

OSNOVNA ŠOLA ŠALEK VELENJE
Šalek 87, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA

RADIOAKTIVNOST

Tematsko področje: INTERDISCIPLINARNE VEDE

Avtorji:

Din Omerović, 9. razred

Žan Rovšnik, 9. razred

Erik Lamot 9. razred

Mentor:

Dr. Igor Košak

Velenje, 2026

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Šalek Velenje.

Mentor: Dr. Igor Košak

Datum predstavitve: marec 2026

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Osnovna šola Šalek Velenje, šolsko leto 2025/2026

KG radioaktivnost/sevanje/Šalek z okolico

AV OMEROVIĆ, Din/ROVŠNIK, Žan/LAMOT, Erik

SA KOŠAK Igor

KZ 3320 Velenje, SLO, Šalek 87

ZA Osnovna šola Šalek Velenje

LI 2026

IN **RADIOAKTIVNOST**

TD Raziskovalna naloga

OP VII, 40 str., 8 tab., 17 sl., 5 grafov, 1 pril., 21 vir.

IJ SL

JI sl/en

AI V raziskovalni nalogi z naslovom Radioaktivnost smo obravnavali temeljne značilnosti radioaktivnosti. Vemo, da je radioaktivnost pojav, pri katerem nestabilna atomska jedra razpadajo in pri tem oddajajo energijo ter delce. Radioaktivno sevanje pa je energija, ki nastaja pri razpadu nestabilnih atomskih jeder in se širi v prostor v obliki delcev ali elektromagnetnega valovanja. Delimo ga na alfa, beta in gama sevanje, pri čemer lahko vpliva na snov in živa bitja. V teoretičnem delu smo podrobneje raziskovali, kaj je radioaktivnost, njene vrste ter uporabo v vsakdanjem življenju in znanosti. Predstavili smo ionizirajoče sevanje in njegove oblike, kot so alfa, beta in gama sevanje, ter plin radon, njegovo prisotnost v okolju in razloge zanjo. Obravnavali smo tudi naravno ozadje sevanja in pomembne znanstvenike, povezane z razvojem spoznanj o radioaktivnosti. V praktičnem delu smo predstavili Geigerjeve števec in enote za merjenje sevanja ter izvedli meritve na različnih lokacijah, v mestu in na podeželju. Izmerjene vrednosti smo primerjali med seboj in z naravnim ozadjem sevanja. Na koncu smo z anketo raziskali znanje o radioaktivnem sevanju pri učencih 8. in 9. razreda.

KEY WORD DOCUMENTATION

ND Osnovna šola Šalek Velenje, 2025/2026
CX radioactivity / radiation / Šalek and its surroundings
AU OMEROVIĆ, Din/ROVŠNIK, Žan/LAMOT, Erik
AA KOŠAK Igor
PP 3320 Velenje, SLO, Šalek 87
PB Osnovna šola Šalek Velenje
PY 2026
TI **RADIOACTIVITY**
DT **RESEARCH WORK**
NO VII, 40 p., 8 tabs., 17 figs., 5 graphs, 1 apps., 21 refs.
LA SL
AL sl/en

AB In the research paper entitled Radioactivity, we examined the fundamental characteristics of radioactivity. We know that radioactivity is a phenomenon in which unstable atomic nuclei decay, releasing energy and particles. Radioactive radiation is the energy produced during the decay of unstable atomic nuclei, spreading through space in the form of particles or electromagnetic waves. It is divided into alpha, beta, and gamma radiation, and it can affect matter as well as living organisms. In the theoretical part, we explored in greater detail what radioactivity is, its different types, and its applications in everyday life and science. We presented ionizing radiation and its forms, such as alpha, beta, and gamma radiation, as well as radon gas, its presence in the environment, and the reasons for it. We also discussed natural background radiation and important scientists associated with the development of knowledge about radioactivity. In the practical part, we presented Geiger counters and radiation measurement units, and conducted measurements at different locations, both in urban and rural areas. The measured values were compared with each other and with natural background radiation levels. In addition we conducted a survey to assess the knowledge of radioactive radiation among 8th and 9th grade students.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 RADIOAKTIVNOST	3
3 SEVANJE	6
4 IONIZIRAJOČE SEVANJE	12
4.1 ALFA SEVANJE	14
4.2 BETA SEVANJE	15
4.3 GAMA SEVANJE	16
4.4 RENTGENSKO SEVANJE	17
4.5 RADON	19
5 ELEKTROMAGNETNO SEVANJE	23
6 PRAKTIČNO DELO	27
6.1 NAŠE MERITVE	29
6.1.1 LOKE-ZUNAJ	29
6.1.2 LOKE-ZNOTRAJ	29
6.1.3 ŠALEK	30
6.1.4 PREMOGOVNIK VELENJE	31
7 ANALIZA ANKETE	33
8 RAZPRAVA	36
9 ZAKLJUČEK	37
10 POVZETEK	38
11 SUMMARY	39
12 VIRI	40
ZAHVALA IN PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Radioaktivnost	3
Slika 2: Henri Becquerel	5
Slika 3: Marie Currie	5
Slika 4: Pierre Currie	5
Slika 5: Ernest Rutherford	6
Slika 6: Wilhelm Conrad Röntgen	6
Slika 7: Ionizirajoče in neionizirajoče sevanje	8
Slika 8: Alfa, beta in gama sevanje	16
Slika 9: Rentgensko sevanje	18
Slika 10: Plin radon v Sloveniji	20
Slika 11: Element Radon	22
Slika 12: Merilnik sevanja BOSEAN FS-5000	27
Slika 13: Grad Šalek in del KS Šalek	30
Slika 14: Osebni arhiv E.	32
Slika 15: Osebni arhiv E.	32
Slika 16: Osebni arhiv D.	32
Slika 17: Osebni arhiv P.V.J.S.	32

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava valovnega in delčnega sevanja	6
Tabela 2: Primerjava ionizirajočega in neionizirajočega sevanja	7
Tabela 3: Primerjava alfa, beta in gama sevanja glede na različne lastnosti	16
Tabela 4: Nizkofrekvenčno in visokofrekvenčno elektromagnetno sevanje	27
Tabela 5: Meritev LOKE-ZUNAJ	29
Tabela 6: Meritev LOKE-ZNOTRAJ	30
Tabela 7: Merjenje v ŠALEKU	31
Tabela 8: Merjenje v PREMOGOVNIKU VELENJE	32

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Procentni prikaz anketirancev	32
Graf 2: Procentni prikaz odgovorov anketirancev pri tretjem vprašanju	33
Graf 3: Procentni prikaz odgovorov pri vprašanju <i>Kaj je Radon?</i>	34
Graf 4: Procentni prikaz odgovorov pri devetem vprašanju	35
Graf 5: Procentni prikaz razumevanja teme <i>sevanje</i> pri anketiranih	35

SEZNAM PRILOG

PRILOGA 1: Anketni vprašalnik

1 UVOD

S sevanjem se ljudje srečujemo vsak dan, čeprav ga s prostim očesom ne moremo zaznati. Prisotno je v naravi, v zraku, vodi, zemlji in celo v človeškem telesu.¹ Poleg naravnih virov radioaktivnosti obstajajo tudi umetni viri, ki jih je ustvaril človek in se uporabljajo predvsem v medicini, industriji, znanosti in energetiki. Zaradi široke razširjenosti radioaktivnosti v okolju je pomembno, da razumemo, kaj ta pojav je in kaj pomeni ter kakšen vpliv ima na naše življenje.

Radioaktivnost je fizikalni pojav, pri katerem nestabilna atomska jedra spontano razpadajo in pri tem oddajajo energijo v obliki sevanja.² To sevanje ima različne lastnosti in lahko prodre skozi snovi. Glede na vrsto sevanja in stopnjo izpostavljenosti so ti vplivi različni, koristni ali škodljivi.

V določenih primerih ima radioaktivno sevanje zelo pomembno in dobro vlogo. Uporablja se v medicini pri zdravljenju rakavih obolenj, pri rentgenskem slikanju ter v jedrskih elektrarnah za proizvodnjo električne energije.³ Kljub temu pa je radioaktivno sevanje lahko tudi nevarno, saj lahko prevelika izpostavljenost povzroči zdravstvene težave in v hujših primerih tudi smrt.

V preteklosti ljudje radioaktivnosti niso poznali in se niso zavedali njenih učinkov. Šele konec 19. stoletja so znanstveniki odkrili, da nekatere snovi oddajajo nekakšno nevidno energijo.⁴ To odkritje je močno vplivalo na razvoj fizike, kemije in medicine ter omogočilo boljše razumevanje zgradbe atoma.

Namen te raziskovalne naloge je predstaviti radioaktivnost, njeno odkritje, različne vrste sevanja ter vpliv sevanja na ljudi in okolje. Namenjena je razlagi ionizirajočega in neionizirajočega sevanja, elektromagnetnega sevanja, rentgenskega in ultravijoličnega sevanja ter radioaktivnega plina radona, ki predstavlja enega najpomembnejših naravnih virov sevanja v bivalnem okolju in pripomore našemu raziskovalnemu delu.

¹ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

² https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

³ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁴ <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

Cilj naloge je, da bralec razume osnovne pojme, povezane z radioaktivnostjo, ter spozna tako pozitivno kot negativno plat le te in kakšna je razlika radioaktivnosti v mestu in na podeželju.

HIPOTEZE

Pred začetkom raziskovalne naloge smo si postavili naslednje hipoteze.

Hipoteza 1:

Raven naravnega ozadja sevanja se razlikuje med mestnim in podeželskim območjem v prid mesta.

Z Geigerjevim števcem bomo izvedli meritve na več lokacijah v mestu in na podeželju. Na vsaki lokaciji bomo opravili več zaporednih meritev in izračunali povprečno vrednost.

Hipoteza 2:

V okolici Premogovnika Velenje bo sevanje večje kot drugje ampak to ne bo tako dobro vidno zaradi premikajočega merjenja po rovih.

Z Geigerjevim števcem bomo izvedli meritve in jih primerjali s tistimi v mestu in na podeželju.

Hipoteza 3:

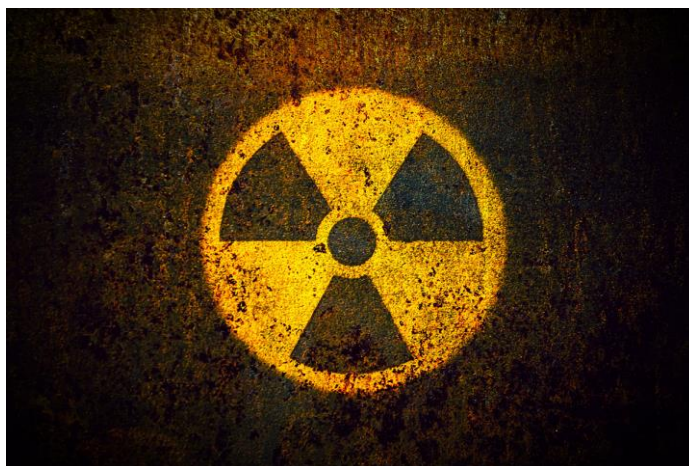
Učenci 8. in 9. razreda se dobro zavedajo vpliva sevanja na nas in vedo kaj je plin radon.

Z anketo bomo dokazali, da učenci poznajo sevanje na splošno, različne vrste sevanja in kaj je to radon.

2 RADIOAKTIVNOST

Radioaktivnost je naravni fizikalni pojav, pri katerem nestabilna atomska jedra razpadajo in pri tem oddajajo energijo v obliki sevanja.⁵ Atomi so osnovni gradniki snovi in so sestavljeni iz atomskega jedra, v katerem so protoni in nevtroni ter elektroni, ki krožijo okoli jedra. Pri večini atomov je jedro stabilno, pri nekaterih pa ni, zato pride do radioaktivnega razpada.

Nestabilna atomska jedra se sčasoma spontano spremenijo v stabilnejša jedra. Med tem procesom oddajajo različne vrste sevanja, ki jih imenujemo radioaktivno sevanje.⁶ Pomembno je poudariti, da radioaktivnega razpada ne moremo ustaviti ali pospešiti z zunanjimi vplivi, kot so temperatura, tlak ali kemične reakcije.⁷ Hitrost razpada je odvisna od posameznega radioaktivnega elementa.



