

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra geoenvironmentálních věd**



**Bakalářská práce**

**Vlivy ionizujícího záření na životní prostředí a specifika  
práce jednotek požární ochrany při úniku radiace  
v České republice**

**Autor: Jiří Blajer, DiS.**

**Vedoucí práce: Ing. Barbora Hudcová, Ph.D.**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Blajer, DiS.

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**Vlivy ionizujícího záření na životní prostředí a specifika práce jednotek požární ochrany při úniku radiace v České republice**

Název anglicky

**The effects of ionizing radiation on the environment and the specifics of the work of fire protection units during radiation leakage in the Czech Republic**

---

### Cíle práce

Bakalářská práce si klade za cíl přiblížit problematiku ionizujícího záření, jeho základní vlivy na životní prostředí a základní způsoby práce jednotek požární ochrany v ČR při úniku radiace. Z tohoto důvodu bude práce rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou shrnuty všechny nezbytné informace související s touto problematikou, a to základní historické události, obecné informace o typech ionizujícího záření, vlivy na zdraví obyvatel a životní prostředí a hlavní zásady práce jednotek požární ochrany v ČR. V rámci praktické části práce bude pomocí jednoduchého dotazníku zjištěno, jaké je povědomí u občanů z hlediska této problematiky, a to s ohledem na obecné znalosti až po znalosti hlavních zásad při ochraně životů a zdraví před nebezpečím ionizujícího záření. Na základě praktické části bude následně zhodnoceno povědomí občanů formou Diskuze. Celá práce bude pak shrnuta formou Závěru.

### Metodika

Bakalářská práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou podrobně popsány základní informace o dané problematice, a to jak z historického hlediska, tak nezbytné teoretické znalosti. V neposlední řadě budou popsány postupy práce jednotek požární ochrany v České republice při úniku radiace. V praktické části pak bude provedena analýza výsledků pomocí jednoduchého dotazníku zaměřeného na obecné znalosti obyvatel ohledně této problematiky. Výsledky budou popsány a následně diskutovány. Vypracování se bude řídit Metodickými pokyny pro zpracování bakalářských prací na FŽP ČZU.

**Doporučený rozsah práce**

40-60

**Klíčová slova**

ionizující záření, radioaktivita, účinky záření, detekce, dekontaminace

---

**Doporučené zdroje informací**

- HANUŠKA, Z. Metodický návod k vypracování dokumentace zdlavání požárů. 2. vydání Praha: MV – ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. 1996. 74s. ISBN: 80-902121-0-7.
- HAVRÁNKOVÁ, Renata a kolektiv. Klinická radiobiologie. 1.vydání v Praze: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 2020. 184s. Grada Publishing ISBN: 978- 80-271-01350-7.
- LEAN, Geoffrey. Ionizující záření. Česká republika. 2016. 55s. UNEP (Program OSN pro ochranu životního prostředí). ISBN: 978-92-807-3600-7.
- MACIEJ SADOWSKI, Maria Sklodowska-Curie Fotobiografia 1.vydání Emka. 2011. 176s. ISBN: 8362304367
- PEARCE, J. M., Limitations of Nuclear Power as a Sustainable Energy Source, Sustainability 4, 2012, pp 1173-1187
- PLOKHÝ, Serhii. Černobyl. 1. vydání v Brně: Jota. 2019. 400s. ISBN:978-80-7565-462-5.
- ROSINA, Jozef, Jana Vránová, Hana Kolářová. Biofyzika Pro zdravotnické a biomedicínské obory. 2. doplněné vydání, Vytisklo Tisk centrum s.r.o., Moravany u Brna 2021. 304s. Grada ISBN: 978-80-271-2526-5.
- SÚKUPOVÁ, Lucie. Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi. 1.vydání v Praze 2018. 280s. Grada Publishing ISBN: 978-80-271-0709-4
- Vyhláška MV č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany
- WILKENING Marvin. Radon in the environment: Science Publishers B.V., 1990. 137s. ISBN: 0-4444-88163-8

---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/22 LS – FZP

**Vedoucí práce**

Ing. Barbora Hudcová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra geoenvironmentálních věd

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2022

**prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2022

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce na téma: „Vlivy ionizujícího záření na životní prostředí a specifika práce jednotek požární ochrany při úniku radiace v ČR“, je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou shrnuty základní poznatky o dané problematice z historického hlediska až po současnost. Práce se zabývá obdobím od objevení radiace až k jejímu využití v civilním životě i ve vojenském zbrojení. Následně je pozornost zaměřena na základní popis a rozdělení ionizujícího záření a jeho účinky na živé organismy a obecně na životní prostředí. Závěrečná kapitola teoretické části shrnuje hlavní zásady práce jednotek požární ochrany v ČR při úniku radiace. V praktické části práce bylo pomocí dotazníku ověřováno, jaká je informovanost občanů s ohledem na ionizující záření, a to jak z obecného hlediska, tak ohledně hlavních zásad při ochraně životů a zdraví před tímto typem záření. Výsledky dotazníku ukázaly, že občané mají povědomí o problematice ionizujícího záření, ale i o práci složek IZS, které se podílejí na likvidaci nebezpečných látek při havárii souvislosti s radiací. Bylo však zjištěno, že občané nejsou dostatečně informováni o problematice protiatomových úkrytů a podobných zařízeních (např. lokalita). Z hlediska ochrany obyvatelstva lze tento fakt vnímat jako závažný problém. Je tedy patrné, že je zapotřebí docílit větší informovanosti občanů a zlepšit obecnou připravenost v případě reálné hrozby související s únikem radiace.

**Klíčová slova:** ionizující záření, radioaktivita, účinky záření, detekce, dekontaminace

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis on the topic: “The effects of ionizing radiation on the environment and the specifics of the work of fire protection units during radiation leakage in the Czech Republic”, is divided into two parts, theoretical and practical. The theoretical part summarizes the basic knowledge about this theme from a historical point of view to the present. The thesis deals with the period from the discovery of radiation to its use in civil sector and in military armament. Subsequently, attention is focused on the basic description and distribution of ionizing radiation and its effects on living organisms and the environment in general. The final chapter of the theoretical part summarizes the main principles of fire protection units in the Czech Republic in the event of radiation leakage. In the practical part of the thesis, the questionnaire was used to verify the awareness of citizen with regard to the ionizing radiation. The results of the questionnaire showed that citizens are aware of the issue of ionizing radiation, but also of the work of IRS units that are involved in the disposal of hazardous substances in the event of a radiation leakage. However, it was found that citizens are not sufficiently informed about the issue of anti-nuclear shelters and similar facilities (e.g., locality). From the point of view of citizen protection, this fact can be perceived as a serious problem. It is therefore clear that there is a need to raise citizens' awareness and improve overall preparedness in the event of a real radiation leak.

**Key words:** Ionizing radiation, radioactivity, radiation effects, detection, decontamination

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci a otazníkové šetření a vyhodnocení vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Příbrami dne 13.3.2022

Jiří Blajer, DiS.

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Barboře Hudcové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, informace a ochotu, které mi při zpracování bakalářské práce věnoval.

V Příbrami 13.3.2022

# Obsah

1. ÚVOD.....	9
2. CÍLE PRÁCE.....	11
3. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	12
4. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	13
4.1. Průřez historií .....	13
4.1.1. Objevitelé .....	13
4.1.2. Válečné využití .....	14
4.1.3. Nejznámější světové havárie .....	16
4.1.4. Jaderné elektrárny ČR .....	17
4.2. Typy ionizujícího záření a jeho vliv na životní prostředí .....	19
4.2.1. Druhy záření .....	20
4.2.2. Vliv záření na lidský organismus .....	31
4.2.3. Vliv záření na životní prostředí .....	32
4.3. Zásah při úniku radiace v ČR.....	37
4.3.1. Nebezpečná zóna (u RaL 1 mSv/hr).....	39
4.3.2. Bezpečnostní zóna (u RaL 10 µSv/hr).....	40
4.3.3. Vnější zóna (u RaL 1 µSv/hr).....	40
4.4. BOZP při zásahu s přítomností nebezpečné látky .....	41
4.4.1. Komunikace.....	42
4.5. Způsoby měření.....	45
4.5.1. Radiometr DC-3E-98.....	45
4.5.2. Osobní dozimetr SOR.....	46
4.5.3. URAD 115 – zásahový dozimetr.....	47
4.6. Dekontaminace.....	48
5. PRAKTICKÁ ČÁST .....	51
5.1. Dotazníkové šetření.....	51
5.2. Analýza a interpretace výsledků .....	52
5.3. Diskuse.....	73
6. ZÁVĚR.....	76
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	77
8. PŘÍLOHY .....	81
8.1. Příloha A: Dotazník .....	81
8.2. Příloha B: Seznam obrázků.....	85
8.3. Příloha C: Seznam tabulek.....	87



# 1. ÚVOD

Záření, neboli radiace, je proces, při kterém se energeticky nabitě částice nebo vlny šíří prostorem. Záření lze rozdělit do několika kategorií. Pro člověka je nejvíce vnímaným elektromagnetickým zářením viditelné světlo, které jsou naše oči schopny zachytit, kdy díky odrazům tohoto záření od předmětů kolem nás, je náš mozek schopen získané signály zpracovat do podoby 3D obrazu. Dalším druhem záření, které člověk vnímá svými smysly, je infračervené záření. Člověk toto záření vnímá svým hmatem, a to jako teplo vyzařující z tělesa o vyšší teplotě, než je teplota lidského těla. Z podstaty věci však vyplývá, že infračervené záření vyzařují všechny předměty kolem nás včetně našeho lidského těla. Další typem je mikrovlnné záření. S tím se lze setkat taktéž běžně například v domácnosti (mikrovlnné trouby) nebo nám slouží jako komunikační prostředek (mobilní telefony, Wi-Fi, atd.). Pro lidský organismus však není mikrovlnné záření škodlivé. Stejně tak nejsou škodlivé rádiové vlny, které se používají k přenosu rádiových signálů. Další typem, tentokrát již zářením s vyšší energií než viditelné světlo, je ultrafialové neboli UV záření. Typickým příkladem je sluneční záření. Škodlivost dlouhodobého vystavení UV záření je velmi dobře prozkoumána (Rosina, 2021). UV záření může způsobit poškození DNA v buňkách a iniciovat tím rakovinou tvorné bujení. Posledním druhem záření, jehož popis a účinky jsou právě náplní této bakalářské práce, je ionizující záření. Tento typ záření snadno proniká do lidského těla a může poškodit jeho buňky. Patří sem rentgenové záření, které se v kontrolovaných, pro lidský organismus neškodných, dávkách používá například ve zdravotnictví při snímkování lidského těla. Za škodlivé jej však můžeme považovat ve chvíli, kdy dojde k vystavení organismu rentgenovému záření po delší dobu, nebo vystavení záření o vysoké intenzitě. Posledním typem vysokoenergetického elektromagnetického záření je gama záření, nebo také gama vlny. Toto záření, které je považováno za nejpronikavější typ radiace a je velmi obtížné jej odstínit. Tyto vlny jsou na Zemi nejčastěji uvolňovány z radioaktivního odpadu. Mezi ionizující záření patří i vysokoenergetické proudy alfa a beta částic. Alfa částice jsou tvořeny jádry helia, které vzhledem ke své velikosti neletí ve vzduchu moc dlouhou dobu. Jsou snadno zastavitelné a neznamení vysoké riziko pro člověka, protože je dokáže odstínit i vrchní vrstva lidské pokožky i třeba list papíru. Značné nebezpečí však skýtá vnitřní kontaminace lidského organismu těmito částicemi. Beta částice jsou samotné letící elektrony, které jsou tak mnohem lehčí a dokážou

proniknou hlouběji do lidského organismu. Beta částice dokáže odstínit například silnější vrstva oblečení (Beneš a kol., 2015). V dnešní době, i když si to málo kdo uvědomuje, je velká pravděpodobnost, že se člověk může setkat s nějakým zdrojem ionizujícího záření, a to nejen ve zdravotnictví, průmyslu, ale i při válečných konfliktech. Je tedy v dnešní době žádoucí, aby občané ČR byli dostatečně informováni o možných rizicích a také o možnosti, jak se chránit, kde se před hrozbou radiace ukrýt a jak se obecně zachovat.

## 2. CÍLE PRÁCE

Bakalářská práce si klade za cíl přiblížit problematiku ionizujícího záření, jeho základní vlivy na životní prostředí a základní způsoby práce jednotek požární ochrany v ČR při úniku radiace. Z tohoto důvodu bude práce rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou shrnuty všechny nezbytné informace související s touto problematikou, a to základní historické události, obecné informace o typech ionizujícího záření, vlivy na zdraví obyvatel a životní prostředí a hlavní zásady práce jednotek požární ochrany v ČR. V rámci praktické části práce bude pomocí jednoduchého dotazníku zjištěno, jaké je povědomí u občanů z hlediska této problematiky, a to s ohledem na obecné znalosti až po znalosti hlavních zásad při ochraně životů a zdraví před nebezpečím ionizujícího záření. Na základě praktické části bude následně zhodnoceno povědomí občanů formou Diskuze. Celá práce bude pak shrnuta formou Závěru.

### 3. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR	Česká republika
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
USA	Spojené státy americké
OSN	Organizace spojených národů
UNSCEAR	Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření
IZS	Integrovaný záchranný sbor
CAS	Cisternová automobilová stříkačka
INDEHA	Prostředek pro individuální dekontaminaci hasiče
RaL	Radioaktivní látka
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
RTG	Radioizotopový termoelektrický generátor
UV	Ultrafialové
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
ZIZ	Zdroj ionizujícího záření
JM	Jaderný materiál

## 4. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 4.1. Průřez historií

Jaderná energie přirozeně existuje již od počátku vzniku vesmíru. Dle teorie začal vesmír vznikat zhruba před 13,8 miliardami let, tzv. „Velkým třeskem“, přičemž postupným chladnutím vzniklého plazmatu došlo ke tvorbě nukleonů (protony a neutrony), které se následně začali spojovat v první jádra atomů vodíku a helia. Historie pochopení podstaty jaderné energie, možnosti jejího využití a pozorování možných vlivů na lidské zdraví se však začala psát až v první polovině 19. století (Havránková a kol. 2020). Základní informace týkající se historie včetně významných problémů spjatých s jejím využíváním budou uvedeny v této části bakalářské práce.

#### 4.1.1. Objevitelé

Prvním vědcem, který stál na počátku studia radiace, byl německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923), který při práci ve své univerzitní laboratoři ve Würzburgu v roce 1895 pozoroval neznámé paprsky, které označil jako paprsky X (Havránková a kol. 2020). Později byly tyto paprsky pojmenované jako rentgenové záření, což tomuto vědci v roce 1901 přineslo zisk první Nobelovy ceny za fyziku. Po tomto objevu se začal zvyšovat zájem o tuto problematiku, a to jak ve vědecké, tak lékařské sféře. Avšak je nutné zmínit, že již před Wilhelmem Conradem Röntgenem sestrojil a pozoroval v roce 1876 německý fyzik Johann Wilhelm Hittorf (1824–1914) vakuovou trubici, která vyzařovala záření na záporné elektrodě, které při dopadu na stěnu trubice vyvolávalo tzv. světélkování. Jeden z dalších významných objevů provedl v roce 1896 francouzský vědec Antonie Henri Becquerel (1852–1908) profesor Pařížské Polytechnické fakulty, který vložil fluorescenční minerál mezi fotografické desky a pozoroval chemické změny i bez nutnosti ozáření vzorku světlem, což vedlo k objevu přirozené radioaktivity, která se svým původem lišila od dříve pozorovaného paprsku X. V rámci práce tohoto vědce byl poprvé pozorován i vliv radioaktivity na lidský organismus a to díky kožním problémům (loupaní kůže, hnisavá rána), které tohoto vědce postihly po pravidelném přímém kontaktu se vzorky. Studiu reaktivity se věnovali i manželé Pierre Curie (1859–1906) a francouzská vědkyně polského původu Marie Skłodovská-Curie (1867–1934), kteří se dále

zabývali zkoumáním uranu. V rámci svého studia objevili, že se uran během záření přeměňuje na jiné prvky, a to na polonium (pojmenováno po rodné zemi objevitelky Marie Sklodowská-Curie) a radium (z latinského slova radius „zářící“ prvek) (Lean, 2016). Marie Sklodowská-Curie byla první ženou, která společně s Pierrem Curie a Henri Bacquerelem obdržela v roce 1903 Nobelovu cenu v oboru fyziky a v roce 1911 obdržela Nobelovu cenu v oboru radiační chemie. Výzkum však zanechal na manželech Curie trvalé následky. Když na sobě zkoušeli záření, vznikaly jim na těle popáleniny, dále jim ztvrdnuly špičky prstů a loupala se jim kůže. Sama Marie bojovala s chudokrevností, kterou spustily právě radioaktivní látky (Sadowski, 2011). Ve 20. století byl dalším významným fyzikem Louis Slitin, který se zabýval určením kritického množství štěpného materiálu v jádru uranu a plutonia. Právě tento experiment v roce 1946 vedl k jeho smrti (Zeilig, 2008).

Jak již bylo zmíněno, problémem v raném stádiu studia radioaktivity byla neznalost negativních účinků radioaktivního záření na lidské zdraví. S tím souvisela i absence nezbytných bezpečnostních opatření a ochranných pomůcek. Na druhou stranu, tyto významné objevy následně vedly k rozvoji celé řady odvětví lidského bádání a v konečném důsledku i ke zkvalitnění ochrany lidského zdraví před účinky ionizujícího záření. Například rentgenové záření dnes zcela bezpečně nachází využití v mnoha oblastech našeho života – v letecké dopravě, zdravotnictví nebo i průmyslu (Lean, 2016).

#### **4.1.2. Válečné využití**

První jaderná puma byla vyvinuta v USA, kdy výzkumy probíhaly v utajení v Los Alamos za vedení Roberta Jacoba Oppenheimera (1904–1967). První zkouška proběhla 16. července 1945 v poušti White Sands poblíž města Alamogordo, kdy byl pozorován charakteristický hříbový útvar zplodin výbuchu (Matoušek, 2007). Do vzdálenosti 30 km byl ještě po 3 hodinách po explozi naměřen dávkový příkon 15 R/h (rentgen/hod), kdy se jako smrtící dávka záření označuje hodnota kolem 100 R/h po dobu několika hodin. Přirozená hodnota radiace v životním prostředí dosahuje však jen zhruba 0,1 rentgenu za rok. Jaderná puma byla pak poprvé použita ve válečném konfliktu v roce 1945 během poslední fáze druhé světové války v Pacifiku, kdy ji Spojené státy americké svrhly dne 6. srpna 1945 na japonské město Hirošima a následně dne 9. srpna 1945 na město Nagasaki. Obě bomby okamžitě zabily přibližně

130 000 lidí a dalších 100 000 lidí umíralo na následky výbuchu. Lidé umírali i v následujících měsících na popáleniny a nemoc z ozáření způsobenou radiací a následovala postižení i dalších generací. Vývoj jaderných zbraní po ukončení druhé světové války nabral na rychlosti, kdy se kromě USA stal velmocí i tehdejší Sovětský svaz. Toto období se nazývá tzv. „studené války“, která právě mezi těmito dvěma velmocemi probíhala mezi Sovětským svazem a USA. Na rozdíl od USA byl Sovětský svaz připraven k vojenskému nasazení, kdy do nejaktivnějšího období testování spadají roky 1952 až 1962. V tu dobu bylo provedeno přes 500 testů s celkovým ekvivalentem trinitrotoluenu 430 megatun. Poslední z nich byl proveden v roce 1980. V tomto období byly lidé na celém světě exponováni zářením v důsledku atmosférického spadu v rámci testů jaderných zbraní. Z tohoto důvodu byl s ohledem na obavy z radiační expozice lidí, životního prostředí a účinky ionizujícího záření v roce 1955 ustaven vědecký výbor OSN (Organizace spojených národů), UNSCEAR (Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření) (Lean, 2016). V rámci pokusů jaderných zbraní bylo v roce 1963 zaznamenáno v atmosféře 0,11 mSv, což jsou velmi významné hodnoty ve srovnání s přirozenou mírou radiace, která je 0,003-0,005 mSv. Zásahy při radiační mimořádné události jsou vytyčovány do zón, kdy hranice bezpečnostní zóny je 10  $\mu$ Sv, a to se rovná hodnotě 0,01 mSv. Aktuální hodnoty se pohybují okolo 0,005 mSv. Jaderným spadem dochází ke kontaminaci vody, půdy (včetně pitné) a potravin. Díky tomu mohou být následně ohroženy organismy, a to jak lidé, tak zvířata. Radioaktivní prvky jsou schopny se nejvíce koncentrovat ve vodních organismech a houbách. V případě jaderných výbuchů se negativní účinky expozice zářením projevují na všech živých organismech, což v případě velkých dávek vede k jejich poškození, kdy míra tohoto poškození souvisí s daným druhem. Tyto jevy mohou následně vážně narušit ekologickou rovnováhu. Tuto rovnováhu si lze jednoduše představit tak, že usmrcení určitého druhu ptáků povede ke zvýšenému výskytu méně citlivého druhu hmyzu, kdy toto přemnožení může vést k poškození vegetace (Matoušek a kol. 2007).

### 4.1.3. Nejznámější světové havárie

Kromě válečného zbrojení byl výzkum směřován i k využití jaderné energie v lékařství tak i pro civilní účely, a to hlavně na výrobu elektrické energie. V souvislosti s tím však rovněž docházelo k závažným nehodám a haváriím. Příkladem havárii, které však neměly za následek oběti na životech či významnější ovlivnění stavu životního prostředí, byl únik radioaktivních látek z výzkumného reaktoru ve Vinči v oblasti dřívější Jugoslávie v roce 1958, únik radiace z jaderné elektrárny Three Mile v USA v roce 1979 a únik v továrně na přepracování jaderného paliva v Japonském Tokai-Mura v roce 1999.

