radnim prostorijama, Narodne novine 60/2008

Pravilnik o granicama izlaganju ionizirajućem zračenju te o uvjetima izlaganja u posebnim okolnostima i za provedbe intervencija u izvanrednom događaju, Narodne novine, 125/2006

Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, Narodne novine, 28/2010

INTERNET IZVORI:

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost (DZRNS), www.dzns.hr, 1.6.2015.

Radioaktivnost, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>, 14.5.2015.

Voće, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Voće>, 14.5.2015.

Povrće, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Povrće>, 14.5.2015.

Izotop, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Izotop>, 14.5.2015.

Nuklid, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Nuklid>, 14.5.2015.

Definicija radioaktivnosti, <https://biljanamaric.files.wordpress.com/2012/03/brosura.pdf>, 28.5.2015.

Radioaktivno zračenje,

http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/fem/00_Radioaktivna_zracenja.pdf, 24.5.2015.

Ekvivalentna doza, http://mobileapps.wikiwand.com/hr/Ekvivalentna_doza, 23.5.2015.

BIOGRAFIJA

Zvjezdana Puškarić rođena je 24.9.1990. godine u Virovitici, Republika Hrvatska. Osnovnu školu Ivane Brlić Mažuranić završila je u Virovitici. Srednju školu Gimnaziju Petra Preradovića završila je u Virovitici 2009. godine.

Završila je Pedagoški fakultet, Evropskog Univerziteta u Brčkom 2014. godine. Akademске 2014./2015. upisala je poslijediplomske magistarske studije na Pedagoškom fakultetu Evropskog univerziteta Brčko distrikt.