Slika 1: Radioaktivnost

Radioaktivnost se pojavlja v okolju naravno, saj so nekateri elementi, kot so uran, torij in radij, prisotni v Zemljini skorji že od nastanka Zemlje.⁸ Poleg naravne radioaktivnosti pa poznamo tudi umetno radioaktivnost, ki jo je ustvaril človek. Do nje pride v jedrskih reaktorjih, pospeševalnikih delcev in pri nekaterih medicinskih postopkih.

⁵ <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

⁶ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁷ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁸ <https://www.esvet.si/jedrska-energija/pomen-jedrske-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini>

Pri radioaktivnem razpadu se sproščajo različne vrste sevanja, najpogosteje alfa, beta in gama sevanje.⁹ Alfa sevanje ima majhno prodornost, beta sevanje je bolj prodorno, gama sevanje pa je najbolj prodorno in zahteva posebno zaščito.

Radioaktivno sevanje lahko ionizira atome, kar pomeni, da iz njih izbije elektrone.¹⁰ Ta proces lahko povzroča spremembe v molekulah in celicah, kar je lahko nevarno za živa bitja, zlasti ob dolgi ali močni izpostavljenosti. Kljub nevarnostim ima radioaktivnost tudi številne koristne uporabe, predvsem v medicini, industriji in energetiki. Pomemben pojem pri radioaktivnosti je razpolovna doba, ki pove, v kolikšnem času razpade polovica radioaktivnih atomov določene snovi.¹¹

Radioaktivnost ima pomembno mesto v sodobnem svetu, vendar zahteva odgovorno uporabo in dosledno upoštevanje varnostnih ukrepov. Nepravilna uporaba radioaktivnih virov lahko povzroči resne posledice za zdravje ljudi in okolja.

Radioaktivnost je bila odkrita konec 19. stoletja, v času, ko so znanstveniki intenzivno raziskovali zgradbo snovi in lastnosti različnih vrst sevanja. Do odkritja radioaktivnosti je prišlo povsem po naključju, kar je v znanosti precej pogosto. Odkritje je pomembno zaznamovalo razvoj fizike in kemije ter odprlo nova področja raziskovanja.

Leta 1896 je francoski fizik Henri Becquerel raziskoval fosforescenco, pojav, pri katerem snovi po osvetlitvi oddajajo svetlobo. Med poskusi je uporabljal uranove soli, ki jih je polagal na fotografske plošče, ovite v črn papir. Pričakoval je, da bo do osvetlitve plošč prišlo le, če bodo soli izpostavljene sončni svetlobi. Vendar je opazil, da so se fotografske plošče potemnele tudi takrat, ko niso bile izpostavljene svetlobi.¹² Becquerel je ugotovil, da uranove soli oddajajo nevidno sevanje, ki prodira skozi papir in vpliva na fotografske plošče. To sevanje ni bilo odvisno od zunanjih pogojev, kot so svetloba ali temperatura, kar je pomenilo, da prihaja neposredno iz same snovi. S tem je dokazal, da nekateri elementi spontano oddajajo energijo, kar je bil prvi dokaz radioaktivnosti.¹³

⁹ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

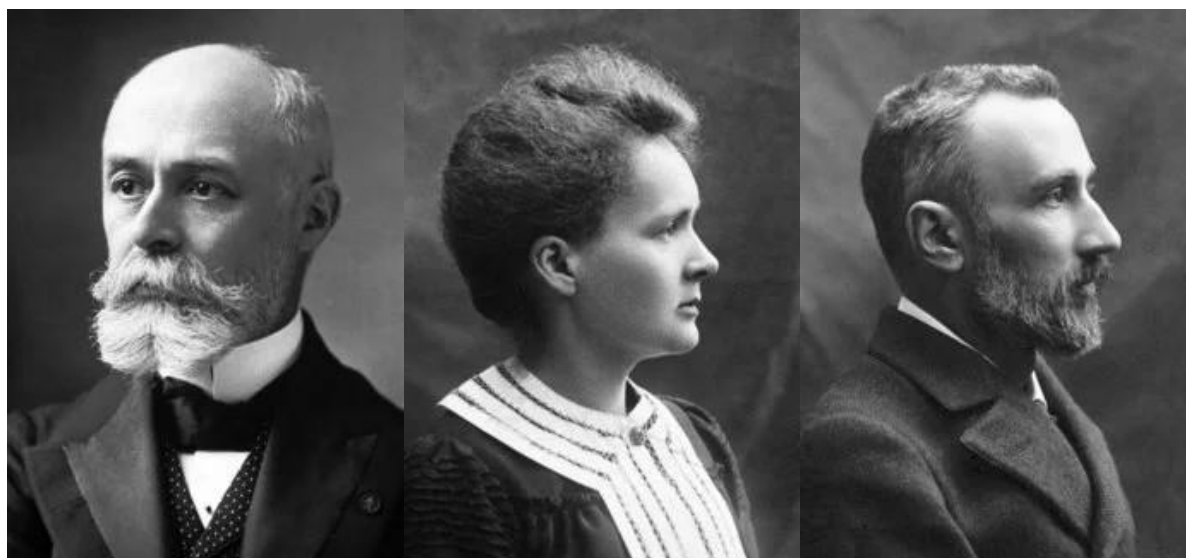
¹⁰ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

¹¹ <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

¹² <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

¹³ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

Po Becquerelovem odkritju sta raziskovanje radioaktivnosti nadaljevala Marie in Pierre Curie. Pri svojih raziskavah sta ugotovila, da radioaktivnost ni lastnost molekul, temveč atomov. To je bilo zelo pomembno spoznanje, saj je pomenilo, da se dogajanje odvija v atomskem jedru.



Slika 2: Henri Becquerel

Slika 3: Marie Curie

Slika 4: Pierre Curie

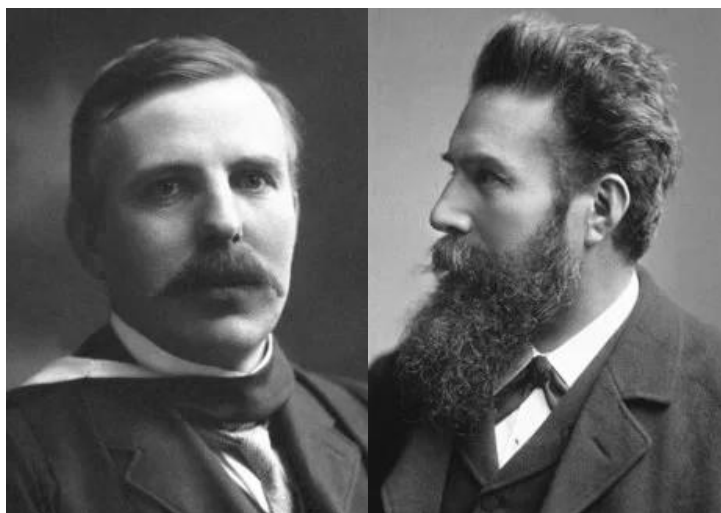
Marie Curie je za svoje delo uvedla tudi izraz »radioaktivnost«, ki se uporablja še danes. Njene raziskave so močno prispevale k razumevanju radioaktivnih pojavov in so imele velik vpliv na razvoj znanosti in medicine. Za svoje znanstveno delo je prejela dve Nobelovi nagradi, kar jo uvršča med najpomembnejše znanstvenike v zgodovini.¹⁴

Odkritje radioaktivnosti je spremenilo do takrat znane pojme o atomu, saj so znanstveniki spoznali, da atom ni nedeljiv delec, kot so sprva verjeli. Raziskave radioaktivnosti so pripeljale do razvoja jedrske fizike in omogočile uporabo radioaktivnih snovi v medicini, industriji in energetiki. Hkrati pa so pokazale tudi nevarnosti, ki jih prinaša nepravilna uporaba radioaktivnih snovi.¹⁵

¹⁴ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

¹⁵ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

Pomemben prispevek k razvoju jedrske fizike je imel tudi Ernest Rutherford. S svojimi raziskavami radioaktivnega razpada je razložil pojma razpolovne dobe in vrste radioaktivnega sevanja. Njegovi poskusi so pripeljali do modela atoma z majhnim, gostim jedrom, kar je bistveno spremenilo dotedanje razumevanje zgradbe atoma.¹⁶



Slika 5: Ernest Rutherford

Slika 6: Wilhelm Conrad Röntgen

Med pomembne raziskovalce se uvršča tudi Wilhelm Conrad Röntgen, ki je leta 1895 odkril novo vrsto sevanja, danes znano kot rentgensko sevanje. Čeprav rentgensko sevanje ni posledica radioaktivnega razpada, je njegovo odkritje močno prispevalo k razvoju raziskav sevanja in razumevanju vpliva sevanja na snov. Röntgenovo odkritje je omogočilo razvoj diagnostičnih metod v medicini, predvsem rentgenskega slikanja.¹⁷

Delo teh raziskovalcev je postavilo temelje sodobnemu razumevanju radioaktivnosti in sevanja. Njihova odkritja se danes uporabljajo na številnih področjih, od medicine in industrije do energetike in znanstvenih raziskav, hkrati pa so opozorila na potrebo po varnem in odgovornem ravnanju z radioaktivnimi snovmi.

¹⁶ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

¹⁷ https://www.labor.nc.gov/radiation-ionizing-and-non-ionizing?utm_source=chatgpt.com

3 SEVANJE

Sevanje je pojav, pri katerem se energija širi skozi prostor ali snov v obliki delcev ali valovanja. Sevanje je lahko naravnega ali umetnega izvora in je prisotno povsod v okolju, tudi tam, kjer ga ne zaznamo neposredno s čutili. Sončna svetloba, toplota, radijski valovi in radioaktivno sevanje so primeri različnih vrst sevanja, s katerimi se srečujemo v vsakdanjem življenju.¹⁸

Glede na način prenosa energije delimo sevanje na delčno in valovno. Pri delčnem sevanju se energija prenaša z delci, kot so alfa in beta delci, pri valovnem sevanju pa v obliki elektromagnetnih valov, kamor spadajo radijski valovi, mikrovalovi, infrardeče sevanje, vidna svetloba, ultravijolično sevanje, rentgensko in gama sevanje.¹⁹

Tabela 1: Primerjava valovnega in delčnega sevanja.

Lastnost	Valovno sevanje	Delčno sevanje
Način širjenja	Širi se v obliki elektromagnetnih valov	Sestavljeno je iz snovnih delcev
Masa	Nima mase	Ima maso
Električni naboj	Nima naboja	Lahko ima pozitiven, negativen ali nevtralen naboj
Hitrost	Širi se s svetlobno hitrostjo	Hitrost je manjša od svetlobne
Primeri	Gama, rentgensko, UV, vidna svetloba	Alfa, beta, nevtroni
Prodornost	Odvisna od energije (gama zelo prodorna)	Različna (alfa malo, beta srednje)
Vpliv na snov	Lahko povzroča ionizacijo (pri visoki energiji)	Pogosto povzroča neposredno ionizacijo

Sevanje se med seboj razlikuje po energiji, prodornosti in vplivu na snov. Nekatere vrste sevanja imajo majhno energijo in niso nevarne za ljudi, druge pa imajo zelo veliko energijo in lahko povzročijo spremembe v snovi ter poškodbe živih celic. Prav zaradi teh razlik je pomembno, da vrste sevanja dobro poznamo in razumemo njihove lastnosti.²⁰

Posebej pomembna delitev sevanja je na ionizirajoče in neionizirajoče sevanje. Ionizirajoče sevanje ima dovolj energije, da iz atomov izbije elektrone in s tem povzroči ionizacijo snovi.²¹ Neionizirajoče sevanje pa nima dovolj energije za ionizacijo atomov, vendar lahko ob večjih jakostih povzroča segrevanje ali druge učinke na človeško telo.²²

¹⁸ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

¹⁹ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

²⁰ <https://zsssaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

²¹ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

²² <https://www.esvet.si/jedrska-energija/pomen-jedrsk-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini>

Tabela 2: Primerjava ionizirajočega in neionizirajočega sevanja.