Nejvážnější a nejznámější nehodou civilních zařízení je však havárie v Černobylu, což je město v Kyjevské oblasti na severu Ukrajiny poblíž hranic s Běloruskem v kraji zvaném Polesí, kterým protéká řeka Pripjať. V Černobylu v době havárie žilo asi 14 tisíc obyvatel. Černobylská jaderná elektrárna byla postavena v 70. letech 20. století ve vzdálenosti 15 km severozápadně od města Pripjať. Jednalo se o jaderný reaktor typu RBMK 1000, který byl používán pouze na území bývalého území SSSR. Samotná havárie se stala dne 26.4.1986. Havárii na 4. bloku této elektrárny předcházela pravidelná zkouška odstavení reaktoru. Během tohoto procesu se však nekontrolovatelně zvýšil výkon reaktoru v souvislosti s chladicí kapalinou, kdy došlo k vytvoření parních dutin v chladicí vodě, která tak přestala plnit svou funkci, tj. absorbovat neutrony, a dále došlo k problémům spojeným s nedostatkem regulačních tyčí v aktivní zóně reaktoru, což je část reaktoru kde probíhá řízená štěpná řetězová reakce (Plochy, 2019). Výkon reaktoru se dále zvyšoval a bylo proto nezbytné provést jeho nouzové vypnutí, kdy se všech 178 regulačních tyčí začalo zasouvat do aktivní zóny reaktoru. Tyto tyče byly vyrobeny z bóru, který zde sloužil k absorpci neutronů, což mělo následně snížit rychlost reakce. Hroty těchto tyčí byly však vyrobeny z grafitu (horší schopnost pohlcovat neutrony ve srovnání s bórem i vodou). Po spuštění tyčí do reaktoru došlo k tomu, že tyto hroty nahradily v horní části aktivní zóny vodu, čímž se však rychlost reakce naopak zvýšila. Nastal efekt pozitivního vakua, kdy narostla teplota jádra, která způsobila popraskání potahu palivových tyčí, což zapříčinilo zaseknutí regulačních tyčí, které byly zasunuty pouze z jedné třetiny. Tím se reakce zcela vymkla kontrole, kdy došlo ke zvýšení výkonu reaktoru, 30 000 MWt, což je desetinásobek normy Během tohoto procesu vzniklo obrovské množství vodní páry, která neměla kam unikát (Plochy, 2019). Následná parní expanze (klasický



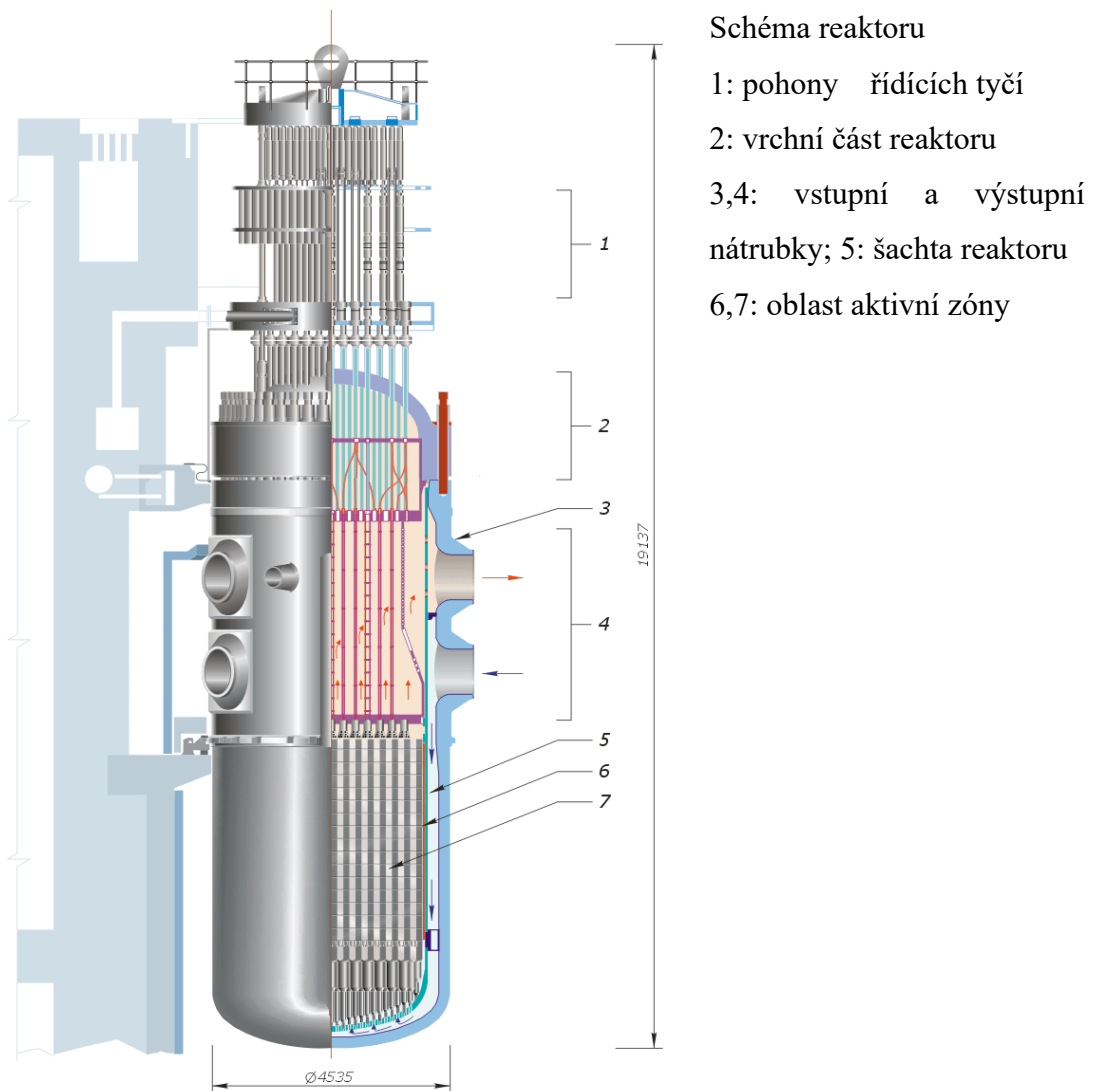
výbuch následoval po pár sekundách) zničila plášť reaktoru a vymrštila betonovou desku horního biologického štítu reaktoru. V prvotní fázi se předpokládalo, že došlo k poruše na chladícím systému, popřípadě na parní turbíně. Při výbuchu na místě zahynuli dva pracovníci a u 138 se rozvinul akutní postradiační syndrom, který pro 28 pracovníků skončil smrtí. Evakuace okolí elektrárny včetně města Pripjat' nastala dne 27.dubna, ale až 6.května bylo obyvatelstvo obeznámeno ukrajinským ministrem zdravotnictví, kterým byl Anatolij Romaněnko, na nebezpečí související s vysokou úrovní radiace. Po výbuchu bylo zapotřebí uzavřít reaktor, aby nedocházelo k úniku radiace do okolního prostředí. Celý reaktor byl uzavřen do betonového sarkofágu, který byl dokončen v roce 2017. Tím došlo k zabráněno dalšímu úniku radiace do okolí (Plochy, 2019).

Další známá havárie jaderné elektrárny proběhla ve 21. století (v roce 2011). Tato havárie souvisela se silným zemětřesením, které dosahovalo 9. stupňů Richterovy škály, ve východním Japonsku, kdy došlo vlivem vzniklého tsunami k zasažení jaderné elektrárny Fukušima-Daiichi, kde byly poškozeny jaderné reaktory typu BWR-3, BWR-4, BWR-5 a dále jaderný reaktor typu ABWR. To mělo za následek únik radioaktivních látek do okolí (Lean, 2016). Přibližně 85 000 obyvatel bydlících v okruhu 20 km od jaderné elektrárny bylo evakuováno, avšak při této havárii nedošlo k žádnému úmrtí. Při srovnání havárie ve Fukušimě s havárií Černobylu je nezbytné zhodnotit rozdíly v typu reaktoru, rozptýlení radioaktivních látek do okolí a obecně v opatřeních, které byly po havárii přijaty. V případě obou havárií bylo do okolí uvolněno velké množství radionuklidů podílejících se na expozici lidí a obecně životního prostředí. Jedná se převážně o jód-131 a cesium-137, přičemž jejich množství po havárii v elektrárně Fukušima-Daiichi odpovídalo 10% pro jód a 20% pro cesium oproti havárii v elektrárně Černobyl (Lean, 2016).

#### **4.1.4. Jaderné elektrárny ČR**

V České republice jsou celkem dvě jaderné elektrárny, a to Temelín a Dukovany. Dukovany, které se nacházejí cca 30 km od města Třebíč (Kraj Vysočina), byly první jadernou elektrárnou na území ČR. Stavba začala v roce 1978 a první reaktor byl zpuštěn v roce 1985. Nyní jsou v provozu čtyři reaktory typu VVER-440 (typ V213) o výkonu cca 2000 MW. Druhou jadernou elektrárnou, která je oproti Dukovanům mladší, je Temelín, který se nachází v Jihočeském kraji cca 24 km od Českých

Budějovic. V roce 1985 byl představen projekt a po dvou letech byla zahájena samotná stavba. Po roce 1989 bylo však Vládou ČR schváleno dokončení pouze dvou reaktorů, místo původně plánovaných čtyř. V roce 2002 byl spuštěn zkušební provoz prvního reaktoru a o rok později i druhého reaktoru. Výkon jaderné elektrárny Temelín po rekonstrukci je 1055 MW. Jaderná elektrárna Temelín je vybaven dvěma reaktory typu VVRE-100 (typ 320) na obr. 1.



**Obr. 1:** Schéma reaktoru VVER-1000  
**Zdroj:** [www.cez.cz](http://www.cez.cz)

Jaderná elektrárna Dukovany pracuje v ročním cyklu výměny paliva, to znamená, že v aktivní zóně, která se skládá 349 kazet, se jich každý rok vymění přibližně 90.

Vyhořelé palivo, které má ještě relativně vysoký zbytkový výkon, se skladuje vedle reaktoru v takzvaném bazénu vyhořelého paliva. Vyhořelé palivo je celé pod vodou a skladuje se zhruba šest let, kdy díky nucené cirkulaci klesne po uplynutí této doby zbytkový výkon kazet na takovou míru, že se dají uložit do kontejneru, který slouží ke skladování kazet. V tomto kontejneru jsou již kazety skladovány na sucho. Zdroj energie je uran-235, kdy při jeho štěpení zpomalenými neutrony uvolňuje vazebná energie. Teplo vytvořené v reaktoru pak odvádí voda v rámci primárního chladicího okruhu (teplota vody 320°C, vysoký tlak pro zabránění varu) do tepelného výměníku, takzvaného parogenerátoru, kde předává svou tepelnou energii vodě sekundárního okruhu. Po předání energie je opět čerpadly hnána do reaktoru. Voda v druhé části parogenerátoru, která odebírá teplo z primárního okruhu, se vaří a vzniká tak pára. Pára roztáčí turbínu až do 50 otáček za vteřinu. Turbína je spojena hřídelí generátoru, který vyrábí elektřinu. Pára, která projde turbínou, se následně zkapalní v parním kondenzátoru, a po změně skupenství je opět v kapalné formě hnána čerpadly do parogenerátoru k nové cirkulaci. Aby docházelo v kondenzátoru sekundárního chladicího systému k rychlé proměně par v kapalinu, je kondenzátor par ochlazován tzv. terciálním okruhem. Tento okruh není hermeticky uzavřený a voda je do něj čerpána z vodního zásobníku, kterým může být třeba vodní přehrada. Voda z terciálního okruhu je čerpadly hnána kolem kondenzátoru par, aby jej ochlazovala. Ohřátá voda a pára z terciálního okruhu je odváděna do chladících věží, kde se proudění vzduchu ochlazuje (Jaderné elektrárny, 2022).

## **4.2. Typy ionizujícího záření a jeho vliv na životní prostředí**

Pro hlubší pochopení problematiky je nezbytné detailněji popsat jednotlivé typy ionizujícího záření a zhodnotit míry rizika spjaté s jeho expozicí včetně jeho vlivu na živé organismy, čemuž se bude věnovat následující část bakalářské práce. Jak již bylo výše zmíněno, organismy jsou do jisté míry vystaveni ionizujícímu záření, které je přítomno již od vzniku planety Země. Před přírodním kosmickým zářením je Země chráněna atmosférou, avšak existují i další přirozené či antropogenní jevy, které mohou množství radionuklidů v prostředí významně zvýšit. V případě zvýšených rizik je pak nezbytné přijmout určitá bezpečnostní opatření.

### 4.2.1. Druhy záření

Obecně lze ionizující záření rozdělit na přirozené a umělé, kdy je přirozené ionizující záření zodpovědné za více jak 80% expozice, jen 20% pak připadá na umělé zdroje. Mezi přírodní zdroje patří kosmické záření a přírodní radionuklidy, které jsou obsaženy v zemské kůře a v zemském jádru. Na obr. 2, jsou roční dávky záření. Obecně tedy není zcela možné se kompletně vyhnout expozici z přírodních zdrojů. Celosvětový průměr efektivní dávky na člověka činí přibližně 2,4 mSv za rok. Toto množství se však mění v rozmezí 1 až 10 mSv dle lokality (Lean, 2016). Intenzita kosmického záření je závislá na erupcích na Slunci a rovněž není na všech místech stejně intenzivní. Severní a jižní pól je daleko více vystaven kosmickému záření než rovníková pásma. Dále úroveň expozice stoupá s nadmořskou výškou. Kosmické záření patří mezi nejvýznamnější složky radiačního pozadí (Beneš, 2015).

Rozlišujeme tři hlavní složky kosmického záření:

- sluneční, které tvoří 10% celkové variace toku kosmického záření;
- galaktické (z hlubokých oblastí vesmíru), které tvoří aktivní galaktická jádra, neutronové hvězdy, výbuchy supernov, během nichž se uvolňuje velké množství energie a vznikají neobjasněné záblesky gama záření;
- radiačních (van Allenových) pásů Země, které je tvořeno protony a neutrony, které jsou zachyceny díky magnetickým pólům Země (Dvořáková, 2010).



**Obr. 2:** Roční dávky z kosmického záření.

**Zdroj:** Lean, 2016

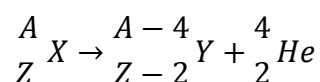
Přírodní radionuklidy lze rovněž rozdělit do třech skupin:

- kosmogenní, jejichž vznik probíhá průběžně v jaderných reakcích;
- primordiální, jejichž vznik je datován na raná stádia vesmíru;
- radionuklidy sekundárně vzniklé z původních radionuklidů v rámci přeměnových řad – mezi nejvýznamnější radionuklidy tohoto typu patří radium-226 (Dvořáková, 2010).

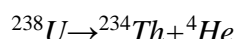
**ZÁŘENÍ ALFA**

Záření  $\alpha$  lze označit jako proud jader hélia (bez elektronového obalu), jejichž rychlost dosahuje cca 20 000 km/s. Jsou látky (například vzduch), které pohlcují záření alfa, což omezuje průnik tohoto záření do větších vzdáleností. Záření alfa lze jednoduše odstínit například velmi tenkou vrstvou lehkého materiálu, jelikož má sice vysokou rychlost, ale velmi malou pronikavost (Navrátil, 2019). Vyzářením  $\alpha$  částice se prvek změní na prvek, který má protonové číslo o dvě hodnoty nižší, tzn. dochází k posunu v periodické soustavě prvků doleva (např. z radia na radon). Z původního jádra tímto procesem ubudou dva protony a dva neutrony. Tento typ radioaktivního záření se vyskytuje v rámci rozpadu přírodního radonu či radioaktivního spadu, který vzniká například při jaderných pokusech, či při jaderných haváriích.

Přeměnu  $\alpha$  záření lze schematicky zapsat ve tvaru:



Příkladem tohoto typu záření může být rozpad radionuklidu uranu na thorium, což probíhá podle rovnice:



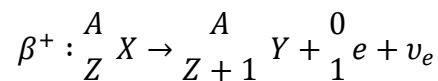
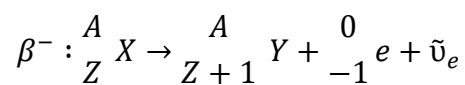
Poločas jeho rozpadu je  $4,47 \cdot 10^9$  roků. Při rozpadu se uvolní energie 4,25 MeV (Wilkening, 1990).

### **ZÁŘENÍ BETA**

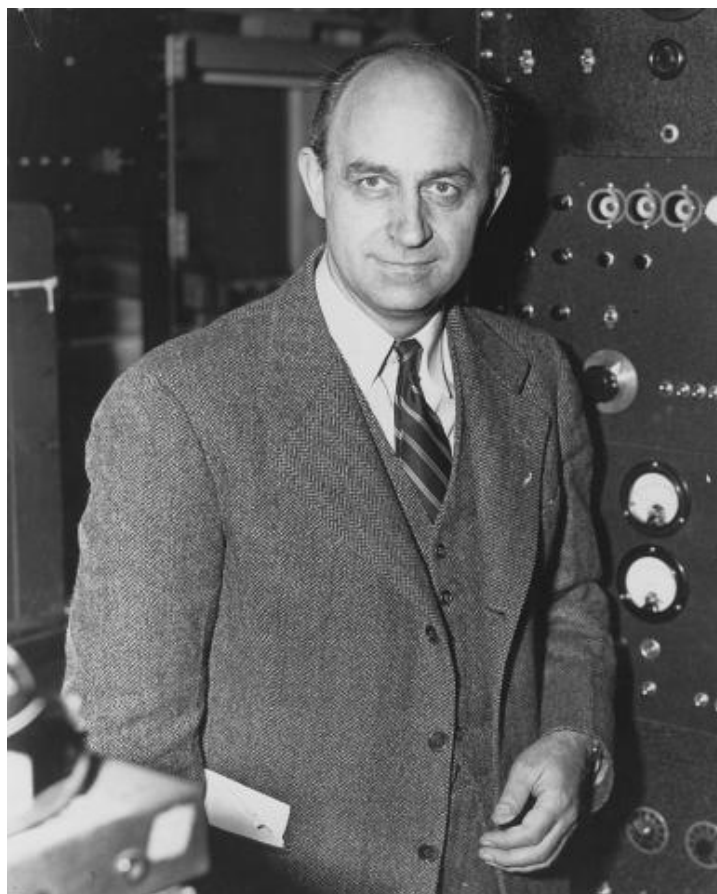
V případě záření  $\beta$  se jedná o proud pozitronů/elektronů, které se pohybují značnou rychlostí. Toto záření může, na rozdíl od  $\alpha$  záření, pronikat i materiálem o malé hustotě nebo tloušťce (například papír). Jak ukázaly studie,  $\beta$  částice mají mnohem větší energetický potenciál než částice  $\alpha$ . Záření má větší pronikavou sílu, je však stále relativně neškodné lidskému tělu. Záření vzniká buď rozpadem neutronu na proton, kdy se z jádra uvolňují negativně nabitě elektrony, nebo rozpadem protonu na neutron, kdy se naopak z jádra uvolňují kladně nabitě pozitrony. Záření  $\beta$  se vyskytuje v jaderných odpadech, ale i ve vzácných zeminách, které mohou obsahovat i uran. Přeměna  $\beta$  je vyvolána takzvanou slabou interakcí, která je jedinou silou, která působí na neutrino (nenabitá elementární částice vznikající při radioaktivních rozkladech pohybující se rychlostí světla). Na neutrino obecně působí velmi slabě i gravitační síla, což však není v laboratorních podmínkách možno změřit.

Problematika neutrin byla dále řešena s ohledem na fakt, že produkované elektrony vykazují spojité spektrum energií, což vede k rozporu s teorií, že se jedná o dvoučásticový rozpad, tj. elektron by měl vykazovat jen jednu možnou energii, která by se striktně řídila obvyklými zákony zachování energie. S ohledem na tuto problematiku byla Wolfgangem Paulim postulována existence nové elektricky neutrální částice o velikosti menší než 0,01 (tj. setina) hmotnosti protonu interagující slabou interakcí, která vzniká při  $\beta$  rozpadu spolu s protonem a elektronem. Tento

postulát uvádí, že množství energie, která odpovídá přechodu jádra z energetického stavu 1 do energetického stavu 2 se libovolně rozdělí mezi novou částici a elektron. Z tohoto důvodu vykazuje výsledné spektrum produkovaných elektronů spojitý charakter. Na základě toho byla Enricem Fermim (obr. 3), v roce 1934 zahrnuta do teorie  $\beta$  rozpadu i částice zvaná neutrino, která, jak již bylo zmíněno, je elektricky neutrální jako neutron, ale na rozdíl od něj vykazuje menší hmotnost. S touto znalostí je tedy možné definovat dva typy  $\beta$  rozpadu, a to beta minus a beta plus, kdy v případě beta minus vzniká elektron a antineutrino a v případě beta plus vzniká pozitron a neutrino. Tyto reakce lze schematicky zapsat pomocí rovnic jako:



Při  $\beta^-$  rozpadu dochází k rozpadu neutronu na proton a současně vznikne elektron. Vznikne tak atomové jádro bohatší o jeden proton a elektronové antineutrino. Naopak při  $\beta^+$  rozpadu vzniká rozpadem protonu na neutron pozitron, což je antičástice elektronu, která má stejnou klidovou hmotnost, ale odlišný náboj, a elektronové neutrino (Králová, 2020). Neutrino vznikají nejen při  $\beta$  rozpadu, ale i v při jiných reakcích, například během rozpadu pionů a kaonů, avšak v tomto případě se jedná o neutrino s jinými vlastnostmi. S ohledem na obtížnou detekci (nezbytnost odstínění nežádoucích částic včetně kosmického záření) zůstávalo neutrino dlouho pouze hypotetickou částicí.



**Obr. 3:** Enrico Fermi.

**Zdroj:** commons.wikimedia.org. Under Creative Commons

Neutrino a antineutrino jsou elementární částice ze skupiny leptonů, které byly poprvé detekovány v roce 1956, a to vědci Frederickem Reinesem a Clydem Cowenem v rámci experimentu, který probíhal v jaderné elektrárně Savannah River v Jižní Karolině ve vodní nádrži s chloridem kademnatým. Obecně vzniká během jaderné reakce velké množství antineutrin, z nichž většina projde detektorem bez detekce, avšak v některých případech dojde k interakci antineutrina s protonem v jádře některého z atomů v molekule vody. Následně vzniká pozitron a neutron, kdy právě tento vzniklý neutron je možné zachytit a detekovat pomocí kadmia (Kulhánek, 2005). Neutrina lze rozlišit na elektronové  $\nu_e$ , mionové  $\nu_\mu$  (objeveno v roce 1962 na urychlovači v Brookhavenu) a tauonové  $\nu_\tau$  (objeveno v roce 2000 v americké laboratoři Fermilab). Obecně jsou nejčastějšími typy neutrin sluneční neutrina, která vznikají v nitru slunce, neutrina vzniklá při interakci kosmického záření a záření v horní vrstvě atmosféry, neutrina vzniklá při explozi supernov a neutrina vzniklá v nitru Země při rozpadu hornin. Jako první však vznikla takzvaná reliktní neutrina, a to v řádu sekund po vzniku vesmíru. Slunce je největším zdrojem neutrin, které



vznikají v jeho jádře spolu s fotony, což je důsledkem termionukleárních reakcí (Kulhánek, 2005).

