



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: [Ochrana obyvatelstva](#)

**Autor:** Bc. Natálie Majerová

**Vedoucí práce:** Mgr. Zuzana Freitinger-Skalická, Ph.D.

České Budějovice 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „*využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření*“ jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské/diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 13. 8. 2018 .....

*Bc. Natálie Majerová*

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Zuzaně Freitinger-Skalické, Ph.D. za trpělivost, poskytování cenných rad a odborné vedení této diplomové práce. Dále bych chtěla velmi poděkovat mé rodině a blízkým přátelům za podporu a pomoc, jak při zpracování diplomové práce, tak po celou dobu mého studia. V neposlední řadě bych chtěla vyjádřit velké poděkování všem respondentům, kteří se podíleli na vyplnění dotazníku.

# Využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření

## Abstrakt

Předkládaná diplomové práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Podstatou teoretické části je seznámení čtenáře se základními pojmy ionizujícího a neionizujícího záření, jejich druhy, zdroje, vliv na člověka a také možné využití a zneužití. Cílem práce bylo zhodnocení možného využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření, pro lepší přehlednost jsou zjištěné informace zahrnuty ve formě tabulky do výsledkové části práce.

Praktická část je věnována zejména druhé výzkumné otázce, která měla za úmysl zjistit informovanost obyvatelstva o ionizujícím a neionizujícím záření. Pro získání odpovědi na zmíněnou otázku bylo zapotřebí metody sběru dat formou dotazníkového šetření. Dotazník byl složen celkem z 19 otázek, z čehož první 3 otázky rozřazovaly respondenty do kategorií podle pohlaví, věku a nejvyššího dosaženého vzdělání. Hlavní částí dotazníku bylo 12 otázek uzavřeného charakteru, které byly vyhodnocovány formou testu. Dotazník pak završovaly 4 otázky otevřené. Dotazníkové šetření přineslo značné množství informací, z nichž nejzásadnější byla průměrná informovanost obyvatelstva o ionizujícím a neionizujícím záření, což činilo 57,7 %. V diskuzi lze poté nalézt i odpověď na první výzkumnou otázku, jež zjišťovala, zda je větší hrozba zneužití u zdrojů ionizujícího záření.

## Klíčová slova

Ionizující záření; neionizující záření; využití; zneužití; informovanost obyvatelstva

# **Using and abusing ionizing and non-ionizing radiation**

## **Abstract**

This dissertation is divided in two parts: a theoretical, and a practical one. The purpose of the theoretical part is to introduce the reader to the elementary terms of ionizing and non-ionizing radiation, their types, sources, influence on humans, as well as possible manners of their use and abuse. The goal of the thesis is to evaluate possible use and abuse of ionizing and non-ionizing radiation. In the interest of clarity, the gathered information was included in the results chapter as a chart.

The practical part deals primarily with the first research question whose aim was to establish the level of public awareness about ionizing and non-ionizing radiation. To get answers, the method of data collection by means of a questionnaire survey was employed. The questionnaire consisted of 19 questions in total. The first 3 questions split the respondents into categories based on their gender, age, and educational attainment. The main part of the questionnaire involved 12 closed-ended questions, evaluated by a test. The survey was concluded by 4 opened-ended questions. The questionnaire survey provided a multitude of findings, most importantly that the average public awareness of ionizing and non-ionizing radiation is 57.7%. Finally, the discussion part answers the second research question which sought to determine whether there's a greater danger of ionizing radiation sources being abused.

## **Keywords**

ionizing radiation; non-ionizing radiation; use; abuse; public awareness

# OBSAH

Úvod.....	8
1 Teoretická část.....	9
1.1 Historie ionizujícího záření .....	9
1.2 Ionizující záření .....	9
1.2.1 Druhy záření .....	10
1.2.2 Využití ionizujícího záření .....	13
1.2.3 Zdroje ionizujícího záření.....	16
1.2.4 Zneužití ionizujícího záření .....	20
1.2.5 Vliv ionizujícího záření na lidský organismus .....	22
1.2.6 Legislativa .....	24
1.3 Neionizující záření.....	27
1.3.1 Druhy neionizujícího záření .....	27
1.3.2 Zdroje neionizujícího záření.....	30
1.3.3 Využití neionizujícího záření .....	31
1.3.4 Zneužití neionizujícího záření .....	33
1.3.5 Vliv na člověka.....	35
1.3.6 Legislativa .....	36
2 Cíle práce a výzkumné otázky.....	38
2.1 Cíle práce.....	38
2.2 Výzkumné otázky.....	38
3 Metodika.....	39
4 Výsledky.....	42
4.1. Výsledky dotazníku.....	42
4.1.2 Počet správných odpovědí v závislosti na pohlaví.....	43
4.1.2 Průměrný počet správných odpovědí v závislosti na věku .....	46
4.1.3 Průměrný počet správných odpovědí v závislosti na dosaženém vzdělání.....	49

4.1.4. Otázka č. 1 .....	53
4.1.5 Otázka č. 2.....	54
4.1.6 Otázka č. 3.....	55
4.1.7 Otázka č. 4.....	56
4.1.8 Otázka č. 5.....	57
4.1.9 Otázka č. 6.....	58
4.1.10 Otázka č. 7.....	59
4.1.11 Otázka č. 8.....	60
4.1.12 Otázka č. 9.....	61
4.1.13 Otázka č. 10.....	62
4.1.14 Otázka č. 11 .....	63
4.1.15 Otázka č. 12.....	64
4.2 Využití ionizujícího záření a neionizujícího záření.....	64
4.3 Zneužití ionizujícího a neionizujícího záření .....	66
5 Diskuze.....	67
Závěr.....	72
Seznam literatury.....	73
Seznam obrázků, tabulek a příloh .....	78
Přílohy .....	79
Seznam zkratk .....	83

## ÚVOD

Ionizující záření (záření, které má dostatek energie k tomu, aby uvolňovalo elektrony z atomů, čímž zanechává atomy elektricky nabitě) slouží od počátku 20. století člověku nenahraditelně v průmyslu, lékařství, zemědělství, energetice a v dalších, neméně důležitých odvětvích lidských činností. Ionizující záření je nejen velkým přínosem, ale může mít i negativní dopady. Jelikož ionizující záření není za běžných podmínek detekovatelné lidskými smysly, je třeba potenciální nebezpečnosti ionizujícího záření věnovat zvýšenou pozornost. V minulosti si lidé začali postupně uvědomovat nejenom pozitivní ale také negativní účinky ionizujícího záření. Díky tomu se postupně začala vytvářet legislativa, která má za úkol chránit zdraví lidí a životní prostředí před těmito účinky a umožnit využívání ionizujícího záření s minimálním rizikem ohrožení zdraví jak radiačních pracovníků, tak běžných obyvatel. V současnosti je v této oblasti platným právním předpisem zákon č. 263/2016 Sb. tzv. „atomový zákon“. Zdroje ionizujícího i záření se dělí na přírodní a umělé, přičemž s přírodními zdroji záření se lidé setkávají denně.

Neionizující záření je zářením nízkoenergetickým, nemá dostatečné množství energie k přímé ionizaci atomů či molekul. Jedná se o elektromagnetické záření včetně viditelného světla, radiových vln, mikrovln, infračerveného záření nebo záření ultrafialového. Na Zemi jsou zdroje neionizujícího záření přirozené a jsme jimi obklopeni od po celý život. Jedná se například o sluneční a kosmické záření. Mezi umělé zdroje pak řadíme například rozhlasové a televizní vysílání, mobilní telefony, mikrovlnné trouby a další elektrospotřebiče. Neionizující záření využíváme denně v našem běžném životě, častokrát aniž bychom si tuto skutečnost uvědomovali. Jeho možnosti zneužití a škodlivosti na lidský organismus je v dnešní době stále více aktuální téma, zvláště proto že začátkem 21. století došlo k obrovskému vzrůstu umělých zdrojů neionizujícího záření a to v souvislosti s rozvojem bezdrátových technologií.



# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Historie ionizujícího záření

Wilhelm Conrad Roentgen v roce 1895 objevil záření, které nazval X-paprsky, toto záření mohlo být použito k pohledu do lidského těla. Byl to objev, který byl náznakem lékařského využívání záření, které se od té doby velmi rozšiřovalo. V roce 1901 byla Roentgenovi udělena Nobelova cena za fyziku za jeho mimořádný přínos lidstvu. V roce 1896 francouzský vědec Henri Becquerel, položil náhodně několik fotografických desek do zásuvky, ve které byly úlomky minerálu obsahujícího uran. Když potom fotografie vyvolal, zjistil, že byly vystaveny ozáření. Tento objev nazval radioaktivitou, která se projevuje tím, že se energie z atomu uvolňuje spontánně. Radioaktivita je dnes měřena v jednotkách zvaných po tomto vědci - becquerel (Bq). Krátce poté ve výzkumech pokračovala mladá chemička Marie Skłodowska-Curie. Marie Curie byla první, která přispěla k rozšíření pojmu radioaktivita. Roku 1898 ona a její manžel Pierre Curie objevili, že uran vydává záření, které se přeměňuje v jiné prvky, z nichž jeden nazvali polonium po rodné zemi manželky a druhý nazvali radium, tedy „zářící“ prvek. Marie Curie obdržela v r. 1903 spolu s Pierrem Curie a Henri Becquerelem Nobelovu cenu za fyziku. Byla to první žena, která byla takto vyznamenána, Nobelovu cenu pak obdržela podruhé v r. 1911 za své objevy v oboru radiační chemie. (Klener et al.,2000)

## 1.2 Ionizující záření

Ionizace je děj, kdy se z neutrálního atomu stává ion - elektricky nabitá částice. Odtrhnutím jednoho nebo více elektronů z atomu vzniká kladně nabitý kationt. Přijetím jednoho nebo více elektronů potom vzniká záporně nabitý aniont. Vznik ionizujícího záření závisí na struktuře atomů a atomových jader. Atomy látek se skládají ze tří druhů částic – protony, neutrony a elektrony. Jádro atomu tvoří protony a neutrony (nukleony). Kolem jádra po definovaných drahách obíhají elektrony. Ionizujícím zářením se nazývá takové záření, jehož kvanta mají natolik vysokou energii, že jsou schopna vyřadit elektrony z atomového obalu a tím látku ionizovat. K ionizaci látkového prostředí vytržením elektronu z atomu je nutné předat elektronu energii, která je větší, než je jeho

vazbová energie v atomu - ionizační energie. S ohledem na charakter ionizačního procesu lze ionizující záření rozdělit na přímo ionizující a nepřímo ionizující. (Ullmann, 2009)

- **Přímo ionizující záření**

Tvoří jej nabité částice, které mají dostačující kinetickou energii k tomu, aby vyvolali ionizaci. Částice, které tvoří ionizující záření, jsou elektrony, pozitrony, částice alfa a Beta. (Ullmann, 2009)

- **Nepřímo ionizující záření**

Zahrnuje nenabitě částice, které samy prostředím neionizují, ale při interakcích s prostředím uvolňují sekundární, přímo ionizující nabitě částice. Ionizace prostředí je pak způsobena těmito sekundárními částicemi. Mezi nepřímo ionizující záření patří fotonové záření, rentgenové záření a také záření neutronové. (Ullmann, 2009)

- **Korpuskulární ionizující záření**

Je určováno kinetickou energií, klidovou hmotností a elektrickým nábojem. Částice dělíme podle hmotnosti na těžké (částice alfa, protony a neutrony), středně těžké (mezony) a lehké (elektrony a pozitrony). (Ullmann, 2009)

- **Fotonové ionizující záření**

Má vlastnosti elektromagnetického vlnění i vlastnosti částic o nulové hmotnosti. Rozpoznáváme fotonové záření Gama a rentgenové záření. Rozdíl mezi těmito zářeními je ve vlnové délce. Druhý rozdíl je v tom, že záření Gama vzniká v atomovém jádře, zatímco rentgenové záření vzniká interakcí elektronu z obalu s těžkými atomy z materiálu anody (rentgenové přístroje). (Navrátil, Rosina 2003)

### **1.2.1 Druhy záření**

#### **1.2.1.1 Záření alfa**

Při tomto druhu radioaktivity dochází k emitování částice  $\alpha$ , která se skládá ze dvou protonů a dvou neutronů, jde tedy o jádro helia. Tyto čtyři nukleony mají velkou vazebnou energii, jejich seskupení se proto chová jako jedna částice. K alfa přeměně dochází u nestabilních jader těžkých prvků, jako jsou například uran, radium a plutonium. Při alfa přeměně dochází k přeměně původního prvku na nový prvek. Při emisi  $\alpha$  částice se mateřské jádro mění. Po alfa přeměně vznikne dceřiné jádro, které se v Mendělejevově periodickém systému prvků nalézá o dvě místa vlevo od mateřského původního jádra. V

látkovém prostředí má velmi krátký dolet, protože tato těžká částice se dvěma kladnými elementárními náboji silně ionizuje látku, čímž se sama brzdí. Pohlcuje se již listem papíru a lze se před ním relativně snadno chránit. (Hrazdira, Mornstein, 2004)

### **1.2.1.2 Záření beta**

Přeměna Beta je taková transformace jádra, při které jsou zachovány počty nukleonů. Můžeme se s ní setkat u umělých radionuklidů nebo u lehkých jader přirozených radionuklidů. Nestabilita jádra je zapříčiněna tím, že má buďto nadbytek neutronů, nebo má naopak neutronů nedostatek. Záření beta rozdělujeme na beta plus a beta minus. (Hrazdira, Mornstein, 2004)

- **Záření beta minus**

Jedná se o emisi elektronu. Při Beta minus rozpadu se zvýší protonové číslo a neutronové číslo se snižuje, počet nukleonů se však zůstává, nemění. Při beta minus rozpadu tedy dochází k přeměně neutronu na proton a elektronu a antineutrino. (Hrazdira, Mornstein, 2004)

- **Záření beta plus**

V nestabilních atomových jádrech obsahujících nedostatek neutronů dochází k beta plus rozpadu. Jedná se o vyzáření pozitronu, kdy se jeden proton změní v neutron, počet nukleonů zůstává nezměněn, protonové číslo se však snižuje. Prvek se tedy tímto posune o jedno místo vlevo v periodické soustavě prvků. (Hrazdira, Mornstein, 2004)

### **1.2.1.3 Záření gama**

Gama rozpad je reakce, při které je z jádra atomu vyzářené kvantum elektromagnetického záření – foton. Gama záření patří mezi záření s vysokou pronikavostí látkami, proto je pro člověka nebezpečnější než alfa či beta záření. K tomuto procesu však dochází jen tehdy, má-li jádro nadbytek energie v porovnání s energií jádra v základním stavu. Jádro po své přeměně zůstává ve vzbuzeném stavu. Nadbytečné energie se poté zbavuje při návratu do základního stavu emisí jednoho nebo více fotonů záření  $\gamma$  a emisí hmotné částice. Životnost excitovaného jádra je velice krátká a přímo neměřitelná, lze tedy říci, že foton se vyzáří téměř současně s emisí hmotné částice. Ionizující  $\gamma$  záření je podobné rentgenovým paprskům nebo světlu, avšak má kratší vlnovou délku. Kvůli velmi krátkým vlnovým délkám má  $\gamma$  záření velkou energii a tím pádem i velkou pronikavost.  $\gamma$  záření mnohdy doprovází přechod vybuzeného dceřiného

jádra do stabilnějšího stavu při přeměnách  $\alpha$  a  $\beta$  a to u přirozeně radioaktivních prvků. Při záření  $\gamma$  se nemění protonové ani hmotnostní číslo prvku. (Navrátil, Rosina, 2003)

#### **1.2.1.4 RTG záření**

RTG-záření bylo objeveno dne 8. listopadu 1895, německým fyzikem Wilhelmem Conradem rentgenem. Je to elektromagnetické záření, které má krátké vlnové délky a velkou energii. Rentgenové záření vzniká v rentgenkách (skleněná vysoce evakuovaná trubice, s katodou a anodou uvnitř). Rentgenové záření může být buď brzdové nebo charakteristické. (Kuna, Navrátil, 2005)

- **Brzdové záření**

Vzniká prudkou změnou rychlosti (zabrzdním) letícího elektronu. Tím, že se elektron, který letí od katody rentgenky, dostane do přímé blízkosti anody, zakříví se jeho dráha a prudce se sníží jeho rychlost v elektrostatickém poli, a to díky působení coulombových sil. Kinetická energie, kterou elektron při změně rychlosti ztratil, se přemění na foton rentgenového záření. (Kuna, Navrátil, 2005)

- **Charakteristické záření**

Další způsob vzniku RTG-záření je přechod elektronů z vyšší energetické hladiny na nižší. Tento typ RTG-záření nazýváme charakteristické záření. Vzniká při dopadu elektronů s vysokou energií na kovovou anodu. Při tomto ději odevzdávají elektrony svou kinetickou energii elektronu uvnitř slupky elektronového obalu. To vede k přemístění elektronu do vyšší energetické hladiny (excitace), nebo dojde k jeho vyražení z atomu (ionizace). Tento atom je však nestabilní a vrací se zpět do základního stavu, při tom se zbavuje své přebytečné energie a tento rozdíl energií se vyzáří ve formě fotonu elektromagnetického záření. Při použití jiného kovu anody, by se energie změnila, záření tedy charakterizuje materiál, ze kterého je anoda vyrobena. Energie se zvyšuje se zvyšujícím se protonovým číslem kovu, ze kterého je anoda vyrobena. (Navrátil, Rosina, 2003)

#### **1.2.1.5 Neutronové záření**

Neutronové záření se rozumí proud pohybujících se neutronů. Patří mezi nepřímo ionizující záření, protože neutrony nemají elektrický náboj. Sekundární částice, které způsobují ionizaci, vznikají interakcí neutronů s jádry látky. Neutron je elektricky neutrální částice, která je v klidu jen o něco těžší než proton. Neutrony patří mezi

nukleony. Nacházejí v jádrech atomů a jsou tam vázány silnou interakcí spolu s protony. Volné neutrony se rozpadají beta-minus proměnou. Z jader se uvolňují jadernými reakcemi, vznikajícími při štěpení těžkých jader, nebo při ozařování vysoce energetickými částicemi z urychlovačů. Při interakci neutronů s látkou dochází k těmto procesům:

Pružný rozptyl - neutron narazí do jádra a předá mu část své kinetické energie, následně se od něj odrazí (rozptýlí) a dále pokračuje se změněným směrem pohybu a sníženou energií.

Nepružný rozptyl - neutron předá část své kinetické energie jádru. Tato energie ale není využita jen na mechanický pohyb jádra, ale i na zvýšení energie jádra (jádro se dostane do excitovaného stavu).

Radiační záchyt - neutron zůstává v jádru, následkem čehož je emise gama záření. Jaderné reakce vznikají, když po vniknutí neutronu do jádra je emitována jiná částice. (Navrátil, Rosina, 2003)

### ***1.2.2 Využití ionizujícího záření***

Ionizující záření má v dnešní době široké uplatnění ve všech oblastech lidské činnosti. Kromě jeho využití v průmyslových aplikacích, je využíváno především v lékařství (jak v terapii, tak v diagnostických metodách). (Švec, 2005)

#### ***1.2.2.5 Využití v průmyslu***

V průmyslu může být ionizující záření využíváno například pro průmyslovou defektoskopii, jedná se o metodu, díky které je možné odhalit výrobků. Mezi základní defektoskopické metody s pojené s využitím IZ pro kontrolu vnitřních vad materiálu patří průmyslová radiografie, která spočívá v prozařování materiálu rentgenovými či gama paprsky a zachycování prošlého záření na speciální rentgenový film. Cílem je najít skryté vnitřní nebo povrchové vady. Po ozáření a vyvolání filmu se jeví vady jako tmavší (někdy i světlejší) místa. Při kontrole materiálů nebo výrobků rentgenovým zářením nedochází k jejich poškození nebo porušení – metoda zkoušení je nedestruktivní. Defektoskopie tedy odhaluje skryté vady výrobků. (TechMagazin, 2011)

S dalším průmyslovým využitím se můžeme setkat u hlásičů kouře a požáru, ve kterých je čidlo, které obsahuje radioaktivní alfa zářič, který v čistém vzduchu udržuje

slabý proud mezi elektrodami. Pokud dojde ke vzniku kouře, dochází ke změně proudu, na kterou zareaguje elektronka hlásiče a nastane akustická signalizace. Ionizující záření můžeme v průmyslu využít i k měření tloušťky materiálu, kdy záření beta projde měřeným materiálem, který ho pohlcuje v závislosti na tloušťce vrstvy. Tato metoda je využívána například ve válcovnách plechu nebo při výrobě plastů. (Kusala, 2004)

### ***1.2.2.2 Využití ve zdravotnictví***

Ve zdravotnictví se s ionizujícím zářením setkáváme nejčastěji při provádění diagnostických vyšetření (především zobrazovacích) a dále je to jeden z hlavních a účinných prostředků využívaných k léčbě benigních i maligních onemocnění. (LFMU, 2013)

- **Ionizující záření v radiodiagnostice**

Diagnostické zobrazovací metody jsou v lékařství využívány k zobrazování orgánů a tkání různých fyzikálních modalit. Mezi základní zobrazovací metody, při kterých se využívá ionizujícího záření, patří: rentgenové vyšetření (skiografie, skiaskopie) a zobrazení pomocí výpočetní tomografie (CT). (Dungl et al., 2014)