Lastnost	Ionizirajoče sevanje	Neionizirajoče sevanje
Energija	Visoka	Nizka do srednja
Ionizacija atomov	Da	Ne
Vpliv na DNK	Lahko poškoduje DNK	Običajno ne poškoduje DNK
Nevarnost	Večja, zahteva zaščito	Manjša, a ob močnih virih lahko škodljiva
Primeri	Alfa, beta, gama, rentgensko	Radijski valovi, mikrovalovi, infrardeče
Uporaba	Radioterapija, rentgen, industrija	Komunikacija, ogrevanje, medicinska diagnostika
Potrebna zaščita	Svinčene zaščite, omejitev časa	Varna razdalja, nadzor moči



Slika 7: Ionizirajoče in neionizirajoče sevanje

Sevanje ima pomembno vlogo v sodobni družbi, saj omogoča številne postopke, ki jih brez njegove uporabe ne bi mogli izvajati. Tako ionizirajoče kot neionizirajoče sevanje se uporablja na različnih področjih, pri čemer so postopki strogo nadzorovani in prilagojeni varnostnim standardom.²³

Sevanje lahko vpliva na ljudi na različne načine, odvisno od vrste sevanja, časa izpostavljenosti in prejete doze. Kratkotrajna izpostavljenost manjšim količinam sevanja običajno ne povzroča kakšnih večjih težav, dolgotrajna ali močna izpostavljenost pa lahko vodi do zdravstvenih težav, kot so poškodbe tkiv, opekline ali povečana možnost za tvorbo raka.

Zaradi možnih škodljivih učinkov je uporaba virov sevanja strogo nadzorovana. V medicini, industriji in znanosti se uporabljajo natančno določeni varnostni ukrepi, ki preprečujejo prekomerno izpostavljenost ljudi sevanju. Hkrati pa se sevanje zaradi svojih lastnosti uporablja tudi v koristne namene, kot so diagnostika, zdravljenje in raziskovanje snovi.²⁴

²³ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

²⁴ <https://junaki3nadstropja.si/obsevalno-zdravljenje-ali-radioterapija/>

V industriji se sevanje uporablja predvsem za nadzor kakovosti materialov in izdelkov. Rentgensko sevanje in gama sevanje omogočata pregled notranje zgradbe predmetov brez njihovega uničenja. Tako je mogoče odkriti razpoke, napake ali nepravilnosti v kovinah, zvarih in drugih materialih.²⁵

Sevanje se uporablja tudi za merjenje debeline materialov, kot so papir, plastika in kovinske plošče. Beta sevanje je pri tem še posebej uporabno, saj njegova prodornost omogoča natančne meritve med proizvodnim procesom. S tem se poveča kakovost izdelkov in zmanjša količina odpadkov.²⁶

Poleg tega se ionizirajoče sevanje uporablja za sterilizacijo industrijskih izdelkov, zlasti medicinskih pripomočkov in embalaže. Gama sevanje učinkovito uničuje mikroorganizme, ne da bi pri tem poškodovalo material.²⁷ Sevanje se v industriji uporablja tudi pri preverjanju varnosti konstrukcij in strojev. S takšnimi pregledi povečujejo varnost in preprečujejo industrijske nesreče.²⁸

Pomembna industrijska uporaba sevanja je tudi v energetiki. V jedrskih elektrarnah se izkorišča energija, ki se sprošča pri jedrskih reakcijah. Pri tem nastaja sevanje, ki ga nadzorujejo s posebnimi zaščitnimi sistemi, da ne pride do nevarnosti za ljudi in okolje.²⁹

Sevanje se uporablja tudi pri obdelavi materialov. Z obsevanjem lahko izboljšajo lastnosti nekaterih umetnih mas, kot so trdnost, odpornost in obstojnost. Takšni postopki omogočajo izdelavo kakovostnejših materialov za avtomobilsko, gradbeno in elektronsko industrijo.³⁰

V medicini ima sevanje izjemno pomembno vlogo pri diagnostiki in zdravljenju bolezni. Rentgensko sevanje se uporablja za slikanje kosti in notranjih organov ter za odkrivanje poškodb in bolezni. Takšne preiskave omogočajo hitro in natančno postavljanje diagnoz.³¹

²⁵ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

²⁶ <https://zsssaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

²⁷ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

²⁸ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

²⁹ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

³⁰ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

³¹ https://www.labor.nc.gov/radiation-ionizing-and-non-ionizing?utm_source=chatgpt.com

Gama sevanje se uporablja v radioterapiji za zdravljenje rakavih obolenj. Z natančno usmerjenim sevanjem se uničujejo rakave celice, pri čemer se skuša čim manj poškodovati zdravo tkivo, da lahko to tkivo zaceli poškodovano.

Sevanje se uporablja tudi pri nuklearni medicini, kjer radioaktivne snovi pomagajo pri odkrivanju bolezni notranjih organov. Ti postopki so skrbno nadzorovani in se izvajajo v majhnih odmerkih, ki so za bolnika povsem varni.³²

Poleg diagnostike ima sevanje pomembno vlogo pri spremljanju poteka zdravljenja. Z različnimi slikovnimi metodami lahko zdravniki spremljajo, kako se bolezen razvija in ali je zdravljenje učinkovito. To omogoča pravočasno prilagoditev terapije in boljše rezultate zdravljenja.³³

Sevanje se uporablja tudi pri sterilizaciji medicinske opreme, kot so injekcije, povoji in kirurški instrumenti. Gama sevanje uniči mikroorganizme, ne da bi pri tem poškodovalo material, zato je takšna sterilizacija zelo zanesljiva in učinkovita.³⁴

V sodobni medicini se vse več uporablja tudi ciljano obsevanje, pri katerem sevanje deluje le na obolelo območje. S tem se zmanjšajo stranski učinki in zaščitijo zdravo tkivo. Takšni postopki predstavljajo pomemben napredek pri zdravljenju hudih bolezni.³⁵

Sevanje ima pomembno vlogo tudi v znanstvenem raziskovanju. Z uporabo rentgenskega sevanja znanstveniki preučujejo zgradbo kristalov in molekul, kar je pomembno na področjih kemije, biologije, razno raznih materialov in fizike.

V biologiji in medicinskih raziskavah se sevanje uporablja za preučevanje delovanja celic in genetskega materiala. Z nadzorovanim obsevanjem lahko znanstveniki raziskujejo vpliv sevanja na celice in razvijajo nove metode zdravljenja.³⁶

³² <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

³³ https://www.labor.nc.gov/radiation-ionizing-and-non-ionizing?utm_source=chatgpt.com

³⁴ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

³⁵ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

³⁶ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

Gama sevanje in drugi delci se uporabljajo v jedrski fiziki za raziskovanje lastnosti atomskih jeder. Takšne raziskave prispevajo k boljšemu razumevanju naravnih zakonov in razvoja novih tehnologij.³⁷

Sevanje se uporablja tudi v okoljskih raziskavah, kjer z radioaktivnimi izotopi spremljajo gibanje snovi v naravi, na primer vode ali onesnaževal. To omogoča boljše razumevanje procesov v okolju in razvoj učinkovitejših zaščitnih ukrepov.³⁸

Sevanje ima pomembno vlogo pri raziskovanju zgodovine Zemlje in življenja. Z radioaktivnimi metodami lahko znanstveniki določajo starost kamnin, fosilov in arheoloških najdb. To omogoča boljše razumevanje razvoja našega planeta in človeške zgodovine.

Sevanje se uporablja tudi v vesoljskih raziskavah. Sateliti in vesoljski teleskopi zaznavajo različne vrste sevanja iz vesolja, kar omogoča raziskovanje oddaljenih zvezd, galaksij in drugih nebesnih teles. Takšne raziskave širijo naše znanje o vesolju in njegovem nastanku.³⁹

Razumevanje sevanja je zato ključno za razumevanje radioaktivnosti in njenih vplivov. V nadaljevanju naloge bodo podrobneje predstavljene posamezne vrste sevanja, njihovi viri, lastnosti ter vplivi na ljudi in okolje.

Naravno ozadje sevanja predstavlja stalno prisotnost ionizirajočega sevanja okoli nas, ki izvira iz naravnih virov. Vsi ljudje so izpostavljeni temu sevanju. Naravno ozadje sevanja ni posledica človeštva, ampak obstaja že od nastanka Zemlje. Temu sevanju smo izpostavljeni v manjših količinah in ne predstavlja nevarnosti zdravju.

Nastaja zaradi več vrst naravnih plinov, ki so radioaktivni elementi v Zemljini skorji, kot so torij, uran in kalij-40. Ti elementi razpadajo in s tem oddajajo sevanje. Pomemben vir je tudi kozmično sevanje, ki prihaja iz vesolja do Zemljinega površja. Njegova jakost je odvisna od nadmorske višine, večja je na višjih nadmorskih višinah. Del tega naravnega ozadja predstavlja radon, ki je radioaktiven plin, nastane pri razpadu urana v tleh.

³⁷ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

³⁸ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

³⁹ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

Pomemben vir sevanja so tudi radioaktivni izotopi v človeškem telesu in hrani, saj vsebujejo naravno prisotne radioaktivne snovi. Naravno ozadje sevanja se počasi spreminja skozi dolga časovna obdobja. V preteklosti je bila količina naravnega ozadja večja. Danes se količina razlikuje glede na nadmorsko višino in geografsko lego.

4 IONIZIRAJOČE SEVANJE

Ionizirajoče sevanje je vrsta sevanja, ki ima dovolj energije, da iz atomov ali molekul izbije elektrone in s tem povzroči ionizacijo snovi.⁴⁰ Pri tem nastajajo električno nabiti delci, imenovani ioni, kar lahko vodi do sprememb v kemijski zgradbi snovi. Prav ta lastnost ločuje ionizirajoče sevanje od neionizirajočega sevanja.

Med ionizirajoče sevanje uvrščamo alfa, beta in gama sevanje ter rentgensko sevanje.⁴¹ Alfa sevanje sestavljajo težki delci, ki imajo majhno prodornost in jih lahko zaustavi že list papirja ali zgornja plast kože. Beta sevanje je bolj prodorno in ga lahko ustavi tanjša plast kovine, medtem ko ima gama sevanje zelo veliko prodornost in zahteva posebno zaščito iz gostih materialov, kot sta svinec ali beton.

Pomembna značilnost ionizirajočega sevanja je njegova sposobnost poškodovanja živih celic. Pri prehodu skozi človeško telo lahko poškoduje celične strukture in dedni material (DNK), kar lahko povzroči mutacije ali celo odmrtnje celic.⁴² Posledice izpostavljenosti sevanju so odvisne od prejete doze, časa izpostavljenosti in občutljivosti posameznih tkiv.

Viri ionizirajočega sevanja so lahko naravni ali umetni. Med naravne vire spadajo kozmično sevanje, radioaktivni elementi v Zemljini skorji ter radioaktivni plin radon.⁴³ Umetni viri pa vključujejo medicinske naprave, kot so rentgenski aparati, ter radioaktivne snovi, ki se uporabljajo v industriji in jedrskih elektrarnah.

⁴⁰ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁴¹ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

⁴² https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁴³ <https://www.esvet.si/jedrska-energija/pomen-jedrske-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini>

Kljub nevarnostim ima ionizirajoče sevanje tudi pomembno vlogo v medicini. Uporablja se pri diagnostičnih postopkih, na primer pri rentgenskem in CT-slikanju, ter pri zdravljenju rakavih obolenj z obsevanjem.⁴⁴ Pri teh postopkih je izpostavljenost skrbno nadzorovana, da so koristi večje od morebitnih tveganj.

Za zaščito pred ionizirajočim sevanjem se uporabljajo različni zaščitni ukrepi. Med najpomembnejše spadajo zmanjšanje časa izpostavljenosti, povečanje razdalje od vira sevanja ter uporaba zaščitnih materialov. Upoštevanje teh ukrepov je ključno za varno uporabo ionizirajočega sevanja in preprečevanje škodljivih posledic.⁴⁵

Ionizirajoče sevanje se med seboj razlikuje tudi po načinu, kako oddaja energijo snovi. Nekatere vrste sevanja oddajo energijo na kratki razdalji, druge pa jo razpršijo na večjem območju. Ta lastnost je pomembna pri ocenjevanju tveganja in izbiri ustreznih zaščitnih ukrepov.