Výzkumy v této oblasti se zabývala celá řada vědců. Příkladem může být Raymond Davis Jr., který vytvořil tzv. neutrinovou „past“, kdy umístil cisternu o objemu téměř 4 000 m<sup>3</sup> obsahující perchloretylen 1,5 km pod zem. Experiment probíhal ve zlatém dolu Homestake v Jižní Dakotě a jeho principem měla být srážka neutrina s atomem chlóru na dně nádrže, který se po takovém nárazu změní na radioaktivní argon, který je možné detekovat. Experiment však produkoval menší množství neutrin, než se předpokládalo (tzv. neutrinová katastrofa), a proto Davis experiment dále vylepšoval a zdokonaloval, a to téměř 30 let (1968-1999), kdy byla však stále pozorována pouze třetina teoreticky předpověděné hodnoty. Důvodem neúspěchu byl použitý chlór, který za vzniku argonu reagoval s vysokoenergetickými neutrinami. Řešením bylo použití jiného prvku, v tomto případě galia, kdy byly na tomto principu založeny dva experimenty, a to GALLEX (Gallium Experiment) později přebudovaný na experiment GNO (Gallium Neutrino Observatory), a experiment SAGE (Soviet-American Gallium Experiment). Avšak i tyto experimenty vykazaly nižší počet neutrin, než bylo předpokládáno. Detektor SNO (Sudbury Neutrino Observatory; obr. 4) který byl umístěn v kanadském dole Creighton Mine, tvořený nádrží s těžkou vodou umístěnou v bazénu s obyčejnou vodou (z důvodu stínění), potvrdil, že k Zemi dorazí přibližně 35% elektronových neutrin, zbytek se dále přemění na jiné druhy neutrin.



**Obr. 4:** Clyde Cowan během neutrinového experimentu.

**Zdroj:** commons.wikimedia.org. Public domain

Neutrinové interakce byly jako první pozorovány pomocí urychlovače AGS (Alternating Gradient Synchrotron) týmem z Brookhavenu v roce 1962. Vzhledem k nepatrné četnosti neutrin bylo nezbytné dosáhnout co největší redukce pozadí k hledaným případům v detektoru. Výsledkem tohoto pokusu bylo, že nabitými leptony, které byly produkovány v rámci neutrinových interakcí, byly ve výsledku jen miony, což byl přímý důkaz existence dvou různých neutrin. Tento objev vedl k získání Nobelovy ceny (Leon Lederman, Melvin Schwartz a Jack Steinberger) v roce 1988. Oscilace neutrin pocházejících z interakcí kosmického záření v atmosféře byly poprvé objeveny v roce 1998 (Aparatura Super-Kamiokande, Japonsko). Jedná se o největší podzemní neutrinový detektor na světě skládající se z vodní nádrže o průměru cca 39 m, výšce asi 41 m a s obsahem vody 50 000 tun, kde některá neutrina reagují s neutrony a protony a mění se na elektrony a miony, které se pohybují nadsvětelnou rychlostí a doprovází je Čerenkovovo záření, pro jehož detekci je nádrž opatřena 131 000 fotonásobiči na svém vnitřním povrchu. Bylo pozorováno, že se neutrina při letu přeměňují z jedné formy na druhou, tzn. přeměna mezi mionovými, tauonovými a nakonec elektronovými neutrinami. Průměrná rychlost zachycení neutrina aparaturou je jedenkrát za hodinu a půl (Králová, 2020). Dalším zajímavým zařízením je podmořský detektor neutrin s názvem ANTARES, který se nachází přibližně 25 km jižně od břehů Francie a byl vystavěn v roce 2008. Jeho rozloha je 0,1 km<sup>2</sup> a nachází se v hloubce 2,5 km, aby bylo možné dostatečně izolovat detektor od jiných částic. Podobný detektor se nachází na Antarktidě (ICE CUBE), který je umístěn přímo v ledu v hloubce 2 km (díra byla tvořena horkou vodou) a má objem 1 km<sup>3</sup> (Králová, 2020).

## **ZÁŘENÍ GAMA**

Záření gama je elektromagnetické záření, které má kratší vlnovou délku než světlo, a vzniká v jádře atomu při radioaktivních a jiných (sub)jaderných dějích. Rychlost šíření tohoto záření vakuem odpovídá rychlosti světla. Má vysokou schopnost pronikat pevnými látkami kromě olova (Obr. 5). Při vzniku  $\gamma$  záření dochází nejdříve k nepružné srážce mezi elektronem s atomem, kdy se kinetická energie elektronu přemění z části na kinetickou energii atomu a dále na energii nezbytnou k excitaci atomového jádra. Během deexcitace se pak tato energie uvolní ve formě gama záření. Zároveň však zůstává i zachována část kinetické energie elektronu (Králová, 2020).

Emisí  $\gamma$  záření se uvolňuje velké množství energie. Toto záření tak můžeme pozorovat například při slunečních erupcích, výbuchu supernovy nebo na horizontu černých děr. Vědci, kteří se zabývají studiem  $\gamma$  záření, věří, že lze díky němu zodpovědět otázky spojené s antihmotou a vývojem vesmíru.



**Obr. 5:** Stínění z olova.

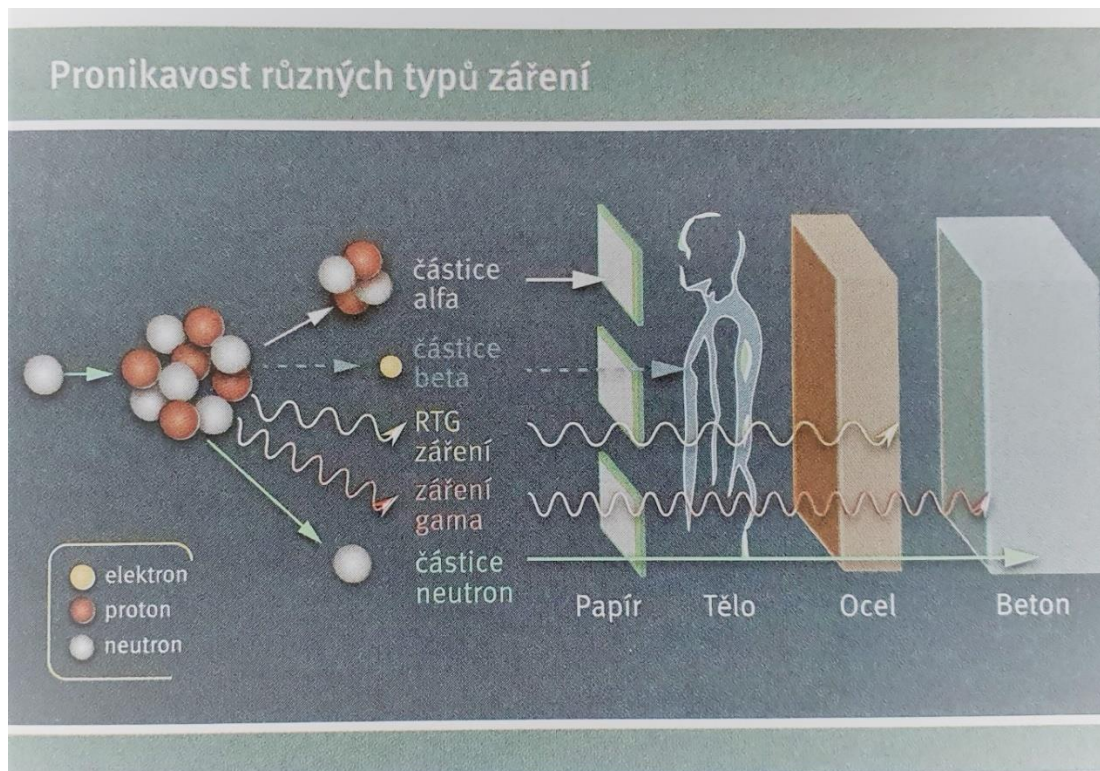
**Zdroj:** commons.wikimedia.org. Public domain

Dalším fenoménem, který je spojený s  $\gamma$  zářením, jsou vysokoenergetické záblesky, které rozdělujeme na krátké (doba trvání 0,1 až 1 s) a dlouhé záblesky (doba trvání 100 s). Vznik  $\gamma$  záblesků není zcela objasněn, nicméně se dle měření jedná o nejsilnější výbuchy v pozorovatelném vesmíru vůbec. Tyto záblesky dosahují výkonu až  $10^{47}$  wattů, což je v porovnání s výkonem Slunce ( $10^{26}$ ), významně vyšší hodnota (a zároveň i více, než vyzáří celý zbývající vesmír dohromady) (Hudec, 1999).

### **PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA**

Jak již bylo zmíněno, přirozená radioaktivita byla náhodně objevena francouzským fyzikem Henri Becquerem v roce 1896. Becquerel při svém výzkumu ozařoval různé minerály slunečním světlem a následně sledoval, zda vyzařují záření působením na fotografickou desku. Současně sledoval i neozářené kontrolní vzorky. Pokus byl proveden i s krystalky síranu uranylo–draselného, které byly osvětleny slunečním světlem, a následně položeny na fotografickou desku zabalené krystalky do černého

papíru. Výsledkem bylo, že vyvolaná deska zčernala, což potvrdilo hypotézu, že jsou paprsky X (které mohou, na rozdíl od ultrafialového záření, proniknout papírem) vyvolány fluorescencí (tj. schopnost látky pohlcovat elektromagnetické záření a nashromážděnou energii následně vyzářit v podobě emise záření) (Králová, 2020). Jak již bylo uvedeno výše, záření lze rozdělit do třech skupin ( $\alpha$ ,  $\beta$ , a  $\gamma$ ), což bylo prvně provedeno Ernestem Rutherfordem, který zároveň popsal jeho vlastnosti. Obecně je záření  $\alpha$  tvořeno heliovými atomy,  $\beta$  lehkými nabitými částicemi a  $\gamma$  má stejnou povahu jako elektromagnetické záření. Alfa, beta a gama záření vysílají například uran, radium a další prvky s nestabilním jádrem při samovolném štěpení a přeměně na jádra jiných prvků. Radioaktivní prvek je takový prvek, jehož jádra se postupně štěpí, proto ho označujeme za radionuklid. Základní rozdíl s ohledem na míru zachytu záření je uveden na “Obr. 6“, (Beneš, 2015).



**Obr. 6:** Druhy radioaktivního záření a jeho průchod látkou.  
**Zdroj:** Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB)

## UMĚLÁ RADIATIVITA

Jedná se o nepřírozený rozpad nuklidu, který je vyvolán předáním energie jeho jádru, čímž dojde k nastolení nestabilního stavu a následně rozpadu nuklidu. To se projevuje vysláním záření alfa, beta nebo gama. Na objevení tohoto jevu se významnou rolí podíleli manželé Irene a Frederic Joliot-Curie obr. 7, kteří se při jednom ze svých pokusů zabývali pozorováním pozitronů vyloučených z hliníku paprsky  $\alpha$  z polonia. Během tohoto ozařování dochází k přeměně hliníku na umělý nestabilní izotop s poločasem rozpadu asi tři minuty. Objevili tak umělou radioaktivitu. Následně provedli pokus i s jinými prvky, ovšem umělý radionuklid se jim dále podařilo připravit jen u boru a hořčíku.



**Obr. 7:** Frederic Joliot Curie a jeho manželka Irene Joliot Curie.

**Zdroj:** commons.wikimedia.org. Autor: James Lebenthal. Public domain

Po tomto objevu se výzkumem umělé radioaktivity začali zabývat i další vědci. Příkladem je Erniko Fermi, který prováděl pokusy s neutrony, které tím, že nemají elektrický náboj, lépe pronikají do kladně nabitých jader atomu. Podařilo se mu tak připravit 14 umělých radionuklidů a zároveň zjistil, že všechny uměle radioaktivní prvky mají krátký poločas rozpadu. Díky umělé radioaktivitě lze například ostřelováním atomů rtuti neutrony získat zlato. Jedná se však o finančně nákladnější postup, než získávat tuto surovinu z přírodních zdrojů. Značná finanční náročnost výše

zmíněných postupů vedla k objevu další metody přípravy umělých radioaktivních prvků využívající protony (jádra vodíku). Proto, aby mohly protony proniknout do jádra atomu, je nutné je urychlit. Z tohoto důvodu byl v Anglii Johnem Cocroftem a Ernestem Waltonem sestroyen kaskádový urychlovač. Další vědci jako Robert van de Graaff nebo Gustav Ising na jejich práci navázali (Beneš, 2015).

### **ROZPADOVÝ ZÁKON**

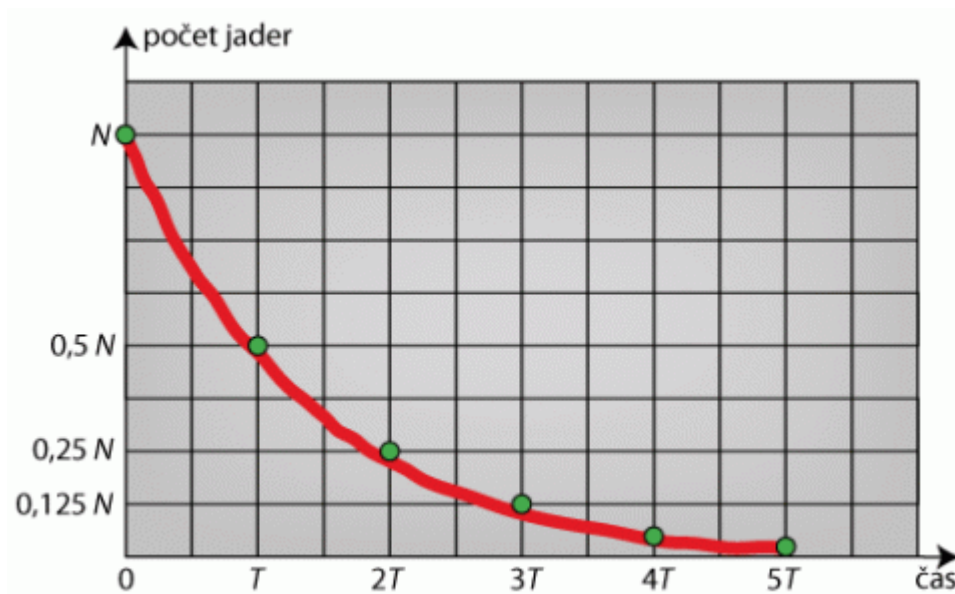
Rozpad ve velkém souboru radioaktivních prvků kvantitativně popisuje zákon radioaktivního rozpadu. Rozpadový zákon popisuje, kolik bude ještě nerozpadlých jader určitého radioaktivního prvku po uplynutí dané doby. Vyjádřit jej můžeme následujícím vzorcem:

$$\Delta N = N_0 e^{-\lambda t}$$

kde  $N$  je celkový počet částic a  $\lambda$  je rozpadová konstanta. Hodnota rozpadové konstanty udává, jaká je pravděpodobnost, že se jádro daného druhu rozpadne za jednotku času. Doba, za kterou se rozpadne polovina výchozího množství radioaktivního izotopu, se nazývá „poločas přeměny“. Poločas přeměny nelze urychlit ani zpomalit. Poločas přeměny je s rozpadovou konstantou vázán vztahem:

$$T\lambda = \ln 2$$

Poločasy přeměn pro různé radioaktivní látky jsou značně rozdílné. Grafické znázornění je na obr. 8. Na grafu je znázorněno, jak se v závislosti na čase ( $T$ ) smění počet rozpadlých jader ( $N$ ) určité radioaktivní látky (Králová, 2020).



**Obr. 8:** Grafické znázornění rozpadového zákona.

**Zdroj:** Techmania Science Center. Autor: Magda Králová. Under Creative Commons.

#### 4.2.2. Vliv záření na lidský organismus

Každé vystavení ionizujícímu záření může být pro lidský organismus nebezpečné. Potenciálně nebezpečné jsou deterministické účinky, či pozdní stochastické účinky. Deterministické účinky není lehké definovat. Jsou důsledkem poškození velkého počtu buněk. Účinky se projevují až po několika dnech či týdnech od expozice (Edwards, 1998). Stochastické účinky jsou důsledkem změny jedné nebo méně buněk, a to v průběhu několika let po obdržení dávce, která překročila určitou prahovou hodnotu. Může tak vzniknout například rakovina orgánů či genetické následky. Ze sta osob při dávce 1 Sv umírá na rakovinu přibližně 5% osob. Vliv záření na organismus byl pozorován už od dob objevení paprsků X Wilhelmem Conradem Roentgenem v roce 1895, kdy byly zaznamenány první případy radiačních lézí. Jak Henri Becquerel, tak i manželé Curie, trpěli radiační dermatitidou označovanou v té době jako „popáleniny vyvolané radiem“. K velkému rozvoji radiobiologie, tedy k oboru zabývajícímu se účinky ionizujícího záření na živý organismus, došlo po svrnutí atomové pumy na japonské města Hirošima a Nagasaki.

Akutní nemoc z ozáření vzniká absorpcí značné dávky radioaktivity (Vávrová a Filip, 2002). Nemoc z ozáření, neboli radiační syndrom, je vlastně otrava organismu radiací. Buňka, která je zasažena, buď záření absorbuje úplně, anebo jen částečně. Nejvíce bývají poškozené tkáně, které obsahují rychle se dělící buňky, jako například

kostní dřeň, pohlavní orgány nebo trávicí ústrojí. Průběh akutní nemoci z ozáření byl dobře popsán po černobylské havárii u zaměstnanců elektrárny a zasahujících hasičů. Příznaky akutního radiačního syndromu byly pozorovány u osob, které byly vystaveny dávce více než 50 rentgenů. Pro popis dávky absorbované živým organismem se však lépe hodí jednotka gray, která odpovídá energii jednoho joulu absorbovaného jedním kilogramem materiálu. Příznaky akutního radiačního syndromu se projevují po jednorázové absorpci 0,8 graye ionizujícího záření. Mezi příznaky patří zvracení, nevolnost, zmatenost a nechutenství. Při absorpci zhruba 50 grayů dochází navíc k nervozitě, zmatenosti, vodnatému průjmu a někdy i ztrátě vědomí. Při překročení dávky 50 grayů dochází k poškození buněk kardiovaskulárního a nervového systému. Již od nízkých dávek absorbovaného záření dochází k poškození kmenových buněk v kostní dřeni. Onemocnění má tři hlavní stádia. V první fázi po ozáření se projeví příznaky akutního radiačního syndromu, druhá fáze je takzvaná bezpříznaková, kdy se pacienti mohou cítit dobře, avšak ve třetí fázi se příznaky vracejí v závažnější formě. Pouze pacienti, kteří absorbovali dávku menší než 10 grayů, mají šanci na přežití (Plochy, 2019).

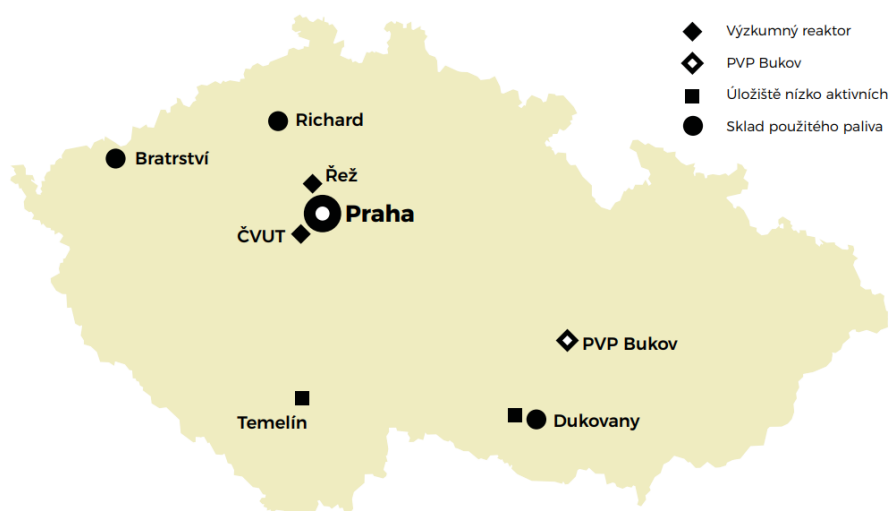
### **4.2.3. Vliv záření na životní prostředí**

#### **Možnosti úniku radiace do životního prostředí**

Ionizující záření se může do životního prostředí dostat nejen během havárií či válečných konfliktů, ale může docházet k únikům i v rámci ukládání jaderného odpadu. První jmenovaná rizika byla již zmíněna dříve v této bakalářské práci, avšak ohrožení s ohledem na ukládání jaderného odpadu nebyla doposud zmíněna. Jelikož v posledních letech roste poptávka na energii, je zapotřebí stále více energie vyrábět. Současně je však v posledních letech kladen důraz na snižování emisí skleníkových plynů, jejichž zvýšená produkce (mimo jiné) souvisí s výrobou energie pomocí fosilních paliv. Je odhadováno, že pokud nebude využita alternativa za fosilní palivo, tak se do roku 2050 dvojnásobí množství CO<sub>2</sub>. Možnými alternativami, které mohou nahradit fosilní paliva, jsou obnovitelné a jaderné zdroje energie. V ČR v roce 2020 byla energie z obnovitelných zdrojů 17,3 %, což patří mezi pět posledních zemí v EU, z toho bylo cca 40% získáno pomocí jádra (IEA, 2011). Problém, a to celosvětový, při využití jaderné energie však souvisí se vzniklými odpady. Aby vzniklý jaderný odpad neměl negativní dopad na životní prostředí, úložiště musí vždy splňovat určité nároky



na geologické podloží. Dále se musí počítat s tím, že tento jaderný odpad musí být uložen neméně na tisíc let (Pearce, 2012). V případě přechodu na jadernou energii tak nastává problém, co dělat s jaderným odpadem. V dnešní době pro ČR veškerý odpad zajišťuje společnost SÚRAO (Správa úložišť radioaktivních odpadů). Je nezbytné si však uvědomit, že do radioaktivního odpadu nepatří jen vyhořelé jaderné palivo, ale i odpady z lékařství, strojírenství a běžného průmyslu. Týká se to všech odpadů, kde je naměřena radiace. Na obr. 9. jsou znázorněny lokality s výskytem radiace v ČR (Šafránek, 2020).