#### **Skiografie**

Při skiografickém vyšetření prochází rentgenové záření zobrazovanou oblastí, ve které se absorbuje v závislosti na jejím složení. Tkáně jsou zobrazovány pomocí přímé nebo nepřímé digitalizace. Při přímé digitalizaci je proveden záznam pomocí snímacích detektorů. Při detekci se využívají polovodičové systémy (flat panel detektory). Tyto detektory převedou obraz, který vznikl expozicí rentgenovým zářením, na viditelný záznam. Při nepřímé digitalizaci se obrazy zaznamenávají na speciální fólii, která je umístěna v kazetě. Tyto obrazy jsou potom digitalizovány ve čtecím zařízení. Tkáně, které mají vysoké atomové číslo, odpovídají světlým až bílým místům na rentgenovém snímku – např. kosti, kovové předměty. Naopak místům tmavým až černým odpovídají části těla, které málo absorbují RTG záření – např. plyn (střevní plyn, plíce, žaludeční bublina). Existují tkáně, které RTG záření absorbují nedostatečně, že jejich rozlišení pomocí standardních rentgenových snímků je obtížné – např. svalstvo, kůže, parenchymové orgány, apod. (Dungl et al., 2014; foma 2018)

## Skioskopie

Skioskopie je dynamické vyšetření, při kterém je výsledný RTG obraz sledován v reálném čase na obrazovce. Toto vyšetření se používá především k zobrazování dutých orgánů a aplikují se při něm kontrastní látky. V případě, že se jedná o monokontrastní skioskopické vyšetření – použijí se pouze pozitivní kontrastní látky (např. baryové suspenze, jodové kontrastní látky), a v případě, že jde o dvojkontrastní skioskopické vyšetření - použijí se jak pozitivní, tak i negativní kontrastní látky (vzduch, methylcelulóza). (Dohnalová, 2012)

## CT – výpočetní tomografie

Jedná se o rentgenovou digitální modalitu, při které se části těla zobrazují v mnoha tenkých vrstvách (šíře 1-10 mm). Zdroj záření je rentgenka, která je uložena společně s detektory v gantry. Vyšetřovaný pacient leží v otvoru prstence. V tomto prstenci rotuje během expozice rentgenka a prošlé (různě absorbované) paprsky dopadají na detektory. Získaná data jsou poté digitalizována a matematicky zpracovávána. Nakonec jsou převedeny na viditelný obraz, který je složen z velkého množství bodů (tzv. pixlů), které mají různé stupně šedi. (Dunzl et al., 2014)

### • Ionizující záření v nukleární medicíně

V nukleární medicíně se požívají látky, které se označují pomocí radionuklidů. Radionuklid je nuklid, který má nestabilní jádro. Má tedy přebytečnou energii, která se uvolňuje radioaktivitou (vytvořením nových částic) nebo do elektronu v atomu. Radionuklid prochází radioaktivním rozpadem, při kterém uvolňuje subatomární částice nebo záření gama. Látka označena radionuklidem se nazývá radiofarmakum. V nukleární medicíně se používají pouze umělé radionuklidy, které mají vhodné fyzikální charakteristiky. Mezi tyto charakteristiky patří fyzikální poločas přeměny (rozmezí několika hodin až několika dní), emise záření beta, gama a případně charakteristického rentgenového záření a také energie záření gama (v rozmezí od 30 keV do 511keV). Nejčastěji využívané radionuklidy v nukleární medicíně jsou izotopy technecia ( $^{99}\text{Tc}$ ). Pacient je snímán tzv. gamakamerou, která má výstup ve vyhodnocovacím počítači. Výsledkem mohou být statické obrazy, dynamické záznamy nebo třírozměrné záznamy. (Radiobiologie, 2010; Nemocnice Jičín, nedatováno)

- **Ionizující záření v radioterapii**

Radioterapie je medicínský obor, který využívá ionizující záření k léčbě nádorových i nenádorových onemocnění. Podle způsobu aplikace ionizujícího záření se dělí na teleterapii a brachyterapii. Při teleterapii je zdroj záření mimo tělo pacienta (zpravidla 1m), zatímco při brachyterapii je zářič zaveden přímo do bezprostřední blízkosti nádoru. Při zevním ozařování se v radioterapii používají lineární urychlovače, kobaltové ozařovače a terapeutické rentgenové přístroje. V případě brachyterapie je zdrojem nejčastěji radium, iridium nebo zlato. (Linkos, 2018)

### ***1.2.2.3 Využití v zemědělství***

V zemědělství a potravinářství se využívá ionizující záření již několik let. První patenty, které se týkaly ozařování potravin, byly přiděleny již v roce 1918 v USA a v roce 1930 ve Francii. Zdrojem záření mohou být paprsky  $\gamma$  ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ), kterými se zničí mikroorganismy a škůdci a předejde se tak hnilobnému procesu ovoce a zeleniny. Tato metoda se dá využívat i pro sterilizaci potravin pro pacienty se níženou imunitou, nebo pro kosmonauty. Na rozdíl od chemikálií, ionizující záření na potravinách nezanechává žádné stopy, pouze zabijí bakterie. Dalším využitím ionizujícího záření v zemědělství je v ozařování semen, kdy ozáření způsobí mutaci, která může změnit vlastnosti plodin. Vytvoří se tak zcela nové odrůdy, dále se může zvýšit odolnost proti chorobám, počasí, doba zralosti či výživná hodnota. (Dufková, 2011)

### ***1.2.2.4 Využití v archeologii***

Ionizující záření je v archeologii využíváno k určování stáří předmětů. Nejznámější je metoda, která určuje stáří předmětů z organických materiálů měřením aktivity radioizotopu uhlíku  $^{14}\text{C}$  (radiouhlíková metoda). Měření se provádí v organickém materiálu, stanoví se koncentrace uhlíku  $^{14}\text{C}$ , který je v materiálu obsažený a následně se dopočítá jeho stáří. (atominfo.cz, 2016)

## ***1.2.3 Zdroje ionizujícího záření***

Zdrojem ionizujícího záření se dle zákona č. 263/2016 sb. rozumí

- 1. radioaktivní látka a předmět nebo zařízení ji obsahující nebo uvolňující, nebo*
- 2. generátor záření, kterým je zařízení způsobilé generovat ionizující záření.*

(Zákon č. 263/2016 sb.)



### 1.2.3.2 Přírodní zdroje ionizujícího záření

Mezi přírodní zdroje ionizujícího záření řadíme kosmické záření, s tím se na rozdíl od umělých zdrojů můžeme setkat kdekoliv a přicházíme s ním do styku denně. Dalším přírodním zdrojem IZ jsou v přírodě se vyskytující radionuklidy, jako je například  $^{238}\text{U}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  aj.

Kosmické záření můžeme rozdělit na tři základní složky a to galaktické kosmické záření, sluneční kosmické záření a záření radiačních pásů země.

- Sluneční záření má původ hlavně ve slunečních erupcích a je tvořeno zejména protony a to až z 99 %.
- Galaktické kosmické záření – vysokoenergetické záření vesmírného původu, které je složeno zejména z protonů (85 %), jader helia (11 %), těžších jader prvků a elektronů (4 %). Dávkový příkon tohoto záření se pohybuje okolo 1 Sv/rok.
- Radiační pásy (van Allenovy) – jedná se o pásy kolem planety, které jsou tvořeny protony a elektrony, zadrženy magnetickým polem Země. Záření je zachycováno v různých vzdálenostech od zemského povrchu. Vnitřní pás je od Země vzdálený 3 000 km, vnější pak 20 000 km.
- Přírodní radionuklidy

Přírodní radionuklidy (nuklidy s jádrem podléhajícím radioaktivní přeměně) vznikají pouze přírodními činnostmi a vyskytují se po celé Zemi již od jejího vzniku. Podle původu je pak lze rozčlenit do tří skupin: kosmogenní radionuklidy, primordiální radionuklidy a radionuklidy vznikající sekundárně z původních radionuklidů tvořících přeměnové řady. Hlavním zdrojem přírodních radionuklidů jsou zejména horniny. (súro, 2018)

### 1.2.3.2 Umělé zdroje ionizujícího záření

Umělé zdroje záření jsou zdroje vytvářené člověkem a řadíme sem především rentgenky, jaderné reaktory, urychlovače a umělé radionuklidy. Jejich výskyt se v posledních letech značně rozšířil. A to z důvodu, že se lidé naučili využívat umělých zdrojů záření a to zejména v lékařství a jaderné energetice.

- **Rentgenky** – rentgenka je vakuovaná skleněná trubice, která obsahuje 2 elektrody, ze záporné katody jsou elektrony emitovány na kladnou anodu, ve které při dopadu elektronů vzniká elektromagnetické záření (rentgenové) a teplo. Z anody vycházejí dva druhy rentgenového záření: brzdové a charakteristické.

Brzdné záření vzniká dopadem rychle letícího elektronu na anodu, kdy náhle zabrzdí a změní svůj směr, jeho kinetická energie se přemění na energii fotonu. Charakteristické rentgenové záření – záření je závislé na materiálu anody, kdy letící elektron v tomto případě odevzdává svou kinetickou energii elektronu z vnitřní slupky atomového obalu materiálu anody, dojde k jeho excitaci a při návratu do svého základního stavu vyzáří energii fotonu, která je rovna energetickému rozdílu mezi hladinami. (Kusala 2004)

- **Jaderné reaktory** - zařízení, ve kterých probíhá řízené štěpení jader. U některých izotopů plutonia nebo uranu dochází při zasažení neutrony k jadernému štěpení, tedy že se jejich jádro rozštěpí na dvě malá jádra. Při tomto procesu se uvolní energie a dva nebo více neutronů, tyto uvolněné neutrony mohou opět zasáhnout další jádra těchto izotopů, a uvolnit další neutrony, která opět mohou zasáhnout další jádra. Tento jev nazýváme řetězovou reakcí. V jaderných reaktorech jsou izotopy těchto prvků používány jako palivo zcela běžně, ale řetězová reakce je zde pod kontrolou a lze ji kdykoliv zastavit. V jaderných elektrárnách je uvolněná energie z jaderného štěpení využívána k výrobě elektřiny. V elektrárně vzniká teplo řízenou štěpnou reakcí při štěpení jader uranu v jaderném reaktoru. Reaktor je napojen na primární okruh, v němž je jako chladivo použita vysoce čistá, demineralizovaná voda s příměsí kyseliny borité a hydrazinu. Ohřáté chladivo předává v parogenerátoru teplo sekundárnímu okruhu ve formě páry. V sekundárním okruhu dochází v kondenzační parní turbíně ke konverzi tepelné energie na mechanickou. Přeměna mechanické energie na elektrickou probíhá v trojfázovém turboalternátoru s přímým chlazením statorového vinutí vodou a chlazením vnitřního zařízení vodíkem. (Kuna, Navrátil, 2005; PPBZ 2004)
- **Urychlovače** – urychlovače částic jsou technická zařízení, která slouží k dodávání kinetické energie nabitým částicím. Urychlovače částic se používají v medicíně a jaderné fyzice, kde se ke studiu částic a jaderných reakcí využívají částice s výjimečně velkými energiemi. Díky urychlovačům částic lze vyvolávat a sledovat reakce, které by za normálních podmínek v přírodě nevznikly. (Kusala, 2005)

Fyzikové našli způsob, jak u částic zvýšit energii a tím vznikla řada urychlovačů. Základní druhy urychlovačů jsou kruhové a lineární urychlovače. U lineárních urychlovačů dochází k urychlování elektronů po přímkové dráze

elektromagnetickou vlnou, tohoto urychlovače lze využívat například při léčbě nádorových onemocnění. U kruhových urychlovačů dochází k urychlování za pomoci silných magnetických polí po kruhové dráze.

- **Umělé radionuklidy** – Jako první objevili umělé radionuklidy manželé Curie, při náhodném ozařování hliníku. Vznikají při průmyslové ostřelování atomových jader nabitými částicemi z urychlovačů nebo jako štěpné produkty v energetických jaderných reaktorech. Dnes je známo několik tisíc umělých radionuklidů, využití nachází především v lékařství. (Reichl, 2008)

### 1.2.3.3 Počet zdrojů ionizujícího záření

*Tabulka 1 počet zdrojů ionizujícího záření*

Zdroj ionizujícího záření	Počet zdrojů
<b>Uzavřené radionuklidové zářiče (dále jen „URZ“)</b>	
URZ nespecifikovaný	1585
URZ kalibrační	684
URZ defektoskopický	993
URZ karotážní	87
URZ analytické a měřicí – přístroj	201
URZ průmyslové měřidlo	1553
URZ ozařovač jinde nespecifikovaný	36
URZ ozařovač krve nebo tkáně	18
URZ ozařovač lékařský brachyterapie – HDR	261
URZ ozařovač lékařský brachyterapie – LDR	332
URZ ozařovač lékařský teleterapie	34
URZ ozařovač průmyslový	142
<b>zařízení s URZ bez ohledu na to, zda obsahují URZ či jsou prázdné:</b>	
zařízení s URZ nespecifikované	70
zařízení s URZ defektoskopické	396
zařízení s URZ karotážní	48
zařízení s URZ – kalibrační	10
zařízení s URZ analytické a měřicí – přístroj	193
zařízení s URZ průmyslové měřidlo	888
zařízení s URZ ozařovač jinde nespecifikovaný	9
zařízení s URZ ozařovač krve nebo tkáně	14
zařízení s URZ ozařovač lékařský brachyterapie – HDR	19
zařízení s URZ ozařovač lékařský brachyterapie – LDR	2
zařízení s URZ ozařovač lékařský teleterapie	30
zařízení s URZ ozařovač průmyslový	4
<b>rentgenové zařízení:</b>	

rtg zařízení diagnost. skiagrafické	1784
rtg zařízení diagnost. skiaskopické	486
rtg zařízení diagnost. skiagrafické-skiaskopické	375
rtg zařízení diagnost. angio	155
rtg zařízení diagnost. CT	280
rtg zařízení diagnost. kabinové	14
rtg zařízení diagnost. mamografické	173
rtg zařízení diagnost. zubní intraorální	7547
rtg zařízení diagnost. zubní panoramatické	1841
rtg zařízení diagnost. zubní CT	199
tg zařízení diagnost. veterinární	476
rtg zařízení diagnost. – denzitometr	110
rtg zařízení terapeut. – povrchová terapie	11
rtg zařízení terapeut. – hloubková terapie	24
rtg zařízení terapeut. – simulátor	19
rtg zařízení techn. defektoskopické	305
rtg zařízení techn. defektoskopické kabinové	161
rtg zařízení techn. pro kontrolu předmětů	382
rtg zařízení techn. – spektrometrické	521
rtg zařízení techn. – mikrostrukturální rentgeny	92
rtg zařízení techn. ostatní	217
lineární urychlovač elektronů ( X )	9
lineární urychlovač elektronů (X a elektrony)	33
lineární urychlovač elektronů (elektrony)	8
lineární urychlovač těžkých částic (těžké částice, event. jiné částice)	1
kruhový urychlovač elektronů (X, event. jiné částice)	1
kruhový urychlovač těžkých částic (těžké částice, event. jiné částice)	0
zařízení produkující neutrony	2
zařízení produkující jiné částice	5

Zdroj: (SÚJB, 2018)

#### ***1.2.4 Zneužití ionizujícího záření***

##### ***1.2.4.2 Terorismus***

Terorismus představuje v současném světě jednu z nejvíce aktuálních hrozeb. Toto téma je v poslední době stále aktuálnější a jedná se o téměř celosvětový problém, velká část světa již byla terorismem napadena, nebo je jím ohrožena. V případě ionizujícího záření se jedná o nekonvenční terorismus. Pro nekonvenční terorismus je typické použití nekonvenčních zbraní, především pak zbraní radiačních, jaderných, biologických nebo chemických (CBRN zbraně).

### **1.2.4.3 Jaderný terorismus**

V případě jaderného terorismu se hovoří hlavně o přímém použití jaderných zbraní. Skládají se z nosiče jaderné nálože, jaderné nálože a řídicího systému. Základem je jaderná výbušnina, ve které za určitých podmínek může probíhat řetězová jaderná reakce. Jaderné zbraně představují nejúčinnější druh zbraní hromadného ničení a jsou předmětem největšího úsilí o jejich omezení, které vedlo k jejich zákazu. Výroba jaderné zbraně je technicky a surovinově velmi náročná a je téměř nereálné, aby ji vyrobila i velká teroristická organizace. Nesnadné je i získání dostatečného množství štěpného materiálu (obohaceného uranu nebo plutonia). Z hlediska zneužití jaderné zbraně teroristy lze dojít k závěru, že jaderná výbušnina je velice drahá, její výroba technicky velmi náročná a manipulace s radioaktivními materiály nebezpečná. Proto je sestavení jaderné zbraně teroristy málo pravděpodobné.

Jako jaderný terorismus lze ale brát i útok na jaderná zařízení, který by mohl vyvolat reakci, podobnou výbuchu jaderné zbraně, případně by mohlo dojít k uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí. Jako příklad lze uvést napadení jaderné elektrárny. Tento útok lze provést několika způsoby, například svržením bomby na zařízení, nálet letadla, sabotáž uvnitř objektu aj. Většina expertů je názoru, že tento scénář by bylo možné uskutečnit jen stěží, neboť ani náraz letadla do jaderného zařízení by zřejmě jadernou reakci vyvolat nedokázal. Tento typ útoku je navíc lokalizován na uvedené zařízení, u kterých je zajištěna jejich ochrana, což snižuje pravděpodobnost úspěšného útoku. ( Brill,2017; Bílková 2005; Brzobohatý 1999)

### **1.2.4.4 Radiologický terorismus**

Radiologický terorismus se zdá jako pravděpodobnější varianta než jaderný. Při tomto druhu terorismu se jedná o úmyslné rozptylování radioaktivních materiálů. Největší reálnou hrozbou radiologického útoku je takzvaná špinavá bomba, což je bezesporu největší možné zneužití ionizujícího záření. Špinavá bomba je radiologická zbraň, která má za cíl způsobit radiologické zamoření, roznesením radioaktivní látky, zejména kobaltu, uranu nebo cesia za pomoci výbušniny. Radioaktivních materiálů vhodných k výrobě špinavé bomby je celá řada a záleží pouze na dostupnosti konkrétního materiálu. Tato zbraň ohrožuje životy jak výbuchem, tak i následnou radiací. Může dojít také k vnitřnímu ozáření, při inhalaci radioaktivních částic. Její sestavení je poměrně jednoduché, neboť stačí jen konvekční výbušnina a radioaktivní materiál. Po výbuchu dojde k zamoření okolí radioaktivní látkou, která se bude šířit v závislosti na větru dál do

okolí. Prostředí se tím stává nebezpečným a není možný další pobyt v něm z důvodu ozáření. V zasažené oblasti je pak nutné provést dekontaminaci. Radiace v dané oblasti by ale mohla trvat i několik desítek let. Újmy na životech by nejspíše nebyly tak velké, jelikož hlavním účelem špinavé bomby, není zabíjení, jako spíše zamoření strategického prostoru radioaktivním materiálem a způsobení ekonomické a materiální škody. Také psychologický efekt by byl nejspíše výrazný, jelikož by tento útok v lidech nesporně vyvolal strach a paniku. (Davis 2003)

Další formou radiologického terorismu může být rozšíření radiologického materiálu aerosolovým sprejem nebo pouhé umístění předmětu, který vyzařuje záření na určité místo do blízkosti osob. (Bílková, 2005)

### ***1.2.5 Vliv ionizujícího záření na lidský organismus***

Ionizující záření má na lidský organismus vliv negativní. Mezi výjimky patří jeho využití v radioterapii – při léčbě nádorových i nenádorových onemocnění. Biologické účinky ionizujícího záření jsou rozděleny do dvou skupin na účinky deterministické a účinky stochastické.

#### ***1.2.5.1 Deterministické účinky***

Deterministické účinky se projevují jak při ozáření celého těla, tak při ozáření určité tkáně. Jsou způsobeny nejčastěji jednorázovou dávkou záření, která v lidské organismu vyvolává klinicky pozorovatelné účinky během krátké doby po ozáření. Mezi tyto účinky patří:

1) Radiační dermatitida (lokální poškození kůže) – má různé formy – od zarudnutí kůže až po těžké poškození kožní tkáně, při kterém vznikají vředy, které se obtížně hojí.

2) Akutní nemoc z ozáření (radiační syndrom) - Akutní nemoc z ozáření je onemocnění, které vzniká po celotělovém jednorázovém ozáření organismu dávkou vyšší než 0,7 Gy. Projevy ANO závisejí na mnoha faktorech – geometrii, dávce, dávkovém příkonu, pohlaví, věku, celkovém zdravotním stavu. Pokud se postižený nachází v okamžiku ozáření na otevřené ploše, je poškozen ionizujícím zářením rovnoměrně. Pokud je v okamžiku ozáření skryt (např. za přírodní překážkou), je ozářen nerovnoměrně. Při ozáření může dojít k vnější i vnitřní kontaminaci radionuklidy. Efektivní dávka je určena podle množství radionuklidů, typem kontaminace, poločasem rozpadu, množstvím a skladbou radionuklidů a také kvalitou dekontaminace.

U akutní nemoci z ozáření se setkáváme se třemi základními syndromy, jejichž výskyt souvisí s absorbovanou dávkou ionizujícího záření. Mezi tyto syndromy patří dřeňový syndrom, gastrointestinální syndrom a syndrom neurovaskulární. Dřeňový syndrom se projevuje útlumem krve tvorby. V závislosti na dávce je produkce krevních buněk malá až nulová – pancytopenie (současný pokles počtu všech typů krevních buněk – červených krvinek, bílých krvinek a krevních destiček). Pokud je postižený zasažen dávkou 1 Gy, přežívá 37% kmenových buněk. Při dávce 5 Gy přežívá pouze 1% kmenových buněk. Při gastrointestinálním syndromu jsou postiženy epitelové střevní buňky. Tyto buňky mají vyšší rezistenci než buňky kmenové. Gastrointestinální syndrom se projevuje při jednorázovém zevním ozáření dávkou 8 Gy a více. U neurovaskulárního syndromu je zářením postižena nervová tkáň. Tato tkáň je po funkční stránce značně radiosenzitivní, zatímco po morfologické stránce je radiorezistentní. U neurovaskulárního syndromu je spodní hranicí radiační dávka 30 Gy. Při této dávce dochází k manifestaci cévní složky. Při poškození nervové tkáně se přihlíží zvláště na mechanismy, které vznikly poškozením cév a mechanismy, které se rozvinuly na základě poškození CNS. Poškození cév nervové soustavy se projevuje úbytkem endoteliálních buněk a následnému zvýšení permeability kapilár. Zvýšení permeability kapilár způsobuje únik plazmy do intersticia. K poškození nervových buněk dochází při dávkách 50-70 Gy. Pokud je postižený ozářen vyššími dávkami, je poškození nervových buněk ireparabilní. Poškození nervové složky převládá při ozáření dávkami 100 Gy a vyššími. Následek neurovaskulární formy je vždy smrt. Pokud je postižený jedinec ozářen dávkou 100 Gy, umírá během několika dnů, pokud se jedná o dávkou 500 Gy, umírá během dvou hodin a pokud jde o dávkou 1000 Gy a vyšší, dochází k okamžitému úmrtí.