Pomemben pojem pri ionizirajočem sevanju je sevalna doza, ki pove, koliko energije sevanja je absorbiralo določeno tkivo. Doza se meri v sivertih (Sv) in je ključna za ocenjevanje vpliva sevanja na zdravje. Višja doza pomeni večjo verjetnost za škodljive učinke.

Človeško telo ima določeno sposobnost popravljanja poškodb, ki jih povzroči ionizirajoče sevanje. Celice lahko popravijo manjše poškodbe DNK, vendar pri večjih ali ponavljajočih se izpostavitvah popravljalni mehanizmi odpovejo, kar lahko vodi do trajnih posledic.

Ionizirajoče sevanje ima lahko tudi dolgoročne učinke, ki se ne pokažejo takoj po izpostavitvi. Takšni učinki se lahko pojavijo šele po več letih in vključujejo povečano tveganje za nastanek raka ali genetske spremembe, ki se lahko prenesejo na naslednje generacije.

Zaradi teh tveganj je v delovnem okolju zelo pomembno spremljanje izpostavljenosti sevanju. Osebe, ki delajo z ionizirajočim sevanjem, uporabljajo osebne dozimetre, ki merijo prejeta količino sevanja. Tako se zagotavlja, da izpostavljenost ostane znotraj dovoljenih mej.

⁴⁴ <https://junaki3nadstropja.si/obsevalno-zdravljenje-ali-radioterapija/>

⁴⁵ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

Posebno pozornost pri ionizirajočem sevanju namenjamo otrokom in nosečnicam. Njihova telesa so bolj občutljiva na sevanje, zato se medicinski postopki z uporabo sevanja izvajajo le, kadar so nujno potrebni in z najnižjo možno dozo. Raziskave ionizirajočega sevanja se nenehno razvijajo. Znanstveniki iščejo nove načine za varnejšo uporabo sevanja, izboljšujejo zaščitne metode in razvijajo tehnologije, ki zmanjšujejo izpostavljenost ljudi. To prispeva k večji varnosti in učinkovitejši uporabi sevanja v prihodnosti.

4.1 ALFA SEVANJE

Alfa sevanje je vrsta ionizirajočega sevanja, ki nastane pri radioaktivnem razpadu nekaterih težkih atomskih jeder. Pri tem razpadu iz jedra izletijo alfa delci, ki so sestavljeni iz dveh protonov in dveh nevtronov, kar pomeni, da so enaki jedru helijevega atoma.⁴⁶ Zaradi velike mase in električnega naboja imajo alfa delci veliko energijo, vendar majhno prodornost.

Alfa sevanje v zraku prepotuje le nekaj centimetrov, ustavi pa ga že list papirja ali vrhnja plast kože. Zaradi tega alfa sevanje zunaj telesa običajno ne predstavlja večje nevarnosti za zdravje.⁴⁷ Nevarno pa postane, kadar radioaktivne snovi, ki oddajajo alfa sevanje, vstopijo v telo z vdihavanjem ali zaužitjem.

V telesu alfa delci oddajo svojo energijo na zelo majhnem območju, kar lahko povzroči resne poškodbe celic in tkiv. Dolgotrajna izpostavljenost lahko poveča tveganje za nastanek rakavih obolenj, zlasti pljučnega raka.⁴⁸

Alfa sevanje ima tudi praktične uporabe. Uporablja se v nekaterih detektorjih dima ter v medicini pri posebnih oblikah zdravljenja, kjer je potrebna zelo natančna usmeritev sevanja.⁴⁹

Alfa sevanje ima pomembno vlogo pri razumevanju radioaktivnih razpadov v naravi. Veliko naravnih radioaktivnih elementov, kot sta uran in radij, razpada prav z oddajanjem alfa delcev. Ti procesi potekajo že milijarde let in so pomembni za razumevanje starosti Zemlje in kamnin.⁵⁰

⁴⁶ <https://zsssaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

⁴⁷ <https://zsssaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

⁴⁸ <https://www.radiestezija.com/radiestezija-skodljiva-sevanja>

⁴⁹ <https://www.zytekn.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

⁵⁰ <https://zsssaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

Zaradi majhne prodornosti se alfa sevanje pogosto uporablja v znanstvenih raziskavah, kjer je potrebna natančna lokalna obdelava snovi. Njegova lastnost, da hitro odda energijo, omogoča uporabo v posebnih medicinskih postopkih, kjer sevanje deluje le na zelo omejenem območju.⁵¹

4.2 BETA SEVANJE

Beta sevanje je ionizirajoče sevanje, ki nastane pri radioaktivnem razpadu atomskih jeder, ko se iz jedra sprosti elektron ali pozitron. Beta delci so bistveno lažji od alfa delcev, zato se gibljejo hitreje in imajo večjo prodornost.⁵² Beta sevanje lahko v zraku potuje nekaj metrov in prodre skozi tanjše plasti snovi. Ustavi ga lahko plastika, steklo ali tanek sloj kovine. Ob neposredni izpostavljenosti lahko beta sevanje povzroči poškodbe kože in površinska sevalna obolenja.⁵³

Vpliv beta sevanja na zdravje je odvisen od trajanja in jakosti izpostavljenosti. Pri daljši izpostavljenosti lahko poškoduje celice in poveča tveganje za nastanek rakavih obolenj, zato so pri delu z beta sevanjem potrebni zaščitni ukrepi.⁵⁴

Beta sevanje se uporablja v medicini za zdravljenje določenih bolezni ter v industriji za nadzor debeline materialov in preverjanje kakovosti izdelkov.⁵⁵

Beta sevanje ima pomembno vlogo pri naravni radioaktivnosti okolja. Prisotno je v nekaterih naravnih radioaktivnih snoveh in tudi v sledovih v hrani, vodi ter zraku. Človeško telo je zato vsakodnevno izpostavljeno zelo majhnim količinam beta sevanja, ki običajno ne predstavljajo nevarnosti.⁵⁶

V tehniki in znanosti se beta sevanje uporablja tudi za raziskovanje lastnosti materialov. Zaradi srednje prodornosti je primerno za natančno merjenje tankih plasti, kar je pomembno v industriji pri izdelavi papirja, kovin in umetnih mas.⁵⁷

⁵¹ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

⁵² <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

⁵³ <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

⁵⁴ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

⁵⁵ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

⁵⁶ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

⁵⁷ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

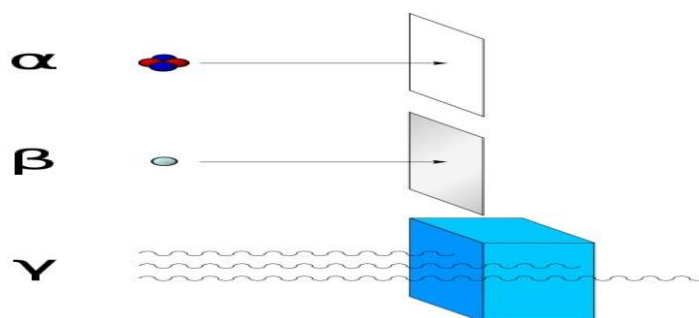
4.3 GAMA SEVANJE

Gama sevanje je elektromagnetno ionizirajoče sevanje z zelo veliko energijo in izjemno prodornostjo. Nastane pri radioaktivnem razpadu atomskih jeder in pri jedrskih reakcijah. Gama žarki nimajo mase in električnega naboja, zato lahko zelo učinkovito prodrejo skozi snov.⁵⁸

Za zmanjšanje intenzitete gama sevanja so potrebni debeli sloji svinca ali betona. Zaradi velike prodornosti je gama sevanje nevarno tudi zunaj telesa, saj lahko poškoduje notranje organe in tkiva.⁵⁹

Zdravstveni učinki gama sevanja so močno odvisni od prejete doze. Visoke doze lahko povzročijo hude poškodbe celic, sevalno bolezen in povečano tveganje za nastanek raka. Zaradi tega se pri delu z gama sevanjem uporabljajo strogi varnostni predpisi.⁶⁰ Kljub tveganjem ima gama sevanje pomembne in koristne uporabe. V medicini se uporablja pri radioterapiji za zdravljenje rakavih obolenj ter pri sterilizaciji medicinske opreme. Pomembno vlogo ima tudi v znanstvenih raziskavah.⁶¹

Gama sevanje ima pomembno vlogo v raziskovanju vesolja. Gama žarki nastajajo pri izjemnih energijskih procesih, kot so eksplozije supernov in delovanje črnih lukenj. S spremljanjem gama sevanja znanstveniki pridobivajo informacije o najbolj ekstremnih pojavih v vesolju.⁶²



Slika 8: Alfa, beta in gama sevanje.

⁵⁸ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁵⁹ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁶⁰ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

⁶¹ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

⁶² https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

Tabela 3: Primerjava alfa, beta in gama sevanja glede na različne lastnosti.

Lastnost	Alfa sevanje	Beta sevanje	Gama sevanje
Vrsta sevanja	Delci (jedra helija)	Delci (elektroni/pozitroni)	Elektromagnetno sevanje
Masa	Velika	Majhna	Brez mase
Električni naboj	Pozitiven	Negativen ali pozitiven	Brez naboja
Prodornost	Zelo majhna	Srednja	Zelo velika
Zaščita	Papir, koža	Plastika, steklo	Svinec, beton
Nevarnost zunaj telesa	Majhna	Srednja	Velika
Nevarnost znotraj telesa	Zelo velika	Velika	Zelo velika
Primer uporabe	Detektorji dima	Medicina, industrija	Radioterapija

4.4 RENTGENSKO SEVANJE

Rentgensko sevanje je vrsta elektromagnetnega sevanja z zelo kratko valovno dolžino in veliko energijo. Zaradi teh lastnosti spada med ionizirajoče sevanje in ima sposobnost prodiranja skozi različne snovi.⁶³ Njegova prodornost je večja kot pri ultravijoličnem sevanju, vendar manjša kot pri gama sevanju.

Rentgensko sevanje je leta 1895 odkril nemški fizik Wilhelm Conrad Röntgen. Med raziskovanjem katodnih žarkov je opazil, da neznano sevanje prodira skozi neprozorne snovi in povzroča fluorescenco na posebnih zaslonih. Ker narave tega sevanja sprva ni poznal, ga je poimenoval rentgensko sevanje oziroma X-sevanje.⁶⁴

Röntgenovo odkritje je imelo izjemen pomen, saj je kmalu postalo jasno, da se rentgensko sevanje lahko uporablja za opazovanje notranjosti telesa brez kirurškega posega. Že kmalu po odkritju so rentgenske žarke začeli uporabljati v medicini za slikanje kosti in notranjih organov. Za svoje odkritje je Röntgen prejel prvo Nobelovo nagrado za fiziko.⁶⁵

Rentgensko sevanje nastane, ko zelo hitri elektroni trčijo ob kovinsko tarčo in se pri tem močno upočasnijo. Pri tem se del njihove energije pretvori v rentgensko sevanje. Ta proces poteka v rentgenskih ceveh, ki so osnova vseh rentgenskih naprav v medicini in industriji.⁶⁶

⁶³ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁶⁴ https://www.labor.nc.gov/radiation-ionizing-and-non-ionizing?utm_source=chatgpt.com

⁶⁵ https://www.labor.nc.gov/radiation-ionizing-and-non-ionizing?utm_source=chatgpt.com

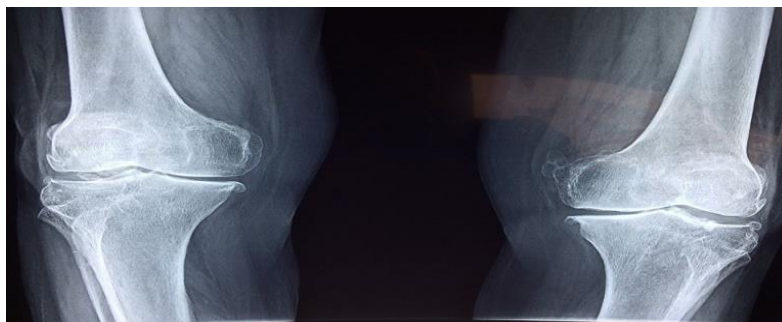
⁶⁶ <https://junaki3nadstropja.si/obsevalno-zdravljenje-ali-radioterapija/>

Zaradi svoje velike prodornosti lahko rentgensko sevanje prehaja skozi mehka tkiva, medtem ko ga trša tkiva, kot so kosti, bolj absorbirajo. Prav ta lastnost omogoča nastanek kontrastnih rentgenskih slik, ki zdravnikom pomagajo pri postavljanju diagnoz.⁶⁷

Kljub koristni uporabi ima rentgensko sevanje tudi škodljive učinke. Ker gre za ionizirajoče sevanje, lahko ob preveliki izpostavljenosti poškoduje celice in dedni material. Zato se pri uporabi rentgenskih naprav upoštevajo strogi varnostni ukrepi, kot so omejevanje časa izpostavljenosti, uporaba zaščitnih predpasnikov iz svinca in nadzor nad prejeto dozo sevanja.⁶⁸

Rentgensko sevanje se poleg medicine uporablja tudi v industriji, na primer za preverjanje kakovosti materialov, odkrivanje razpok v kovinah in pregledovanje prtljage na letališčih. Uporablja se tudi v znanstvenih raziskavah za preučevanje zgradbe kristalov in snovi na atomski ravni.⁶⁹

Rentgensko sevanje je torej zelo pomembna oblika elektromagnetnega sevanja, ki ima številne koristne uporabe, vendar zahteva odgovorno in nadzorovano uporabo. Njegovo odkritje je pomembno prispevalo k razvoju sodobne medicine, znanosti in tehnologije ter bistveno izboljšalo kakovost življenja ljudi.