**Obr. 9:** Lokality s výskytem radiace v ČR  
**Zdroj:** Jaderná energie, 2020

### **Výskyt radiace v životním prostředí**

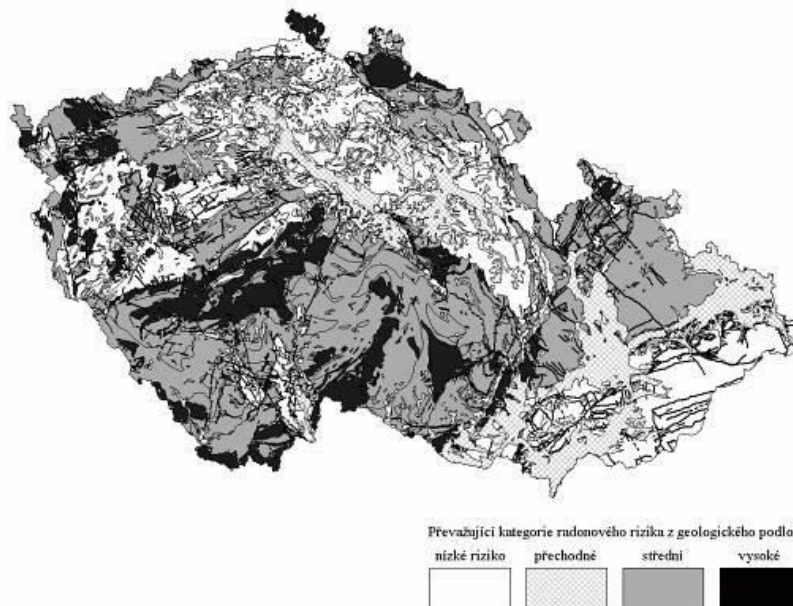
Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, ionizující záření může pocházet z celé řady zdrojů. Toto záření pak může v určité míře (dle původu) více či méně ovlivňovat životní prostředí (viz. Tabulka 1). Je patrné, že nejvýznamnější roli hraje v životním prostředí radon, který je všude přítomný a nachází se v půdách a nerostech. Vzniká například při rozpadu uranových rud. V otevřeném prostoru jsou jeho koncentrace nízké, ale v uzavřených prostorách mohou být naopak vysoké. Například v domech, v jeskyních či v dolech se radon může vyskytovat až ve velmi vysoké koncentraci (Chambers a Zielinski, 2011). Riziko hrozí především v zimě během topení, kdy jde teplý vzduch směrem nahoru a dochází k tomu, že se intenzivně nasává radon ze země. Z toho důvodu je pak možné za určitých podmínek pozorovat vyšší

koncentrace v přízemí nebo ve sklepě. Problém může rovněž nastat při použití vody pocházející ze studní. Na obr. 10. je znázorněna mapa ČR popisující výskyt radonu. Nejvyšší výskyt radonu v ČR je tam, kde s v minulosti těžil uran. Je to například na Jáchymovsku a na Příbramsku. Druhým a třetím nevýznamnějším zdrojem jsou přírodní radionuklidy a lékařské aplikace. Následuje kosmické záření, jehož vlivu by bylo možné uniknout pouze v případě, že by se organismus vyskytoval pod povrchem Země, respektive by bylo jeho působení významně nižší. Obecně je roční dávkový příkon v ČR cca. 3,1 mSv/rok. Na světě jsou však i místa, kde je dávkový příkon daleko vyšší (např. písčité pláže v Brazílii), kde je dávkový příkon až 400 mSv/rok.

**Tabulka 1:** Zdroje ionizujícího záření

Zdroj: Lean, 2016

Zdroj záření	Dávkový příkon (mSv/rok)	Podíl (%)
Kosmické záření	0,38	12,5
Kosmogenní radionuklidy	0,012	0,4
Přírodní radionuklidy	0,69	22,5
Radon	1,3	43,1
Těžební průmysl	0,024	0,8
Jaderná energie	0,008	0,2
Výroba radionuklidů	0,0008	0,02
Radioaktivní produkty	0,0004	0,01
Lékařské aplikace	0,66	20,6



**Obr. 10:** Geologická mapa radonu

**Zdroj:** SÚRO, 2017

### **Vliv radiace na životního prostředí**

Vliv ionizujícího záření na jednotlivé organismy se značně liší, jak je uvedeno i v Tabulce 2. Odolnost savců je na velmi podobné úrovni napříč druhy. Čím jsou organismy jednodušší, tím odolnost proti záření roste. Z rostlin jsou náchylnější jehličnany (Lean, 2016).

**Tabulka 2:** Odolnost organismů

**Zdroj:** Lean, 2016

<b>Druh</b>	<b>(Gy)</b>
<b>Ovce</b>	<b>1,5 - 2,0</b>
<b>Člověk</b>	<b>2,5 - 3,5</b>
<b>Pes</b>	<b>2,5 - 3,0</b>
<b>Myši</b>	<b>5,5 - 12</b>
<b>Ptáci, hadi</b>	<b>8 - 12</b>
<b>Členovci</b>	<b>10 - 1000</b>
<b>Kvasinky</b>	<b>300 - 500</b>
<b>Rostliny</b>	<b>10 - 1500</b>
<b>Micrococcus radiodures</b>	<b>10000/den</b>

Stejně jako v případě popisu průběhu akutní nemoci z ozáření byl vliv na životní prostředí dobře popsán na okolní fauně a flóře po černobylské havárii. Největší zvýšení radioaktivity bylo pozorováno v blízkém okolí, avšak velký radioaktivní oblak se přehnal přes celou Evropu. Třicet kilometrů vyloučená zóna v okolí elektrárny dodnes představuje povrchový radioaktivní zdroj, kdy v případě nenadálých událostí (např. požár), stále hrozí únik radioaktivity. Ihned po havárii zahynulo velké množství zvířat vyskytujících se v blízkosti čtvrtého bloku reaktoru, a to díky kontaktu s radioaktivním prachem a/nebo úlomky reaktoru, které se z místa výbuchu rozletěly až několik kilometrů daleko. Radiace také poškodila les v okolí černobylské elektrárny. Ten byl následně pojmenován jako „Rudý les“, protože působení radiace změnilo barvu jehličí na rezavou, a to během třiceti minut po havárii. V rámci dekontaminace byly zasažené stromy vykořeny a pohřbeny pod zem. I přesto lze dodnes na několika místech naměřit vysoké hodnoty radiace. Řada vědců tvrdí, že po třiceti letech od výbuchu se ze zamořené oblasti stal jakýsi chráněný park, který obývají vzácné druhy zvířat. Některé zdroje se zmiňují o mutacích, které se projevily u několika zvířat (např. nadměrný růst). V této souvislosti se mluví hlavně o sumcích, kteří osídlili oblast v bezprostřední blízkosti elektrárny, a to hlavně chladicí rybníky a kanály na odvod vody. Bylo pozorováno, že někteří sumci dosahují na délku až 5 metrů. Po havárii ryby vykazovaly velmi silnou radioaktivitu, především pak ty druhy, které se zdržují při dně a živí se dalšími rybami. Obecně je lov (mimo vědecké účely) dodnes zakázán, protože ryby v sobě stále mají velké množství nahromaděných radionuklidů. Je však důležité zmínit, že velké rozměry samotných sumců lze hlavně přičíst tomu, že se bez lovu dožívají vysokého věku. Nelze tedy s určitostí tvrdit, že za nadměrný růst může právě radiace. Řada vědců očekávala po černobylské katastrofě nárůst mutací v okolní přírodě. Obecně však radiace způsobila mnoho onemocnění, avšak zvýšený výskyt mutantů nebyl nepozorován (kromě stromů, jak ji bylo zmíněno výše). Dnes se radioaktivní zóna kolem černobylské jaderné elektrárny stala přírodní rezervací pro divokou zvěř. Jedná se o jedinečné místo pokryté hustým porostem a obydlené stovkami druhů živočichů (vyskytují se zde i ohrožené druhy z červeného seznamu), což lze přičíst absenci osídlení. Jinými slovy, díky absenci osídlení fauna prosperuje i v podmínkách zvýšené radioaktivity. V roce 2014 vědci umístili na zamořené území 42 videokamer, které reagují na pohyb. Bylo pozorováno, že některá zvířata skutečně trpí na určité zdravotní problémy, například mezi ptáky je zvýšený

výskyt albinů, kteří se dožívají nižšího věku, nebo bylo pozorováno nižší množství potomstva u hlodavců (Plokhý, 2019).

### **4.3. Zásah při úniku radiace v ČR**

Ionizující záření může pocházet z jaderných zařízení, oddělení nukleární medicíny, prostředků, ve kterých je přepravován zdroj ionizujícího záření, neoznačené zdroje ionizujícího záření v železném šrotu a na místech teroristických útoků. Mezi hlavní ohrožení pro hasiče zasahující v místech, kde je vyzařováno ionizující záření, patří: popálení, poleptání kůže, poškození očí, nemoc z ozáření až smrt. Z hlediska ochrany, která je pro zasahující hasiče nezbytná (aby se vyvarovali možným nežádoucím následkům) je: (1) dostatečná vzdálenost od zdroje ionizujícího záření, (2) doba pobytu v blízkosti zářiče, (3) stínění zářiče nebo hasičů, (4) použití dýchacího přístroje a chemického obleku. Zásahy jednotek, při kterých se vyskytují ZIZ, se z hlediska závažnosti rizika a prováděných činností rozdělují na tři typy Tabulka 3.

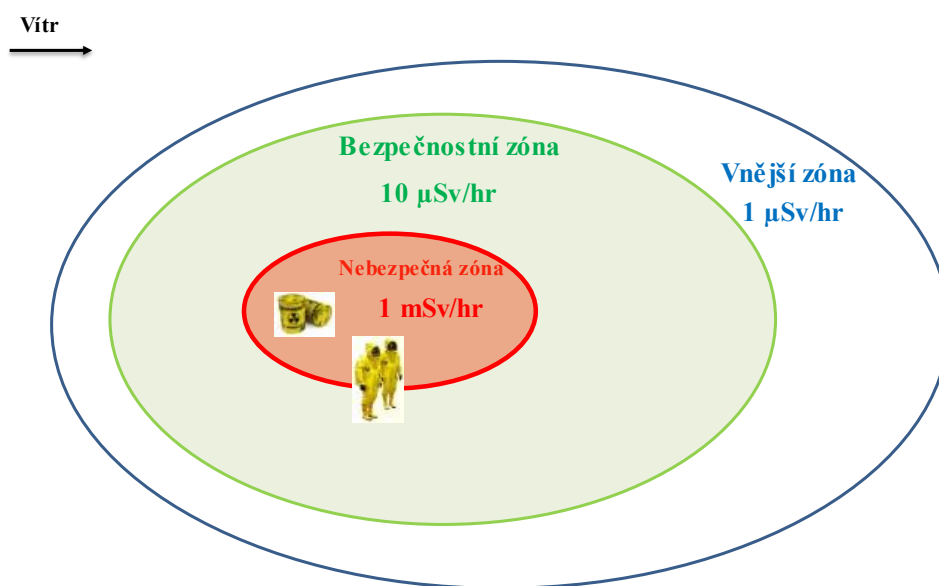
**Tabulka 3:** Rozdělení radiačních zásahů  
**Zdroj:** MV GR HZS ČR 2017

Radiační zásah	Popis události s výskytem ZIZ	Referenční úrovně pro zásah
	Priority činností zásahu	
Typ I	Událost nevedoucí k ohrožení života, zdraví osob a majetku (např. nálezy/ záchyty RaL a JM)	1 <u>mSv/zásah</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vytýčení vnější a bezpečnostní zóny</li> <li>- kontrola kontaminace osob a případná dekontaminace</li> <li>- povolání výjezdové skupiny s rozšířenou detekcí</li> </ul>	
Typ II	Událost vedoucí k ohrožení života, zdraví osob a majetku (např. dopravní nehody, požáry, technické zásahy)	20 <u>mSv/zásah</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vytýčení vnější zóny, bezpečnostní a popřípadě nebezpečné zóny</li> <li>- určení doby pobytu a zavedení režimových opatření</li> <li>- záchrana osob a likvidace události</li> <li>- průběžná kontrola kontaminace osob a případná dekontaminace</li> <li>- povolání výjezdové skupiny s rozšířenou detekcí</li> </ul>	
Typ III	Událost vedoucí k ohrožení života většího počtu osob a vzniku rozsáhlých majetkových škod (např. radiační havárie, teroristický útok apod.)	100 <u>mSv/zásah</u> , výjimečně ve zdůvodněných případech 500 <u>mSv/zásah</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- typová činnost složek IZS STČ-01/IZS Špinavá bomba</li> <li>- vnější havarijní plány</li> </ul>	
<p>Zasahující osoba musí být prokazatelně poučena o rizicích spojených s danou referenční dávkou a musí být seznámena velitelem zásahu ohledně radiační situace v místě zásahu (tj. bezpečnostní pohovor). Pokud se předpokládá překročení roční dávky 100 <u>mSv</u>, může být zasahující osoba do zásahu nasazena pouze s dobrovolným souhlasem, neměla by však být překročena roční dávka 500 <u>mSv</u>.</p>		

Veškeré mimořádné události řeší složky IZS. Při vyhledávání samotného zdroje radiace se podílí hasiči s pomocí výjezdové jednotky s rozšířenou detekcí, což je HZS Středočeského kraje, chemická laboratoř Kamenice. Veškeré činnosti jednotek požární ochrany při mimořádné události jsou vždy podloženy právním vědomím. Atomový zákon č. 263/2016 Sb. zahrnuje individuální ochranu fyzických osob pohybující se na

zasazeném území. O radiační ochraně a zabezpečení radionuklidových zdrojů dále informuje prováděcí vyhláška č. 422/2016 Sb. Hasiči se odkazují na Metodické listy N4 a L9 Bojového řádu jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu. Při samotném zásahu se vymezují jednotlivé zóny, a to vnější, bezpečnostní a nebezpečná (Obr. 11).

## Rozdělení místa zásahu a označení zón



**Obr. 11:** Rozdělení místa zásahu  
**Zdroj:** Autor práce, 2022

### 4.3.1. Nebezpečná zóna (u RaL 1 mSv/hr)

Nebezpečná zóna je prostor maximálního ohrožení, kde hrozí největší (nejpravděpodobnější) riziko kontaminace. Tato zóna vymezuje základní odstup od ohniska nebezpečí. Jedná se o organizační opatření, jehož dodržování zajišťuje maximální bezpečnost a zamezuje zbytečnou kontaminaci osob a prostředků nebezpečnou látkou. Způsob vymezení zóny vždy souvisí s druhem nebezpečné látky.

**Tabulka 4:** Vymezení nebezpečné zóny**Zdroj:** Bojový řád jednotek požární ochrany, 2017, ML č. 4/L

Látka	Vzdálenost
hořlavé kapaliny, louhy, kyseliny	min. 5 metrů
jedovaté, žíravé plyny a páry	min. 15 metrů
látky schopné výbuchu (páry, plyny, prachy)	min. 30 metrů
radioaktivní látky	min. 50 metrů
výbušniny, rozsáhlá oblaka par nebo plynů	100 až 1000 metrů

Výše uvedené vzdálenosti jsou stanoveny jako minimální a s ohledem na neočekávané rozšíření přítomného nebezpečí se dále zvětšují. Vždy je nezbytné v nebezpečné zóně stanovit hranici vstupu a trasu postupu podle aktuálního směru větru, a to z návětrné strany a kolmo na směr větru. Nezbytné je rovněž zřídit na výstupu ze zóny dekontaminační pracoviště a na návětrné straně pak pracoviště pro týlové služby.

#### 4.3.2. Bezpečnostní zóna (u $R_{al}$ 10 $\mu$ Sv/hr)

Bezpečnostní zóna se vytyčuje v případě, že se jedná o zásah při mimořádné události způsobené například zdrojem ionizujícího záření. Aby bylo možné stanovit hranici bezpečnostní zóny, je nutné ji definovat pomocí naměřených hodnot příkonu dávkového ekvivalentu (případně plošné aktivity). Jedná se o prostor, ve kterém je nezbytné zavést speciální režimová opatření a je nutné dodržovat zásady radiační ochrany.

#### 4.3.3. Vnější zóna (u $R_{al}$ 1 $\mu$ Sv/hr)

Vnější zóna je prostor, který obklopuje nebezpečnou zónu. Pokud se však jedná o zdroje ionizujícího záření, tak obklopuje vnější zóna bezpečnostní zónu. V této zóně se soustřeďují zasahující síly a prostředky a zřizuje se zde nástupní prostor. Na hranici nebezpečné (bezpečnostní) a vnější zóny se dále zřizuje i dekontaminační pracoviště.



### **Nástupní prostor**

Nástupní prostor zřizuje velitel zásahu pro soustředění sil a prostředků, aby bylo možné jejich zajištění a příprava před přímým nasazením do nebezpečné zóny. Tento prostor je umístěn ve vnější zóně, vždy přímo sousedí se zónou nebezpečnou a je nezbytné, aby byl na návětrné straně havárie. V případě, že není nástupní prostor formálně zřízen (například pokud ještě místo zásahu nebylo rozděleno na kontrolované zóny), je tento prostor totožný s místem, kde je odstavena mobilní technika.

### **Dekontaminační prostor**

Dekontaminační prostor je místo, které je zřízeno pro dekontaminaci zasahujících hasičů a prostředků po jejich návratu z nebezpečné zóny. Tento prostor je umístěn ve vnější zóně na návětrné straně a vždy se vyskytuje v přímém sousedství s nebezpečnou zónou.

### **Týlový prostor**

Týlový prostor je na hranici vnější zóny a nehrozí v něm přímé zasažení danou nebezpečnou látkou. Soustředí se zde veškeré síly a prostředky, které jsou na místě zásahu. Dále slouží k regeneraci fyzických sil hasičů, kteří jsou při zásahu nasazeni. Hlavní význam tohoto prostoru je při haváriích většího rozsahu, kde je nezbytné nasazení velkého množství sil a prostředků. Týlový prostor se dělí na dvě hlavní stanoviště, a to seřaďovací a vystrojovací.

## **4.4. BOZP při zásahu s přítomností nebezpečné látky**

Pokud nebyla ještě identifikována přítomná nebezpečná látka, je nezbytné provést jištění proti vzniklému požáru pomocí tzv. trojnásobné požární ochrany, a to pomocí třech druhů hasiva – vody, pěny a prášku. Vždy je rovněž nezbytné, aby velitel zásahu vyčlenil pro jištění potřebný počet hasičů, a to v závislosti na počtu hasičů, kteří jsou nasazeni v nebezpečné zóně (viz. Tabulka 5) (Neruda, 1992).

**Tabulka 5:** Počet hasičů v nebezpečné zóně

**Zdroj:** MV GR HZS ČR 2017

<b>Minimální počet hasičů potřebných na jištění hasičů v nebezpečné zóně</b>	
<b>Počet hasičů v nebezpečné zóně</b>	<b>Počet hasičů pro jištění</b>
2 hasiči	2 <sup>*)</sup> hasiči
3 hasiči	1 hasič
více jak 3 hasiči	hasiči se jistí vzájemně
extrémně nebezpečné činnosti	poměr jisticích a jištěných je 1:1
Pozn.: *) V případě, že jde o záchranu osoby z nebezpečné zóny a nebezpečí z prodlení, může provádět jištění 1 hasič jako nouzové opatření (a to na dobu nezbytně nutnou)	

S ohledem na vybavení musí mít jisticí skupina stejnou výbavu jako hasiči v nebezpečné zóně (nebo maximálně o jeden stupeň nižší). Minimálně však musí mít ochranu dýchacích cest. Je nezbytné, aby měli hasiči ochranné prostředky nasazeny tak, aby byli ihned po vydání pokynu k záchranné akci schopni zásahu v nebezpečné zóně. Vždy je rovněž nutné, aby do nebezpečné zóny vstupovali (a prováděli činnosti) pouze hasiči, kteří mají stanovené ochranné prostředky. Příslušná kontrola je provedena na kontrolním stanovišti. Zpravidla hasiči do/z nebezpečné zóny vstupují/vystupují ve skupině (MV GR HZS ČR 2017).

#### **4.4.1. Komunikace**

Komunikace při zásahu spočívá v předávání informací, které mají vliv na provedení činnosti v nebezpečné zóně a na celkové zajištění bezpečnosti hasičů, kteří jsou na zásah nasazeni.

##### Komunikace se vede:

- mezi velitelem zásahu/nástupního prostoru a nasazenými hasiči
- vzájemně ve skupině nasazených pracovníků při činnosti v nebezpečné zóně.

##### Komunikace spočívá v předávání:

- vizuálních signálů (například pomocí paží/světla),
- mluveným slovem (pomocí spojových prostředků),
- jinými prostředky (například pomocí lana, píšťalky, spojky).

Způsob komunikace je volen dle podmínek na místě zásahu a vybavení jednotky. V případě, že je nebezpečná zóna dostatečně přehledná s ohledem na vzájemnou komunikaci, tak je postačující komunikace formou vizuální signalizace, nebo pomocí jednosměrného radiového spojení. Pokud se však jedná o provádění složitých činností, nebo v případě, kdy není možný vizuální kontakt mezi nasazenými hasiči v nebezpečné zóně a hasiči, kteří jsou rozmístěni po obvodu nebezpečné zóny, je pro zajištění bezpečnosti nezbytné využití obousměrného radiového spojení. Vždy je potřeba, aby byli hasiči před vstupem do nebezpečné zóny během bezpečnostního pohovoru seznámeni s tím, jaká budou pravidla komunikace při daném zásahu. Je rovněž vhodné, aby byli jednotliví hasiči při vstupu do nebezpečné zóny označeni čísly, která budou na ochranných oděvech dobře rozpoznatelná, a to z důvodu, aby nedošlo k nepřesným pokynům, které jsou vydávány z nástupního prostoru.