Akutní nemoc z ozáření probíhá ve čtyřech fázích. První fáze se nazývá prodromální. Je to bezprostřední stresová reakce organismu na ozáření. Projevuje se nauzeou, zvracením, nechutenstvím. Při ozáření vyšší dávkou také bolestmi hlavy a průjmy. Druhá fáze je fáze latentní. V této fázi dochází k úplnému nebo částečnému ústupu subjektivních potíží, které se projeví ve fázi prodromální. Období latence se zkracuje se vzrůstající dávkou záření. Třetí fáze je manifestní. Během manifestní fáze dojde k úplnému rozvoji onemocnění. Projevuje se celkové poškození, které je spjato s odezvou na úrovni neurohumorálních regulačních mechanismů a také v metabolické oblasti. Postižený trpí únavou, třesavkou, krvácením z nosu a dásní, epilací, vředy na ústní sliznici, průjmy (mohou být krvavé), horečkou. V této fázi je zvýšené riziko rozvoje

mikrobiálních, virových nebo plísňových onemocnění. Manifestní fáze trvá zpravidla 4-6 týdnů. V případě těžkého a velmi těžkého onemocnění postižený v této fázi umírá. V příznivém případě na tuto fázi navazuje fáze rekonvalescence. Fáze rekonvalescence je období, při kterém dochází k částečnému nebo úplnému uzdravení organismu. Úplné uzdravení závisí na citlivosti postiženého jedince vůči ionizujícímu záření. Nejčastější přetrvávající poruchou je porucha spermatogeneze/ovariogeneze.

3) Porucha plodnosti – Při ozáření ekvivalentními dávkami 0,1 Sv – 1 Sv dochází u mužů k přechodné aspermii. K aspermii trvalé dochází v případě ozáření ekvivalentní dávkou 3 Sv a více. U žen se hodnoty do 1,5 Sv neprojevují, hodnoty nad 2,5 Sv mohou způsobit sterilitu.

4) Poškození plodu – Lidský zárodek je na ozáření nejvíce citlivý ve třetím až osmém týdnu jeho vývoje. Je to způsobeno tím, že v tomto období dochází k vývoji orgánů. Narozené děti, u kterých došlo v tomto období k ozáření, bývají postiženy očními defekty, mikrocefálií, rozštěpem patra, zakrslostí nebo celkovým zaostáváním. Prahová dávka je v tomto případě již od 0,05 Sv. (Radiobiologie,2010; Hála 1998)

### **1.2.5.2 Stochastické účinky**

Závažnost těchto účinků není závislá na dávce, s rostoucí dávkou se zvyšuje pravděpodobnost jejich výskytu. Stochastické účinky se projevují jako mutace. Mohou se projevit jako mutace somatické (nádorová onemocnění) nebo jako mutace genetické (v zárodečných buňkách). Na rozdíl od účinků deterministických je zde dlouhá doba latence (až několik desítek let). (Peck,Samei, 2017)

## **1.2.6 Legislativa**

### **1.2.6.1 Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon.**

V České republice je stěžejním předpisem, který upravuje ionizující záření zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon. „ *Nový atomový zákon nahrazuje od 1. ledna 2017 dosavadní zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. Nový atomový zákon byl přijat 14. července 2016 jako zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon.* “ (SÚJB)

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropského společenství pro atomovou energii (EUROATOM) a Evropské unie. Předmětem úpravy je vymezení způsobu využívání ionizujícího záření a jaderné energie a podmínky vykonávání činností



souvisejících s využíváním jaderné energie a činností vedoucích k ozáření. V zákoně stanoveny jsou podmínky mírového využívání jaderné energie, podmínky vykonávání činností v rámci expozičních situací. Upravuje podmínky zajištění bezpečného nakládání s jadernými odpady. Vztahuje se také monitoring radiačních situací a zvládnání mimořádných situací radiačního původu. Dále upravuje podmínky pro zabezpečení jaderných zařízení, materiálů a zdrojů ionizujícího záření a stanovuje požadavky k zajištění nešíření jaderných zbraní. Mimo jiné upřesňuje i pravidla pro provoz jaderných elektráren. A nakonec i výkon státní správy v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření. (*zákon č. 263/2016 Sb.*)

#### **1.2.6.2 Prováděcí předpisy k atomovému zákonu č. 263/2016 Sb.**

Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje  
Tato vyhláška zpracovává příslušné předpisy Euratomu a stanoví požadavky na zajišťování radiační ochrany v expozičních situacích a způsob zabezpečení radionuklidového zdroje. Vyhláška stanovuje obecná pravidla radiační ochrany (limity, optimalizace RO, kategorizace zdrojů IZ, kategorizace pracovišť, kategorizace radiačních pracovníků, veličiny důležité z hlediska RO. Dále stanovuje plánované expoziční situace (soustavný dohled nad RO, kontrolované a sledované pásmo, provoz pracoviště, monitorování, lékařské ozáření, nelékařské ozáření...)

- 379/2016 Sb. - Vyhláška o schválení typu některých výrobků v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření a přepravě radioaktivní nebo štěpné látky
- 378/2016 Sb. - Vyhláška o umístění jaderného zařízení
- 377/2016 Sb. - Vyhláška o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie
- 376/2016 Sb. - Vyhláška o položkách dvojího použití v jaderné oblasti 375/2016 Sb. - Vyhláška o vybraných položkách v jaderné oblasti
- 374/2016 Sb. - Vyhláška o evidenci a kontrole jaderných materiálů a oznamování údajů o nich
- 362/2016 Sb. - Vyhláška o podmínkách poskytnutí dotace ze státního rozpočtu v některých existujících expozičních situacích
- 361/2016 Sb. - Vyhláška o zabezpečení jaderného zařízení a jaderného materiálu
- 360/2016 Sb. - Vyhláška o monitorování radiační situace
- 359/2016 Sb. - Vyhláška o podrobnostech k zajištění zvládnání radiační mimořádné události

- 358/2016 Sb. - Vyhláška o požadavcích na zajišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení
- 347/2016 Sb. - Nařízení vlády o sazbách poplatků na odbornou činnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost
- 408/2016 Sb. - Vyhláška o požadavcích na systém řízení
- 409/2016 Sb. - Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta
- 422/2016 Sb. – Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- 21/2017 Sb. - Vyhláška o zajišťování jaderné bezpečnosti jaderného zařízení
- 162/2017 Sb. - Vyhláška o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona
- 329/2017 Sb. - Vyhláška o požadavcích na projekt jaderného zařízení

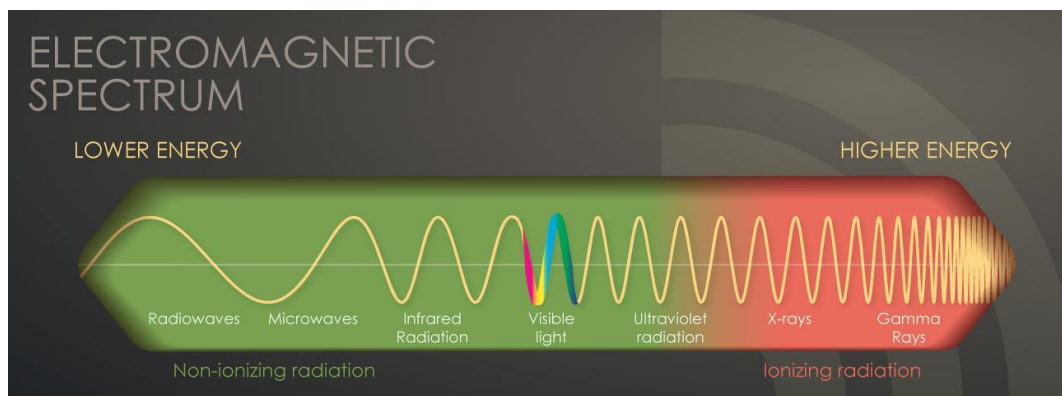
(SÚJB)

### **1.2.6.3 Evropská legislativa**

Efektivní využívání ionizujícího záření v medicíně, průmyslu, potravinářství nebo zemědělství bylo zmíněno v předchozích kapitolách. Tuto skutečnost zastihuje riziko jaderných havárií či jaderných reakcí při atomovém výbuchu a je proto nutné tuto problematiku zabezpečit co nejúčinněji z různých hledisek, tedy i z právního pohledu. V EU se příznivými účinky ionizujícího záření zabývá Evropské společenství pro atomovou energii, které vydává různé směrnice a nařízení. Základním dokumentem v Evropě v oblasti využívání jaderné energie a ionizujícího záření je tedy smlouva o založení Euratomu. Členy euroatomu jsou všechny členské státy EU. Tato smlouva vstoupila v platnost již 1. ledna 1958. Hlavním záměrem euroatomu bylo pomoci k vytvoření podmínek potřebných k rychlému vybudování a rozvoji jaderného průmyslu a také nastavení mechanismů, sloužících ke kontrole možného zneužití jaderných materiálů. Dále tato smlouva stanovuje, že jsou dány standardy pro ochranu obyvatelstva a pracovníků před účinky ionizujícího záření, stanovuje tedy nejvyšší přípustné dávky a stupně ozáření. (eur-lex.europa, 2007)

### 1.3 Neionizující záření

Neionizující záření je zářením nízkoenergetickým, které nemá dostatečné množství energie k ionizaci atomů či molekul. Mezi neionizující záření řadíme takové záření, které tvoří elektrické a magnetické pole, je tvořeno elektromagnetickým vlněním o definované vlnové délce a intenzitě. Neionizujícímu záření jsme vystaveni a používáme ho každý den. Jedná se totiž o elektromagnetické záření včetně viditelného světla, radiových vln, mikrovln, infračerveného záření nebo záření ultrafialového. Elektrické pole je definováno jako fyzikální pole, ve kterém na sebe vzájemně působí elektrické náboje. Existuje kolem každého nabitého tělesa. Hlavním zdrojem elektrických polí představují vedení rozvádějící elektrickou energii. Magnetické pole je též fyzikální pole, které vzniká pohybujícím se elektrickým nábojem silově působícím na jiný pohybující se náboj, lze jej vnímat například kolem vodičů, kterými teče elektrický proud, nebo například v katodové trubici kolem svazku letících elektronů. (WHO, 2014; Radiation answers, 2007)



**Obrázek 1 Elektromagnetické spektrum**

Zdroj: (CDC, 2017)

#### 1.3.1 Druhy neionizujícího záření

##### 1.3.1.1 Ultrafialové záření (UV záření)

Ultrafialové záření bylo objeveno německým fyzikem Johantem Wilhelmem Ritterem v roce 1801. Jedná se o elektromagnetické záření, které má vlnovou délku kratší než viditelné světlo, jeho vlnové délky se pohybují v rozmezí mezi 100 do 400 nm. Rozlišujeme 3 typy UV záření UV-A (320 - 400 nm), UV-B (280 - 320 nm) a UV-C (pod 280 nm). Ultrafialové záření má tedy má vlnovou délku delší než je

rentgenová záření, ale je kratší než vlnová délka viditelného světla. Toto záření není považováno za ionizující, může mít ale dostatek energie k tomu, aby porušilo některé chemické vazby, proto dlouhodobé vystavení UV záření může poškodit živé tkáně. Je to UV složka slunečního světla, která způsobuje tvorbu aktinových keratóz kůže, ale je také nezbytná pro syntézu vitamínu D. Nukleové kyseliny nejvíce absorbují UV záření kolem 260 nm, což je vlnová délka, která s největší pravděpodobností způsobuje mutační poškození. UV záření není pro lidské oko viditelné, ale některá zvířata, mají barevný receptor pro UV paprsky a mohou UV záření vidět. (Biology online, 2016)

### ***1.3.1.2 Infračervené záření (IR záření)***

Infračervené záření ve spektru elektromagnetického záření zaujímá rozsah vlnových délek delších než 780 nm. Na stupnici elektromagnetického vlnění se nachází mezi červenou oblastí viditelného spektra na jedné straně a mikrovlnami na druhé straně. Bylo objeveno britským astronomem Sirem Williamem Herschelem v roce 1800, když zkoumal sluneční spektrum. Opět zde můžeme rozeznávat 3 pásma IR-A (760-1400 nm), IR-B (1400- 3000 nm) a IR-C (nad 3000 nm). Typ IR-A a IR-B je součástí slunečního záření, typ IR-C vyzařují zahřáté předměty. Infračervené světlo je pro lidských okem neviditelné, ale delší infračervené vlny můžeme zachytit jako teplo. Infračervené záření v podstatě vyzařují všechna tělesa, včetně lidského těla. Při vysokých intenzitách doprovází infračervené záření tepelný efekt a to až v takové míře, že může dojít ke vzniku popálenin. Akutní celkové postižení zářením se poté nazývá úpal či úžeh. (TechTarget, 2017)

### ***1.3.1.3 Viditelné světlo***

Viditelné záření, je viditelná část elektromagnetického záření. V elektromagnetickém spektru se viditelné světlo nachází mezi UV a IR zářením. Jeho vlnové délky se pohybují od 400 do 760 nm. Lidské oko má schopnost detekovat nebo poznat pouze nějakou část elektromagnetického spektra, a to je právě viditelné světlo, které má vlnové délky, jež jsou viditelné pro většinu lidských očí. Právě tyto vlnové délky totiž vlastní schopnost, že při dopadu na fotoreceptory lidského oka vyvolají zrakový vjem. Jiné části spektra mají vlnové délky příliš velké či moc malé pro naše vnímání. Viditelné světlo je složeno z několika barev, přičemž každá vlnová délka prezentuje

nějakou barvu světla, podle stoupajících vlnových délek je to: fialová, modrá, zelená, žlutá, oranžová a červená. (Waldman, 2002)

#### **1.3.1.4 Radiové vlny**

Radiové vlny je typ elektromagnetického záření, které má nejdelší vlnové délky, delší než infračervené záření. Pohybují se rychlostí světla. Byly objeveny fyzikem Jamesem Maxwellem v roce 1867. Vlnové délky se u radiových vln pohybují rozmezí od 1 milimetru až do více než 100 kilometrů. A mají také nejnižší frekvence. Radiové vlny se dělí podle frekvencí a vlnových délek do několika skupin. Kdy se zvyšující se frekvencí klesá vlnová délka. (Lucas, 2015)

**Tabulka 2 Rozdělení radiových vln**

<b>Skupina</b>	<b>Frekvenční rozsah</b>	<b>Rozsah vlnových délek</b>
Extrémně nízká frekvence	<3 kHz	> 100 km
Velmi nízká frekvence	3 až 30 kHz	10 až 100 km
Nízká frekvence	30 až 300 kHz	1 až 10 km
Střední frekvence	300 kHz až 3 MHz	100 m až 1 km
Vysokofrekvenční	3 až 30 MHz	10 až 100 m
Velmi vysoká frekvence	30 až 300 MHz	1 až 10 m
Ultra vysoká frekvence	300 MHz až 3 GHz	10 cm až 1 m
Super vysoká frekvence	3 až 30 GHz	1 až 1 cm
Extrémně vysoká frekvence	30 až 300 GHz	1 mm až 1 cm

Zdroj: Lucas (2015)

#### **1.3.1.5 Mikrovlny**

Jedná se o elektromagnetické vlny, které mají délku větší než 1 mm ale větší než 1 metr. Jejich frekvence se pohybují od 300 MHz až do 300 GHz. V elektromagnetickém spektru se nachází mezi radiovými vlnami a infračerveným zářením. Mikrovlny některými materiály jako je papír, bavlna, plast, bavlna nebo sklo bez problémů projdou. Jinými materiály jako je například kov nebo voda, jsou mikrovlny pohlcovány a přeměňují se v nich na teplo. Propustnost závisí na materiálu a jeho tloušťce Mikrovlny mají široké využití, stejně tak jako ostatní druhy neionizujícího záření.

### ***1.3.2 Zdroje neionizujícího záření***

#### ***1.3.2.1 Přírodní zdroje neionizujícího záření***

Přirozeným zdrojem neionizujícího záření a to téměř celého spektra, se kterým se nejčastěji dostáváme do styku, je Slunce, díky termonukleárním reakcím, které probíhají na jeho povrchu. Zejména je pak hlavním zdrojem UV paprsků a viditelného záření. Zemi ale obklopuje ozónová vrstva, která UV záření odstiňuje a chrání nás tak před jeho negativními vlivy. UV záření je závislé na nadmořské výšce, jelikož každých 1000 metrů stoupá jeho množství o 15 %. Čím více pak stojí Slunce na obloze, tím se zvětšuje dopad UV záření na Zemi. Dopad tedy ovlivňuje i denní doba, roční období nebo geografická šířka. Je třeba zmínit, že mraky neodstiňují záření, pouze ho pohlcují. IR-A a IR-B jsou také složkou slunečního záření, avšak hlavním zdrojem IR záření jsou zahřáté předměty. V přírodě se můžeme setkat i se zářením radiovln, které přírodně vznikají při bouřce úderem blesku. (LFMU, 2005)

#### ***1.3.2.2 Umělé zdroje neionizujícího záření***

Umělých zdrojů neionizujícího záření je značně větší množství, pro lepší přehled jsou v této kapitole hlavní umělé zdroje neionizujícího záření rozděleny podle jednotlivých druhů záření.

- **UV záření** - Pro výrobu UV záření byla navržena celá řada umělých zdrojů. Důležitým a jedním z hlavních umělých zdrojů UV záření je elektrický oblouk, kde je záření ovlivňováno elektrickým napětím na elektrodách. Nejvýkonnějším zdrojem je pak plazmový hořák. Dalšími zdroji pak mohou být xenonové a rtuťové výbojky (UV lampy), což jsou v podstatě zářivky vyrobené z křemenného skla, které je propustné pro UV záření.
- **IR záření** – umělým zdrojem IR záření mohou být například infračervené lampy, což jsou vysoce výkonná elektrická zařízení emitující IR záření.
- **Viditelné světlo** – Umělým zdrojem světla může být v podstatě cokoli, v čem dochází k umělému vzniku světla. Jako příklad lze uvést žárovky, diody nebo výše zmíněné lasery.
- **Radiové vlny** – Radiové vlny jsou především vyráběny umělými zdroji. Jakou jsou radiové vysílače, elektrické generátory, televizory, mobilní telefony, GPS. Radiových vln se například využívá i při vyšetření magnetickou rezonancí.

- **Mikrovlny** – Asi nejznámějším zdrojem mikrovln je mikrovlnná trouba. Hlavní součástí mikrovlnné trouby je tzv. magnetron, který generuje mikrovlnné záření, vzniklé mikrovlny, poté rozkmitávají molekuly vody v potravinách a dochází k jejich ohřevu. (Rosina, 2013)
- **Lasery** – Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – zesilování světla stimulovanou emisí záření). Princip laseru je založený na stimulaci emise záření aktivních částic, které jsou buzeny vnějším energetickým zdrojem. Aktivní částice se tedy dostanou ze základní energetické hladiny do vyšší a při návratu zpět do nižší hladiny dochází k vyzáření energie. Světlo je pak z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku. Lasery se ale mohou pohybovat v celém elektromagnetickém spektru, nejčastěji pak kromě infračervené oblasti ještě ve viditelné nebo ultrafialové. (Navrátil, Rosina, 2003)

### ***1.3.3 Využití neionizujícího záření***

S neionizujícím zářením se setkáváme denně, v této kapitole zaměřené na jeho využití je uvedeno u každého druhu záření několik příkladů využití. Kapitola je pro lepší přehled řazena po jednotlivých druzích neionizujícího záření.