Slika 9: Rentgensko sevanje

⁶⁷ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁶⁸ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

⁶⁹ <https://www.zytekno.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/>

4.5 RADON

Radon je radioaktiven plin, ki nastaja pri naravnem razpadu radioaktivnih elementov v zemeljski skorji. Je brez barve, vonja in okusa, zato ga s človeškimi čutili ne moremo zaznati. Kljub temu predstavlja pomemben dejavnik radioaktivnosti v bivalnem okolju, saj lahko ob dolgotrajni izpostavljenosti negativno vpliva na zdravje ljudi.⁷⁰

Radon nastaja kot produkt razpada urana in torija, ki sta naravno prisotna v kamninah in tleh. Med razpadom teh elementov se sproščajo radioaktivni delci, med njimi tudi radon, ki kot plin lahko prehaja iz tal v zrak. Zaradi svoje plinaste oblike se radon lahko kopiči v zaprtih prostorih, zlasti v kletih in pritličnih prostorih stavb.⁷¹

Radon je del naravne radioaktivnosti, ki nas obdaja ves čas. V manjših količinah je prisoten povsod v okolju, tako na prostem kot v zaprtih prostorih. Največje koncentracije radona se pojavljajo v zaprtih prostorih, kjer je prezračevanje slabše in kjer ima plin več možnosti za kopičenje.⁷²

Posebnost radona je, da razpada naprej v druge radioaktivne snovi, imenovane razpadni produkti radona. Ti se lahko vežejo na prašne delce v zraku, ki jih ljudje vdihavamo. Prav ti razpadni produkti so glavni vzrok škodljivih vplivov radona na zdravje, saj se lahko odlagajo v pljučih.⁷³

Koncentracija radona v prostoru je odvisna od več dejavnikov. Pomembno vlogo imajo vrsta tal in kamnin, iz katerih je zgrajeno območje, način gradnje stavbe, razpoke v temeljih ter učinkovitost prezračevanja. Stavbe, zgrajene na območjih z večjo vsebnostjo urana v tleh, imajo praviloma višje koncentracije radona.⁷⁴

⁷⁰ <https://www.radiesteziija.com/radiesteziija-skodljiva-sevanja>

⁷¹ <https://www.radiesteziija.com/radiesteziija-skodljiva-sevanja>

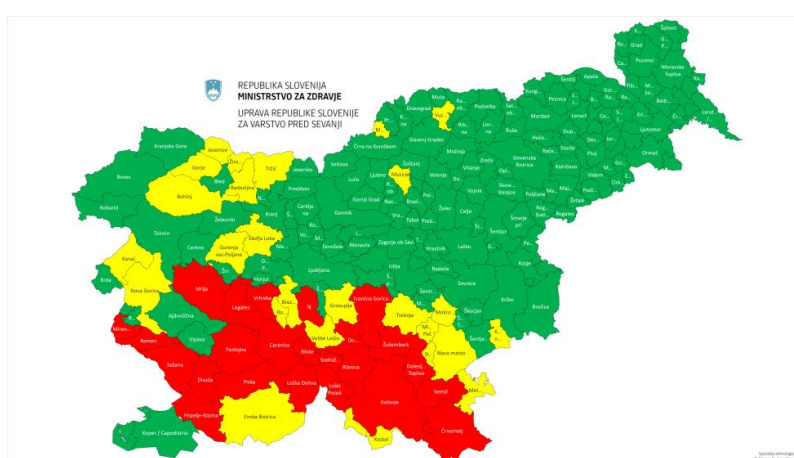
⁷² <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

⁷³ <https://www.radiesteziija.com/radiesteziija-skodljiva-sevanja>

⁷⁴ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

Radon lahko vstopa v stavbe skozi razpoke v tleh, špranje okoli cevi, jaške, odtoke in druge odprtine. Ker je nekoliko težji od zraka, se pogosto zadržuje v nižjih delih stavb, kot so kleti. Slabo prezračeni prostori so zato bolj izpostavljeni kopičenju radona.⁷⁵

Plin je pomemben predvsem zato, ker je eden glavnih virov naravne izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju pri ljudeh. Po podatkih raziskav predstavlja radon največji delež naravne sevalne obremenitve prebivalstva.⁷⁶ Zaradi tega je poznavanje radona in njegovih lastnosti zelo pomembno za varovanje zdravja.



Slika 10: Plin radon v Sloveniji.

Radon predstavlja tveganje za zdravje predvsem zaradi svojih radioaktivnih razpadnih produktov, ki oddajajo alfa sevanje. Ko radon vdihavamo, se njegovi razpadni produkti lahko odlagajo v dihalnih poteh, kjer s sevanjem poškodujejo pljučno tkivo.⁷⁷ Dolgotrajna izpostavljenost povišanim koncentracijam radona povečuje tveganje za nastanek pljučnega raka.

Raziskave kažejo, da je radon drugi najpogostejši vzrok za nastanek pljučnega raka, takoj za kajenjem. Tveganje je še večje pri kadilcih, saj se škodljivi učinki kajenja in radona medsebojno krepijo.⁷⁸ Zaradi tega je izpostavljenost radonu še posebej nevarna v zaprtih prostorih, kjer ljudje preživimo večino časa.

⁷⁵ <https://www.radiestezija.com/radiestezija-skodljiva-sevanja>

⁷⁶ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

⁷⁷ <https://www.radiestezija.com/radiestezija-skodljiva-sevanja>

⁷⁸ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

Zdravstveni učinki radona niso takojšnji in se običajno pokažejo šele po več letih ali desetletjih izpostavljenosti. Ker radon nima vonja, barve ali okusa, se ljudje pogosto sploh ne zavedajo, da so mu izpostavljeni. Prav zaradi tega je radon še posebej nevaren in zahteva preventivne ukrepe.⁷⁹

Za zmanjševanje izpostavljenosti radonu je ključnega pomena dobra zaščita stavb. Eden najpreprostejših in najučinkovitejših ukrepov je redno in učinkovito prezračevanje prostorov, s katerim se koncentracija radona v zraku zmanjša.⁸⁰ Posebej pomembno je prezračevanje kletnih in pritličnih prostorov.

Pomemben zaščitni ukrep je tudi tesnjenje razpok v temeljih, tleh in stenah stavb, skozi katere lahko radon vstopa v notranjost. Pri novogradnjah se že v fazi načrtovanja uporabljajo posebni gradbeni ukrepi, ki preprečujejo vdor radona iz tal.⁸¹

V primerih, kjer so koncentracije radona zelo visoke, se uporabljajo tudi tehnični sistemi za odvajanje radona izpod stavbe ali iz notranjih prostorov. Ti sistemi omogočajo dolgoročno zmanjševanje koncentracije radona in s tem tudi tveganje za zdravje prebivalcev.⁸²

Poznavanje vplivov radona na zdravje in uporaba ustreznih zaščitnih ukrepov sta ključna za zmanjševanje škodljivih posledic radioaktivnosti v bivalnem okolju. Z ustreznim obveščanjem in preventivo je mogoče tveganje, povezano z radonom, učinkovito zmanjšati.

Merjenje radona je edini zanesljiv način za ugotavljanje njegove koncentracije v zaprtih prostorih, saj radona s človeškimi čutili ni mogoče zaznati. Koncentracija radona se meri v bekerelih na kubični meter zraka (Bq/m^3), kar pomeni število radioaktivnih razpadov na sekundo v enem kubičnem metru zraka.⁸³

⁷⁹ <https://www.radiesteziija.com/radiesteziija-skodljiva-sevanja>

⁸⁰ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

⁸¹ <https://www.radiesteziija.com/radiesteziija-skodljiva-sevanja>

⁸² <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

⁸³ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

Za merjenje radona se uporabljajo posebni merilniki oziroma detektorji. Najpogosteje se uporabljajo pasivni detektorji, ki merijo povprečno koncentracijo radona v daljšem časovnem obdobju, običajno več mesecev. Takšne meritve so zanesljivejše, saj koncentracija radona ni stalna in se lahko močno spreminja glede na letni čas, vremenske razmere in prezračevanje prostora.⁸⁴

Pasivne detektorje običajno namestimo v bivalne prostore, kjer se ljudje največ zadržujejo, najpogosteje v spalnice ali dnevne sobe. Detektorji se ne smejo nameščati v kuhinje, kopalnice ali neposredno ob okna in vrata, saj bi to lahko vplivalo na rezultate meritev.⁸⁵ Poleg pasivnih detektorjev obstajajo tudi aktivni merilniki radona, ki omogočajo sprotno spremljanje koncentracije radona v prostoru. Ti merilniki so natančnejši, vendar tudi dražji, zato se pogosteje uporabljajo pri strokovnih meritvah ali raziskavah.⁸⁶



Slika 11: Element Radon.

Rezultati meritev radona se primerjajo s priporočenimi mejnimi vrednostmi. Če so izmerjene koncentracije višje od priporočenih, je potrebno sprejeti ustrezne ukrepe za zmanjšanje izpostavljenosti. Redno merjenje radona je pomembno predvsem v območjih, kjer je naravna radioaktivnost tal večja.⁸⁷

Merjenje radona predstavlja pomemben korak pri varovanju zdravja ljudi, saj omogoča pravočasno odkrivanje povišanih koncentracij in uvedbo zaščitnih ukrepov. Zavedanje o pomenu merjenja radona prispeva k zmanjševanju tveganj, povezanih z naravno radioaktivnostjo.

⁸⁴ <https://www.radiesteziija.com/radiesteziija-skodljiva-sevanja>

⁸⁵ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

⁸⁶ <https://www.radiesteziija.com/radiesteziija-skodljiva-sevanja>

⁸⁷ <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/>

5 ELEKTROMAGNETNO SEVANJE

Elektromagnetno sevanje je vrsta sevanja, pri katerem se energija prenaša v obliki elektromagnetnih valov. Ti valovi se širijo s svetlobno hitrostjo in za svoje širjenje ne potrebujejo snovnega medija, kar pomeni, da lahko potujejo tudi skozi prazen prostor.⁸⁸ Elektromagnetno sevanje ima zelo širok razpon valovnih dolžin in energij.

Elektromagnetno sevanje obsega več različnih vrst sevanja, ki se med seboj razlikujejo po energiji in valovni dolžini. V elektromagnetni spekter uvrščamo radijske valove, mikrovalove, infrardeče sevanje, vidno svetlobo, ultravijolično sevanje, rentgensko sevanje in gama sevanje.⁸⁹ Del elektromagnetnega sevanja spada med neionizirajoče, del pa med ionizirajoče sevanje.