#### **Signály mohou být určeny:**

- **veliteli zásahu a jistící skupině** – jedná se o signály v případě bezprostředního ohrožení (například žádost o pomoc) přímo ze strany hasičů, kteří zasahují v nebezpečné zóně, kdy hasič rozpaží paže a opakovaně naznačuje oběma pažemi nad hlavou půlkruh za současného křížení paží (obr. 12). Samotný slovní signál je třikrát opakované slovo „pomoc“. V případě těchto signálů je nezbytný zásah jistící skupinou.
- **veliteli zásahu/hasičů, kteří jsou nasazeni v nebezpečné zóně** – jedná se o signály, kterými hasič upozorňuje na konkrétní problém vzniklý během činnosti v nebezpečné zóně, který vede k tomu, že je neprodleně nutné, aby nebezpečnou zónu opustil (například náhlá indispozice, poškození ochranných oděvů, zjištění špatné funkce dýchacích přístrojů apod.). V případě této situace hasič vzpaží jednu paži a za stále signalizace opouští nebezpečnou zónu. Je nezbytné, aby po příchodu hasiče do dekontaminačního prostoru došlo k poskytnutí nezbytné pomoci.
- **hasičům, kteří jsou nasazeni v nebezpečné zóně, pro opuštění nebezpečné zóny** – jedná se o signály, které jsou určeny pro opuštění nebezpečné zóny, a to v případě, že již uplynula plánovaná doba nasazení hasičů v nebezpečné zóně,

nebo pokud jsou zjištěny skutečnosti, při kterých je nutné hasiče z daného zásahu odvolat. V tomto případě dává hasič signál opakovaným překřížením obou paží v úrovni pasu. Na základě těchto signálů hasiči ukončí veškerou činnost v nebezpečné zóně a dojde k jejich okamžitému přesunu do dekontaminačního prostoru.

- **hasičům, kteří jsou nasazeni v nebezpečné zóně, a hrozí jim nebezpečí** – v případě tohoto typu signálu hasič vytváří nataženou paží opakovaně kruh před čelem a současný slovní signál je „nebezpečí všichni zpět“, což vychází z pokynů uvedených ve Cvičebním řádu jednotek požární ochrany. Na základě tohoto signálu všichni hasiči v nebezpečné zóně ukončí s okamžitou platností veškerou činnost a dochází k jejich urychlenému přesunu do dekontaminačního prostoru.
- **pro celkovou koordinaci činnosti prováděných v nebezpečné zóně** – způsob, jakým budou tyto signály provedeny, jsou určeny přímo na místě zásahu a vyplývají z celkové činnosti hasičů nasazených v nebezpečné zóně (například signál, který bude znamenat splnění/nesplnění zadaného úkolu).

#### Signály při činnosti hasičů v nebezpečné zóně



**Obr. 12:** Signály při činnosti hasičů v nebezpečné zóně

**Zdroj:** MV GR HZS ČR 2017

Při provádění signálů je třeba:

- aby se hasič při signalizaci pohybem paže přesvědčil, zda ho příjemce signálu sleduje. Je nezbytné, aby příjemce signálu potvrdil, že signálu rozumí, a to opakováním stejného signálu. V případě snížené viditelnosti je nezbytné, aby byly vizuální signály provedeny za pomoci vhodné svítilny. Musí však být dodrženy další bezpečnostní náležitosti (například nehrozí riziko výbuchu);

- aby v případech, kdy je snižena/omezená slyšitelnost v důsledku nadměrného hluku během zásahu v místě vykonávané činnosti, byl k dispozici vhodný způsob signalizace, který by umožňoval dostatečně informovat hasiče o nezbytnosti opuštění prostoru (například přenosná houkačka, píšťala apod.).

## **4.5. Způsoby měření**

### **4.5.1. Radiometr DC-3E-98**

Radiometr DC-3E-98 (obr. 13), je přenosný elektronický přístroj, který sestává ze sondy a samotného přístroje, které jsou vzájemně propojeny kabelem o délce 2,7 m. Tento přístroj měří radioaktivitu, dávkový příkon a plošnou aktivitu, kdy dochází k měření gama záření a po sundání clony i beta záření. Vyhodnocovací část zařízení má analogovou stupnici, která je rozdělena na dvě části. Horní část má rozsah od 0 do 10 a dolní stupnice od 0 do 30. Pod stupnicemi se vpravo dole nachází ukazatel stavu baterie, což je možné zjistit pomocí druhého knoflíku s nápisem „FUNKCE“. První otočení tohoto knoflíku informuje právě o stavu baterie. Radiometr je napájen pomocí baterie AA 1,5V, které jsou uloženy ve spodní části přístroje a nebo pomocí bateriového adaptéru typu R14. Další čtyři možnosti otočení, určují měřené jednotky. První knoflík s nápisem „ROZSAH“ umožňuje nastavit měřící rozsah stupnice. Třetí knoflík s nápisem „POZADÍ“ vynuluje hodnoty, což umožní zhodnotit míru zvýšení radioaktivity ve srovnání se normálními hodnotami na dané lokalitě, tj. odečte „přírodní pozadí“. Toto vynulování se provede povytáhnutím knoflíku a po dvou a půl minutách měření pootočením knoflíku „POZADÍ“ vynulujeme. Následně se knoflík zamáčkne. Pokud je RC přepínač v první poloze, slouží k nastavení odezvy. Čas odezvy se nachází na stupnici v rámečku nad tímto přepínačem. Druhá poloha, u které je znázorněn reproduktor, vyhodnocuje naměřené hodnoty po jedné vteřině a pomocí reproduktoru, který je umístěn pod krytem, vydává typický zvukový signál (Pokyn GR HZS ČR, 2009).



**Obr. 13:** Radiometr DC-3E-98  
**Zdroj:** Autor práce, 2022

#### Postup měření při zásahu

Před samotným měřením je nezbytné nejprve rozdělit přístroj pomocí šroubku, který se nachází u rukojeti. Následně se sonda vloží do dvou mikrotenových sáčků a samotný přístroj se vloží do jednoho. Podle toho, jaká se bude vyhledávat zóna obr. 11, se nastaví pomocí knoflíku „FUNKCE“ a „ROZSAH“ hodnoty. Vyhledávání se vždy začíná od nižších hodnot. Je zapotřebí si uvědomit, že když se v tabulce u knoflíku „rozsah“ nastaví jednička, tak se budou hodnoty odečítat z horní desítkové stupnice. Pokud se vyskytne v tabulce u knoflíku „rozsah“ trojka, odečítají se hodnoty ze spodní trojkové stupnice. Radiometr DC-3E-98 neupozorňuje obsluhu o případných vyšších naměřených hodnot pomocí akustického alarmu, takže je vždy zapotřebí sledovat naměřené hodnoty na stupnici přístroje.

#### **4.5.2. Osobní dozimetr SOR**

Osobní dozimetr SOR (obr. 14), znázorňuje na displeji obdrženu dávku. Tento přístroj měří pouze gama záření. Velitel zásahu nosí tento přístroj u sebe během každého zásahu. Při naměření hodnoty 1 mSv se aktivuje akustický alarm, který lze vypnout. Při hodnotě 20 mSv se však již aktivuje akustický alarm, který vypnout nelze.



**Obr. 14:** Osobní dozimetr SOR  
**Zdroj:** Autor práce, 2022

#### **4.5.3. URAD 115 – zásahový dozimetr**

Zásahový dozimetr URAD 115 (obr. 15), měří rovněž záření gama, a to jako dávkový příkon i akumulovanou dávku. Dokáže i indifikovat zdroje gama záření. Přístroj se ovládá celkem šesti tlačítky. Tlačítko „RATE“ umožňuje zobrazit dávkový příkon. Další tlačítko s nápisem „DOSE“ ukazuje naměřenou dávku. Tlačítkem „CLR/TEST“ se potvrzuje alarm a u tlačítka „ALARM“ se znázorní nastavení alarmu a čas, jak dlouho je možné působit na místě zásahu. Alarm na přístroji je jak optický, tak i vibrační. Při ztížené viditelnosti je možné hodnoty podsvítit, a to pomocí tlačítka „LIGHT“. A na zapnutí a vypnutí přístroje se použije tlačítko „ON/OFF“. Při vyhledávání zdroje či jaderního materiálu se postupuje obdobně jako u výše zmíněného přístroje s názvem Radiometr DC-3E-98. Na zadní straně přístroje je křížek, který označuje místo detektoru.

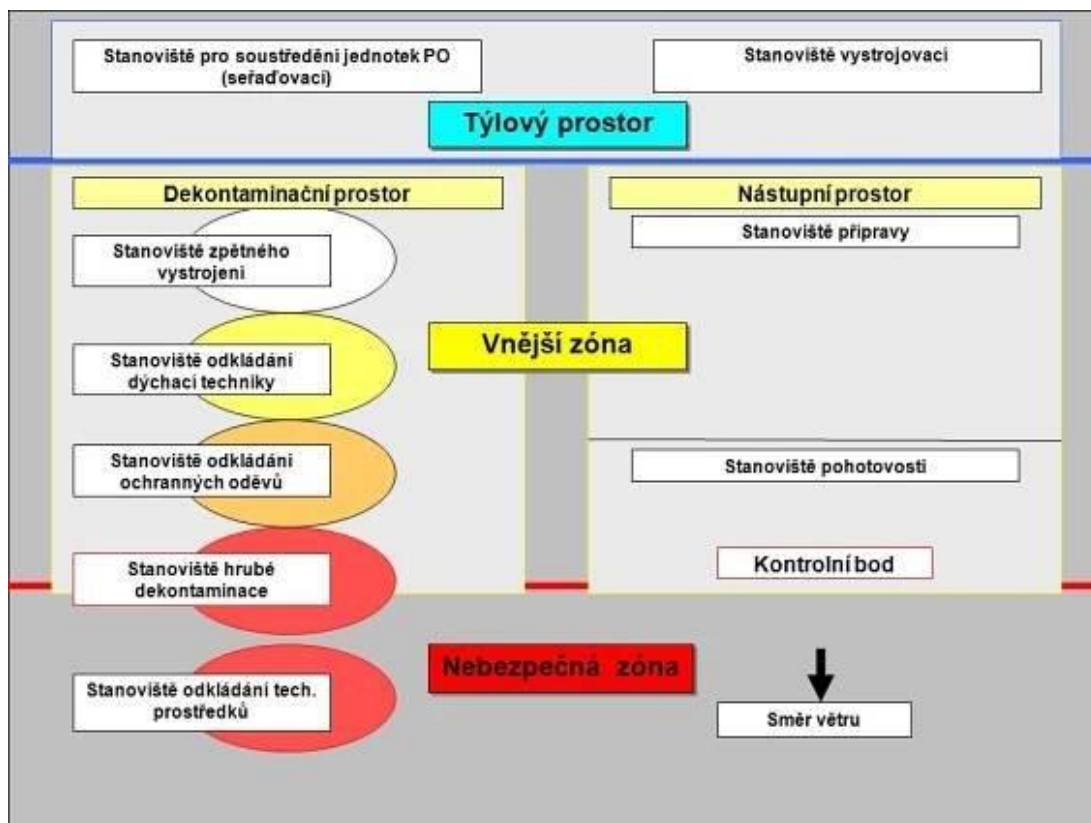


**Obr. 15:** URAD 115 zásahový dozimetr  
**Zdroj:** Autor práce, 2022

#### 4.6. Dekontaminace

Každá osoba, která přichází z bezpečnostní zóny (nebo prostoru s možným výskytem RaL), musí projít přes kontrolu, kde dojde ke zhodnocení míry kontaminace a k případné dekontaminaci. Dekontaminaci není nutné neprovést, pokud je změřená hodnota plošné aktivity nižší, než je kontrolní hodnota. Prvním způsobem je tzv. dekontaminace suchým způsobem, která se provádí pouze svlečením svrchní části oděvu. Druhým způsobem je tzv. dekontaminace mokrým způsobem, kdy je nezbytné nanesení a mechanická aplikace dekontaminační směsi, a to na celý kontaminovaný povrch s důkladným oplachem vodou. Na obr. 16, je znázorněn dekontaminační prostor (Kotinský a Hejdová, 2003).





**Obr. 16:** Dekontaminační prostor

**Zdroj:** Hanuška, 1996

### **Používané dekontaminační prostředky:**

Persteril 36% se používá na B-agens, což jsou choroboplodné biologické látky. Na dekontaminaci pokožky se používá roztok 0,2% a na techniku a věcné prostředky roztok 2%. V případě použití Persterilu 15% se používá na pokožku roztok 0,5% a na techniku a věcné prostředky roztok 5%. Dalším prostředkem, který se používá na mytí, za cílem snížení povrchového napětí vody, je jar. Na bojové a chemické látky se dále používá Savo (chlornan sodný) s vodou. Na přítomnost chemických, bakteriologických a radiologických materiálů (CBR) se používá dekontaminační činidlo s názvem Hvězda, což je činidlo s kombinovanými dekontaminačními účinky. Pro individuální dekontaminaci hasiče se používá Indeha. Složení této soupravy (pro dekontaminaci plochy 9 dm<sup>2</sup>) je následující: ethanol denaturovaný (20 ml), hydroxid sodný pevný (20 g) a gázové kompresy (přířezy) nesterilní (75 x 75 mm - 12 ks).

Dekontaminaci lze dále dělit na základní a zjednodušenou, což se liší pouze ve vybavenosti hasičských vozidel. U zjednodušené dekontaminace si musí hasiči poradit s tím, co mají v prvním výjezdovém vozidle. Jedná se o plachta 4 x 4 m, která slouží na vytvoření dekontaminační záchytné vany. Stěny vany jsou vyztužené pomocí hadic

typu B, které jsou zavodněné a propojené pomocí rozdělovače. Vozidlo dále disponuje prostředky k nanášení dekontaminačních činidel, což je kartáč. Na oplach se použije hadice typu C s proudnicí. U základní dekontaminace se používají speciální dekontaminační prostředky. Je to například chemický automobil, popřípadě chemický kontejner, který je vybaven dekontaminační sprchou, záchytnou vanou, chemickými obleky, dýchací technikou a dekontaminačními činidly.

Po provedené dekontaminaci je nezbytné provést kontrolu účinnosti tohoto procesu. V případě, že je naměřená plošná aktivita opět vyšší, než je kontrolní hodnota, provádí se další proces dekontaminace se zaměřením na konkrétní místa, která vykazují zvýšené hodnoty. Pokud však ani v tomto případě s využitím dekontaminace mokrým způsobem nedojde ke snížení hodnot plošné aktivity (ve srovnání s kontrolou), další dekontaminace se již neprovádí a u postižených osob tak vzniká podezření, že došlo k průniku kontaminantu do pokožky, nebo že již došlo obecně k celkové vnitřní kontaminaci (Hanuška, 1996).

## **5. PRAKTICKÁ ČÁST**

Praktická část bakalářské práce je věnována dotazníkovému šetření, který je zaměřen na dotazy týkající se základní orientace obyvatel města Příbram v problematice radiace, fungování složek IZS, ochrany zdraví a ochrany přírody.

### **5.1. Dotazníkové šetření**

V dotazníkovém šetření provedeném v rámci této bakalářské práce byla použita metoda kvantitativního výzkumu. Skupinu respondentů tvořili občané města Příbram a přilehlých obcí. Celkový počet otázek v dotazníku byl 21. Kompletní dotazník je uveden v příloze této práce. Občané měli u každé otázky několik možností, ze kterých podle svého uvážení vybírali jednu správnou odpověď, popřípadě měli možnost doplnit vlastní názor. Sběr dat byl anonymní a probíhal od 1.1.2021 do 1.3.2021. Bylo rozdáno celkem 72 dotazníků, zpět se jich vrátilo 72 (návratnost činila 100%). Výsledky byly zpracovány do tabulek a výsečových grafů v programu Microsoft Excel. V tabulkách je uváděna absolutní a relativní četnost, kdy relativní četnost udává procentuální počet odpovědí na danou otázku.

## 5.2. Analýza a interpretace výsledků

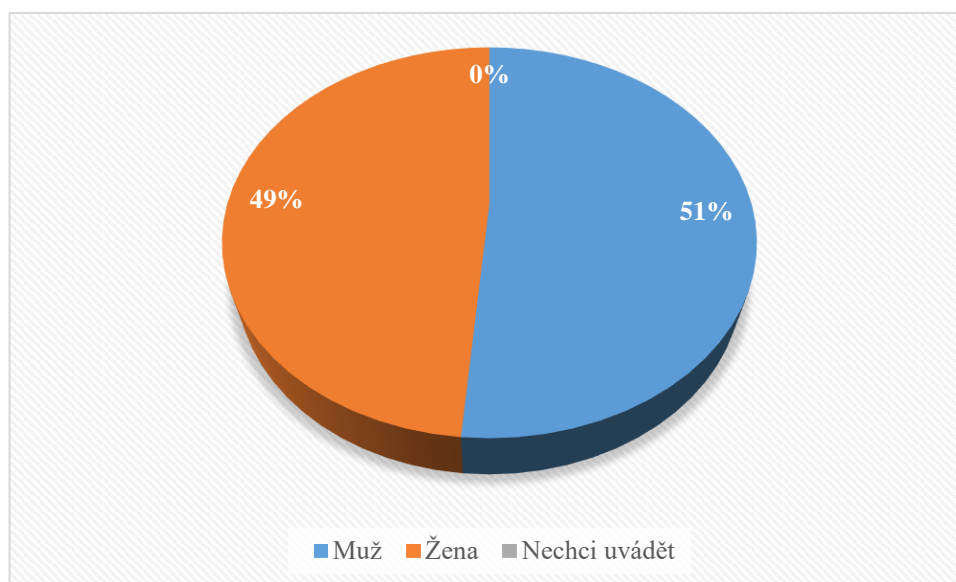
### Dotazníková položka č.1

Jaké je Vaše pohlaví?

**Tabulka 6:** Pohlaví respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Muž	37	51 %
Žena	35	49 %
Nechci uvádět	0	0 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 17:** Pohlaví respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 37 (51 %) mužů a 32 (49 %) žen.

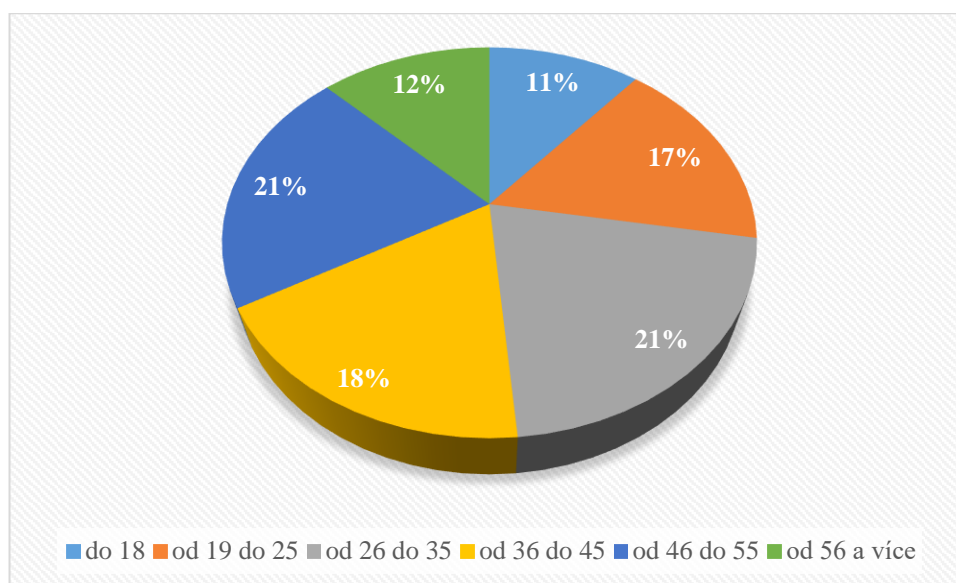
## Dotazníková položka č.2

Uveďte, prosím, Váš věk.

Tabulka 7: Věk respondentů

Zdroj: Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
do 18	8	11 %
od 19 do 25	12	17 %
od 26 do 35	15	21 %
od 36 do 45	13	18 %
od 46 do 55	15	21 %
od 56 a více	9	12 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 18:** Věk respondentů

Zdroj: Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 8 (11 %) věkem do 18 let, 12 (17 %) věkem od 19 do 25 let, 15 (21 %) věkem od 26 do 35 let, 13 (18 %) věkem od 36 do 45 let, 15 (21 %) věkem od 46 do 55 let a 9 (12 %) věkem od 56 a více.

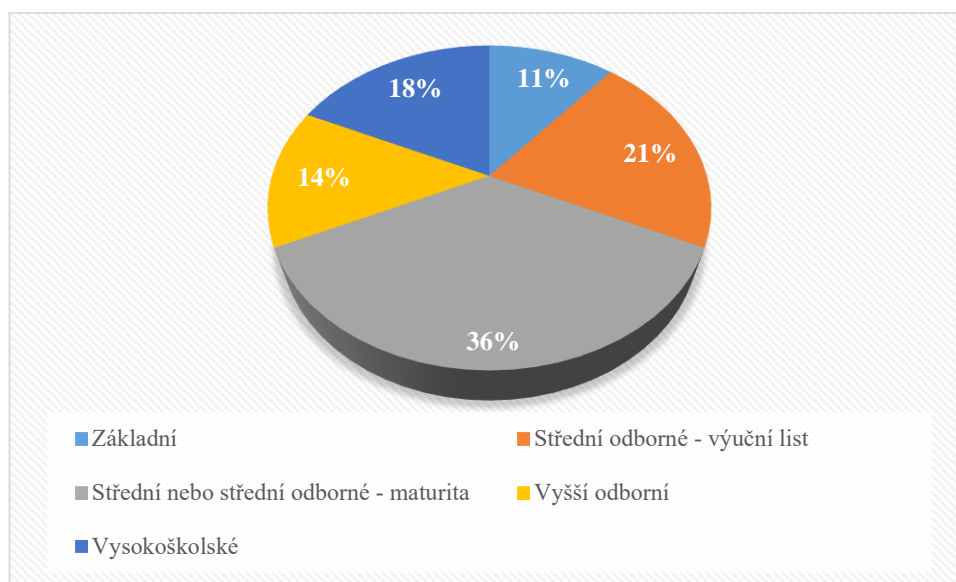
### Dotazníková položka č.3

Jaké je vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

**Tabulka 8:** Nejvyšší dosažené vzdělání respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Základní	8	11 %
Střední odborné - výuční list	15	21 %
Střední nebo střední odborné - maturita	26	36 %
Vyšší odborní	10	14 %
Vysokoškolské	13	18 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 19:** Nejvyšší dosažené vzdělání respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných odpovědí bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100%) respondentů má 8 (11 %) základní vzdělání, 15 (21 %) střední odborná vzdělání s výučním listem, 26 (36%) střední nebo střední odborná vzdělání s maturitou, 10 (14%) vyšší odbornou školu a 13 (18%) vysokou školu.