#### ***1.3.3.1 Využití UV záření***

UV záření má baktericidní účinky, proto se využívá v germicidních lampách, které mají sterilizační účinek, toho se využívá například k dezinfekci operačních sálů, infekčních oddělení, zubních ordinacích a jiných zdravotnických zařízení nebo v mikrobiologii na misky s bakteriální kulturou. UV lampy jsou také využívány například na kontrolu pravosti peněz a cenin, pro pitné sterilizaci vody, čištění odpadních vod nebo v kosmetickém odvětví, kde se využívá UV lamp například v solárních studiích. Elektrický oblouk je užíván ke svařování nebo řezání kovů. UV záření má též široké využití ve fototerapii k léčbě nemocí. Ve zdravotnictví je používána tak zvaná fotodynamická terapie, což je metoda léčby maligních nádorů, při které se záření, senzitizer a kyslík používají k vyvolání fotochemické smrti buněk. Nádor je odstraněn, bez poškození okolní tkáně. (LFMU, 2005; Jelínek, Pekárek 2016)

#### ***1.3.3.2 Využití IR záření***

Existuje několik využití infračervených vln. Například mezi zařízeními se tyto vlnové délky používají ke komunikaci na krátkou vzdálenost, přenášejí informaci z jednoho místa na druhé. Tohoto využívají například mobilní telefony, notebooky,

dálkové ovladače atd. Tato forma komunikace je známa jako infračervený port (infraport), k poslání dat je nutné, aby na sebe zařízení mířila tzv. portem a byla od sebe ve vzdálenosti do desítek centimetrů. Další využití nachází infračervené spektrum v tepelném zobrazování, kde se používá k určení teploty objektu na dálku. Tato metoda se používá především při vojenských operacích nebo v průmyslu. IR záření se využívá i k takzvanému nočnímu vidění, kde je používáno pro zesílení světla v situacích s nízkou intenzitou osvětlení. Ve sledovací technologii je IR záření používáno ke sledování určitého cíle, kde jsou střely posílány tak, aby sledovaly objekt na základě jeho infračerveného záření. Další oblastí využití může být meteorologie, kdy infračervenou technologii používají satelity k určování teploty vody a následně zjistili tvorbu oblačnosti. V historii umění nachází infračervené světlo též své využití, jelikož je používáno k zobrazení vrstev maleb. V neposlední řadě je infračervené záření využíváno pro vytváření tepla, může být tedy použito jako tepelný zdroj, který se dá využívat například v infračervených saunách, k odmrazování, při tepelných terapiích, k ohřevu vzduchu. A protože IR paprsky pronikají do lidského těla, dají se použít ke stimulaci krevního oběhu a tím můžeme docílit i léčebného účinku. (Sciencing, 2017; LFMU 2005; Jelínek, Pekárek, 2016)

#### ***1.3.3.3 Využití viditelného světla***

V první řadě viditelné světlo využíváno fotoreceptory lidského oka, jelikož bez jeho přítomnosti bychom nebyli s to vidění a rozlišování barev. Má také vliv na psychiku člověka. Umělé zdroje záření se pak samozřejmě používají k osvětlení, pouličnímu osvětlení, osvětlení vozidel, semaforey, osvětlení operačních sálů. (LFMU, 2005, Povey 2011)

#### ***1.3.3.4 Využití radiových vln a mikrovln***

Radiové vlny se využívají ve velké míře v komunikačních technologiích, jako rádio, mobilní telefony, internet, televizní vysílání. Využití nachází i jako rada pro řízení letecké nebo lodní dopravy, též jako rady pro měření rychlosti řidičů. Dále se používají ve vědě, jelikož je několik metod vyžadujících přenos přesných časových signálů. Využívají se též v odvětví radioastronomie, která se zabývá studiem nebeských těles pomocí radiových vln. Radiové vlny se také uplatňují ve zdravotnictví pro magnetickou rezonanci, což je diagnostická zobrazovací metoda, radiové vlny zde způsobují odchylky v rotaci protonů vodíku. Mikrovlny nacházejí využití též v mnoha oblastech, přičemž nejznámější je využití pro mikrovlnné trouby, molekuly v jídle daném do mikrovlnné trouby se



absorpcí mikrovln rozkmitají a dojde k ohřevu. Mikrovlny prohřívají materiál více než pouhý ohřev povrchu, proto jsou používány k vysoušení různých materiálů, jako je například dřevo, nebo vysoušení starých knih či listin. Mikrovln se také využívá při vysoušení zdí a hubení škůdců, mikrovln ohřejí vodu obsaženou v těle škůdců, a tím dojde k jejich usmrcení, okolní prostředí však zůstane nepoškozeno. Mikrovlny stejně jako radiové vlny se používají i ve zdravotnictví, například v metodě zvané diatermie nebo mikrovlnná hypertermie, při této metodě dochází pomocí mikrovlnného záření k vystavení tkáně zvýšené teplotě, ta je pak náchylnější k odumření, používá se zejména k léčbě zvětšení prostaty nebo nějakých typů rakovin. Diatermie je léčebná metoda, při které proud vln prochází tkání a tím jí prohřívá, čímž dochází k většímu prokrvení a může dojít k zlepšení její funkce. (Vokurka, Hugo 2015; LFMU, 2005; MŠMT 2011)

### ***1.3.3.5 Využití laserů***

Laser, jak bylo popsáno výše, je umělým zdrojem elektromagnetického záření, který využívá nejčastěji viditelné, ultrafialové nebo infračervené části spektra. Jeho praktické využití je velice rozsáhlé, stal se součástí našeho běžného života a ulehčuje práci v mnoha oborech. V této podkapitole stručně nastíním jeho nejznámější příklady využití.

Lékařské využití laserů je například v očním lékařství, při operacích očních vad, používá se i v kosmetické chirurgii k odstraňování jizev, tetování, znamének atd. Ve stomatologii se používá k odstraňování zubních kazů, dále se využívá k zástavám krvácení a v mnoha dalších oborech jako je chirurgie, gynekologie traumatologie atd. V průmyslu se laserové paprsky využívají k obrábění materiálů, jejich vrtání a řezání. Dále ke svařování kovů, gravírování nebo dekorování skla laserovým vypalováním. V oblasti geodézie se laser využívá k zaměřování a měření vzdáleností. Dají se využívat i v ekologii, kdy se lasery měří znečištění ovzduší. Čtení čárových kódů také využívá vlastností laserů, kdy laserový scanner čte čárový kód při jeho přejíždění a převádí informace do počítače. Laser našel využití i při čtení kompaktních disků (CD, DVD). Známé jsou také laserové ukazovátka, laserové světelné show nebo laserové tiskárny a kopírky. (Duarte, 2016, Kusala 2004; MŠMT 2011)

### ***1.3.4 Zneužití neionizujícího záření***

Za největší zneužití neionizujícího záření je považováno zneužívání laserů pro vojenské účely. Na ručních zbraních se mohou vyskytovat laserové zaměřovače, které mohou viditelně označit místo zásahu. Laserové dálkoměry se mohou vyskytnout jak na

ručních zbraních, tak i například tancích, jejich funkcí je zaměření a určení vzdálenosti cíle. Na základě laserového zaměřování je možná taky určit dráhu mezikontinentálních balistických raket.

Jedna z lodí Amerického námořnictva, jménem USS Ponce, používá funkční laserovou zbraň jménem LaWS, která dokáže cíl zasáhnout s naprostou přesností. Na rozdíl od konvenčních zbraní laserový paprsek této zbraně je sice velmi silný, ale naprosto tichý, tudíž je eliminováno riziko odhalení loďní pozice na minimum. Zbraň LaWS dosahuje vysoké rychlosti, a to proto, že laserový paprsek se po vystřelení pohybuje rychlostí světla, tedy 300 000 km za vteřinu. Zbraň má také samostatný generátor, který jí dodává potřebnou energii. Laser je možno použít na sestřelení na vodě, souši, ale i ve vzduchu, avšak vždy je nutný kontakt laseru s objektem. Díky jeho přesnosti je například možné vyřadit pouze motor nepřátelského plavidla a vyřadit ho tím z boje. Systém zbraně LaWS vyšel přibližně na 40 milionů amerických dolarů, cena výstřelu ale stojí v přepočtu jen asi 30 korun. V současné době americké námořnictvo již vyvíjí laserové systémy druhé generace. Podle pravidel ženevských úmluv je zakázáno používat laserové zbraně proti lidem. Vše ale samozřejmě závisí na dodržování těchto smluv.



***Obrázek 2 Laserová zbraň na lodi USS Ponce***

Zdroj: (Bauer, 2017)

Dalším možným způsobem zneužitím neionizujícího záření se opět týká laserů. Některé typy laseru totiž mohou být zneužívány ke zhoršení schopností protivníka, zejména pak zrakových. Laser ozáří soupeře laserovým světlem, které má za následek

oslnění nebo dezorientaci. Laserem by mohlo docházet i k úplnému oslepnutí, to ale protokoly zakazují, nicméně i tyto zbraně byly vyvinuty. Toto zneužívání laseru se však nemusí nutně týkat pouze vojenské sféry. V minulých letech jste mohli zaregistrovat případy, kdy byly laserem oslňováni piloti českých letadel během přistání. Oslnění pilotů může způsobit ztrátu orientace a tím tedy kontrolu nad řízením letadla. Tyto druhy laserů jsou v České republice běžně dostupné. Zneužití je však trestné. (Bauer 2017; Dubová 2013)

Se zneužitím mikrovln se můžeme setkat v případě, kdy se mikrovlny používají jako zbraně např. proti demonstrantům. Koncentrované mikrovlny pak vyvolávají reakce organismu a mohou zapříčinit i popáleniny. Světové velmoci nyní pracují na vývoji těchto zbraní pro vojenské účely. Zbraně by cíleně vysílaly mikrovlny a zahřívaly tím molekuly vody pod kůží, tím způsobily bolesti a vyřadily nepřítele z boje. (Koplow, 2006; National Geographic, 2014)

### ***1.3.5 Vliv na člověka***

UV záření jsme díky Slunci vystaveni po celý život, paprsky mohou být pro lidský organismus prospěšné i škodlivé. Prospěch spočívá v tom, že se při pobytu na Slunci UV paprsky zachycují v melanocytech (pigmentové buňky), kde vzniká vitamín D, který je nadále nezbytný pro metabolismus fosforu a vápníku. Kůže také na UV záření reaguje zvýšenou pigmentací, tedy dochází k tzv. opálení. Pozitivní účinky byly také prokázány při léčbě lupenky. Negativní vlivy tohoto záření můžeme pozorovat při spálení kůže, kdy je kůže zarudnutá a může docházet i k tvorbě puchýřků. To znamená, že kožní buňky jsou poškozeny nadměrným ozářením a kůže potom rychleji stárne. Ve vážnějších případech může docházet i k poškození genetické výbavy melanocytů, což vede ke vzniku rakoviny kůže. Je tedy důležité se před UV zářením náležitě chránit, nevystavovat se Slunci na delší dobu a jeho paprsky se chránit krémy s UV filtrem. Na produkci vitamínu D plně postačuje hodinový pobyt denně a to i v oděvu a polostínu. UV záření může mít negativní účinek i na spojivku oka, kde může dojít k zánětu. Je ale schopno pronikat i do hloubi oka, kde dojde k poškození vnitřních struktur a může dojít až k oslepnutí. Rizikové jsou pro tento případ zejména profesionální expozice, jako je sváření nebo práce s výbojkami. Ochranou je nošení brýlí s dostatečným UV filtrem. (LFMU, 2005; MŠMT 2011)

Infračervené záření má při vysokých intenzitách na člověka tepelný efekt, které může vést až ke vzniku popálenin. Akutní celkové postižení tímto zářením se pak nazývá úžeh,

kdy dochází k celkovému přehřátí organismu, které doprovází nevolnost a zvracení. Nebo úpal, jehož hlavní příčinou je přehřátí hlavy, dochází k bolestem hlavy a též k nevolnosti. Stejně jako u UV záření může dojít k poškození oka, konkrétněji k zákalu oční čočky. Při působení IR záření také dochází ke zvyšování tělesné teploty, což může být doprovázeno pocením. Pocení za účasti IR záření, má pozitivní vliv na vyloučení těžkých kovů z těla. Tohoto se využívá například v infrasaunách.

Viditelné světlo sice nevyvolává reakce na kůži, ale na sítnici oka ano. Na sítnici jsou molekuly, které při absorpci světla uvolňují elektrony, což je jev, který nám umožňuje vidění. Dlouhodobé vystavení silnému osvětlení, práce při nedostatečném osvětlení nebo vytváření stroboskopických efektů (rychlé střídání světla a tmy – blikání), přispívají ke zrakové únavě. Její projevy jsou zejména pálení očí, bolesti očí a hlavy, zhoršení zrakové vnímání, zarudlé spojivky nebo dvojité vidění. Bez světla se také neobejde fotosyntéza. (LFMU, 2005; MŠMT, 2011)

Vlny s větší vlnovou délkou jako radiové vlny a mikrovlny jsou v současné době z hlediska působení na lidský organismus velmi probíraným tématem. Jejich účinky jsou především tepelné, ale objevuje se stále více práce, které se snaží prokázat, že tyto vlny mohou přispívat k riziku vzniku některých nádorových onemocnění. Toto tvrzení však nelze předpokládat na prokázané. (LFMU,2005; MŠMT 2011)

### ***1.3.6 Legislativa***

#### ***1.3.6.1 Zákon č. 258/2000 Sb. - Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů***

Tento zákon mimo jiné vymezuje, co se pro účely tohoto zákona rozumí neionizující záření. Jsou zde stanoveny povinnosti osob, které jsou provozovateli stroje či zdroje neionizujícího záření a to včetně laserů. Tyto osoby jsou dle zákona povinny činit technická a organizační opatření, tak aby vystavení fyzických osob tomuto záření nepřesahovalo nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření. Další povinností těchto osob je při zjišťování a hodnocení expozice fyzických osob a úrovně neionizujícího postupovat tak, jak je stanoveno prováděcím právním předpisem, kterým v tomto případě je nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. Tento zákon ukládá i povinnost vypracovat a následně předložit dokumentaci náležitému orgánu ochrany veřejného zdraví a to v případě zahájení používání nebo provozu zdroje neionizujícího záření veřejné telekomunikační sítě v obytné zástavbě, která je doložena výpočtem či

měřením dodržení nejvyšších přípustných hodnot neionizujícího záření z hlediska expozice fyzických osob. Poslední uloženou povinností je označit výstrahou místa, ve kterých může expozice osob neionizujícímu záření překročit maximální přípustné hodnoty. V tomto zákoně je dále uvedeno, že musí dojít k neprodlenému zastavení provozu v případě, že dojde k závadě na zdroji neionizujícího záření, která by mohla vést k expozici fyzických osob překračující nejvyšší přípustné limity. Tento zákon ještě zadává povinnost provozovateli služby, který používá neionizující záření k péči o tělo. Tento provozovatel je povinen vést evidenci, do které bude uvádět čas, který je zdroj neionizujícího záření denně v provozu. A evidenci je povinen uchovávat po dobu životnosti zdroje. V dalším paragrafu zákona 258/2000 je upravena povinnost výrobců a dovozců laserů. Ti jsou povinny zajistit zařazení laserů do příslušných tříd a označit je štítkem, případně i výstražným textem. (Zákon č. 258/2000 Sb.)

#### ***1.3.6.2 Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. - Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením***

Toto nařízení zpracovává příslušné předpisy EU, konkrétně Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/25/ES ze dne 5. dubna 2006 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví před expozicí zaměstnanců rizikům spojeným s fyzikálními činiteli. A Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2013/35/EU ze dne 26. června 2013 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví před expozicí zaměstnanců rizikům spojeným s fyzikálními činiteli. Nařízení upravuje nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření pro zaměstnance a fyzické osoby v komunálním prostředí. Dále stanovuje způsob zjišťování expozice a její následné hodnocení. Stanovuje také minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnance při práci s neionizujícím zářením a minimální rozsah informací poskytnutých zaměstnanci k ochraně zdraví při práci. Toto nařízení dále stanovuje podmínky technické dokumentace laserů, zabezpečení jejich provozování a chodu plus bezpečnostní značení míst. (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.)

## **2 CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

### ***2.1 Cíle práce***

Cíl 1: Zhodnotit možnosti využití ionizujícího a neionizujícího záření.

Cíl 2: Zhodnotit možnosti zneužití ionizujícího a neionizujícího záření.

### ***2.2 Výzkumné otázky***

Výzkumná otázka 1: Je větší hrozba zneužití u zdrojů ionizujícího záření?

Výzkumná otázka 2: Je obyvatelstvo dostatečně informováno o ionizujícím a neionizujícím záření?

### 3 METODIKA

Pro zpracování této diplomové práce bylo zapotřebí vyhledání a shromáždění dostatečného množství českých i zahraničních zdrojů, které obsahují aktuální informace o zpracovávaném tématu. Jednalo se zejména o odbornou literaturu, internetové databáze, odborné časopisy a právní předpisy. Zdroje informací byly nastudovány a velké množství z nich bylo následně použito pro zpracování teoretické části diplomové práce. Teoretická část se nejprve věnuje ionizujícímu záření, jsou zde rozebírány zdroje ionizujícího záření, jeho využití a zneužití, dále také vliv ionizujícího záření na lidský organismus a legislativa, která ionizující záření upravuje. Druhá část teorie je pak zaměřena na záření neionizující a jsou v ní obsaženy stejné kapitoly, jako u záření ionizujícího.

Pro praktickou část práce byly vymezeny 2 cíle a 2 výzkumné otázky. Cíli práce bylo zhodnocení možností využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření. Pro splnění těchto cílů byly vytvořeny tabulky, které obsahují možnosti využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření. Obě tabulky s možnostmi využití i zneužití vycházejí z teoretické části práce.

Při hledání odpovědi na výzkumnou otázku „Je větší hrozba zneužití u zdrojů ionizujícího záření?“ jsem se zamýšlela nad způsoby zneužití ionizujícího a neionizujícího záření. Zamýšlení se nad touto otázkou je obsahem diskuze.

Pro zodpovězení druhé výzkumné otázky „Je obyvatelstvo dostatečně informováno o ionizujícím a neionizujícím záření?“ bylo zapotřebí provést dotazníkové šetření. Data byla sbírána elektronickou a papírovou formou. Elektronickou formu využívala především mladší generace a sdílení probíhalo za pomoci služby „Google Formuláře“. Papírovou formu dotazníku jsem použila pro oslovení starší skupiny obyvatel. Sběr dat probíhal 2 měsíce, od května do června 2018, a byla pro něj využita spolupráce 306 respondentů.

Dotazník obsahoval celkově 19 otázek, přičemž první 3 otázky byly zaměřeny na charakteristiku respondentů. Díky první otázce týkající se pohlaví bylo zjištěno, že dotazník zodpovědělo 165 (53,9 %) žen a 141 (46,1 %) mužů. Druhá otázka se zabývala věkem respondentů. Byly zastoupeny 3 věkové skupiny. První skupinu tvořili respondenti ve věku 18-25 let, která měla zahrnout studující část obyvatelstva. Do této skupiny se zařadilo 96 (31,4 %) dotázaných. Druhou skupinou byli respondenti ve věku 26-65 let,

tuto skupiny v mém dotazníkovém šetření utvořilo 135 respondentů (44,1 %). Třetí kategorií byla určena pro lidi nad 66 let, tedy důchodového věku. Do této skupiny se zařadilo 75 respondentů (24,5%). Třetí otázka měla za úkol rozdělit respondenty do 3 kategorií podle nejvyššího dosaženého vzdělání. Jednalo se tedy o základní, středoškolské a vysokoškolské vzdělání. Jako nejvýše dosažené základní vzdělání uvádělo v mém dotazníku 71 (23,2 %) respondentů. Středoškolského vzdělání dosáhla největší skupina dotázaných a to 132 (41,3 %) respondentů. Ve skupině, která jako nejvyšší dosažené vzdělání uváděla vzdělání vysokoškolské, bylo 103 (33,7 %) respondentů. Informace získané z těchto rozřazovacích otázek byly použity pro zjištění průměrného počtu správných odpovědí v závislosti na pohlaví, věku a nejvyššího dosaženého vzdělání. Pro každou jednotlivou kategorii byl spočítán průměrný počet správných odpovědí (maximum bylo 12 správných odpovědí), který byl převeden na procenta. Stejný postup byl proveden s výsledky všech respondentů pro zjištění celkové informovanosti. Vše bylo prováděno pomocí programu MS Excel. Z těchto informací byly následně vytvořeny sloupcové grafy.

Dalších 12 otázek bylo uzavřeného charakteru a zaměřovaly se na znalosti respondentů o ionizujícím a neionizujícím záření. U 7 otázek měli respondenti na výběr z 3 odpovědí. U dalších 5 otázek poté mohli vybírat správnou odpověď ze 4 možností. Vždy byla jen jedna správná odpověď a u každé otázky mohli respondenti zvolit možnost „nevím“. Těchto 12 otázek bylo vyhodnoceno a statisticky zpracováno podle počtu správných odpovědí. Ke statistickému vyhodnocení byl používán program MS Excel. Pro větší přehlednost byly otázky zpracovány i graficky. V práci se tedy vyskytují dva druhy grafů. Prvním je výsečový graf, který znázorňuje počet správných a špatných odpovědí vyjádřených v procentech. Druhým je sloupcový graf, ve kterém je znázorněn průměrný počet správných odpovědí v závislosti na pohlaví, věku a vzdělání respondentů.

Poslední část dotazníku tvořily 4 otevřené otázky. První otevřená otázka („Popište svými slovy, co je ionizující záření.“) měla za úkol zjistit, zda jsou respondenti schopni sami popsat, co je ionizující záření. Druhou otázkou „Setkal jste se někdy s ionizujícím zářením? Popřípadě kde?“, jsem chtěla zjistit, jestli se respondenti někdy setkali s ionizujícím zářením, a jestli jsou si tedy vědomi, kde se ionizující záření vyskytuje. Třetí otevřená otázka („Popište svými slovy, co je neionizující záření.“) byla stejného charakteru jako otázka první, jen s tím rozdílem, že nyní jsem se dotazovala na záření neionizující. Čtvrtá otázka („Uveďte jeden nebo více příkladů, kde se využívá



neionizující záření.“), se opět týkala neionizujícího záření. Otázkou jsem chtěla zjistit informovanost respondentů o tom, kde je možné neionizující záření využít. Odpovědi respondentů na tyto otevřené otázky jsou řešeny v diskusi.

## 4 VÝSLEDKY

V této kapitole největší část tvoří výsledky z dotazníkového šetření. Pro lepší přehlednost jsou výsledky graficky zpracovány. První 3 otázky týkající se pohlaví, věku a dosaženého vzdělání respondentů byly zpracovány do tabulek, které ukazují počty správných odpovědí na počet respondentů a sloupcových grafů podle průměrného počtu správných odpovědí. Dalších 12 grafů, ve kterých jsou vyhodnoceny jednotlivé otázky dotazníku, jsou převedeny do výsečových grafů, procentuálně dle odpovědí. Dále zde budou prezentovány tabulky zobrazující možnosti využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření. Výsledky obsahují tabulky, grafy a statistické zpracování, které bylo vytvořeno pomocí programu MS Excel. Výpočty, které byly ke statistickému šetření používány, jsou uvedeny v příloze B.