Z naraščanjem energije elektromagnetnega sevanja se povečujeta tudi njegova prodornost in vpliv na snov. Sevanja z manjšo energijo imajo predvsem toplotne ali svetlobne učinke, sevanja z večjo energijo pa lahko povzročijo ionizacijo snovi in poškodbe živih celic. Prav zaradi teh razlik je elektromagnetno sevanje pomembno tako z vidika uporabnosti kot tudi varnosti.⁹⁰

Elektromagnetno sevanje ima ključno vlogo v naravi in vsakdanjem življenju. Sonce je najpomembnejši naravni vir elektromagnetnega sevanja, saj oddaja svetlobo in toploto, ki omogočata življenje na Zemlji. Poleg naravnih virov pa obstajajo tudi številni umetni viri elektromagnetnega sevanja, kot so radijske in televizijske oddaje, mobilna telefonija, električne naprave in medicinska oprema.⁹¹

Vpliv elektromagnetnega sevanja na človeka je odvisen od vrste sevanja, jakosti in časa izpostavljenosti. Pri večini vsakdanjih virov elektromagnetnega sevanja so vrednosti nizke in ne predstavljajo nevarnosti za zdravje. Kljub temu se pri sevanjih z večjo energijo uporabljajo strogi varnostni ukrepi, zlasti v medicini in industriji.⁹²

⁸⁸ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

⁸⁹ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁹⁰ <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>

⁹¹ <https://www.esvet.si/jedraska-energija/pomen-jedrskje-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini>

⁹² <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

Elektromagnetno sevanje je zato pomemben fizikalni pojav, ki ima številne koristne uporabe, hkrati pa zahteva odgovorno in nadzorovano uporabo. V nadaljevanju naloge bodo podrobneje predstavljene posamezne vrste elektromagnetnega sevanja, najprej nizkofrekvenčno, nato pa visokofrekvenčno elektromagnetno sevanje.

Tabela 4: Primerjava nizkofrekvenčnega in visokofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja.

Lastnost	Nizkofrekvenčno elektromagnetno sevanje	Visokofrekvenčno elektromagnetno sevanje
Frekvenca	Nizka	Visoka
Energija	Nizka	Visoka
Valovna dolžina	Dolga	Kratka
Ionizacija	Ne povzroča ionizacije	Lahko povzroča ionizacijo (UV, rentgensko, gama)
Primeri	Radijski valovi, mikrovalovi	UV, rentgensko, gama
Vpliv na telo	Predvsem segrevanje tkiva	Lahko poškoduje celice in DNK
Uporaba	Telekomunikacije, radar, Wi-Fi	Medicina, sterilizacija, raziskovanje

Nizkofrekvenčno elektromagnetno sevanje je del elektromagnetnega spektra, za katerega so značilne dolge valovne dolžine in nizke energije. Zaradi teh lastnosti to sevanje spada med neionizirajoča sevanja in ne povzroča ionizacije snovi.⁹³ Kljub nizki energiji je zelo razširjeno v okolju, predvsem zaradi naravnih in umetnih virov.

Med najpomembnejše vire nizkofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja sodijo električna omrežja, daljnovodi, električne naprave in gospodinjski aparati. Električni tok, ki teče skozi vodnike, ustvarja električna in magnetna polja, ki so glavni vir tega sevanja v bivalnem okolju.⁹⁴ Ker se takšne naprave pogosto uporabljajo, je izpostavljenost nizkofrekvenčnemu sevanju del vsakdanjega življenja.

Nizkofrekvenčno elektromagnetno sevanje ima zelo majhno energijo, zato ne more neposredno poškodovati celic ali dednega materiala. Njegov glavni učinek je povezan z induciranjem šibkih električnih tokov v telesu, ki pa so pri običajnih jakostih zelo majhni in ne predstavljajo nevarnosti za zdravje.⁹⁵ Zaradi tega se to sevanje pri normalni uporabi električnih naprav šteje za varno.

⁹³ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

⁹⁴ <https://www.esvet.si/jedraska-energija/pomen-jedrskke-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini>

⁹⁵ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

Kljub nizkemu tveganju obstajajo priporočila in mejne vrednosti, ki omejujejo izpostavljenost nizkofrekvenčnemu elektromagnetnemu sevanju. Te vrednosti so določene z namenom dodatne zaščite ljudi, predvsem pri delu v bližini močnih virov, kot so visokonapetostni vodi ali industrijske naprave.⁹⁶

Nizkofrekvenčno elektromagnetno sevanje ima pomembno vlogo pri delovanju sodobne družbe, saj omogoča prenos električne energije in uporabo številnih naprav. Razumevanje njegovih lastnosti je pomembno za pravilno uporabo tehnologije in za razlikovanje med dejansko nevarnimi in nenevarnimi vrstami sevanja.

Visokofrekvenčno elektromagnetno sevanje je del elektromagnetnega spektra, za katerega so značilne kratke valovne dolžine in večja energija. Zaradi večje energije ima to sevanje večji vpliv na snov in živa bitja kot nizkofrekvenčno elektromagnetno sevanje.⁹⁷ Del visokofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja še vedno spada med neionizirajoče sevanje, del pa že med ionizirajoče sevanje.

Med visokofrekvenčno elektromagnetno sevanje uvrščamo mikrovalove, infrardeče sevanje, vidno svetlobo, ultravijolično sevanje, rentgensko sevanje in gama sevanje.⁹⁸ Razlika med posameznimi vrstami sevanja je predvsem v njihovi energiji in posledično v vplivu na snov ter človeško telo.

Glavni učinek visokofrekvenčnega neionizirajočega sevanja, kot so mikrovalovi in infrardeče sevanje, je segrevanje snovi. Mikrovalovi se na primer uporabljajo v mikrovalovnih pečicah, kjer povzročajo segrevanje hrane. Pri vsakdanji uporabi naprav, ki oddajajo tovrstno sevanje, so jakosti nizke in nadzorovane, zato ne predstavljajo nevarnosti za zdravje.⁹⁹

Pri še višjih frekvencah elektromagnetnega sevanja, kot so ultravijolično, rentgensko in gama sevanje, pa energija postane dovolj velika, da lahko povzroči ionizacijo snovi. Takšno sevanje lahko poškoduje celice in dedni material, zato zahteva posebno previdnost in zaščitne ukrepe.¹⁰⁰

⁹⁶ <https://www.esvet.si/jedrska-energija/pomen-jedrske-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini>

⁹⁷ <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji>

⁹⁸ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

⁹⁹ <https://www.esvet.si/jedrska-energija/pomen-jedrske-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini>

¹⁰⁰ https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/

Zaradi teh lastnosti se uporablja predvsem v medicini in znanstvenih raziskavah, kjer so koristi večje od tveganj.

Visokofrekvenčno elektromagnetno sevanje ima pomembno vlogo v sodobni družbi. Omogoča brezžično komunikacijo, delovanje radarjev, medicinsko diagnostiko ter raziskovanje notranje zgradbe snovi. Hkrati pa zahteva odgovorno uporabo in dosledno upoštevanje varnostnih predpisov, zlasti pri sevanjih z zelo visoko energijo.¹⁰¹

Razumevanje visokofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja je ključno za razumevanje vplivov sevanja na človeka in okolje. V naslednjih poglavjih bodo podrobneje predstavljene posamezne vrste visokofrekvenčnega sevanja, kot so rentgensko in ultravijolično sevanje, ter njihova uporaba in vplivi.

6 PRAKTIČNO DELO

V raziskovalni nalogi je predstavljen detektor radioaktivnega sevanja. Gre za prenosno merilno napravo, ki temelji na Geiger-Müllerjevi cevi (GM cev), s katero zaznava ionizirajoče sevanje iz okolja. Ta detektor je zasnovan za merjenje rentgenskega (X), beta (β) in gama (γ) sevanja, kar pomeni, da lahko zaznava različne vrste visokoenergijskih delcev in žarkov, ki jih oddajajo radioaktivni materiali.

Detektor meri dozno stopnjo, to je trenutna jakost ionizirajočega sevanja, izražena v mikrosivertih na uro ($\mu\text{Sv/h}$). Sivert (Sv) je enota, ki pove, kako močno je sevanje glede na njegov biološki učinek na človeško telo. Mikro (μ) pomeni milijoninko siverta. Višja kot je vrednost, večja je jakost sevanja.

Običajno naravno ozadje v okolju je nizko (na primer okoli 0,1–0,2 $\mu\text{Sv/h}$). Če detektor kaže približno to vrednost, je prisotno normalno okoljsko sevanje. Zelo visoke vrednosti (več $\mu\text{Sv/h}$) lahko kažejo na povečano radioaktivnost, kar je pomembno za varnost. Detektor ne meri le trenutne jakosti, temveč tudi skupno izpostavljenost sevanju skozi čas, izraženo v μSv . To prikazuje, koliko sevanja je bilo doseženo v celotnem času.

¹⁰¹ <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm>

Geiger-Müllerjeva cev šteje, kolikokrat je zaznala ionizacijo; to se pogosto kaže kot CPS (counts per second) ali CPM (counts per minute). To število nam pove, kako pogosto detektor zaznava valove ali delce sevanja.



Slika 12: Merilnik sevanja BOSEAN FS-5000.

POMEN POSAMEZNIH ODČITKOV NA DETEKTORJU BOSEAN FS-500

Trenutna vrednost (Real-time)

Real-time pomeni trenutno dozno stopnjo sevanja, ki jo detektor zazna v danem trenutku. Najpogosteje je izražena v mikrosivertih na uro ($\mu\text{Sv/h}$). To je podatek, ki se sproti spreminja glede na količino sevanja v okolici. Ta podatek je pomemben za hitro preverjanje, ali je okolje varno.

Povprečna vrednost (Average)

Average pomeni povprečno dozno stopnjo sevanja v določenem časovnem obdobju merjenja. Ker se radioaktivno sevanje pojavlja naključno, se trenutna vrednost lahko hitro spreminja. Povprečje daje bolj stabilen in zanesljiv rezultat. Ta podatek je uporaben pri daljšem merjenju, saj zmanjša vpliv naključnih nihanj.

Skupna doza (Total dose)

Total dose pomeni skupno prejeto dozo sevanja v času merjenja. Enota je običajno mikrosivert (μSv) brez "na uro". Ta vrednost se povečuje, dokler merjenje poteka. Ta podatek je pomemben za oceno, koliko sevanja je oseba ali predmet skupno prejel.

CPM (Counts Per Minute)

CPM pomeni število zaznanih impulzov na minuto. Geiger-Müllerjeva cev zazna vsak ionizacijski dogodek kot električni impulz. CPM pove, kolikokrat je naprava zaznala tak dogodek v eni minuti. Višji CPM pomeni več zaznanih delcev. Ta podatek ne pove neposredno biološkega učinka, ampak aktivnost sevanja.

CPS (Counts Per Second)

CPS pomeni število zaznanih impulzov na sekundo. Gre za enak podatek kot CPM, vendar izražen na krajši časovni interval. CPS omogoča hitrejše spremljanje sprememb, saj se vrednost osvežuje vsako sekundo.

6.1 NAŠE MERITVE

V raziskovalni nalogi smo merili ionizirajoče sevanje z detektorjem BOSEAN FS-5000, ki deluje na osnovi Geiger-Müllerjeve cevi. Meritve smo opravili na treh različnih lokacijah. Na vsakem mestu je merjenje trajalo približno 6 ur. Meritve smo izvedli v Lokah zunaj in znotraj, v Šaleku znotraj ter v območju Premogovnika Velenje.

6.1.1 LOKE ZUNAJ

Povprečne vrednosti so se gibale med približno 0,08 in 0,18 $\mu\text{Sv/h}$, trenutne vrednosti pa med približno 0,05 in 0,16 $\mu\text{Sv/h}$. Skupna doza po 6 urah merjenja je znašala približno 0,94 μSv . Število impulzov (CPM) se je gibalo med približno 14 in 31 na minuto, kar ustreza običajnemu naravnemu ozadju. Rezultati meritev so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 5: Meritev LOKE ZUNAJ.