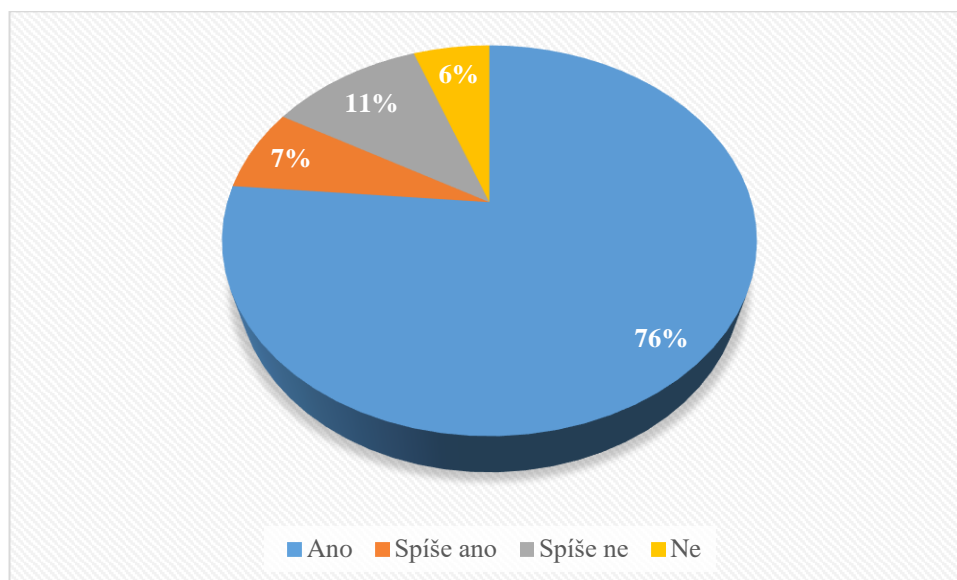
#### Dotazníková položka č.4

Jste informován/a o tom, kde sídlí Hasičský záchranný sbor ČR v okrese Příbram?

**Tabulka 9:** Znalost respondentů ohledně sídla HZS ČR v okrese Příbram

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	55	76 %
Spíše ano	5	7 %
Spíše ne	8	11 %
Ne	4	6 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 20:** Znalost respondentů ohledně sídla HZS ČR v okrese Příbram

**Zdroj:** Autor práce, 2022

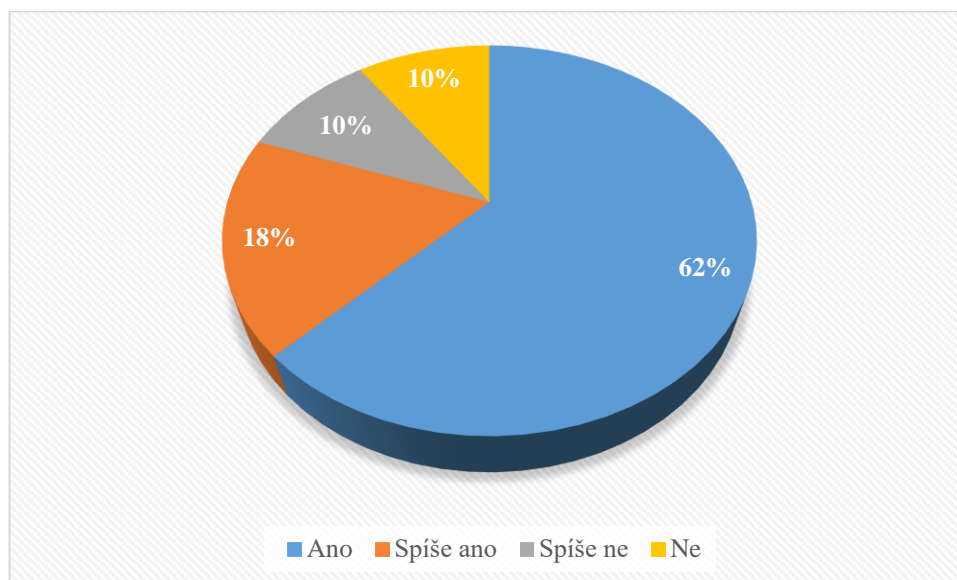
Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovědělo 55 (76 %), že ví, kde v okrese Příbram sídlí HZS ČR, 5 (7 %), že ví jen orientačně, kde v okrese Příbram sídlí HZS ČR, 8 (11 %) neví přesně, kde sídlí HZS ČR v okrese Příbram, a 4 (6 %) neví vůbec, kde sídlí HZS ČR v okrese Příbram.

### Dotazníková položka č.5

Jste informován/a o tom, kolik jaderných elektráren je v ČR?

**Tabulka 10:** Znalost respondentů ohledně počtu jaderných elektráren v ČR  
**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	45	62 %
Spíše ano	13	18 %
Spíše ne	7	10 %
Ne	7	10 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 21:** Znalost respondentů ohledně počtu ohledně počtu jaderných elektráren v ČR  
**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů 45 (62 %) ví, kolik je jaderných elektráren v ČR, 5 (7 %) se domnívá, kolik je jaderných elektráren v ČR, 8 (11 %) neví přesně, kolik jaderných elektráren je v ČR, a 4 (6 %) neví vůbec, kolik je jaderných elektráren v ČR.



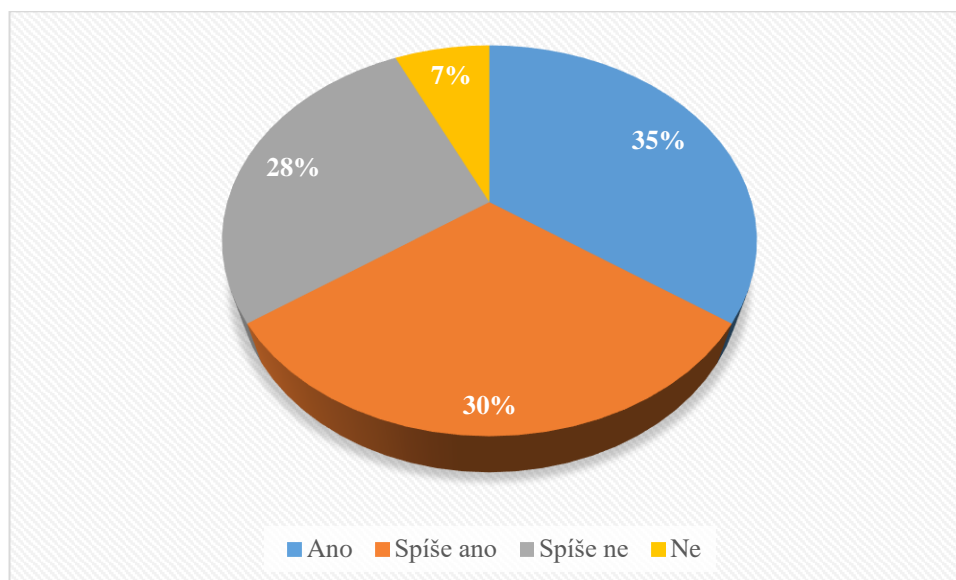
### Dotazníková položka č.6

Souhlasíte s tvrzením, že jaderné elektrárny jsou budoucností ČR?

**Tabulka 11:** Názor respondentů, zda jsou jaderné elektrárny budoucností ČR

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	25	35 %
Spíše ano	22	30 %
Spíše ne	20	28 %
Ne	5	7 %
<b>Celkem</b>	<b>72</b>	<b>100 %</b>



**Obr. 22:** Názor respondentů, zda jsou jaderné elektrárny budoucností ČR

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 25 (35 %), že jsou jaderné elektrárny budoucností ČR, 22 (30 %) se domnívá, že jsou jaderné elektrárny budoucností v ČR, 8 (11 %) neví přesně, zda jsou jaderné elektrárny budoucností v ČR, a 4 (6 %) neví vůbec, zda jsou jaderné elektrárny budoucností v ČR.

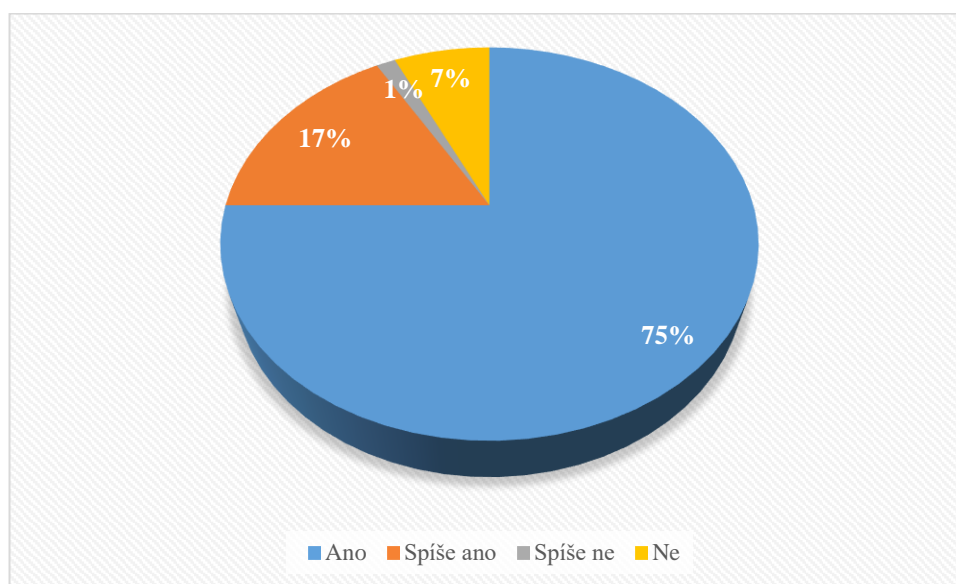
### Dotazníková položka č.7

Víte, že se s ionizujícím zářením můžete setkat při absolvování některých lékařských vyšetření (rentgen, mamograf, počítačový tomograf apod.)?

**Tabulka 12:** Může být ionizující záření přítomno při lékařském vyšetření?

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	54	75 %
Spíše ano	12	17 %
Spíše ne	1	1 %
Ne	5	7 %
	72	100 %



**Obr. 23:** Může být ionizující záření přítomno při lékařském vyšetření?

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů ví 54 (75 %), že se mohou setkat s ionizujícím zářením při lékařském vyšetření, 12 (17 %) se domnívá, že se mohou setkat s ionizujícím zářením při lékařském vyšetření, 1 (1 %) si není jistý, že se může setkat s ionizujícím zářením při lékařském vyšetření, a 5 (7 %) neví, že se mohou setkat s ionizujícím zářením při lékařském vyšetření.

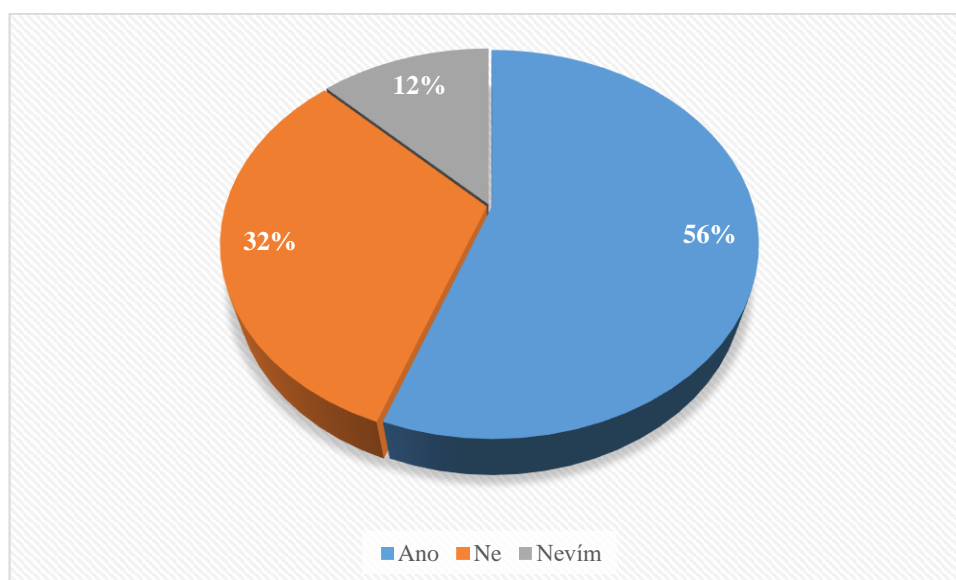
### Dotazníková položka č.8

Byl/a jste během posledních pěti let vystaven/a ionizujícímu (radiačnímu) záření?

**Tabulka 13:** Možnost vystavení ionizujícímu záření v posledních pěti letech

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	40	56 %
Ne	23	32 %
Nevím	9	12 %
<b>Celkem</b>	<b>72</b>	<b>100 %</b>



**Obr. 24:** Možnost vystavení ionizujícímu záření v posledních pěti letech

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů 40 (56 %) ví, že v posledních pěti letech byl/a vystaven/a ionizujícímu (radiačnímu) záření, 23 (32 %) ví, že v posledních pěti letech nebyl/a vystaven/a ionizujícímu (radiačnímu) záření, a 9 (12 %) neví, zda v posledních pěti letech byl/a vystaven/a ionizujícímu (radiačnímu) záření.

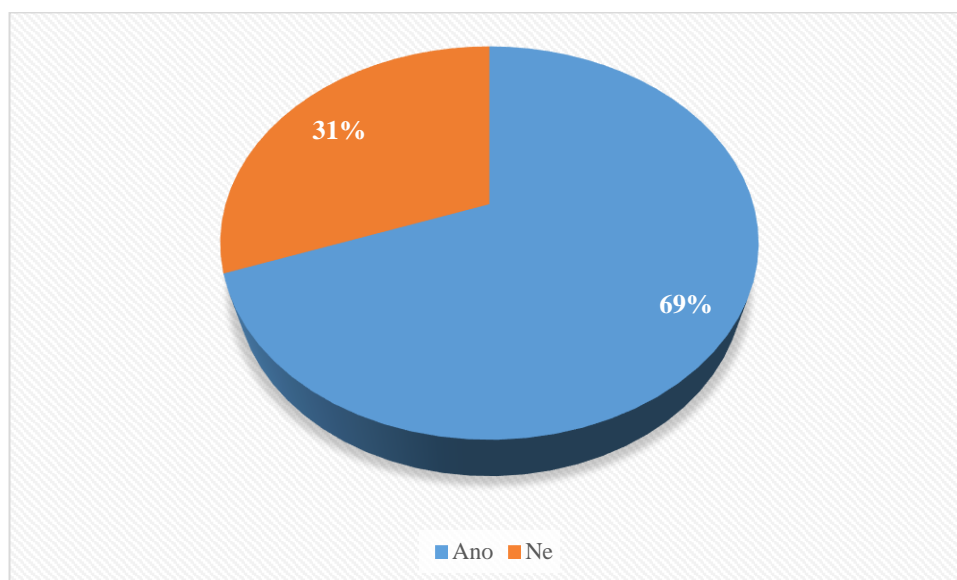
### Dotazníková položka č.9

Jsou Vám známy prostředky, které slouží k ochraně před nepříznivými účinky ionizujícího (radiačního) záření?

**Tabulka 14:** Znalost prostředků sloužících k ochraně před účinky ionizujícího záření

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	50	69 %
Ne	22	31 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 25:** Znalost prostředků sloužících k ochraně před účinky ionizujícího záření

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovědělo 50 (69 %), že jsou jim známy prostředky, které slouží k ochraně před nepříznivými účinky ionizujícího (radiačního) záření, a 22 (31 %), že jim nejsou známy prostředky, které slouží k ochraně před nepříznivými účinky ionizujícího (radiačního) záření.

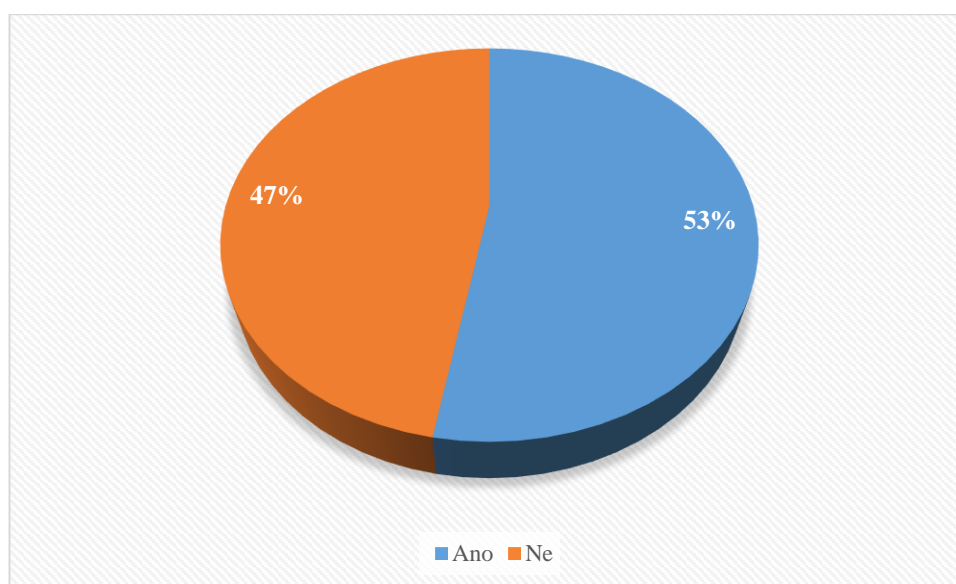
### Dotazníková položka č.10

Znáte typy ionizujícího (radiačního) záření?

**Tabulka 15:** Znalost typů ionizujícího (radiačního) záření

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	38	53 %
Ne	34	47 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 26:** Znalost typů ionizujícího (radiačního) záření

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovědělo 38 (53 %), že zná typy ionizujícího (radiačního) záření, a 34 (47 %), že nezná typy ionizujícího (radiačního) záření.

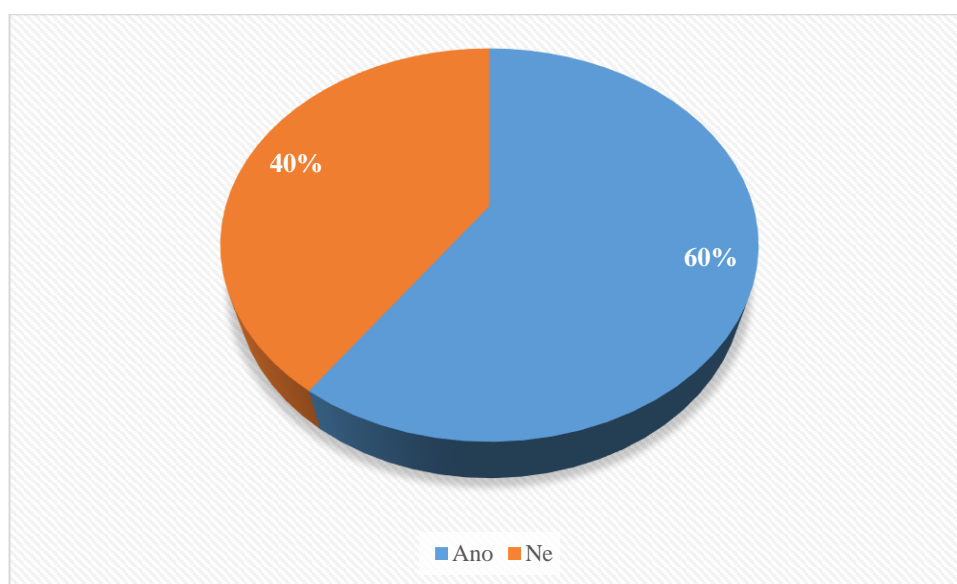
### Dotazníková položka č.11

Znáte zdroje ionizujícího záření ve Vašem okolí?

**Tabulka 16:** Znalost zdrojů ionizujícího záření v okolí respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	43	60 %
Ne	29	40 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 27:** Znalost zdrojů ionizujícího záření v okolí respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovědělo 43 (60 %), že zná zdroje ionizujícího záření v okolí, a 29 (40 %), že nezná zdroje ionizujícího záření v okolí.

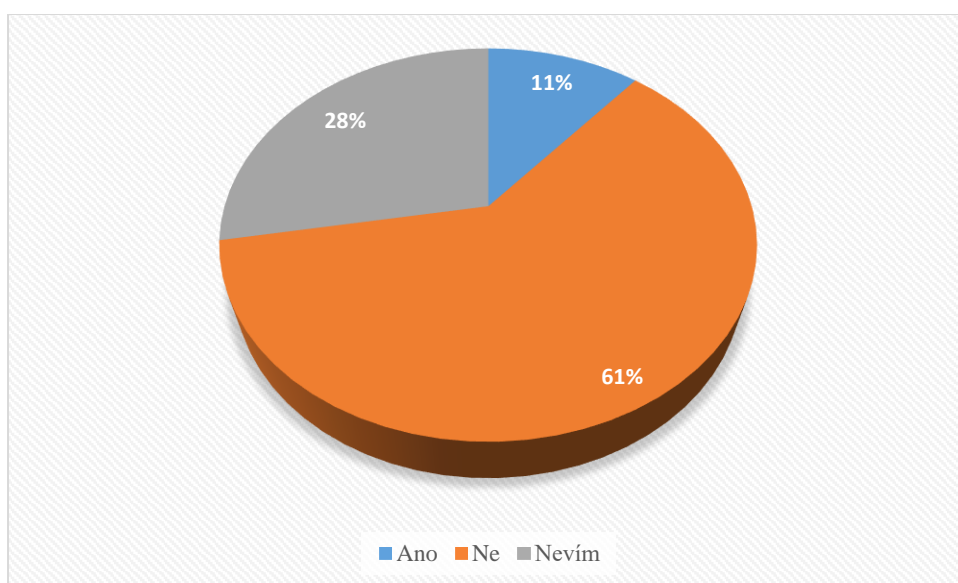
### Dotazníková položka č.12

Je ve Vašem místě bydlení protiatomový kryt?

**Tabulka 17:** Protiatomový kryt v blízkosti bydliště respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	8	11%
Ne	44	61%
Nevím	20	28%
<b>Celkem</b>	<b>72</b>	<b>100%</b>



**Obr. 28:** Protiatomový kryt v blízkosti bydliště respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovědělo 8 (11 %), že je v místě jejich bydlení protiatomový kryt, 44 (61 %), že v místě jejich bydlení není protiatomový kryt, a 20 (28 %), že neví, zda je v místě jejich bydlení protiatomový kryt.