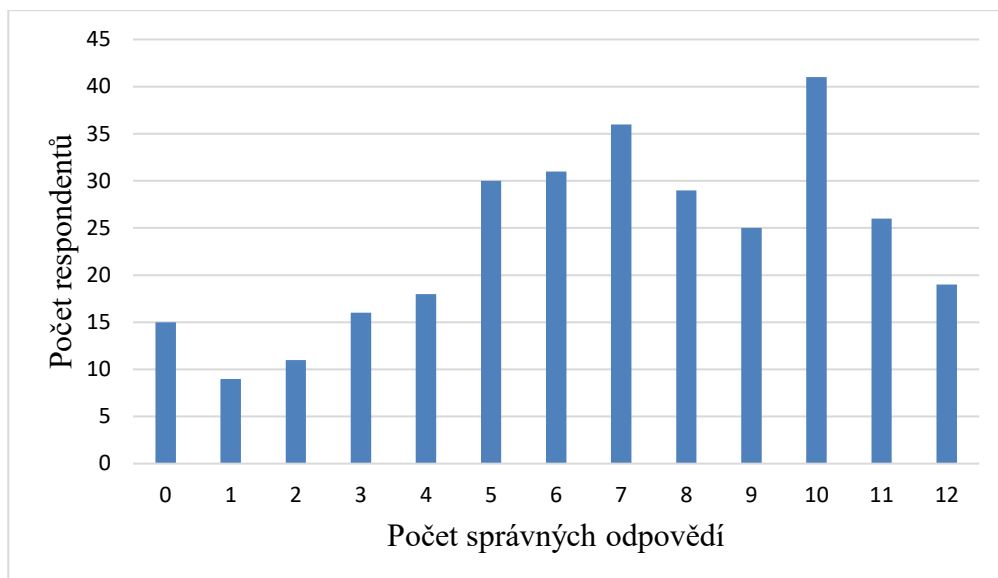
### 4.1. Výsledky dotazníku

#### 4.1.1 Počet správných odpovědí na počet respondentů

*Tabulka 3 Počet správných odpovědí na počet respondentů*

počet správných odpovědí	počet respondentů	Počet respondentů v %
0	15	4,9%
1	9	2,9%
2	11	3,6%
3	16	5,2%
4	18	5,9%
5	30	9,8%
6	31	10,1%
7	36	11,8%
8	29	9,5%
9	25	8,2%
10	41	13,4%
11	26	8,5%
12	19	6,2%
<b>celkem</b>	<b>306</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní



**Obrázek 3 Počet správných odpovědí na počet respondentů**

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na respondenta je 6,9 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,3 odpovědi. Polovina respondentů má správně 7 nebo více odpovědí (medián). Nejvíce respondentů (celkem 41) má 10 správných odpovědí (modus). Průměrná úspěšnost v procentech činila 57,7 %.

#### 4.1.2 Počet správných odpovědí v závislosti na pohlaví

**Tabulka 4 Počet správných odpovědí muži**

počet správných odpovědí	počet respondentů	Počet respondentů v %
0	7	4,9%
1	4	2,8%
2	5	3,5%
3	6	4,2%
4	7	4,9%
5	11	7,7%
6	14	9,9%
7	14	9,9%
8	11	7,7%
9	10	7,0%
10	22	15,5%
11	16	11,3%
12	15	10,6%
<b>celkem</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na muže je 7,4 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,5 odpovědi. Polovina respondentů má správně 8 nebo více opovědí. Nejvíce mužů má 10 správných odpovědí.

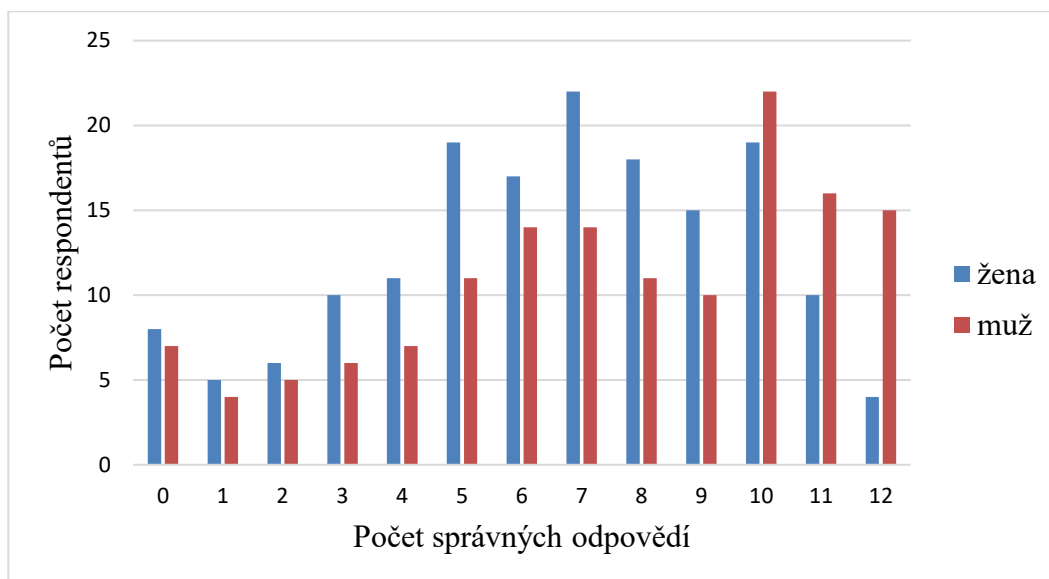
**Tabulka 5 Počet správných odpovědí ženy**

<b>počet správných odpovědí</b>	<b>počet respondentů</b>	<b>Počet respondentů v %</b>
0	8	4,9%
1	5	3,0%
2	6	3,7%
3	10	6,1%
4	11	6,7%
5	19	11,6%
6	17	10,4%
7	22	13,4%
8	18	11,0%
9	15	9,1%
10	19	11,6%
11	10	6,1%
12	4	2,4%
<b>celkem</b>	<b>164</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na ženu je 6,5 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,1 odpovědi. Polovina respondentů má správně 7 nebo více opovědí. Nejvíce žen má 7 správných odpovědí.

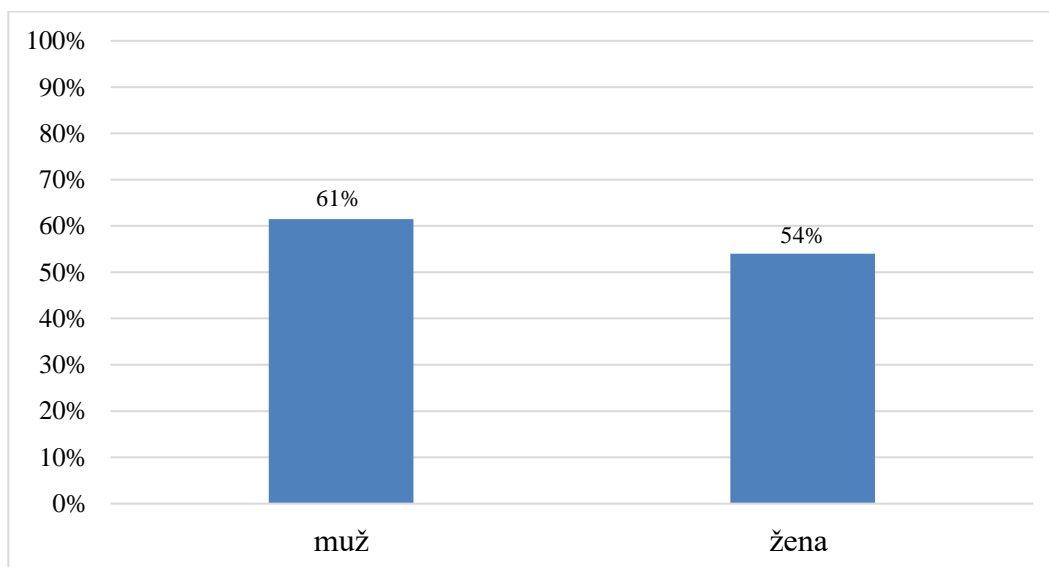
V níže uvedeném grafu porovnání správnosti odpovědí u mužů a žen je patrné, že muži jsou ve správnosti odpovědí o něco úspěšnější. Což ukazují i výše uvedené průměry.



**Obrázek 4 Porovnání správných odpovědí mužů a žen**

Zdroj: vlastní

Tento graf ukazuje průměrný počet správných odpovědí v procentech u pohlaví. Jak můžeme vidět, muži měli průměrně správně zodpovězeno 61% otázek. To odpovídá 7-8 správně zodpovězeným otázkám z dotazníku. U žen to bylo 54 %, to značí 6-7 správně zodpovězených otázek. Jedná se o 7 % rozdíl mezi pohlavími.



**Obrázek 5 Průměrný počet správných odpovědí v procentech v závislosti na pohlaví**

Zdroj: vlastní

#### 4.1.2 Průměrný počet správných odpovědí v závislosti na věku

**Tabulka 6 Počet správných odpovědí na počet respondentů ve věku 18-25 let**

<b>počet správných odpovědí 18-25 let</b>	<b>počet respondentů</b>	<b>Počet respondentů v %</b>
0	3	3,1%
1	1	1,0%
2	2	2,1%
3	2	2,1%
4	4	4,2%
5	7	7,3%
6	9	9,4%
7	17	17,7%
8	14	14,6%
9	9	9,4%
10	17	17,7%
11	8	8,3%
12	3	3,1%
<b>celkem</b>	<b>96</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na respondenta ve věku 18-25 let je 7,5 s výběrovou směrodatnou odchylkou 2,7 odpovědi. Polovina respondentů ve věku 18-25 let má správně 8 nebo více odpovědí. Nejvíce respondentů ve věku 18-25 let má 7 a 10 správných odpovědí.

**Tabulka 7 Počet správných odpovědí na počet respondentů ve věku 25-65 let**

<b>počet správných odpovědí 26-65 let</b>	<b>počet respondentů</b>	<b>Počet respondentů v %</b>
0	12	8,8%
1	5	3,7%
2	4	2,9%
3	5	3,7%
4	6	4,4%
5	8	5,9%
6	6	4,4%
7	14	10,3%
8	10	7,4%
9	14	10,3%
10	22	16,2%
11	16	11,8%
12	14	10,3%
<b>celkem</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na respondenta ve věku 25-65 let je 7,3 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,7 odpovědi. Polovina respondentů ve věku 25-65 let má správně 8 nebo více odpovědí. Nejvíce respondentů má 10 správných odpovědí.

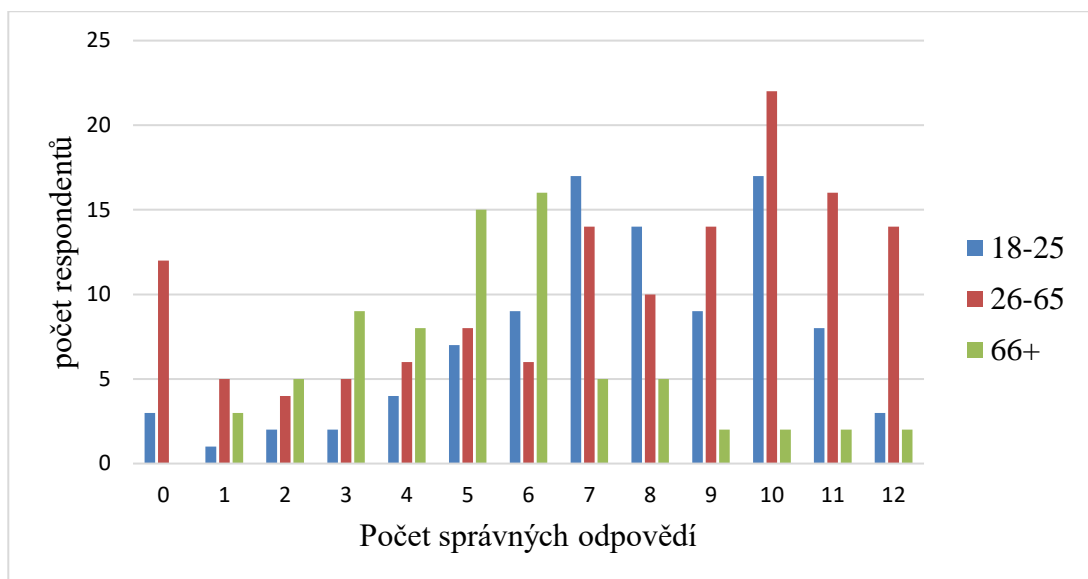
**Tabulka 8 Počet správných odpovědí na počet respondentů ve věku 66+ let**

<b>počet správných odpovědí 66+ let</b>	<b>počet respondentů</b>	<b>Počet respondentů v %</b>
0	0	0,0%
1	3	4,1%
2	5	6,8%
3	9	12,2%
4	8	10,8%
5	15	20,3%
6	16	21,6%
7	5	6,8%
8	5	6,8%
9	2	2,7%
10	2	2,7%
11	2	2,7%
12	2	2,7%
<b>celkem</b>	<b>74</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na respondenta ve věku 66+ let je 5,4 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,2 odpovědi. Polovina respondentů ve věku 66+ let má správně 5 nebo více odpovědí. Nejvíce respondentů má 6 správných odpovědí.

Z následujícího grafu porovnání správnosti odpovědí dle věkových kategorií lze vyčíst, že respondenti nad 66 let, byli v dotazníkovém šetření nejméně úspěšní.

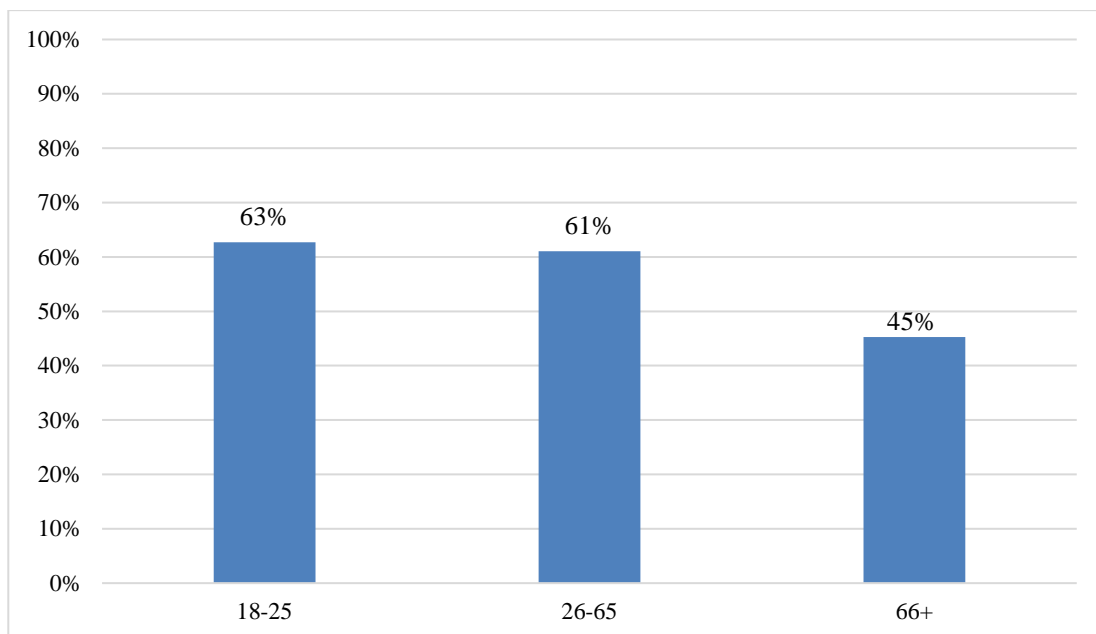


**Obrázek 6 Porovnání správných odpovědí v závislosti na věku**

Zdroj: vlastní

Z níže přiloženého grafu lze vyčíst, že rozdíl mezi věkovou skupinou 18-25 let a skupinou 26-65 let není téměř žádný, průměrný počet správných odpovědí se lišil pouze ve 2 %. V obou případech se jedná o 7-8 správně zodpovězených otázek z 12. Třetí skupina, kterou tvořili respondenti nad 66 let, tedy respondenti důchodového věku, byla ve vyplnění dotazníku o 18 % horší, než skupina kterou tvořili respondenti mezi 18 a 25 lety. Průměrný počet 45% správných odpovědí odpovídá 5-6 správným odpovědím dotazníku.





**Obrázek 7 Průměrný počet správných odpovědí v procentech závislosti na věku**

Zdroj: vlastní

#### 4.1.3 Průměrný počet správných odpovědí v závislosti na dosaženém vzdělání.

**Tabulka 9 Počet správných odpovědí na počet respondentů se základním vzděláním**

počet správných odpovědí základní vzdělání	počet respondentů	Počet respondentů v %
0	2	2,8%
1	3	4,2%
2	9	12,7%
3	5	7,0%
4	9	12,7%
5	12	16,9%
6	8	11,3%
7	13	18,3%
8	4	5,6%
9	1	1,4%
10	3	4,2%
11	2	2,8%
12	0	0,0%
<b>celkem</b>	<b>71</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na základně vzdělaného respondenta je 5,1 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,1 odpovědi. Polovina respondentů se základním vzděláním má správně 5 nebo více odpovědí. Nejvíce respondentů má 7 správných odpovědí.

**Tabulka 10 Počet správných odpovědí na počet respondentů se středoškolským vzděláním**

počet správných odpovědí středoškolské vzdělání	počet respondentů	Počet respondentů v %
0	9	6,9%
1	4	3,1%
2	0	0,0%
3	9	6,9%
4	5	3,8%
5	16	12,2%
6	13	9,9%
7	17	13,0%
8	14	10,7%
9	10	7,6%
10	18	13,7%
11	7	5,3%
12	9	6,9%
<b>celkem</b>	<b>131</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na středoškolsky vzdělaného respondenta je 6,8 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,3 odpovědi. Polovina respondentů se středoškolským vzděláním má správně 7 nebo více odpovědí. Nejvíce respondentů má 10 správných odpovědí.

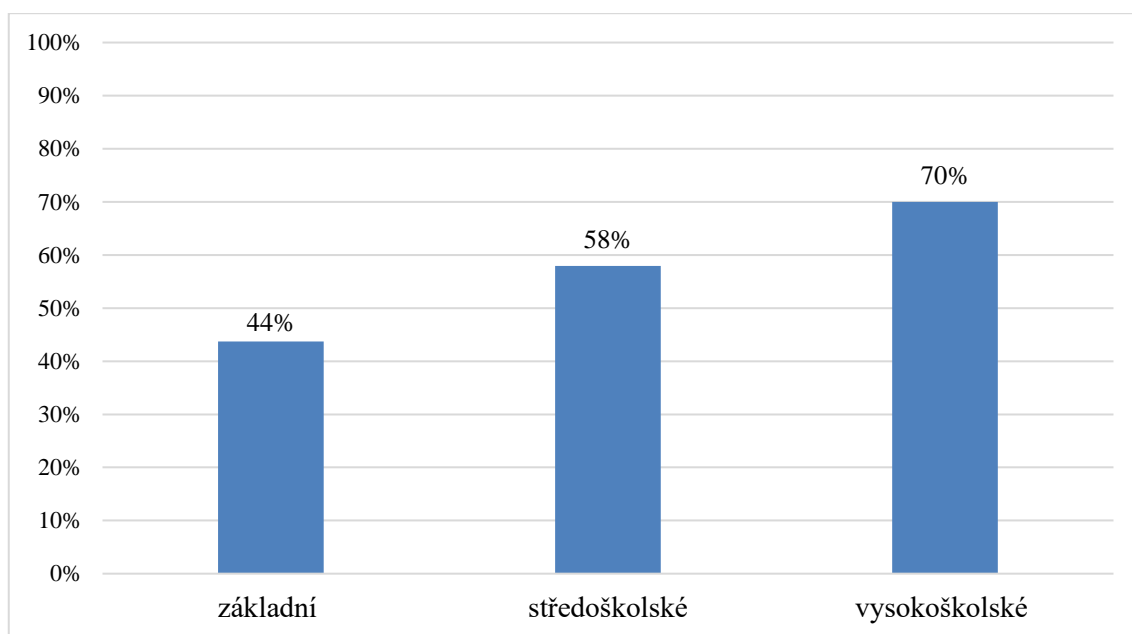
**Tabulka 11 Počet správných odpovědí na počet respondentů s vysokoškolským vzděláním**

počet správných odpovědí vysokoškolské vzdělání	počet respondentů	Počet respondentů v %
0	4	3,8%
1	2	1,9%
2	2	1,9%
3	2	1,9%
4	4	3,8%
5	2	1,9%
6	10	9,6%
7	6	5,8%
8	11	10,6%
9	14	13,5%
10	20	19,2%
11	17	16,3%
12	10	9,6%
<b>celkem</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>

Zdroj: vlastní

Průměrný počet správných odpovědí na vysokoškolsky vzdělaného respondenta je 8,3 s výběrovou směrodatnou odchylkou 3,4 odpovědi. Polovina respondentů s vysokoškolským vzděláním má správně 9 nebo více opovědí. Nejvíce respondentů má 10 správných odpovědí.

V níže přiloženém grafu, který ukazuje počet správných odpovědí dle dosaženého vzdělání, došlo k předpokládanému výsledku. Nejméně úspěšná byla skupina, ve které respondenti měli základní vzdělání. Zde byla procentuální úspěšnost 44%, tedy pouze necelá polovina dotazníku byla zodpovězena správně. Skupina lidí se základním vzděláním tedy z 12 hodnocených otázek odpověděla správně na 5-6 z nich. O 12 % úspěšnější byla skupina respondentů, jež měli nejvyšší dosažené vzdělání středoškolské. Jejich úspěšnost byla 58 %, což odpovídá průměrně 7 správným odpovědím z 12 možných. Nejúspěšnější skupinou jsou zde respondenti, kteří mají vysokoškolské vzdělání. Průměrná úspěšnost této skupiny byla opět o 12% vyšší než skupiny se středoškolským vzděláním a tedy 70 %, to odpovídá správně zodpovězeným 8-9 otázkám dotazníku.