Ime merilnega mesta: LOKE-ZUNAJ				GM štetje delcev		
URA	ČASOVNO IZMERJENA DOZA	SKUPNA DOZA	POVPREČJE	CPS	CPM	SPROTNA MERITEV
	μSv	μSv	$\mu\text{Sv/h}$	ŠT.	ŠT.	Sv/h
0	0	0	0	0	0	0
1	0,15	0,15	0,08	2	14	0,05
2	0,30	0,30	0,11	0	25	0,09
3	0,46	0,46	0,18	0	31	0,14
4	0,62	0,63	0,11	0	22	0,16
5	0,78	0,78	0,12	0	17	0,11
6	0,91	0,94	0,13	0	22	0,12

Ugotovitev: *Izmerjene vrednosti so bile v območju normalnega naravnega sevanja.*

6.1.2 LOKE ZNOTRAJ

V hiši so bile povprečne vrednosti nekoliko višje, med približno 0,11 in 0,17 $\mu\text{Sv/h}$. Skupna doza po 6 urah je znašala približno 0,86 μSv . CPM vrednosti so bile med 16 in 27 na minuto. Rezultati meritev so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 6: Merjenje LOKE ZNOTRAJ.

Ime merilnega mesta: LOKE-ZNOTRAJ				GM štetje delcev		
URA	ČASOVNO IZMERJENA DOZA	SKUPNA DOZA	POVPREČJE	CPS	CPM	SPROTNA MERITEV
	μSv	μSv	$\mu\text{Sv/h}$	ŠT.	ŠT.	Sv/h
0	0	0	0	0	0	0
1	0,14	0,14	0,12	0	21	0,13
2	0,28	0,28	0,14	1	25	0,18
3	0,42	0,42	0,16	0	23	0,17
4	0,57	0,57	0,16	0	26	0,19
5	0,73	0,73	0,17	1	27	0,15
6	0,86	0,86	0,11	0	16	0,14

Ugotovitev: *Tudi v notranjih prostorih so bile vrednosti v mejah naravnega ozadja.*

6.1.3 ŠALEK

Povprečne vrednosti so bile med približno 0,08 in 0,16 $\mu\text{Sv/h}$. Skupna doza po 6 urah je znašala približno 0,67 μSv . CPM vrednosti so bile med 13 in 22 na minuto. Rezultati meritev so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 7: Merjenje v ŠALEKU.

URA	Ime merilnega mesta: ŠALEK			GM štetje delcev		SPROTNA MERITEV Sv/h
	ČASOVNO IZMERJENA DOZA	SKUPNA DOZA	POVPREČJE	CPS	CPM	
	μSv	μSv	$\mu\text{Sv/h}$	ŠT.	ŠT.	
0	0	0	0	0	0	0
1	0,12	0,12	0,08	1	14	0,15
2	0,23	0,23	0,13	1	18	0,12
3	0,34	0,34	0,16	0	22	0,22
4	0,46	0,46	0,12	2	18	0,20
5	0,57	0,57	0,10	1	13	0,07
6	0,67	0,67	0,08	1	16	0,13

Ugotovitev: Tudi na tej lokaciji so bile vrednosti značilne za običajno naravno sevanje.



Slika 13: Grad Šalek in del KS Šalek.

6.1.4 PREMOGOVNIK VELENJE

Merjenje je trajalo 6 ur na več lokacijah rudnika v obliki pohoda po aktivnih delih rovov rudnika. Na petih lokacijah rudnika so se meritve izvajale dlje časa. Skupna doza (total dose) se je postopno povečevala od 0 μSv na začetku do približno 0,81 μSv po šestih urah. To pomeni, da je detektor v celotnem času zaznal majhno, vendar stalno prisotno naravno sevanje. Povprečne vrednosti (average) so se gibale med 0,04 $\mu\text{Sv/h}$ (najnižja vrednost – 4. ura) in 0,19 $\mu\text{Sv/h}$ (najvišja vrednost – 5. ura). Trenutne vrednosti (Real-time) so nihale med 0,03 $\mu\text{Sv/h}$ in 0,24 $\mu\text{Sv/h}$. Najvišja trenutna vrednost je bila izmerjena v 5. uri merjenja.

Število impulzov (CPM) se je gibalo med 8 in 30 na minuto, kar kaže na običajno nizko aktivnost naravnega sevanja. V 5. uri sta bila zaznana tudi 2 impulza na sekundo (CPS), kar sovпада z nekoliko višjo trenutno vrednostjo.

Tabela 8: Merjenje v PREMOGOVNIKU VELENJE.

Ime merilnega mesta: PREMOGOVNIK VELENJE				GM štetje delcev		
URA	ČASOVNO IZMERJENA DOZA μSv	SKUPNA DOZA μSv	POVPREČJE $\mu\text{Sv/h}$	CPS ŠT.	CPM ŠT.	SPROTNA MERITEV Sv/h
0	0	0	0	0	0	0
1	0,15	0,16	0,16	0	25	0,14
2	0,29	0,29	0,17	0	26	0,18
3	0,43	0,43	0,09	0	12	0,06
4	0,50	0,50	0,04	0	8	0,03
5	0,64	0,64	0,19	2	30	0,24
6	0,80	0,81	0,12	0	21	0,11

Naše ugotovitve so, da je sevanja bilo največ na podeželju, kjer naj bi bil zapuščen rudnik za katerega na začetku meritev ni smo vedeli. Meritve radioaktivnosti, ki so bile opravljene v podzemnem delu premogovnika Velenje, so pokazale vrednosti, ki so podobne naravnemu sevanju v okolju. To pomeni, da sevanje v rudniku ni večje od običajnega sevanja, ki je prisotno v naravi. Meritve so potekale neprekinjeno 6 ur, pri čemer je bilo opravljenih pet krajših postankov v večjih podzemnih objektih (npr. jamsko črpališče). Rezultat meritev lahko tako

razumemo kot približno povprečno vrednost sevanja v podzemnih delih rudnika.

Pred začetkom meritev se je pričakovalo, da bodo vrednosti sevanja v premogovniku nekoliko višje. Vendar so rezultati meritev pokazali, da so bile izmerjene vrednosti nižje kot na podeželju, na obeh merilnih mestih (Loke – znotraj in Loke – zunaj).



Slika 14: Osebni arhiv E. Slika 15: Osebni arhiv E. Slika 16: Osebni arhiv D. Slika 17: Osebni arhiv P.V.J.S.

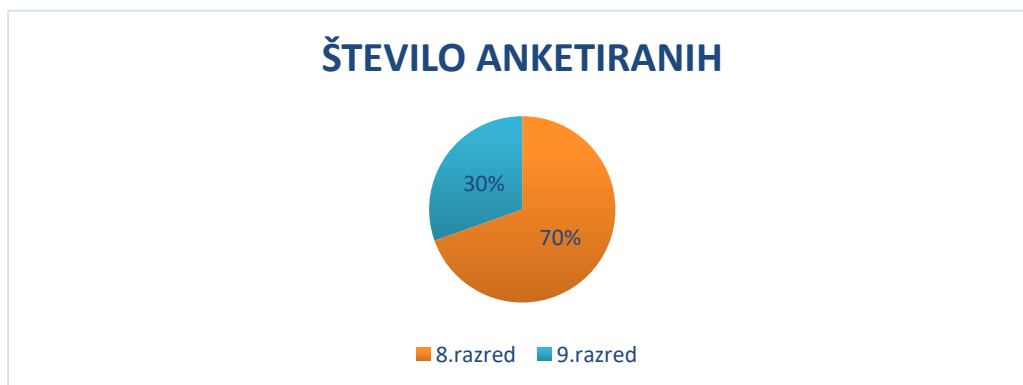
7 ANALIZA ANKETE

Med raziskovanjem smo izvedli anketo za 8. in 9. razred OŠ o osnovnih in najpomembnejših pojmih o sevanju. Učence smo spraševali o plinu radonu, o tem kako se zaščititi pred sevanjem ter ali so se o sevanju učili v šoli in še marsikaj.

1. vprašanje je bilo *Kateri razred obiskuješ?*

Vseh anketirancev je bilo 69. 70% anketiranih obiskuje 8. razred in 30% anketiranih obiskuje 9. razred.

Graf 1: Procentni prikaz anketirancev.



2. vprašanje je bilo *Ali ste se o sevanju že učili pri pouku?*

59 anketirancev je na to vprašanje odgovorilo z *NE*, 10 pa z *DA*. V učnem načrtu pri fiziki, biologiji ali kemiji ni vključena snov sevanja. Učitelji, ki poučujejo te predmete na naši šoli se strinjajo, da bi bilo dobro, da bi se to poučevalo pri enem od teh predmetov saj je to nekaj vsakdanjega in pomembnega.

3. vprašanje je bilo *Kaj je sevanje?*

Na to vprašanje je pravilno odgovorilo 49 anketirancev od 69. 73% anketiranih je menilo, da je sevanje širjenje energije skozi prostor. 18% anketiranih je odgovorilo, da je sevanje snov, ki je vedno nevarna in 9% anketiranih je menilo, da je sevanje samo nekaj, kar nastaja v jedrskih elektrarnah.

Graf 2: Procentni prikaz odgovorov anketirancev pri tretjem vprašanju.



4. vprašanje je bilo *Katero sevanje uporabljajo zdravniki za slikanje kosti?*

To vprašanje anketirancem ni povzročalo večjih težav saj je bilo 54 pravih odgovorov.

5. vprašanje je bilo *Kaj je radon?*

To je vprašanje pri katerem so bili najbolj neenotni. 32% anketiranih je odgovorilo, da je radon naravni radioaktivni plin, ki nastaja v tleh. To je bil tudi pravi odgovor in ravno pri poznavanju plina radona je bil odstotek pravih odgovorov najmanjši. 47% anketiranih je menilo, da je radon radioaktivni plin iz jedrskih elektrarn in 21% anketiranih je menilo, da je radon umetni plin, ki nastaja v tovarni.

Graf 3: Procentni prikaz odgovorov pri vprašanju *Kaj je Radon?*



6. vprašanje je bilo *Ali smo ljudje vsak dan izpostavljeni sevanju?*

75% anketiranih je odgovorilo pravilno in sicer da smo sevanju izpostavljeni vsak dan, tudi iz naravnih virov. 14% anketiranih je odgovorilo, da smo sevanju izpostavljeni samo ob nesrečah in 11% anketiranih je menilo, da smo sevanju izpostavljeni samo ob uporabi telefona.

7. vprašanje *Ali namizni računalnik oddaja sevanje?*

96% anketiranih je odgovorilo drži in 4% anketiranih ne drži.

8. vprašanje *Kako se zaščitimo pred sevanjem?*

72% anketiranih je odgovorilo, da se zaščitimo z omejevanjem izpostavljenosti in zaščitnimi sredstvi, 22 % anketiranih je odgovorilo, da zaščita ni mogoča in 6% anketiranih je menilo, da se zaščitimo z rokavicami.

9. vprašanje je bilo *Ionizirajoče sevanje je nevarnejše, ker:*

49% anketiranih je odgovorilo pravilno in sicer, da je ionizirajoče sevanje nevarnejše ker lahko poškoduje celice. 36% anketiranih je odgovorilo, da je ionizirajoče sevanje nevarnejše, ker ga ne moremo zaznati z očmi in 15% anketiranih je menilo, da je ionizirajoče sevanje nevarnejše, ker je vedno vroče.

Graf 4: Procentni prikaz odgovorov pri devetem vprašanju.

IONIZIRAJOČE SEVANJE JE NEVARNEJŠE, KER:

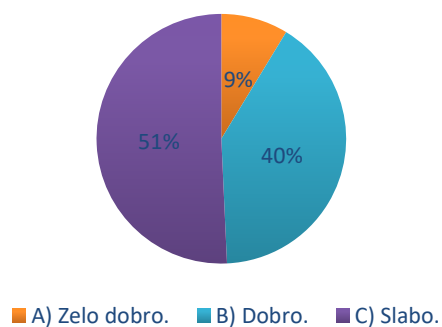


10. vprašanje je bilo *Kako dobro po tvojem mnenju razumeš temo sevanje?*

51% anketiranih ocenjuje, da slabo razume temo sevanja, 40% anketiranih ocenjuje, da temo sevanja dobro razume in 9% jih ocenjuje, da temo sevanja razume zelo dobro.