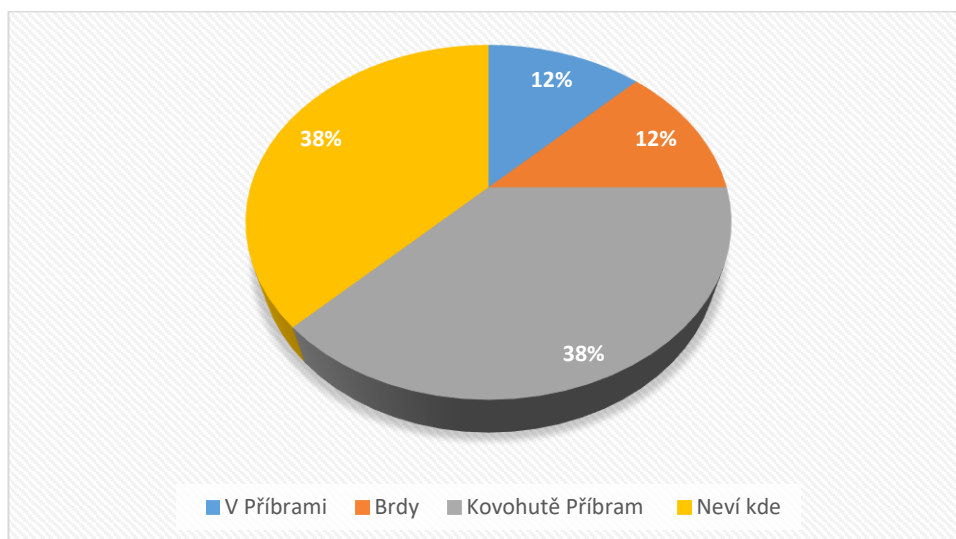
### Dotazníková položka č.13

Kde se nachází v místě Vašeho bydlení protiatomový kryt?

**Tabulka 18:** Místo protiatomového krytu v blízkosti bydliště respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Příbrami	1	12 %
Brdy	1	12 %
Kovohutě Příbram	3	38 %
Nevím	3	38 %
<b>Celkem</b>	<b>8</b>	<b>100 %</b>



**Obr. 29:** Místo protiatomového krytu v blízkosti bydliště respondentů

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 8 (100 %) respondentů, kteří odpověděli v předchozí otázce, že ví, že se v místě jejich bydliště nachází protiatomový kryt, odpověděl 1 (12 %), že se protiatomový kryt nachází v Příbrami, 1 (12 %), že se protiatomový kryt nachází v Brdech, 3 (38 %), že se protiatomový kryt nachází v Kovohutích Příbram, a 3 (38 %), že neví, kde se protiatomový kryt nachází.



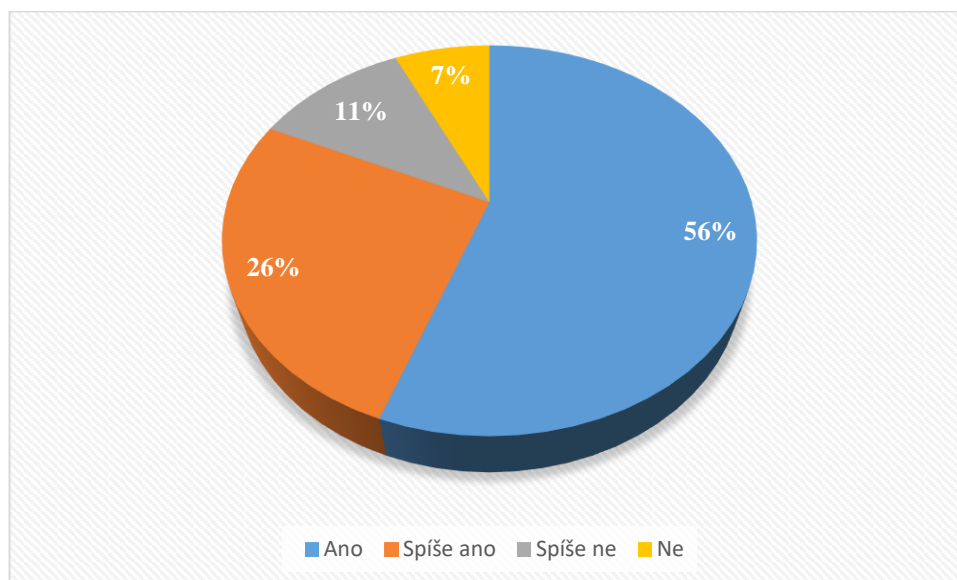
#### Dotazníková položka č.14

Víte, které složky integrovaného záchranného systému likvidují radioaktivní nehody?

**Tabulka 19:** Znalost složek IZS, které likvidují radioaktivní nehody

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	40	56 %
Spíše ano	19	26 %
Spíše ne	8	11 %
Ne	5	7 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 30:** Znalost složek IZS, které likvidují radioaktivní nehody

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 40 (56 %), že ví, které složky IZS likvidují radiační nehody, 19 (26 %) se domnívá, že ví, které složky IZS likvidují radiační nehody, 8 (11 %) neví přesně, které složky IZS likvidují radiační nehody, a 5 (7 %) neví, které složky IZS likvidují radiační nehody.

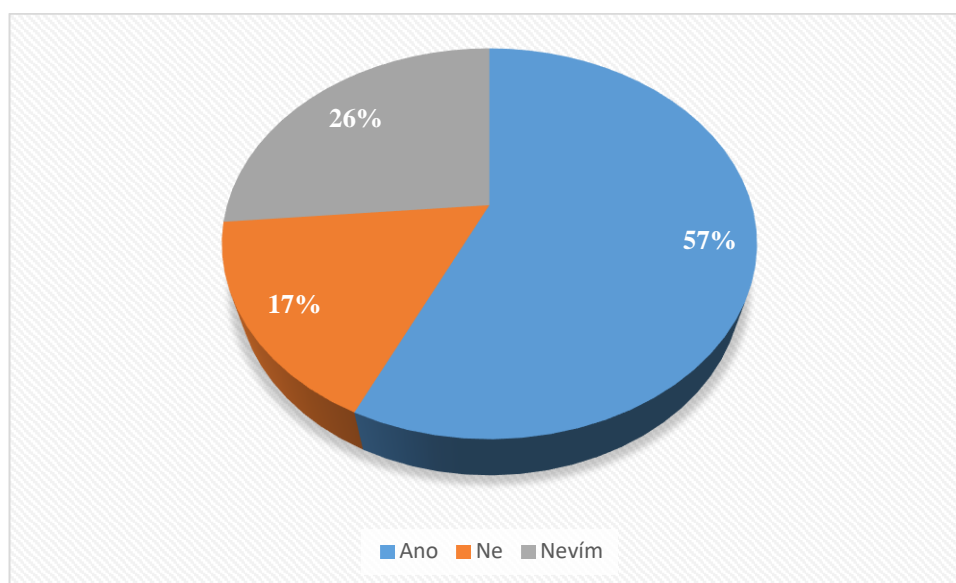
### Dotazníková položka č.15

Je dle Vašeho názoru ionizující záření škodlivé ve vztahu k životu a zdraví?

**Tabulka 20:** Škodlivost ionizujícího záření ve vztahu k životu a zdraví

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	41	57 %
Ne	12	17 %
Nevím	19	26 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 31:** Škodlivost ionizujícího záření ve vztahu k životu a zdraví

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů 41 (57 %) ví, že je ionizující záření škodlivé ve vztahu k životu a zdraví, 12 (17 %) si myslí, že ionizující záření není škodlivé ve vztahu k životu a zdraví, a 20 (28 %) neví, že je ionizující záření škodlivé ve vztahu k životu a zdraví.

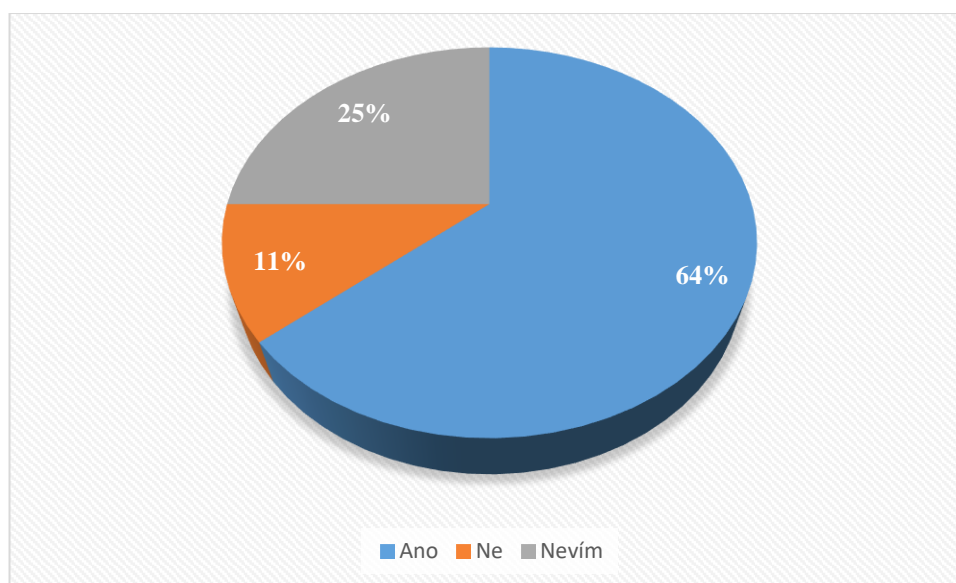
### Dotazníková položka č.16

Je dle Vašeho názoru nadměrné vystavení ionizujícímu záření pro domácí/hospodářská zvířata (pes, kočka, kůň atd.) škodlivé?

**Tabulka 21:** Škodlivost ionizujícího záření pro domácí/hospodářská zvířata

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	46	64 %
Ne	8	11 %
Nevím	18	25 %
Celkem	72	100 %



**Obr. 32:** Škodlivost ionizujícího záření pro domácí/hospodářská zvířata

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů 46 (64 %) ví, že je nadměrné ionizující záření škodlivé pro domácí/hospodářská zvířata (pes, kočka, kůň atd.), 8 (11 %) si myslí, že nadměrné ionizující záření není pro domácí/hospodářská zvířata (pes, kočka, kůň atd.) škodlivé, a 18 (25 %) neví, zda je nadměrné ionizující záření pro domácí/hospodářská zvířata (pes, kočka, kůň atd.) škodlivé.

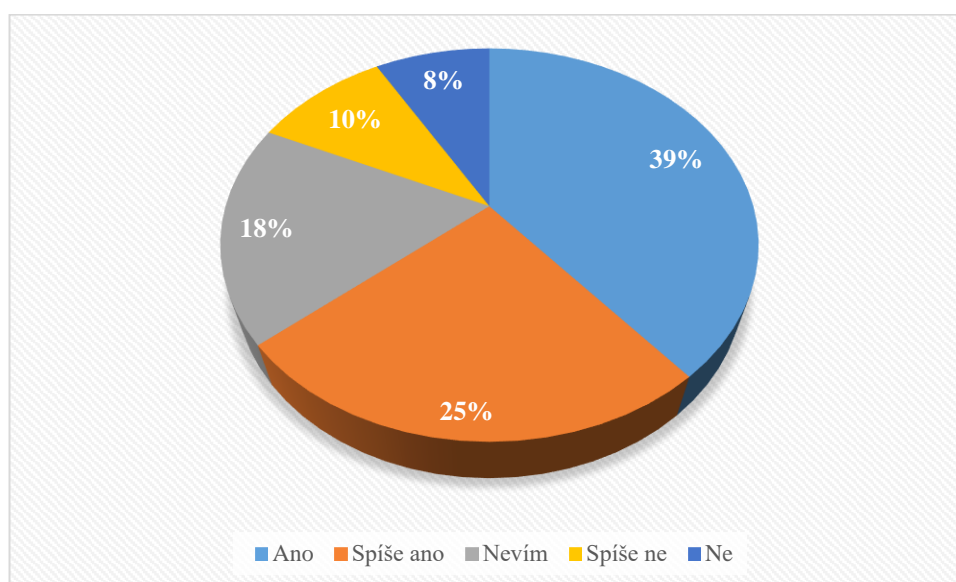
### Dotazníková položka č.17

Má dle Vašeho názoru nadměrné ionizující záření negativní vliv na životní prostředí?

**Tabulka 22:** Škodlivost ionizujícího záření na životní prostředí

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	28	39 %
Spíše ano	18	25 %
Nevím	13	18 %
Spíše ne	7	10 %
Ne	6	8 %
<b>Celkem</b>	<b>72</b>	<b>100 %</b>



**Obr. 33:** Škodlivost ionizujícího záření na životní prostředí

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů 28 (39 %) ví, že ionizující záření má negativní vliv na životní prostředí, 18 (25 %) se domnívá, že ionizující záření má negativní vliv na životní prostředí, 13 (18 %) neví, že má ionizující záření negativní vliv na životní prostředí, 7 (10 %) se domnívá, že ionizující záření spíše nemá negativní vliv na životní prostředí, a 6 (8 %) si myslí, že ionizující záření nemá negativní vliv na životní prostředí.

Dotazníková položka č.18

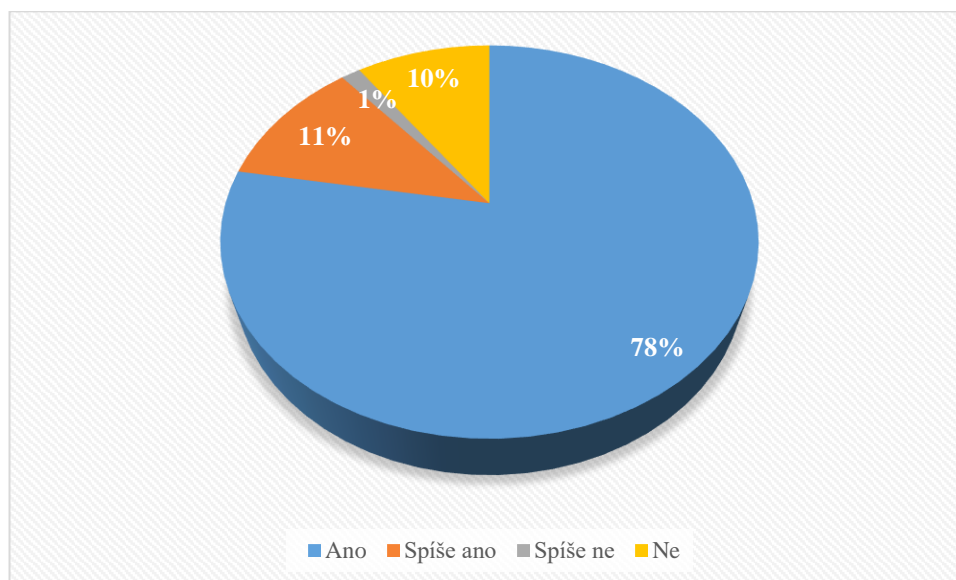
Setkal/a jste se někdy s touto výstražnou značkou?



**Tabulka 23:** Setkání s výstražnou značkou

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	56	78 %
Spíše ano	8	11 %
Spíše ne	1	1 %
Ne	7	10 %
Celkem	72	100 %




**Obr. 34:** Setkání s výstražnou značkou

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 58 (78 %), že se setkal/a s touto výstražnou značkou, 8 (11 %) se domnívá, že se setkal/a s touto výstražnou značkou, 1 (1 %) neví, zda se setkal/a s touto výstražnou značkou, a 7 (10 %) se nikdy nesetkal/a s touto výstražnou značkou.

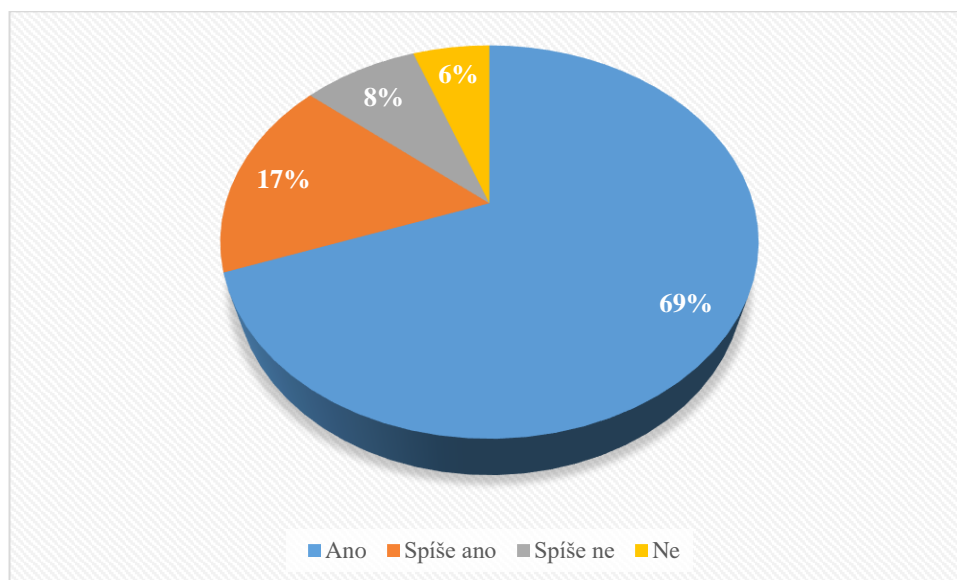
Dotazníková položka č.19

Znáte význam této výstražné značky? 

**Tabulka 24:** Význam výstražné značky

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	50	69 %
Spíše ano	12	17 %
Spíše ne	6	8 %
Ne	4	6 %
<b>Celkem</b>	<b>72</b>	<b>100 %</b>



**Obr. 35:** Význam výstražné značky

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 50 (69 %), že zná význam této výstražné značky, 12 (17 %) se domnívá, že zná význam této výstražné značky, 6 (8 %) neví, zda zná význam této výstražné značky, a 4 (6 %) nezná význam této výstražné značky.

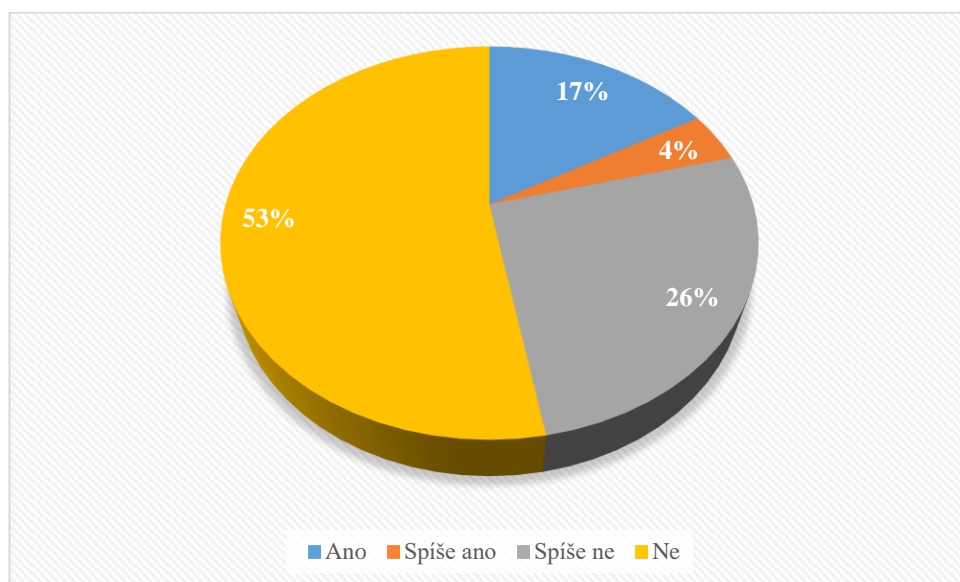
### Dotazníková položka č.20

Lze podle Vašeho názoru rozpoznat ionizující záření (radiaci) smyslovými orgány (zrak, čich, sluch, chuť, hmat)?

**Tabulka 25:** Rozpoznání ionizující záření smyslovými orgány

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	12	17 %
Spíše ano	3	4 %
Spíše ne	19	26 %
Ne	38	53 %
<b>Celkem</b>	<b>72</b>	<b>100 %</b>



**Obr. 36:** Rozpoznání ionizující záření smyslovými orgány

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 12 (17 %), že lze rozpoznat ionizující záření smyslovými orgány, 3 (4 %) se domnívá, že lze rozpoznat ionizující záření smyslovými orgány, 19 (26 %) neví, zda lze rozpoznat ionizující záření smyslovými orgány, a 38 (53 %) se domnívá, že nelze rozpoznat ionizující záření smyslovými orgány.

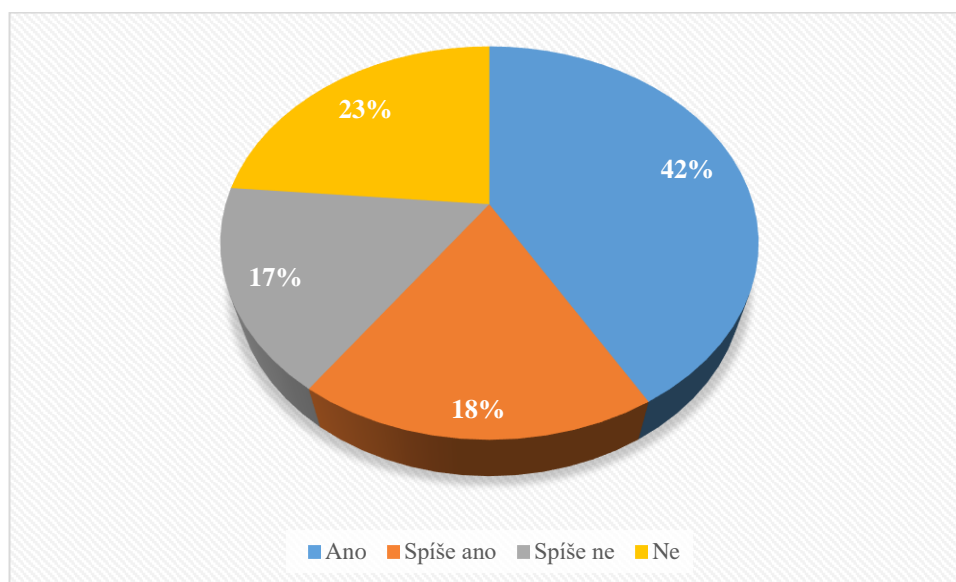
### Dotazníková položka č.21

Víte, jakým způsobem se vyhláší poplach v souvislosti s nebezpečím radiace ve Vaší obci?