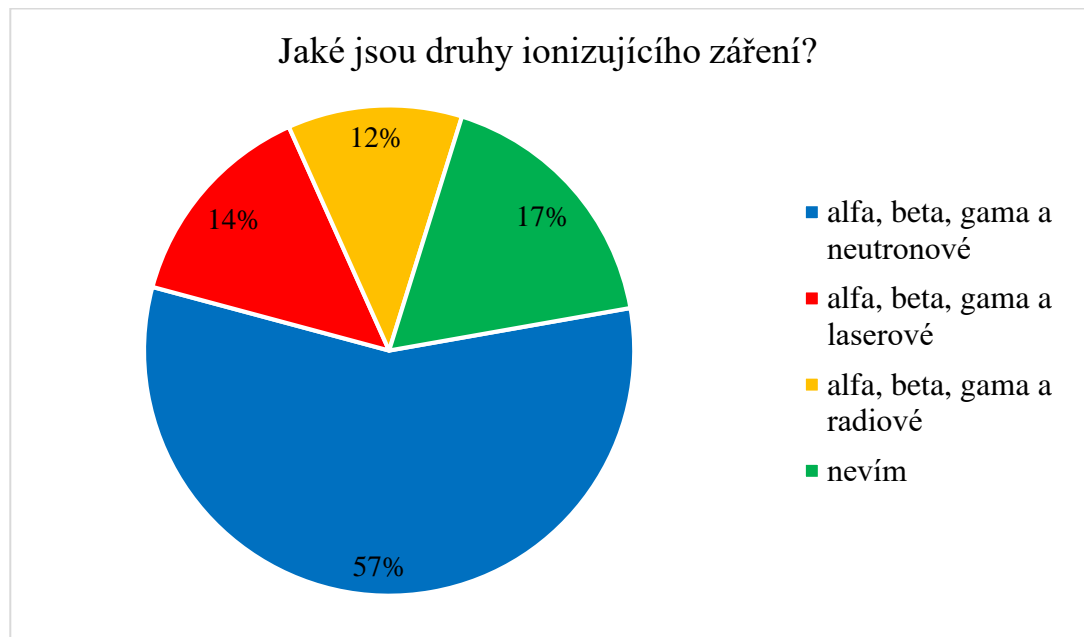


**Obrázek 8 Průměrný počet správných odpovědí v procentech v závislosti na dosaženém vzdělání.**

Zdroj: vlastní

#### 4.1.4. Otázka č. 1

Na první otázku odpovědělo správně 57 %, což odpovídá 173 respondentům. 14 % (43 osob) dotázaných si myslí, že mezi druhy ionizujícího záření řadíme záření laserové. 12 % (35 osob) dotázaných by mezi ionizující záření zařadila záření radiové. A 17 %, tedy 53 respondentů zvolili možnost „nevím“.

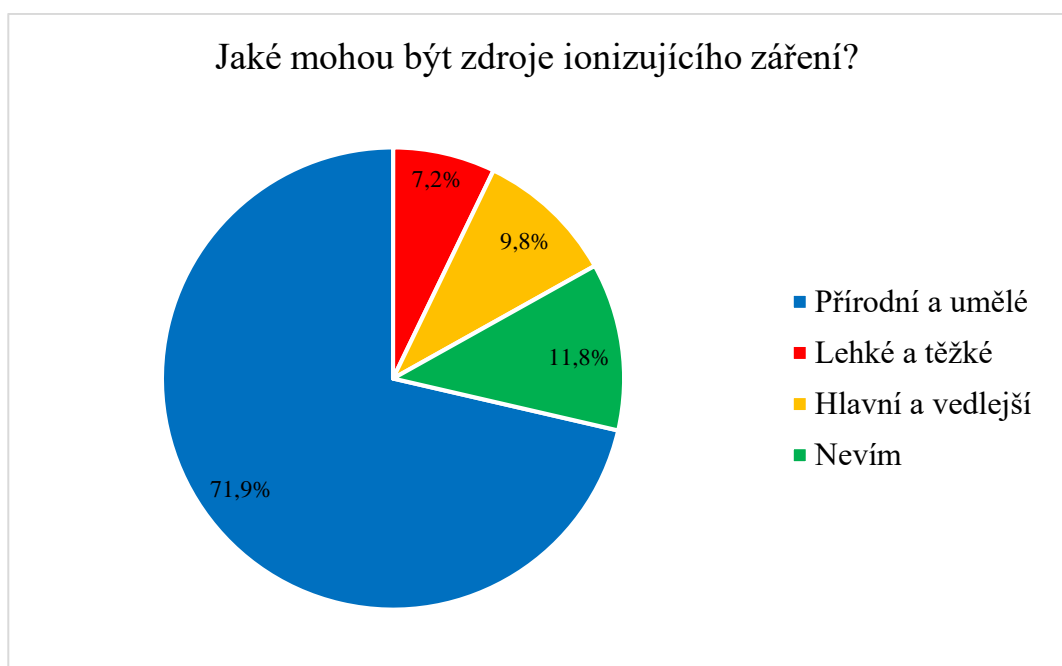


**Obrázek 9** Otázka č. 1

Zdroj: vlastní

#### 4.1.5 Otázka č. 2

U druhé otázky zvolilo správnou možnost, tedy že zdroje ionizujícího záření se dělí na přírodní a umělé, zvolilo 220 respondentů, což odpovídá necelým 72 %. Nejméně byla volena možnost b), kterou označilo za správnou 7,2 % (22 osob) dotázaných. 9,8 % respondentů (28 osob) považovalo za správnou třetí možnost, tedy že zdroje se rozdělují na hlavní a vedlejší. 36 dotázaných (11,8%) pak odpověď na otázku nevěděli, a zvolili proto možnost „nevím“.

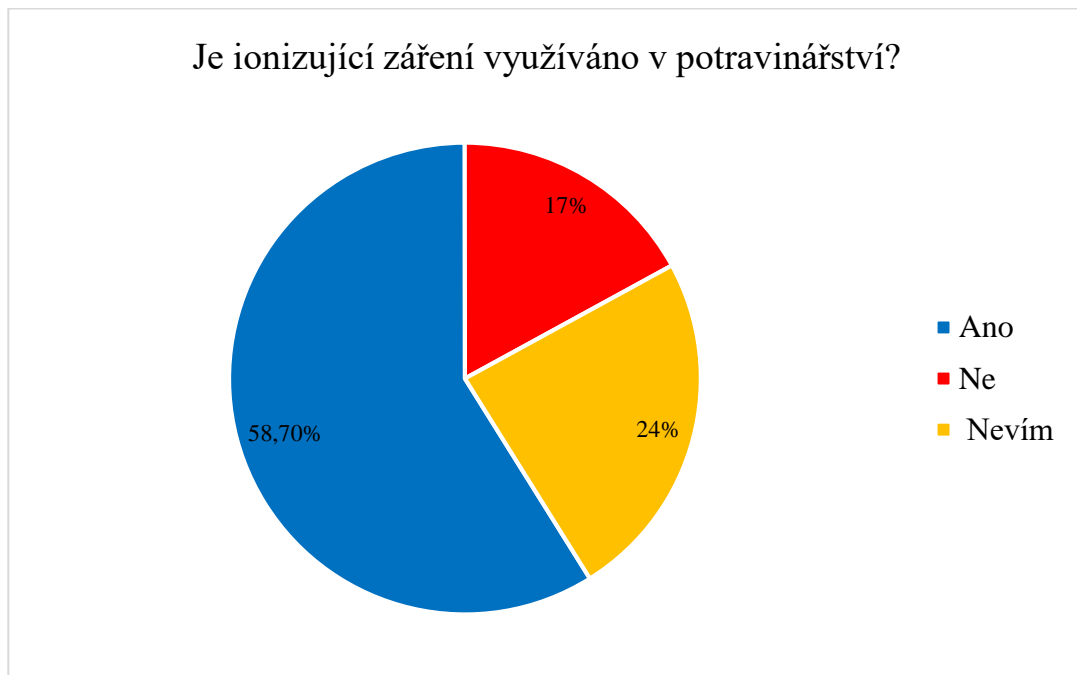


**Obrázek 10** Otázka č. 2

Zdroj: vlastní

#### 4.1.6 Otázka č. 3

Otázka č. 3 sklídila bezmála 59 % úspěšnost. Správnou odpověď, že ionizující záření je využíváno v potravinářství zvolilo 179 respondentů. Pouhých 17 % dotázaných (52 respondentů) se domnívá, že ionizující záření se v potravinářství nikterak nevyužívá. Zbylých 24 % (74 osob), tedy téměř čtvrtina respondentů, odpověď na otázku neznalo.

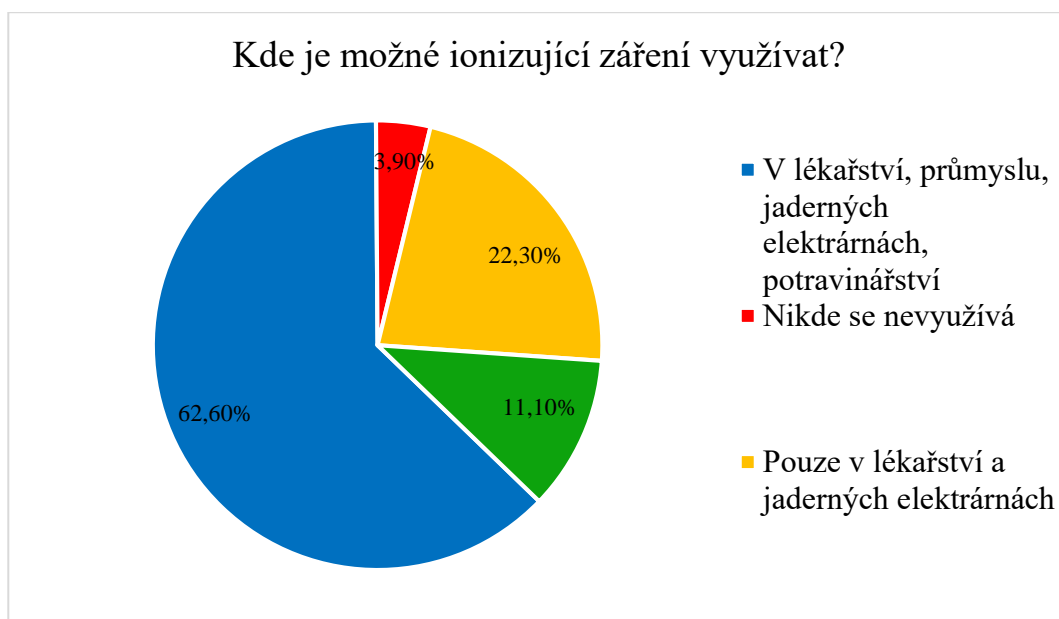


**Obrázek 11** Otázka č. 3

Zdroj: vlastní

#### 4.1.7 Otázka č. 4

U čtvrté otázky zvolilo 191 dotázaných (62,6%) správnou variantu, a tedy že ionizující záření lze využívat v lékařství, průmyslu, jaderných elektrárnách a potravinářství. Pouze 12 (3,9 %) respondentů odpovědělo, že ionizující záření nemá žádné využití. Z chybných odpovědí pak převažovala možnost „c“, že ionizující záření lze využívat pouze ve dvou nejznámějších odvětvích a to v lékařství a jaderných elektrárnách. Tuto možnost zvolilo 68 (22,3 %) respondentů. O využití v potravinářství či průmyslu tedy, předpokládám, neslyšeli. 34 (11,1 %) dotázaných zaškrtnulo poslední možnost „nevím“.



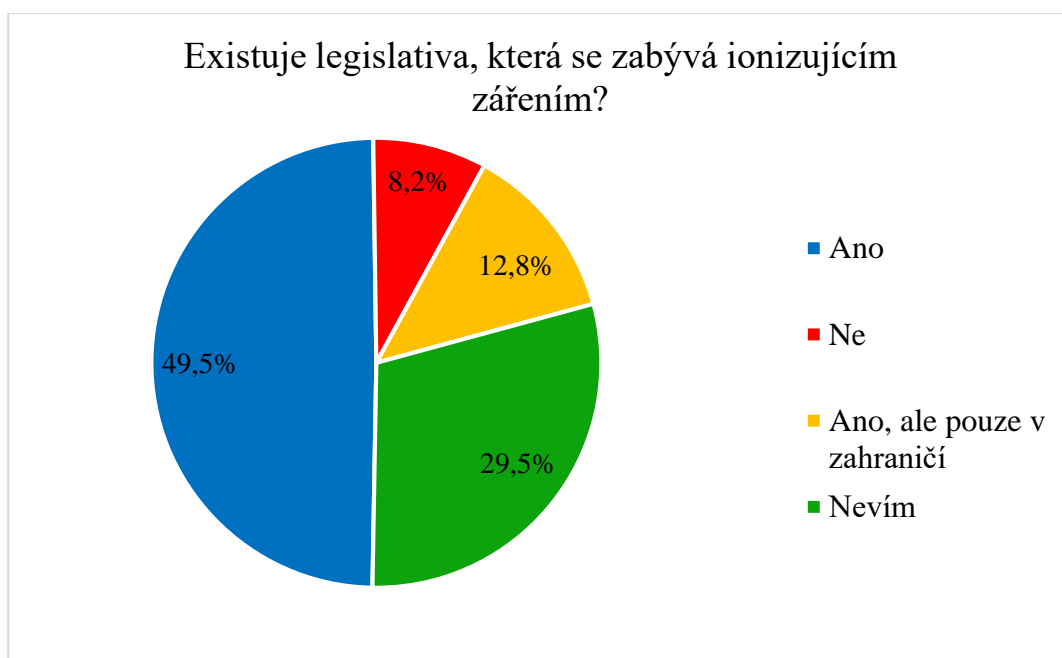
Obrázek 12 Otázka č. 4

Zdroj: vlastní



#### 4.1.8 Otázka č. 5

Pátá otázka týkající se legislativy patřila k méně úspěšným. O existenci legislativy ví dle mého průzkumu jen 151 dotázaných, což činí bezmála polovinu. Poměrně velká část respondentů (29,5 %), zde zvolila možnost „nevím“. Tedy téměř třetina dotázaných neví, jestli existuje legislativa týkající se ionizujícího záření. 25 respondentů (8,2 %) si pak myslí, že ionizující záření není nijak právně upraveno. Zbylých 39 (12,8 %) dotázaných je názoru, že legislativa existuje, avšak ne v České republice, ale pouze v zahraničí.

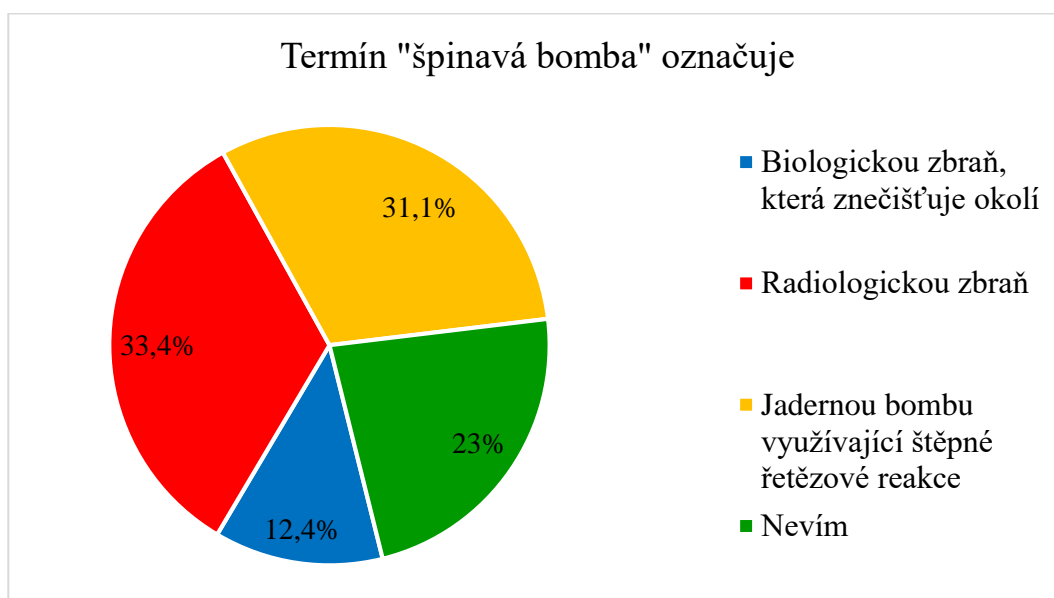


**Obrázek 13** Otázka č. 5

Zdroj: vlastní

#### 4.1.9 Otázka č. 6

Otázka týkající se špinavé bomby činila respondentům bezesporu největší potíže. Radiologická zbraň zde byla zvolena pouze 102 dotázanými, což v mém dotazníku tvoří 33,4 % správných odpovědí. Správná varianta sice tvoří největší procento z možných odpovědí, nicméně 2 třetiny respondentů odpověděli na tuto otázku nesprávně. Druhou nejvíce volenou možností, byla odpověď, která tvrdila, že termínem špinavá bomba je označována jaderná bomba, využívající štěpné řetězové reakce. Tuto možnost zvolilo 31,1 % dotázaných. Dalších 70 (23 %) respondentů zvolilo jako svou odpověď možnost „nevím“. Zbýlých 38 (12,4 %) dotázaných se pak domnívá, že se jedná o biologickou zbraň znečišťující okolí.

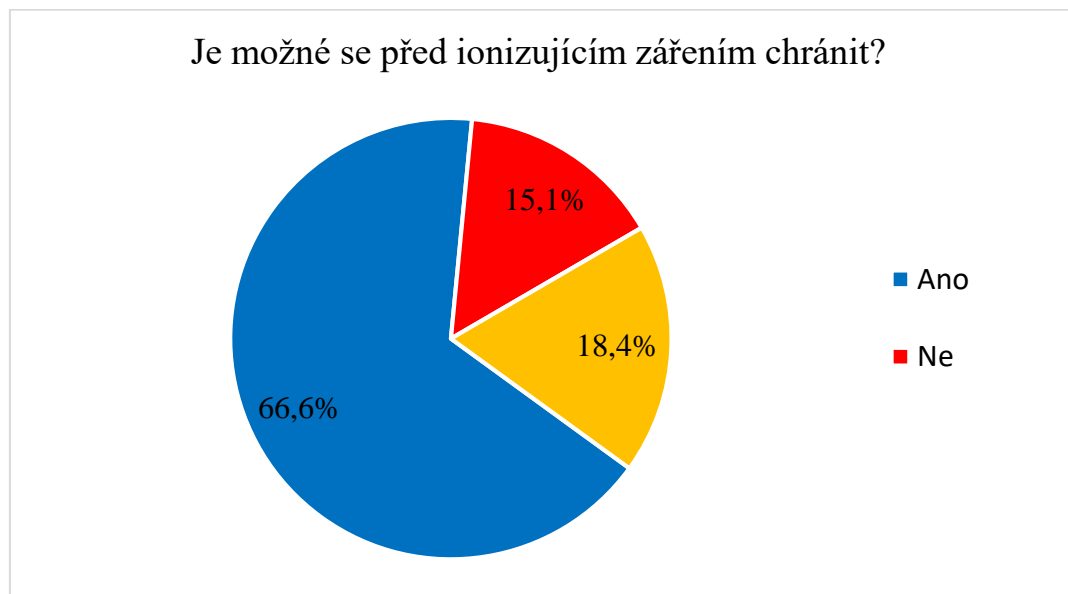


**Obrázek 14 Otázka č. 6**

Zdroj: vlastní

#### 4.1.10 Otázka č. 7

Sedmá otázka zjišťovala, zda jsou respondenti informováni o možnosti ochrany před ionizujícím zářením. Dvě třetiny dotázaných zde odpovědělo správně, a to odpovědí „ano“, která tvrdila, že před ionizujícím zářením je možné se chránit. Druhou nejpočetněji zastoupenou odpovědí byla možnost „nevím“, kterou zvolilo 56 (18,4%) respondentů. Mínění, že se před ionizujícím zářením chránit nelze zde mělo 46 (15,1 %) dotázaných.

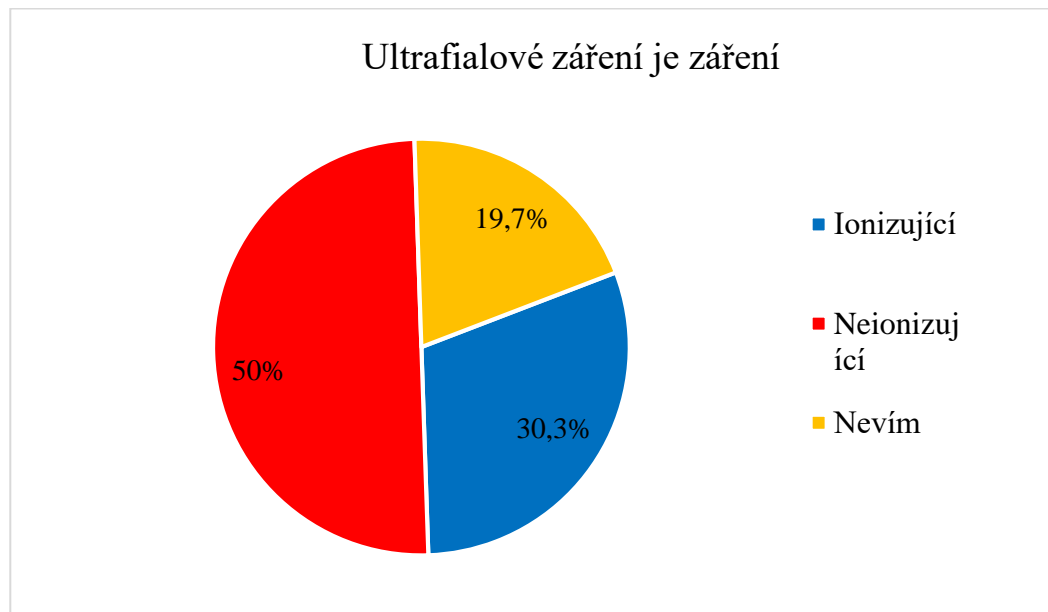


**Obrázek 15** Otázka č. 7

Zdroj: vlastní

#### 4.1.11 Otázka č. 8

U této otázky ultrafialové záření označila jako neionizující polovina dotázaných, což činí 153 respondentů. 30,3%, tedy 92 dotázaných je názoru, že ultrafialové záření, je zářením ionizujícím. Dalších bezmála 20% respondentů se rozhodlo pro možnost „nevím“.