Graf 5: Procentni prikaz razumevanja teme *sevanje* pri anketiranih.

KAKO DOBRO PO TVOJEM MENJU RAZUMEŠ TEMO SEVANJE?



8 RAZPRAVA

V razpravi smo analizirali rezultate meritev in ankete ter preverili postavljene hipoteze.

Hipoteza 1:

Raven naravnega ozadja sevanja se razlikuje med mestnim in podeželskim območjem v prid mesta.

To hipotezo lahko delno potrdimo. Rezultati meritev so pokazali, da se raven sevanja med lokacijami razlikuje, vendar so bile vrednosti na podeželju nekoliko višje kot v mestu. Razlika je lahko posledica geološke sestave tal, prisotnosti naravnih radioaktivnih snovi ali različnih okoljskih dejavnikov. Na podlagi meritev zato hipoteze ne moremo v celoti potrditi, saj smer razlike ni bila takšna, kot smo pričakovali.

Hipoteza 2:

V okolici Premogovnika Velenje bo sevanje večje ampak to ne bo tako dobro vidno zaradi premikajočega merjenja po rovih.

To hipotezo lahko potrdimo. Meritve, opravljene v podzemnem delu premogovnika Velenje so bile izvedene kot povprečje skozi podzemne dele rudnika in so pokazale nekoliko nižje vrednosti sevanja v primerjavi z merilnimi mesti na podeželju. Razlog za to je lahko povezan z geološko sestavo območja in dejavnostjo rudnika. Kljub temu so bile izmerjene vrednosti še vedno v mejah naravnega sevanja ozadja.

Hipoteza 3:

Učenci 8. in 9. razreda se dobro zavedajo vpliva sevanja na človeka in vedo, kaj je plin radon.

To hipotezo lahko delno ovržemo. Rezultati ankete so pokazali, da je splošno znanje o sevanju pomanjkljivo, zlasti glede plina radona. Le 32 % anketiranih učencev je pravilno vedelo, kaj je radon. To kaže na potrebo po dodatnem ozaveščanju in izobraževanju o radioaktivnosti in njenem vplivu na zdravje. Na podlagi rezultatov lahko zaključimo, da so bile nekatere naše predpostavke potrjene, druge pa le delno ali pa so bile ovržene. Raziskava nam je omogočila boljše razumevanje naravnega ozadja sevanja v našem okolju ter pokazala, kako pomembno je poznavanje radioaktivnosti v vsakdanjem življenju.

9 ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi z naslovom Radioaktivnost smo podrobneje spoznali pojav radioaktivnosti, njene vrste ter vpliv na okolje in človeka. Ugotovili smo, da je radioaktivnost naravni pojav, pri katerem nestabilna atomska jedra razpadajo in pri tem oddajajo energijo v obliki delcev ali elektromagnetnega valovanja. Spoznali smo razliko med alfa, beta in gama sevanjem ter razumeli, da se te vrste sevanja med seboj razlikujejo po prodornosti, energiji in vplivu na snov.

Posebno pozornost smo namenili ionizirajočemu in neionizirajočemu sevanju. Ugotovili smo, da ima ionizirajoče sevanje dovolj energije, da lahko poškoduje atome in celice, zato zahteva posebno zaščito in nadzor. Kljub temu ima pomembno vlogo v medicini, industriji in znanosti.

V nalogi smo raziskovali tudi radon, naravni radioaktivni plin, ki se pojavlja v tleh in lahko prehaja v zaprt prostor. Ugotovili smo, da je radon pomemben del naravnega ozadja sevanja ter da lahko ob dolgotrajni izpostavljenosti predstavlja tveganje za zdravje. Zato je pomembno prezračevanje prostorov in spremljanje ravni radona.

V praktičnem delu smo izvajali meritve z Geigerjevim števcem ter primerjali vrednosti sevanja na različnih lokacijah. Izmerjene vrednosti smo analizirali in jih primerjali z znanimi podatki o naravnem ozadju sevanja. Ugotovili smo, da so vrednosti v splošnem v mejah običajnega naravnega ozadja. Z anketo med učenci smo preverili tudi znanje o radioaktivnosti in ugotovili, da je razumevanje osnovnih pojmov različno glede na starost.

Na podlagi raziskave lahko zaključimo, da je radioaktivnost del našega okolja in vsakdanjega življenja. Čeprav je lahko nevarna, kadar z njo ne ravnamo pravilno, ima tudi številne koristne uporabe. Pomembno je, da o radioaktivnosti pridobimo pravilne informacije, saj le tako lahko razumemo njene učinke in jo varno uporabljamo.

Z izdelavo te raziskovalne naloge smo poglobili svoje znanje o sevanju, razvijali raziskovalne spretnosti ter se naučili pravilno izvajati meritve in analizirati podatke. Radioaktivnost tako ne predstavlja le nevarnosti, temveč tudi pomembno področje znanosti, ki prispeva k razvoju sodobne družbe.

10 POVZETEK

V raziskovalni nalogi z naslovom Radioaktivnost smo obravnavali temeljne značilnosti radioaktivnosti. Vemo, da je radioaktivnost pojav, pri katerem nestabilna atomska jedra razpadajo in pri tem oddajajo energijo ter delce.

Radioaktivno sevanje pa je energija, ki nastaja pri razpadu nestabilnih atomskih jeder in se širi v prostor v obliki delcev ali elektromagnetnega valovanja. Delimo ga na alfa, beta in gama sevanje, pri čemer lahko vpliva na snov in živa bitja.

V teoretičnem delu smo podrobneje raziskovali, kaj je radioaktivnost, njene vrste ter uporabo v vsakdanjem življenju in znanosti. Predstavili smo ionizirajoče sevanje njegove oblike, kot so alfa, beta in gama sevanje, ter plin radon, njegovo prisotnost v okolju in razloge zanjo.

Obravnavali smo tudi naravno ozadje sevanja in pomembne znanstvenike, povezane z razvojem spoznanj o radioaktivnosti.

V praktičnem delu smo predstavili Geigerjeve števce in enote za merjenje sevanja ter izvedli meritve na različnih lokacijah, v mestu in na podeželju. Izmerjene vrednosti smo primerjali med seboj in z naravnim ozadjem sevanja.

Poleg tega smo preverjali morebitno radioaktivnost nekaterih vsakdanjih predmetov z anketo raziskali znanje o radioaktivnem sevanju pri učencih 8. in 9. razreda.

11 SUMMARY

In the research paper entitled Radioactivity, we examined the fundamental characteristics of radioactivity. We know that radioactivity is a phenomenon in which unstable atomic nuclei decay, releasing energy and particles.

Radioactive radiation is the energy produced during the decay of unstable atomic nuclei, spreading through space in the form of particles or electromagnetic waves. It is divided into alpha, beta, and gamma radiation, and it can affect matter as well as living organisms.

In the theoretical part, we explored in greater detail what radioactivity is, its different types, and its applications in everyday life and science. We presented ionizing radiation and its forms, such as alpha, beta, and gamma radiation, as well as radon gas, its presence in the environment, and the reasons for it.

We also discussed natural background radiation and important scientists associated with the development of knowledge about radioactivity.

In the practical part, we presented Geiger counters and radiation measurement units, and conducted measurements at different locations, both in urban and rural areas. The measured values were compared with each other and with natural background radiation levels.

In addition, we examined the possible radioactivity of certain everyday objects and conducted a survey to assess the knowledge of radioactive radiation among 8th and 9th grade students.

12 VIRI

- 1- <https://www.zevnik.eu/sevanje-v-ordinaciji> *Dostopno dne 26.1.2026*
- 2- https://zdravaglava.si/my_keywords/ionizirajoce-sevanje/ *Dostopno dne 26.1.2026*
- 3- <https://zssszaupnikvzd.si/baza-znanja/obremenitve-pri-delu/fizikalne/sevanje/sevanje>
Dostopno dne 26.1.2026
- 4- <https://www.esvet.si/jedrska-energija/pomen-jedrske-energije/uporaba-jedrskih-tehnologij-v-medicini> *Dostopno dne 26.1.2026*
- 5- https://www.labor.nc.gov/radiation-ionizing-and-non-ionizing?utm_source=cchatgpt.com
Dostopno dne 26.1.2026
- 6- <https://www.zyteko.com/sl/za-kaj-se-uporablja-industrijska-radiografija/> *Dostopno dne 26.1.2026*
- 7- <https://junaki3nadstropja.si/obsevalno-zdravljenje-ali-radioterapija/> *Dostopno dne 26.1.2026*
- 8- <https://www2.arnes.si/~sspzkola/vurad.htm> *Dostopno dne 26.1.2026*
- 9- <https://nijz.si/ moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/osnovne-informacije-o-radonu/> *Dostopno dne 26.1.2026*
- 10- <https://www.radiestezijska.com/radiestezijska-skodljiva-sevanja> *Dostopno dne 26.1.2026*
- 11 - <https://www.bodieko.si/sevanje-radioaktivnost> *Dostopno dne 17.2.2026*
- 12- <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/> *Dostopno dne 17.2.2026*
- 13- https://www.radioaktivnost.si/rvo_public/RVO/BasicInformation *Dostopno dne 17.2.2026*
- 14- <https://svet24.si/revija/jana/clanek/zdravniska-linija-se-sevanje-v-organizmu-nalaga-1388788> *Dostopno dne 17.2.2026*
- 15- <https://www.gov.si/teme/zmanjsevanje-izpostavljenosti-radonu/> *Dostopno dne 17.2.2026*
- 16- <https://energijskiscit.si/nagradna-igra-radon/> *Dostopno dne 17.2.2026*
- 17- <https://www.vreme-info.si/najmocnejse-uv-sevanje-rekord-zemlja/> *Dostopno dne 17.2.2026*
- 18- <https://savinjska.kupujlokalno.si/katalog/detail/2121/3/grad-salek> *Dostopno dne 19.2.2026*
- 19- Osebni arhiv Erik
- 20- Osebni arhiv Din
- 21- Osebni arhiv Premogovnik Velenje-jamomerska služba

ZAHVALA IN PRILOGA

Zahvaljujemo se vsem, ki so sodelovali v raziskovalni nalogi in pri praktičnem delu. Zahvala tudi mentorju za vse nasvete in usmerjanje. Hvala tudi Premogovniku Velenje, da smo lahko izvedli meritve z našim merilcem v rovu. Zahvaljujemo se tudi Jani Frangeš za lektoriranje naloge. Hvala tudi našim družinam za vso podporo v času nastajanja naše raziskovalne naloge.

*** Razred:**

- 8. razred
 - 9. razred
-

*** Ali ste se o sevanju že učili pri pouku?**

- Da
 - Ne
-

*** Kaj je sevanje?**

- a) Širjenje energije skozi prostor
 - b) Samo nekaj, kar nastaja v jedrskih elektrarnah
 - c) Snov, ki je vedno nevarna
-

*** Katero sevanje uporabljajo zdravniki za slikanje kosti?**

- a) infrardeče sevanje
- b) radijske valove
- c) rentgensko sevanje

* Kaj je radon?

- a) umetni plin, ki nastaja v tovarnah
 - b) radioaktivni plin iz jedrskih elektram
 - c) naravni radioaktivni plin, ki nastaja v tleh
-

* Ali smo ljudje vsak dan izpostavljeni sevanju?

- a) ne, samo ob nesrečah
 - b) da, tudi iz naravnih virov
 - c) samo ob uporabi telefona
-

* Ali namizni računalnik oddaja sevanje?

- Drži
 - Ne drži
-

* Kako se lahko zaščitimo pred sevanjem?

- a) z rokavicami
 - b) z omejevanjem izpostavljenosti in zaščitnimi sredstvi
 - c) zaščita ni mogoča
-

*** Ionizirajoče sevanje je nevarnejše, ker:**

- a) je vedno vroče
 - b) lahko poškoduje celice
 - c) ga ne moremo zaznati z očmi
-

*** Kako dobro po tvojem mnenju razumeš temo sevanja?**

- Slabo
- Dobro
- Zelo dobro