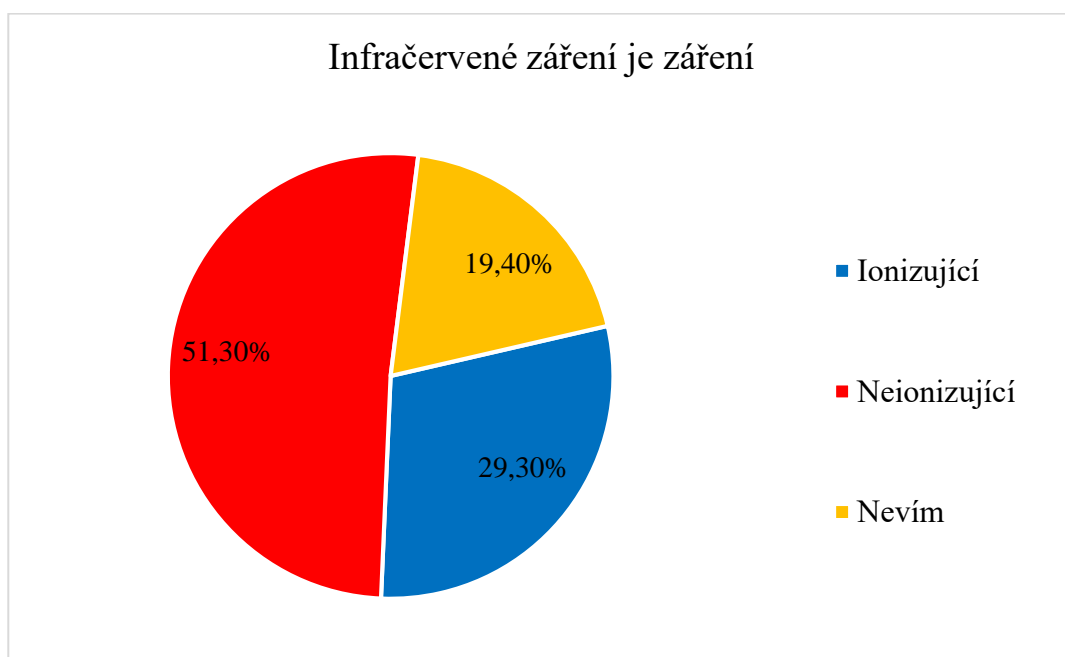


**Obrázek 16** Otázka č. 8

Zdroj: vlastní

#### 4.1.12 Otázka č. 9

Tato otázka je stejného charakteru, jako předchozí. V tomto případě se ale jedná o záření infračervené. Odpovědi se však lišily naprosto minimálně. Jako neionizující označilo infračervené záření 156 respondentů, což činí 51,3 %. Za ionizující považuje infračervené záření 29,3 %, tedy bezmála třetina respondentů. Zbýlých 19,4 % pak na otázku neznalo odpověď a vybralo proto možnost „nevím“.

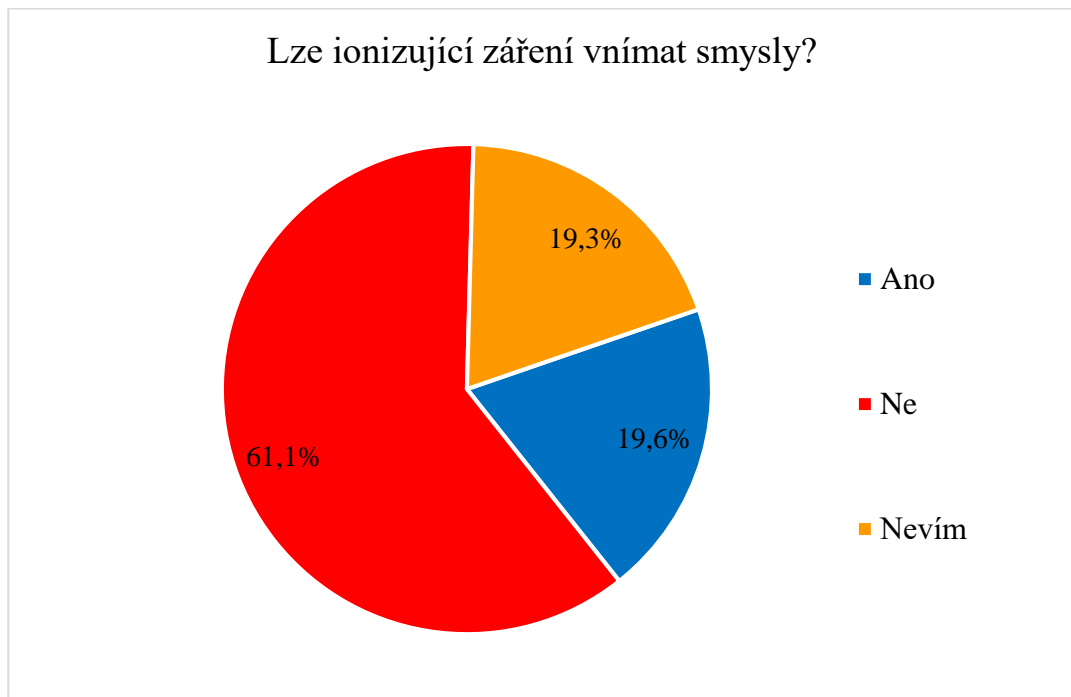


**Obrázek 17** Otázka č. 9

Zdroj: vlastní

#### 4.1.13 Otázka č. 10

Na desátou otázku dotazníku odpověděli bez mála dvě třetiny respondentů správně. 203 dotázaných zde uvedlo možnost „ne“, tedy že ionizující záření nelze vnímat smysly. 59 (19,6 %) respondentů se domnívá, že ionizující záření je možno vnímat smysly. Zbytek odpovědí byl jen s minimálním rozdílem rozdělen do možnosti „nevím“.



**Obrázek 18 Otázka č. 10**

Zdroj: vlastní

#### 4.1.14 Otázka č. 11

U 11 otázky zvolilo možnost „ano“ 234 dotázaných, což je dohromady 76,7 % odpovědí. Více než tři čtvrtiny respondentů tedy věděli o využívání neionizujícího záření ve zdravotnictví. Druhé nejpočetnější zastoupení zde získala možnost „nevím“, tu zvolilo 46 respondentů, tedy (15,1 %). Nejméně dotázaných (25) bylo názoru, že neionizující záření se ve zdravotnictví nevyužívá. Možnost „ne“ tvořila 8,2 % odpovědí.



**Obrázek 19 Otázka č. 11**

Zdroj: vlastní

#### 4.1.15 Otázka č. 12

Poslední otázka, dosáhla bez mála 60% úspěšnosti. Možnost „ano“, tedy že neionizující záření může mít škodlivé vlivy na lidský organismus, zde vybralo 180 respondentů. Druhou nejvíce volenou možností, byla možnost „ne“ (21,2 %), tedy že neionizující záření mít škodlivé vlivy na lidský organismus nemůže. Tohoto mínění je 64 dotázaných. 58 respondentů pak zvolilo možnost „nevím“. V tomto případě se jedná o 19,2 % odpovědí.



**Obrázek 20** Otázka č. 12

Zdroj: vlastní

#### 4.2 Využití ionizujícího záření a neionizujícího záření

V následující tabulce je shrnuto využití ionizujícího a neionizujícího záření. Využití ionizujícího záření je rozděleno dle odvětví využití. Neionizující záření je pro lepší přehlednost rozřazeno podle jednotlivých druhů záření a zvláště je pak shrnuto využití laserů.



**Tabulka 12 Využití ionizujícího a neionizujícího záření**

<b>Využití ionizujícího a neionizujícího záření</b>	
Ionizující záření	Neionizující záření
<b>Průmysl</b>	<b>UV záření</b>
Defektoskopie	Germicidní lampy
Hlásiče požáru	Kontrola pravosti peněz
Měření tloušťky materiálů	Sterilizace vody
<b>Zdravotnictví</b>	Svařování
Skiografie	Fototerapie
Skiaskopie	<b>IR záření</b>
Výpočetní tomografie (CT)	Infračervený port
Nukleární medicína	Určování teplot objektů
Radioterapie	Noční vidění
<b>Zemědělství</b>	Meteorologie- určování teploty vody
Ozařování potravin	Historie – určování vrstvy maleb
Ozařování semen	Tepelný zdroj
<b>Archeologie</b>	<b>Viditelné světlo</b>
Určování stáří předmětů radiouhlíkovou metodou	Fotoreceptory oka k vidění
	Umělé osvětlení
	<b>Radiové vlny</b>
	Komunikační technologie (rádia, telefony, internet...)
	Radioastronomie – studium nebeských těles
	Zdravotnictví – magnetická rezonance
	<b>Mikrovlny</b>
	Vysoušení materiálů
	Mikrovlnné trouby
	Hubení škůdců
	Zdravotnictví (diatermie, mikrovlnná hypertermie)
	<b>Lasery</b>
	Zdravotnictví (operace očních vad, odstraňování zjizvené tkáně,
	Svařování kovů
	Měření vzdáleností
	Měření čistoty ovzduší
	Sken čárových kódů
	Čtení kompaktních disků (CD, DVD)
	Tiskárny

### 4.3 Zneužití ionizujícího a neionizujícího záření

V tabulce je shrnuto zneužití ionizujícího a neionizující záření.

**Tabulka 13 Zneužití ionizujícího a neionizujícího záření**

<b>Zneužití ionizujícího a neionizujícího záření</b>	
<b>Ionizující záření</b>	<b>Neionizující záření</b>
Použití jaderné zbraně	Laserové zaměřovače
Útok na zdroj ionizujícího záření	Laserová zbraň LaWS
Použití špinavé bomby	Laserové ozáření protivníka
Rozšíření radiologického materiálu aerosolovým sprejem	Mikrovlnné zbraně
Záměrné umístění předmětu, vyzařující ionizující záření	

Zdroj: vlastní

## 5 DISKUZE

Z dotazníkového šetření, jehož výsledky jsou interpretovány v předchozí kapitole, bylo získáno množství informací o informovanosti obyvatel o ionizujícím a neionizujícím záření.

První otázka, měla za cíl zjistit informovanost obyvatel o druzích ionizujícího záření. Byly zde navrženy 4 odpovědi, z čehož poslední byla možností „nevím“. Záření alfa, beta a gama bylo zařazeno do 3 zbylých možností, a to z důvodu mého předpokladu, že tyto základní druhy záření jsou v povědomí většiny obyvatelstva. Správnou odpověď za a) tedy že druhy ionizujícího záření jsou alfa, beta, gama, rentgenové a neutronové, zvolila nadpoloviční většina respondentů a to 56,9 %. Jedna čtvrtina respondentů poté zaměňovala záření neutronové a rentgenové za záření laserové nebo radiové. 17,4 % dotázaných zvolilo možnost „nevím“. Celkem 43 % respondentů u první otázky dotazníku zvolilo špatnou odpověď. Na základě těchto výsledků tedy nelze dle mého názoru předpokládat, že je obyvatelstvo o druzích ionizujícího záření dostatečně informováno. Otázka číslo 2, jež zjišťovala informovanost respondentů o zdrojích ionizujícího záření, patřila mezi úspěšnější, dosáhla druhého největšího počtu správných odpovědí. Správnou variantu, která označovala za zdroje ionizujícího záření zdroje přírodní a umělé, vybralo 71,9 % respondentů.

Třetí a čtvrtá otázka dotazníku se týkaly využívání ionizujícího záření a mohly si být navzájem nápovědou. Třetí otázka, které se zabývá pouze využíváním v potravinářství, byla položena zvláště záměrně, jelikož jsem se domnívala, že informovanost o využívání ionizujícího záření v potravinářství není příliš velká. O využití IZ v potravinářství vědělo v mém šetření 58,7 % dotázaných. U čtvrté otázky byla správná možnost (v lékařství, průmyslu, jaderných elektrárnách a potravinářství) zvolena 62,6 % respondentů. Při vyhodnocování dotazníku jsem v několika případech upozorovala, že ačkoliv respondenti zvolili možnost, která tvrdila, že ionizující záření v potravinářství není využíváno. V další otázce poté zaškrtili možnost správnou, která využití v potravinářství zahrnovala. Tento fakt lze přisoudit nepozornosti při vyplňování dotazníku.

Pátou otázkou dotazníku, jsem se snažila zjistit informovanost respondentů o existenci legislativy zabývající se ionizujícím záření. Výsledky této otázky pro mě byly překvapující. Pouze necelá polovina respondentů si je vědoma existence legislativy. Z důvodu škodlivosti ionizujícího záření na lidský organismus, jsem očekávala, že drtivá

většina dotázaných bude právní úpravu ionizujícího záření alespoň předpokládat. Přímou možnost „ne“ sice zvolilo pouze 8,2 % dotázaných, velká část respondentů (téměř 30 %) ale u této otázky zvolila možnost „nevím“.

Otázka šestá, která se zabývala špinavou bombou, dopadla ze všech otázek nejhůře. Její úspěšnost je pouhých 33,4 %. Tento výsledek pro mě však nebyl nikterak překvapující. Termín „špinavá bomba“ dle mého názoru není mezi laickým obyvatelstvem často slýcháván. Domnívám se, že povědomí o špinavé bombě mají pouze lidé, zabývající se o problematiku s ní spojenou. Cílem sedmé otázky bylo zjistit, zda jsou respondenti informováni o možné ochraně před ionizujícím zářením. Že se před ionizujícím zářením chránit lze věděli dvě třetiny respondentů. Otázka nezjišťovala, zda jsou dotázaní informováni o možnostech ochrany (časem, stíněním, vzdáleností), ale pouze zdali se nějaká možnost ochrany vyskytuje. Z tohoto důvodu se domnívám, že by informovanost o ochraně před ionizujícím zářením, měla být vyšší.

Osmá a devátá otázka byly stejného charakteru, s rozdílem že osmá otázka se věnovala záření ultrafialovému a následující otázka záření infračervenému. Obě však zkoumaly, jestli respondenti tyto záření řadí mezi ionizující, nebo neionizující. Úspěšnost zodpovězení obou otázek, tedy že se jedná o záření neionizující, se pohybuje pouze kolem 50 %, což o informovanosti obyvatelstva nevyovídá kladně. Desátá otázka, který se respondentů ptá, zda je možné vnímat neionizující záření smysly. Správně, tedy že ionizující záření vnímat smysly nelze, odpovědělo 61,1 % respondentů. Ionizující záření je neviditelné, bez zápachu a neprojevuje žádné člověkem zachytitelné známky svého výskytu. Je detekovatelné pouze přístroji k tomu určenými.

Jedenáctá otázka, která sledovala informovanost respondentů o využívání neionizujícího záření ve zdravotnictví, dopadla nejlépe ze všech položených otázek. Správně, tedy „ano“ na ní odpovědělo 76,7 % respondentů. Úspěšnost této otázky lze dle mého názoru považovat za dostačující. Dvanáctá otázka, jež měla za cíl zjistit informovanost o škodlivosti neionizujícího záření na lidský organismus, dopadla opět pod mé očekávání. Že neionizující záření může mít škodlivé vlivy na lidský organismus, vědělo pouze necelých 60 % respondentů. Domnívám se, že pod očekávání malá úspěšnost této otázky je zapříčiněna tím, že většina špatně odpovídajících respondentů nezná druhy neionizujícího záření. Jelikož například UV záření a jeho účinky na pokožku, při dlouhém pobytu na Slunci, jsou v povědomí většiny obyvatel.

Poslední čtyři otázky dotazníku byly otevřené. První otázka zněla „**Popište svými slovy, co je neionizující záření**“. Z důvodu, že nebylo povinné na otevřené otázky odpovídat, zodpovědělo první otázku jen 65 respondentů, a pouhých 43 odpovědí, šlo považovat za správné. Za správné jsem považovala ty odpovědi, které obsahovaly definici záření. Jako příklad zde uvádím odpovědi respondentů, které se v této nebo podobné formulaci vyskytovaly nejčastěji. „*Ionizující záření je souhrnné označení pro záření, jehož kvanta mají energii postačující k ionizaci atomů nebo molekul ozářené látky.*“; „*Záření, které může ionizovat atomy, čili způsobovat vznik iontů.*“; „*Elektromagnetické či korpuskulární záření schopné vytvářet z atomů ionty, tedy ionizovat.*“ Další 3 odpovědi byl respondenty pojety z hlediska působení ionizujícího záření na organismus, jednalo se o odpovědi. „*Může nám způsobit rakovinu*“; „*Záření, které působí škody v organismu.*“; „*Záření které může způsobit různé onemocnění v podobě např. rakovina.*“ Tyto odpovědi by šly sice též považovat za správné, avšak přesně nezodpovídají položenou otázku. Zbýlých 19 odpovědí bylo zodpovězeno špatně, nebo se vůbec netýkaly řešeného tématu.

Na druhou otevřenou otázku „**Setkal jste se někdy s ionizujícím zářením? Popřípadě kde?**“ odpovědělo nejvíce respondentů (116). Ve 25 odpovědích však bylo uvedeno, že se s ionizujícím zářením neseťkali, nebo neví, že by se s ním setkali. Tento fakt vypovídá o tom, že respondenti, kteří uvedli tyto odpovědi, s největší pravděpodobností nejsou informováni o přírodních zdrojích ionizujícího záření. Dalších 44 dotázaných uvedlo, že se setkali s ionizujícím zářením při rentgenovém vyšetření. Odpověď „*rentgen*“ byla nejvíce zastoupenou, s rentgenem si tedy respondenti spojují ionizující záření nejvíce. 4x se pak vyskytovala odpověď „*magnetická rezonance*“. Magnetická rezonance je však metoda, která probíhá bez ionizujícího záření, obraz se získává působením magnetického pole a radiofrekvenčních pulsů na jádra atomů vodíku, které jsou součástí molekuly vody. 4x si respondenti spojili ionizující záření s ionizujícími čističkami vzduchu. Ionizátor, který se v čističkách vzduchu vyskytuje, je však pouze přístroj, který vzduchu dodává záporný elektrický náboj. Záporné ionty jím produkované k sobě poté přitahují opačně nabitě nečistoty.

Třetí otevřenou otázkou bylo po respondentech žádáno, aby svými slovy popsali, co je neionizující záření („**Popište svými slovy, co je neionizující záření**“). Získala jsem celkem 59 odpovědí, jednalo se sice o nejmenší počet, ale úspěšnost byla poměrně vysoká. Pouze 9 odpovědí se nedalo požadovat za správné a jednalo se zejména o odpověď, kdy respondent uvedl, že neionizující záření nedovede popsat. Dalších 50

odpovědi pak popisovalo neionizující záření, nebo byly uváděny jeho druhy. („*Jde o elektromagnetické záření, řadíme se viditelné světlo, UV a IR záření.*“; „*Záření, se kterým jsme denně v kontaktu například díky sluníčku. Spadá zde UV, infračervené, laser*“; „*elektrické a magnetické pole, elektromagnetické záření včetně viditelného světla, ultrafialového a infračerveného záření a laserového záření*“).

Poslední otevřenou otázkou jsem zjišťovala, zda respondenti vědí, kde se využívá neionizující záření („*Uveďte jeden nebo více příkladů, kde se využívá neionizující záření.*“). Bylo sesbíráno celkem 80 odpovědí. 5 respondentů do odpovědi zařadilo ultrazvukové vyšetření. Ultrazvuk je akustické vlnění a používá se při lékařském vyšetření, kdy ultrazvukové vlny procházejí tělem a odrážejí se od měkkých tkání s různou akustickou impedancí. V 6 případech respondenti uvedli, že neznají žádný příklad využití neionizujícího záření. Zbýlých 69 odpovědí, pak bylo správných. Ve většině případů respondenti uváděli využití ve zdravotnictví ke sterilizaci nástrojů, mikrovlnné trouby, telefony, lasery, počítače, rádia, infračervený port, uv lampy apod.

Ionizující i neionizující má bezesporu mnoho oblastí využití, se kterými se setkáváme v běžném životě. Ionizující záření je pak zejména využíváno ve zdravotnictví, kde se využívá k realizaci zobrazovacích metod a také představuje účinný prostředek k léčbě nádorových onemocnění. Také v průmyslu našlo své využití, kde odhaluje skryté vady materiálu pomocí defektoskopie. V hlásičích požáru pak odhaluje přítomnost kouře a je využíváno i k měření tloušťky materiálů. V zemědělství je používáno k ozařování potravin, kde ničí mikroorganismy a k ozařování semen, čímž mohou vzniknout nové odrůdy. V neposlední řadě našlo uplatnění i archeologii, kde je používáno k určování stáří předmětů. S neionizujícím zářením se setkáváme ještě více než s ionizujícím. Mezi jeho využití patří radiové vlny, sloužící k přenášení rozhlasového a televizního vysílání. Ohřev pokrmů v mikrovlnné troubě pomocí mikrovln. Infračervené záření je využíváno například k termovizi, v elektronice k dálkovému ovládnání nebo jako tepelný zdroj. Pomocí viditelného světla jsem schopni vidění a je také využíváno k umělému osvětlení. UV záření pak využíváme pro jeho dezinfekční účinky v germicidních lampách, nebo je využíváno ve zdravotnictví k fototerapii. Do neionizujícího záření také spadá využití laserů, s nímž se můžeme setkat v tiskárnách, při svařování kovů, při čtení čárových kódů, nebo ve zdravotnictví, kde jsou využívány k operaci očních vad, odstraňování zjizvené tkáně, odstraňování zubních kazů aj. Ionizující záření i neionizující záření mají velký

přínos. Ionizující záření je významné zejména pro oblast zdravotnictví. S využitím neionizujícího záření se pak setkáváme častěji v našem každodenním životě.

Ionizující i neionizující záření je bohužel možné také zneužít. Pro zodpovězení výzkumné otázky „ ***Je větší hrozba zneužití u zdrojů ionizujícího záření?***“ jsem se zamýšlela nad fakty vycházejícími z teoretické části práce. U zneužití zdrojů ionizujícího záření se jedná o použití jaderné zbraně, které je velice obtížné a její výrobu teroristickou organizací téměř nereálné. Úspěšnost útoku na jaderné zařízení je též mizivá, jelikož tyto objekty mají bezpečnostní opatření, které by útoku na jaderné zařízení měly zabránit. Škody způsobené teroristickým jaderným útokem by však byly natolik devastující, že ačkoliv je nízká pravděpodobnost takového útoku, očekávaná „cena“ jaderného terorismu zůstává vysoká. Dalším typem zneužití ionizujícího záření je sestavení špinavé bomby, tato hrozba je již reálnější. Předpokládám, že výbuch špinavé bomby by byl proveden v místě, kde se vyskytuje vyšší množství osob, a cílem by bylo spíše vyvolat hromadnou paniku (radiofobie). Zneužití neionizujícího záření je především spojováno se zneužitím laserů. K laserům je bezpochyby mnohem snazší dostupnost, tedy je i reálnější jejich zneužití. Pokud ale vezmu v potaz následky, které by způsobilo zneužití ionizujícího záření, a vliv ionizujícího záření na člověka, shledávám jeho zneužití větší hrozbou. Má odpověď na výzkumnou otázku zní tedy „**ano**“, větší hrozba zneužití je u zdrojů ionizujícího záření.

Odpověď na druhou výzkumnou otázku „ ***Je obyvatelstvo dostatečně informováno o ionizujícím a neionizujícím záření?***“ je z mého pohledu spíše negativní. Průměrný počet správných odpovědí je 57,7 %. Vzhledem tomu, že otázky dotazníku zkoumaly pouze znalost základních informací o ionizujícím a neionizujícím záření, jsem očekávala vyšší úspěšnost. U mužů byla informovanost průměrně 61%, u žen pak byla o 7% nižší. Tento fakt přisuzuji tomu, že muži mají větší zájem o dané téma. Věkové kategorie 18-25 let a 26-65 let dosáhly 63 % a 61 % úspěšnosti, svou informovaností se tedy lišily pouze ve 2 %, věková kategorie respondentů nad 66 let, pak dosáhla informovanosti nižší a to 45%. Dle mého názoru je to z důvodu vzdělání, respondenti nad 66 let ve většině případů nemají dostatečné vzdělání týkající se ionizujícího a neionizujícího záření. Informovanost dle vzdělání vyšla dle předpokladu. Nejméně úspěšní byli respondenti se základním vzděláním (43 %), následovali středoškolsky vzdělaní respondenti (57%), nejvyšší úspěšnosti pak dosáhli vysokoškolsky vzdělaní lidé (69 %), ke kterým se pravděpodobně dostalo největšího množství informací.

## ZÁVĚR

Předkládaná diplomová práce byla zpracována na téma „využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření“. Ionizující i neionizující záření našlo uplatnění v mnoha oblastech lidské činnosti. Bohužel je však možné i jejich zneužití

Cílem této práce bylo zhodnotit možnosti využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření. Ke splnění tohoto cíle bylo zapotřebí nastudování příslušné literatury a následné vybrání relevantních informací, které jsou obsahem teoretické části práce. Ve výsledkové části této diplomové práce jsou pak zpracovány tabulky, ve kterých je využití a zneužití záření shrnuto. Pro předloženou diplomovou práci byly také stanoveny 2 výzkumné otázky. U první výzkumné otázky „Je větší hrozba zneužití u zdrojů ionizujícího záření?“ jsem po důkladné úvaze dospěla k závěru, že větší hrozbou shledávám zneužití zdrojů ionizujícího záření a to zejména pro dopad, které by s sebou zneužití IZ neslo.

Velký díl praktické části práce je věnován druhé výzkumné otázce, kterou bylo „Je obyvatelstvo dostatečně informováno o ionizujícím a neionizujícím záření?“. K posouzení stavu informovanosti obyvatelstva bylo nutné provést dotazníkové šetření. Dotazník byl zaměřen jak na ionizující, tak neionizující záření. Na základě mého dotazníkového šetření, pak bylo zjištěno, že průměrná informovanost respondentů o zmíněném tématu je 57,7 %, což posuzuji jako informovanost nedostatečnou.

Diplomová práce a její výsledky mohou sloužit jako podklad pro laickou veřejnost.



## SEZNAM LITERATURY

1. Biology online [online]. In: . 2016 [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: [https://www.biology-online.org/dictionary/Ultraviolet\\_radiation](https://www.biology-online.org/dictionary/Ultraviolet_radiation)
2. BÍLKOVÁ, Veronika. : Jaderný a radiologický terorismus a mezinárodně právní úprava ochrany proti němu [online]. 2005 [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bvIblMEwhO4J:https://m.v.iir.cz/article/view/179/186+&cd=4&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>
3. BRILL, Kenneth a John BERHARD. Preventing Nuclear Terrorism: Next Steps in Building a Better Nuclear Security Regime. In: Arms Control Association [online]. Washington, DC, 1.10.2017 [cit. 2018-08-11]. Dostupné z: <https://www.armscontrol.org/act/2017-10/features/preventing-nuclear-terrorism-next-steps-building-better-nuclear-security-regime>
4. BRZYBOHATÝ, Marian. Terorismus. Praha: Police History, 1999. ISBN 80-902670-4-1
5. CDC: The Electromagnetic Spectrum [online]. In: . 7.12.2015 [cit. 2018-08-11]. Dostupné z: [https://www.cdc.gov/nceh/radiation/nonionizing\\_radiation.html](https://www.cdc.gov/nceh/radiation/nonionizing_radiation.html)
6. DAVIS, Lynn E. Individual preparedness and response to chemical, radiological, nuclear, and biological terrorist attacks. Santa Monica, CA: Rand, c2003. ISBN 0-8330-3473-1.
7. DOHNALOVÁ, Lucie. Princip skiografie, skiaskopie, CT a angiografie [online]. In: . [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1451/jaro2012/bp1193/32522183/Princip\\_skiografie\\_\\_skiaskopie\\_\\_CT\\_a\\_angiografie.pdf](https://is.muni.cz/el/1451/jaro2012/bp1193/32522183/Princip_skiografie__skiaskopie__CT_a_angiografie.pdf)
8. DUARTE, F. J. Tunable laser applications. Third edition. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2016]. Optical science and engineering (Boca Raton, Fla.). ISBN isbn9781482261066.
9. . DUBOVÁ, Zdeňka. UNIVERZITA OBRANY [online]. 19. 2. 2013 [cit. 2018-06-20]. Dostupné z: [https://www.unob.cz/verejnost\\_media/Stranky/20101123\\_2.aspx](https://www.unob.cz/verejnost_media/Stranky/20101123_2.aspx)

10. DUFKOVÁ, Marie. 3pol: Jaderná fyzika a energetika [online]. 22.6.2011 [cit. 2018-06-03]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/jaderna-fyzika-a-energetika/530-ochrana-potravin-ozarovanim>
11. DUNGL, Pavel. Ortopedie. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN isbn978-80-247-4357-8.
12. Eur-lex.europa.eu [online]. 2007 [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=LEGISSUM%3Axy0024>
13. Foma [online]. 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.foma.cz/produkty-prima-digitalizace-dr-direct-radiography-311>
14. HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. Lékařská biofyzika a přístrojová technika. Brno: Neptun, 2004. ISBN 80-902896-1-4.
15. JELÍNEK, Lukáš a Luděk PEKÁREK. Účinky a zdravotní rizika neionizujícího záření [online]. Verlag Dashöfer, 11.4.2016 [cit. 2013-06-16]. Dostupné z: [https://www.bozpprofi.cz/33/ucinky-a-zdravotni-rizika-neionizujiciho-zareni-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ep\\_FUjZLTuw8KapkTE\\_yiU/](https://www.bozpprofi.cz/33/ucinky-a-zdravotni-rizika-neionizujiciho-zareni-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ep_FUjZLTuw8KapkTE_yiU/)
16. KLENER, Vladislav (ed.). Principy a praxe radiační ochrany. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 80-238-3703-6.
17. KOPLOW, David A. Non-lethal weapons: the law and policy of revolutionary technologies for the military and law enforcement. New York: Cambridge University Press, 2006. ISBN 9780521674355.
18. KUNA, Pavel a Leoš NAVRÁTIL. Klinická radiobiologie. Praha: Manus, 2005. ISBN 80-86571-09-2.
19. KUSALA, Jaroslav. Jaderná energetika: Radioaktivita slouží. Skupina čez [online]. 2004 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k23.htm>
20. KUSALA, Jaroslav. Rentgenové záření. čez [online]. 2004 [cit. 2018-06-02]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/rtg/k21.htm#z>

21. KUSALA, Jaroslav. Rentgenové záření. čez [online]. 2005 [cit. 2018-06-02].  
Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/urychl/k32.htm>
22. KUSALA, Jaroslav. [online]. 2004. Dostupné z:  
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k34.htm>
23. Lékařská fakulta Masarykova Univerzita. Ionizující záření v lékařství [online].  
18.09.2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z:  
<http://www.med.muni.cz/biofyz/files/kapitola%202.6.pdf>
24. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity FMU. Zareni a zdravi [online]. 24.10.2005  
[cit. 2018-06-26]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/zareni.pdf>
25. Linkos Česká onkologická společnost České lékařské společnosti J. E. Purkyně  
[online]. 2018 [cit. 2018-06-02]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/pacient-a-rodina/lecba/jak-se-lecit/radioterapie-ozarovani/zdroje-a-biologicke-ucinky-zareni/+&cd=2&hl=cs&ct=clnk&gl=cz/>
26. LUKAS, Jim. Live Science [online]. 6.4.2015 [cit. 2018-06-11]. Dostupné z:  
<https://www.livescience.com/50399-radio-waves.html>
27. Ministerstvo školství mládeže a tělovýchovy. Elektromagnetická záření [online].  
2011. Dostupné z:  
<https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=27313&revision=-1&instance=5>
28. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. ze dne 5. října 2015 o ochraně zdraví před  
neionizujícím zářením
29. National Geographic [online]. 09. 12. 2014 [cit. 2018-06-21]. Dostupné z:  
<https://www.national-geographic.cz/clanky/cinane-vylepsuji-mikrovlne-zbrane-20141209.html>
30. NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, ed. Biofyzika v medicíně. Praha: Manus, 2003.  
ISBN 80-86571-03-3.
31. Nukleární medicína. In: Nemocnice Jičín [online]. [cit. 2018-05-30]. Dostupné z:  
<http://www.nemjc.cz/files/files/ODD%C4%9ALEN%C3%8D/JI%C4%8C%C3%8DN/ONM/NUKLEARNI%20MEDICINA.pdf>

32. PECK, Donald J. a Ehsan SAMEI. How to Understand and Communicate Radiation Risk [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.imagewisely.org/Imaging-Modalities/Computed-Tomography/Medical-Physicists/Articles/How-to-Understand-and-Communicate-Radiation-Risk>
33. POVEY, Gordon. [online]. 18.3.2011. Dostupné z: <http://visiblelightcomm.com>
34. Předprovozní bezpečnostní zpráva, Jaderná elektrárna Temelín revize 0. Praha: Ústav jaderného výzkumu Řež, divize ENERGOPROJEKT (EGP). PRAHA, 2004
35. Přírodní zdroje. In: SÚRO: Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-07-11]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje>
36. Radiobiologie [online]. 2010 [cit. 2018-05-27]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org>
37. Radiouhlíkové datování: jak funguje nejrozšířenější datovací metoda. In: ATOM INFO.cz: Aktuálně o jádru [online]. Praha, 2016, 19.11.2012 [cit. 2018-08-11]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2012/11/radiouhlikove-datovani-jak-funguje-nejrozsirenejsi-datovaci-metoda/>
38. Radiation answers: Nonionizing Radiation [online]. 2007 [cit. 2018-06-15]. Dostupné z: <http://www.radiationanswers.org/radiation-introduction/types-of-radiation/non-ionizing-radiation.html>
39. REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Umělá radioaktivita. Encyklopedie fyziky [online]. 24.9.2008 [cit. 2018-08-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/810-umela-radioaktivita>
40. ROSINA, Jozef. Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory. Praha: Grada, 2013. ISBN isbn978-80-247-4237-3.
41. Sciencing: Uses for Infrared Light [online]. 24.4.2017 [cit. 2018-06-13]. Dostupné z: <https://sciencing.com/uses-infrared-light-5454589.html>
42. SÚJB [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo/>

43. SÚJB: Zpráva o výsledcích činnosti státního úřadu pro jadernou bezpečnost a monitorování radiační situace na území České republiky za rok 2017 [online]. Praha, 2018. Dostupné také z:  
[https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/vyrocní\\_zpravy/ceske/Zprava-cinnost-SUJB-2017-Cast\\_I.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/vyrocní_zpravy/ceske/Zprava-cinnost-SUJB-2017-Cast_I.pdf)
44. ŠVEC, Jiří. Radioaktivita a ionizující záření: Doplnující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením [online]. Ostrava, 2005 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z:  
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7u4x5Y7HLt4J:https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/050/.content/sys-cs/resource/PDF/studijni-materialy/zareni.pdf+%&cd=7&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>. Učební text. Vysoká škola báňská.
45. TechMagazín: METODY NEDESTRUKTIVNÍHO ZKOUŠENÍ [online]. 2011, (8) [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [http://www.techmagazin.cz/ke\\_stazeni/ndt/ndt1.pdf](http://www.techmagazin.cz/ke_stazeni/ndt/ndt1.pdf)
46. Tech Target [online]. In: . 2017 [cit. 2018-06-11]. Dostupné z:  
<https://searchnetworking.techtarget.com/definition/infrared-radiation>
47. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná a radiační fyzika. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. ISBN 978-80-7368-669-7.
48. VOKURKA, Martin a Jan HUGO. Velký lékařský slovník. 10. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, [2015]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-456-2.
49. WALDMAN, Gary. Introduction to light: the physics of light, vision, and color. Dover ed. Mineola, N.Y.: Dover Publications, 2002. ISBN 978-0486421186.
50. WHO [online]. 2014 [cit. 2018-06-15]. Dostupné z: <http://www.who.int>
51. Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, 2016. In: Sbírka zákonů České republiky, částka 102, s. 3938–4060. ISSN 1211-1244 [cit. 2018-05-25].
52. Zákon č. 258/2000 Sb. - ze dne 14. července 2000 Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
53. ZÁŠKODNÝ, P. et al., 2011. Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví). Praha: Curriculum, 2011. ISBN 978-80-904948-2

## SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A PŘÍLOH

Obrázek 1 Elektromagnetické spektrum.....	27
Obrázek 2 Laserová zbraň na lodi USS Ponce .....	34
Obrázek 3 Počet správných odpovědí na počet respondentů.....	43
Obrázek 4 Porovnání správných odpovědí mužů a žen.....	45
Obrázek 5 Průměrný počet správných odpovědí v procentech v závislosti na pohlaví..	45
Obrázek 6 Porovnání správných odpovědí v závislosti na věku .....	48
Obrázek 7 Průměrný počet správných odpovědí v procentech závislosti na věku .....	49
Obrázek 8 Průměrný počet správných odpovědí v procentech v závislosti na dosaženém vzdělání.....	52
Obrázek 9 Otázka č. 1 .....	53
Obrázek 10 Otázka č. 2.....	54
Obrázek 11 Otázka č. 3 .....	55
Obrázek 12 Otázka č. 4.....	56
Obrázek 13 Otázka č. 5.....	57
Obrázek 14 Otázka č. 6.....	58
Obrázek 15 Otázka č. 7.....	59
Obrázek 16 Otázka č. 8.....	60
Obrázek 17 Otázka č. 9.....	61
Obrázek 18 Otázka č. 10.....	62
Obrázek 19 Otázka č. 11.....	63
Obrázek 20 Otázka č. 12.....	64
Tabulka 1 počet zdrojů ionizujícího záření.....	19
Tabulka 2 Rozdělení radiových vln .....	29
Tabulka 3 Počet správných odpovědí na počet respondentů .....	42
Tabulka 4 Počet správných odpovědí muži .....	43
Tabulka 5 Počet správných odpovědí ženy.....	44
Tabulka 6 Počet správných odpovědí na počet respondentů ve věku 18-25 let .....	46
Tabulka 7 Počet správných odpovědí na počet respondentů ve věku 25-65 let .....	46
Tabulka 8 Počet správných odpovědí na počet respondentů ve věku 66+ let .....	47
Tabulka 9 Počet správných odpovědí na počet respondentů se základním vzděláním ..	49
Tabulka 10 Počet správných odpovědí na počet respondentů se středoškolským vzděláním.....	50
Tabulka 11 Počet správných odpovědí na počet respondentů s vysokoškolským vzděláním.....	51
Tabulka 12 Využití ionizujícího a neionizujícího záření.....	65
Tabulka 13 Zneužití ionizujícího a neionizujícího záření .....	66
Příloha A Dotazník .....	79
Příloha B Statistické zpracování pomocí MS Excel a využitím vzorců pro základní statistické výpočty.....	82

# PŘÍLOHY

## *Příloha A Dotazník*

### **Dotazník informovanosti obyvatelstva o ionizujícím a neionizujícím záření**

Vážení respondenti,

Jmenuji se Natálie Majerová a jsem studentkou 2. ročníku magisterského studia oboru Civilní nouzová připravenost se zaměřením na radiologii a toxikologii na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích. Tento dotazník bude sloužit ke zpracování praktické části mé diplomové práce na téma „využití a zneužití ionizujícího a neionizujícího záření“. Vyplnění tohoto dotazníku je zcela anonymní, data budou zpracovány a porovnávány pro zjištění informovanosti obyvatelstva o ionizujícím a neionizujícím záření. Dotazník je složen z 19 otázek, 15 uzavřených a 4 otevřených, přičemž u uzavřených otázek je vždy jen jedna odpověď správná. Vámi zvolenou odpověď prosím zakroužkujte. Správná odpověď je vždy jen jedna.

Předem Vám velice děkuji za spolupráci.

#### **1) Pohlaví**

- a) Muž
- b) Žena

#### **2) Věková kategorie**

- a) 18 - 25 let
- b) 26 - 65 let
- c) 66 let a více

#### **3) Nejvyšší dosažené vzdělání**

- a) Základní
- b) Středoškolské
- c) Vysokoškolské

**4) Jaké jsou druhy ionizujícího záření?**

- a) Alfa, beta, gama, rentgenové a neutronové
- b) Alfa, beta, gama a laserové
- c) Alfa, beta, gama a radiové
- d) Nevím

**5) Jaké mohou být zdroje ionizujícího záření?**

- a) Přírodní a umělé
- b) Lehké a těžké
- c) Hlavní a vedlejší
- d) Nevím

**6) Je ionizující záření využíváno v potravinářství?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

**7) Kde je možné ionizující záření využívat?**

- a) V lékařství, průmyslu, jaderných elektrárnách, potravinářství
- b) Nikde se nevyužívá
- c) Pouze v lékařství a jaderných elektrárnách
- d) Nevím

**8) Existuje legislativa, která se zabývá ionizujícím zářením?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Ano, ale pouze v zahraničí
- d) Nevím

**9) Termín "špinavá bomba" označuje**

- a) Biologickou zbraň, která znečišťuje okolí
- b) Radiologickou zbraň
- c) Jadernou bombu využívající štěpné řetězové reakce
- d) Nevím



**10) Je možné se před ionizujícím zářením chránit?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

**11) Ultrafialové záření je záření**

- a) Ionizující
- b) Neionizující
- c) Nevím

**12) Infračervené záření je záření**

- a) Ionizující
- b) Neionizující
- c) Nevím

**13) Lze ionizující záření vnímat smysly?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

**14) Využívá se neionizující záření ve zdravotnictví?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

**15) Může mít neionizující záření škodlivé vlivy na lidský organismus?**

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

**16) Popište svými slovy, co je ionizující záření. (Pokud nevíte, nechte pole prázdné.)**

**17) Setkal jste se někdy s ionizujícím zářením? Popřípadě kde?**

18) Popište svými slovy, co je neionizující záření. (Pokud nevíte, nechte pole prázdné.)

19) Uveďte jeden nebo více příkladů, kde se využívá neionizující záření. (Pokud nevíte, nechte pole prázdné.)

**Příloha B Statistické zpracování pomocí MS Excel a využitím vzorců pro základní statistické výpočty**

Průměr:  $\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^r x_j * n_j$

Výběrový rozptyl:  $s_x^2 = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^r (x_j - \bar{x})^2 * n_j$

Výběrová směrodatná odchylka:  $\sqrt{\text{výběrový rozptyl}}$

Výpočet průměru a směrodatné odchylky počtu správných opovědí u všech respondentů

$x_i$	$n_i$	$x_i * n_i$	$\bar{x} - x_i$	$(\bar{x} - x_i)^2$	$(\bar{x} - x_i)^2 * n_i$
0	15	0	6,9	48,0	720,0
1	9	9	5,9	35,1	316,3
2	11	22	4,9	24,3	267,1
3	16	48	3,9	15,4	246,9
4	18	72	2,9	8,6	154,3
5	30	150	1,9	3,7	111,5
6	31	186	0,9	0,9	26,7
7	36	252	-0,1	0,0	0,2
8	29	232	-1,1	1,1	33,3
9	25	225	-2,1	4,3	107,3
10	41	410	-3,1	9,4	386,9
11	26	286	-4,1	16,6	431,1
12	19	228	-5,1	25,7	488,8
<i>Celkem</i>	306	2120			3290,4

## **SEZNAM ZKRATEK**

ANO – akutní nemoc z ozáření

CT – výpočetní tomografie

ČR – Česká republika

EU – Evropská unie

EUROATOM – Evropské společenství pro atomovou energii

IR – infračervené

IZ – ionizující záření

LASER – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

RTG – rentgen

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚRO – Státní ústav radiační ochrany

URZ – uzavřené radionuklidové zářiče

UV – ultrafialové