**Tabulka 26:** Znalost vyhlášení poplachu v souvislosti s nebezpečím radiace

**Zdroj:** Autor práce, 2022

	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	30	42 %
Spíše ano	13	18 %
Spíše ne	12	17 %
Ne	17	23 %
<b>Celkem</b>	<b>72</b>	<b>100 %</b>



**Obr. 37:** Znalost vyhlášení poplachu v souvislosti s nebezpečím radiace

**Zdroj:** Autor práce, 2022

Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že z celkového počtu 72 (100 %) respondentů odpovídalo 30 (42 %), že ví, jakým způsobem se vyhláší poplach v souvislosti s nebezpečím radiace, 13 (18 %) se domnívá, že ví, jakým způsobem se vyhláší poplach v souvislosti s nebezpečím radiace, 12 (17 %) neví, jakým způsobem se vyhláší poplach v souvislosti s nebezpečím radiace, a 17 (23 %) neví, jakým způsobem se vyhláší poplach v souvislosti s nebezpečím radiace.



### 5.3. Diskuse

V rámci průzkumu bylo osloveno sedmdesát dva respondentů, kdy bylo nejmladšímu respondentovi 12 let a nejstaršímu 79 z toho bylo třicet pět žen a třicet sedm mužů. Výzkumný vzorek byl volen tak, aby měl vypovídající hodnotu, a to i s ohledem na genderovou vyváženost. Většina dotazovaných dosáhla středního odborného vzdělání ukončeného maturitní zkouškou, takže lze předpokládat určité znalosti a obecný přehled. Otázka č. 4. byla směřována ke zjištění, zda dotazovaní znají místo sídla HZS ČR v okrese Příbram, jelikož se jednalo o obyvatele přímo z toho města, případně z blízkého okolí. Většina respondentů odpověděla kladně, takže je patrné, že je informovanost obyvatel v této oblasti dobrá. Další dvě otázky byly zaměřeny na tematiku jaderných elektráren v ČR, a to konkrétně na jejich počet a pozitivní/negativní názor s ohledem na využívání jaderné energie v budoucnosti. Většina respondentů zná jejich počet v ČR a zároveň se k jejich fungování vyjádřila kladně. Z výše uvedeného vyplývá, že je značný zájem, a to nejen odborné komunity, ale i veřejnosti, o danou problematiku. Toto zjištění lze vnímat velmi pozitivně, jelikož je využití jaderné energie, při zajištění všech bezpečnostních zásad, budoucností, a to téměř ve všech oblastech průmyslu (Šafránek, 2020). Dále bylo dotazníkové šetření zaměřeno na zjištění, zda respondenti vědí, kde se mohou v rámci péče o zdraví setkat s ionizujícím zářením a zda se s ním v posledních pěti letech setkali. Většina dotázaných ví, kde se může ionizující záření vyskytovat a téměř polovina z nich se v posledních pěti letech s ionizujícím zářením v rámci lékařského vyšetření přímo setkala, což poukazuje na to, že je primární prevence a péče o zdraví obyvatel v ČR na vysoké úrovni a lze ji srovnat s vyspělými zeměmi světa. Zároveň jsou vyšetřovací metody prostřednictvím ionizujícího záření běžným standardem lékařských vyšetření. Pacienti jsou rovněž dostatečně informováni během jednotlivých vyšetření a jsou jim poskytnuty ochranné prostředky. Mezi ochranné prostředky pracovníků a pacientů ve zdravotnictví patří mobilní zástěny a závěsná stínění. Další možností je i stínění „vzdáleností“, kdy čím je větší vzdálenost od zdroje, tím je menší riziko nechtěného ozáření. Mezi osobní ochranné pomůcky patří brýle, límce, rukavice a zástěry (Súkupová, 2018). Na tuto problematiku navazovala otázka č.9., kde bylo zjišťováno, zda dotazovaní znají prostředky, které je v případě vystavení účinků radiace ochrání. Téměř polovina dotázaných odpověděla, že tyto prostředky zná. Vzhledem k tomu, že v otázce respondenti tyto prostředky neměli možnost vyjmenovat, nelze jednoznačně

konstatovat, zda mají konkrétní přehled o jednotlivých možnostech. Většinu kladných odpovědí lze opřít o skutečnost, že toto téma může být pro veřejnost zajímavé a že je prostřednictvím médií často zprostředkováváno. Stejně tak typy a zdroje ionizujícího záření jsou známi nadpoloviční většině respondentů. I v tomto případě se lze přiklonit k názoru, že se jedná o téma, které je i pro laickou veřejnost dostatečně známé, a to i s ohledem na aktuální válečné konflikty odehrávajících se na celém světě a možná rizika při využití jaderných zbraní. Následující dvě otázky byly zaměřeny na zjištění informovanosti dotázaných o počtu a rozmístěních protiatomových krytů. V těchto otázkách zvolili respondenti ve většině případů zápornou odpověď, což pravděpodobně souvisí s nedostatečnou informovaností v této oblasti ze strany příslušných orgánů. Zároveň nejsou tyto kryty, nebo podobné prostředky k ochraně obyvatelstva, například v okrese Příbram vůbec zřízeny. Respektive všechny kryty včetně vybavení byly zrušeny v roce 2005. Nyní se ochrana obyvatel z hlediska úkrytů v městě Příbram odkazuje na vyhlášku města Příbram 380/2002 Sb., kde se předpokládá, že si improvizované úkryty v jednotlivých rodinných domcích zajistí přímo jejich majitelé. V otázce č. 14. byli respondenti dotázáni, jaké složky IZS likvidují mimořádné události spojené s výskytem radiace. Osmdesát dva procent dotázaných odpovědělo, že vědí, které složky IZS radiaci likvidují. Z odpovědí vyplývá, že znalost o tom, že likvidací nebezpečných látek se zabývá HZS ČR je veřejnosti známá. Další tři otázky se týkaly vlivu ionizujícího záření na život a zdraví lidí/zvířat a negativního vlivu na životní prostředí. Většina respondentů vnímá, že toto záření má negativní vliv na všechny uvedené oblasti. Jejich odpovědi mohou vycházet z negativní zkušenosti v souvislosti s některými haváriemi jaderných elektráren, jako v případě elektrárny v Černobylu a Fukušimě. V otázce č.18 a č. 19 byli respondenti dotázáni, zda se již někdy setkali se značkou, která označuje místo výskytu radiace, a zda znají její význam. Většina respondentů tuto značku zná a setkali se s ní, jelikož se tato značka používá pro označení místa, kde dochází k radiologickému vyšetření. Lze tedy konstatovat, že je znalost této značky všeobecně známá, což lze vnímat velmi pozitivně s ohledem na eliminaci možných rizik spjatých právě s neznalostí a následně nedostatečnou ochranou v daném prostředí. Na otázku, jestli lze ionizující záření rozpoznat smyslovými orgány, odpovědělo dvacet jedna procent dotázaných kladně. Zbývající sedmdesát devět procent respondentů odpovědělo, že ionizující záření takto rozpoznat nelze. Je známo, že s ohledem na vlastnosti ionizujícího záření ho není

možné smyslovými orgány rozpoznat. Je to z důvodu, že ionizující záření je elektromagnetické vlnění (Matoušek a kol. 2007). V této oblasti je třeba povědomí veřejnosti rozšířit. Poslední otázka byla zaměřena na znalost respondentů na vyhlášení radioaktivního poplachu. Se způsobem vyhlášení je seznámena nadpoloviční většina dotázaných respondentů. Cvičení, která by byla zaměřena na vyhlásování cvičných poplachů, v současné době v ČR neprobíhají. Respondenti pravděpodobně vycházeli ze zkušeností z minulosti, kdy jak ve školách tak i na jednotlivých pracovištích probíhala osvěta zaměřena na civilní obranu a ochranu. Jediné, co v dnešní době probíhá, jsou zkoušky funkčnosti sirén, a to vždy první středu kalendářního měsíce. Určitě by však bylo vhodné obnovit brannou výchovu, a to ve školách i na pracovištích.

V rámci práce bylo potvrzeno, že byl výzkumný vzorek zvolen správně, protože se jednalo o vzorek genderově vyvážený a zároveň byly vybráni lidé různého věku a stupně vzdělání. Bylo tedy možné jednoznačně vyvodit jednotlivé závěry. Během dotazníkového šetření se podařilo prokázat, že si respondenti uvědomují důležitost zajištění bezpečnosti vzhledem rizikům ozáření, uvědomují si negativní vliv tohoto záření na život a zdraví a životní prostředí. Lze konstatovat, že povědomí veřejnosti týkající se zkoumané oblasti je na vysoké úrovni, avšak stále se vyskytují určité mezery. Tyto mezery se snaží vyplnit například program Hasík, což je preventivně výchovná činnost v oblasti požární ochrany a ochrany obyvatelstva. Tento program funguje od roku 1996 a zaměřen na základní a střední školy. Určitě by však bylo vhodné osvětu ještě dále rozšířit. Zároveň by byly vhodné i kroky ze strany činných orgánů ohledně dostatečné informovanosti a ochrany obyvatelstva v případě možných rizik.

## 6. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnutí problematiky týkající se ionizujícího záření a jeho vlivu na zdraví obyvatel, vliv na životní prostředí a dále bylo popsáno řešení situací v případě vzniku havárií. Důležitou částí bylo poukázání na informovanost veřejnosti v této oblasti, kdy bylo cílem zjistit, do jaké míry je veřejnost s danou problematikou seznámena. V teoretické části bakalářské práce tak byla detailně popsána historie, válečné využití, nejznámějších havárie ve světě spojené s jadernou energií a obecné teoretické znalosti, které jsou nezbytné k pochopení této problematiky včetně postupů vedoucích k eliminaci rizik. V praktické části byl představen průběh a výsledky kvantitativního průzkumu, který byl proveden ve středočeském městě Příbram, které má bohatou historii ve vztahu k těžbě uranu a dalo by se předpokládat, že obyvatelé tohoto města budou mít vědomosti a zkušenosti, které s danou problematikou souvisí. Po vyhodnocení průzkumu byl vyvozen závěr, že povědomí dotázaných o dané problematice je dostačující. Respondenti jsou si vědomi negativních i pozitivních účinků na lidský organismus, živočišné i rostlinné druhy. Obecně vnímají respondenti pozitivně i využití jaderné energie. Občané mají rovněž povědomí o práci složek IZS, které se podílejí na likvidaci nebezpečných látek při havárii v souvislosti s únikem radiace. Bylo zjištěno, že v současné době nejsou zřízeny funkční protiatomové kryty (případně podobná zařízení), které by v případě mimořádné události mohly sloužit jako úkryt pro veřejnost proti účinku radioaktivního záření. Závěrem lze říci, že dostatečnou znalost občanů v této problematice lze brát jako pozitivní výsledek, avšak jako případné riziko se jeví nedostatečná ochrana obyvatel v případě rizika vážného nebezpečí.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

BENEŠ J., KYMPLOVÁ J., VÍTEK F., 2015: Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi. Grada Publishing, a.s. 236 s. ISBN: 802474712X, 9788024747125.

Bojový řád jednotek požární ochrany., 2017: Ostrava : MV, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR., Nebezpečí ionizujícího záření/metodický list 4/N. 713 s. ISBN 978-80-7385-197-2.

CEZ, ©2022 Reaktor (online) [cit.2022.03.3], dostupné z <<https://www.cez.cz/cs/o-cez/vzdelavani-a-vyzkum/energetika-zabavne/nainstalujtes-i/jaderny-reaktor-na-vasem-pc-46378>>

DVOŘÁKOVÁ R., 2010: Studie o problematice radioaktivity a záření a jejich chápání laickou veřejností. Bakalářská práce. České Budějovice: JČU – ZSF. 69 s.

EDWARDS, A. A. D. C. LLOYD, 1998: Risks from ionising radiation: deterministic effects. Journal of Radiological Protection [online]. 18(3), 175-183 [cit. 2020-03-09]. ISSN 0952-4746. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/0952-4746/18/3/004>

HANUŠKA Z., 1996: Metodický návod k vypracování dokumentace zdolávání požárů. 2. vydání Praha: MV - ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. 74 s. ISBN: 80-902121-0-7.

HAVRÁNKOVÁ R a kolektiv., 2020: Klinická radiobiologie. 1.vydání v Praze: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Grada Publishing, a.s. 184 s. ISBN: 978- 80-271-01350-7.

HUDEC R., |5. 4. 1999 | Vesmír 78, 187, [1999/4](https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1999/cislo-4/zablesky-gama-i.html) | <<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1999/cislo-4/zablesky-gama-i.html>>

CHAMBERS D. B., ZIELINSKI J. M., 2011: Residential Radon Levels Around the World. Encyclopedia of Environmental Health, edited by JO Nriagu.

IEA, ©2011: (online) [cit. 2022.01.21], dostupné z [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key\\_world\\_energy\\_stats-1.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key_world_energy_stats-1.pdf)

JADERNÉ ELEKTRÁRNY, ©2022: Dukovany (online) [cit.2022.03.13], dostupné z <Jaderná elektrárna Dukovany (jaderne-elektrarny.cz)>.“

KOTINSKÝ P., HEJDOVÁ J., 2003: Dekontaminace v požární ochraně. 1. vydání v Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). 126 s. ISBN: 80- 86634-31-0.

KRÁLOVÁ, M., 2020: Přirozené radioaktivita (online) [cit. 2022.01.21], dostupné z <<http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/atomy-castice/prirozena-radioaktivita>>

KULHÁNEK P., 2005: Novinky ze světa neutrin (online) [cit. 2022.01.21], dostupné z <[https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_05\\_neu.php](https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_05_neu.php)>

LEAN G., 2016: Ionizující záření. Česká republika. UNEP (Program OSN pro ochranu životního prostředí). 55 s. ISBN: 978-92-807-3600-7.

MACIEJ S., 2011: Maria Sklodowska-Curie Fotobiografia 1.vydání Emka. 2011. 176s. ISBN: 8362304367.

MATOUŠEK J., ÖSTERREICHER J., Linhart P., 2007: CBRN Jaderné zbraně a radiologické materiály. 1. Vydání v Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). 216 s. ISBN: 978- 80-7385-029-6.

NAVRÁDIL L a kolektiv., 2019: Medicínská Biofyzika. 2.vydání v Praze. Grada Publishing, a.s 432 s. ISBN: 978- 80-271-2710-6.

NERUDA O., Prouza Z., 1992: Problematika zásahů při událostech s radiačním rizikem /učební texty/. 1. vydání Praha: MV ČR - Hlavní správa Sboru požární ochrany. 30 s. ISBN: 80-901 368-2-6.

PEARCE, J. M., 2012: Limitations of Nuclear Power as a Sustainable Energy Source, Sustainability 4, pp 1173-1187.

PLOKHY, S., 2019: Černobyl. 1. vydání v Brně: Jota. 400 s. ISBN:978-80-7565-462-5.

Pokyn GŘ HZS ČR ke zřízení a zabezpečení prozatímní služby osobní dozimetrie u Hasičského záchranného sboru České republiky. In: Sbírnka interních aktů řízení Generálního ředitele HZS ČR. Praha. 2009, částka 35. 12 s.

PROUZA Z., ŠVEC J., 2008: Zásahy při radiační mimořádné události. 1.vydání v Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). 125 s. ISBN: 978- 80-7385-046-3.

ROSINA J., Vránová J., Kolářová H., 2021: Biofyzika Pro zdravotnické a biomedicínské obory. 2. doplněné vydání, Vytisklo Tisk centrum s.r.o., Moravany u Brna.. Grada. 304 s. ISBN: 978- 80-271-2526-5.

SÚKUPOVÁ L., 2018: Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi. 1.vydání v Praze Grada Publishing. 280 s. ISBN: 978-80-271-0709-4.

ŠAFRÁNEK, Michal, ©2020 Jaderná energie (online) [cit.2022.03.13], dostupné z <<https://jadernaenergie.online/archiv/3-2020>>

TURNER J. E., 2007: Atoms, radiation, and radiation protection. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 585 s. Physics textbook. ISBN 978-3-527-40606-7.

VÁVROVÁ J., Stanislav F., 2002: Radiosenzitivita Hematopoetického systému svazek dvacátý šestý, první vydání v Praze. Galén. 99 s. ISBN: 80-7262-200-5.

Vyhláška ministerstva vnitra č. 247/2001 Sb., ze dne 22. června 2001 o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, ve znění pozdějších předpisů. In: Sběrka zákonů, Česká republika. 2001, částka 95. 41 s.

WILKENING M., 1990: Radon in the environment: Science Publishers B.V.,137 s. ISBN: 0-4444-88163-8.

ZEILIG M., 1995: "Louis Slotin and "The Invisible Killer"". *The Beaver*.(4): 20–27. Archived from the original on 15 May 2008. Retrieved 28 April 2008.



## 8. PŘÍLOHY

### 8.1. Příloha A: Dotazník

Dobrý den,

jmenuji se Jiří Blajer a jsem studentem 3. ročníku bakalářského oboru Územní technická a správní služba na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Dovoluji si Vás požádat o vyplnění dotazníku, který bude součástí mé bakalářské práce na téma „Vlivy ionizujícího záření na životní prostředí a specifika práce jednotek požární ochrany při úniku radiace v České republice“.

Vaše odpovědi, prosím, zakroužkujte, u „otevřených“ otázek vyplňte jedním nebo dvěma slovy.

Předem Vám děkuji za vyplnění a věřím, že výsledky mého dotazníkového šetření přispějí k informovanosti obyvatelstva týkající se dané problematiky.

1) Jaké je Vaše pohlaví?

- a) muž
- b) žena
- c) nechci uvádět

2) Uveďte, prosím, Váš věk: .....

3) Jaké je vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

- a) Základní
- b) Střední odborné s výučním listem
- c) Střední nebo střední odborné s maturitou
- d) Vyšší odborné
- e) Vysokoškolské

4) Jste informován/a o tom, kde sídlí Hasičský záchranný sbor ČR v okrese Příbram?

- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

5) Jste informován/a o tom, kolik jaderných elektráren je v ČR?

- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

6) Souhlasíte s tvrzením, že jaderné elektrárny jsou budoucností ČR?

- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

7) Víte, že se s ionizujícím zářením můžete setkat při absolvování některých lékařských vyšetření (rentgen, mamograf, počítačový tomograf apod.)?

- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

8) Byl/a jste během posledních pěti let vystaven/a ionizujícímu (radiačnímu) záření?

- a) ano
- b) ne
- c) nevím

9) Jsou Vám známy prostředky, které slouží k ochraně před nepříznivými účinky ionizujícího (radiačního) záření?

- a) ano
- b) ne

10) Znáte typy ionizujícího (radiačního) záření?

- a) ano
- b) ne

11) Znáte zdroje ionizujícího záření ve Vašem okolí?

a) ano

b) ne

12) Je ve Vašem místě bydlení protiatomový kryt?

a) ano

b) ne

c) nevím

Pokud jste v otázce č.12 odpověděl/a „b“ nebo „c“ na následující otázku, prosím, neodpovídejte.

13) Kde se nachází v místě Vašeho bydlení protiatomový kryt?

.....

14) Víte, které složky integrovaného záchranného systému likvidují radioaktivní nehody?

a) ano

b) spíše ano

c) spíše ne

d) ne

15) Je dle Vašeho názoru ionizující záření škodlivé ve vztahu k životu a zdraví?

a) ano

b) ne

c) nevím

16) Je dle Vašeho názoru nadměrné vystavení ionizujícímu záření pro domácí/hospodářská zvířata (pes, kočka, kuň atd.) škodlivé?

a) ano

b) ne

c) nevím

17) Má dle Vašeho názoru nadměrné ionizující záření negativní vliv na životní prostředí?

- a) ano
- b) spíše ano
- c) nevím
- d) spíše ne
- e) ne

18) Setkal/a jste se někdy s touto výstražnou značkou?



- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

19) Znáte význam této výstražné značky?



- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

20) Lze podle Vašeho názoru rozpoznat ionizující záření (radiaci) smyslovými orgány (zrak, čich, sluch, chuť, hmat)?

- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

21) Víte, jakým způsobem se vyhláší poplach v souvislosti s nebezpečím radiace ve Vaší obci?

- a) ano
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne

Děkuji za Váš čas.

## 8.2. Příloha B: Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma reaktoru VVER-1000 .....	18
Obr. 2: Roční dávky z kosmického záření. ....	21
Obr. 3: Enrico Fermi. ....	24
Obr. 4: Clyde Cowan během neutrinového experimentu. ....	25
Obr. 5: Stínění z olova. ....	27
Obr. 6: Druhy radioaktivního záření a jeho průchod látkou. ....	28
Obr. 7: Frederic Joilot Curie a jeho manželka Irene Joilot Curie. ....	29
Obr. 8: Grafické znázornění rozpadového zákona. ....	31
Obr. 9: Lokality s výskytem radiace v ČR.....	33
Obr. 10: Geologická mapa radonu .....	35
Obr. 11: Rozdělení místa zásahu.....	39
Obr. 12: Signály při činnosti hasičů v nebezpečné zóně.....	44
Obr. 13: Radiometr DC-3E-98.....	46
Obr. 14: Osobní dozimetr SOR.....	47
Obr. 15: URAD 115 zásahový dozimetr .....	48
Obr. 16: Dekontaminační prostor.....	49
Obr. 17: Pohlaví respondentů.....	52
Obr. 18: Věk respondentů .....	53
Obr. 19: Nejvyšší dosažené vzdělání respondentů.....	54
Obr. 20: Znalost respondentů ohledně sídla HZS ČR v okrese Příbram .....	55
Obr. 21: Znalost respondentů ohledně počtu ohledně počtu jaderných elektráren v ČR .....	56
Obr. 22: Názor respondentů, zda jsou jaderné elektrárny budoucností ČR.....	57
Obr. 23: Může být ionizující záření přítomno při lékařském vyšetření? .....	58
Obr. 24: Možnost vystavení ionizujícímu záření v posledních pěti letech .....	59
Obr. 25: Znalost prostředků sloužících k ochraně před účinky ionizujícího záření... ..	60
Obr. 26: Znalost typů ionizujícího (radiačního) záření.....	61
Obr. 27: Znalost zdrojů ionizujícího záření v okolí respondentů .....	62
Obr. 28: Protiatomový kryt v blízkosti bydliště respondentů .....	63
Obr. 29: Místo protiatomového krytu v blízkosti bydliště respondentů .....	64
Obr. 30: Znalost složek IZS, které likvidují radioaktivní nehody.....	65
Obr. 31: Škodlivost ionizujícího záření ve vztahu k životu a zdraví .....	66

Obr. 32: Škodlivost ionizujícího záření pro domácí/hospodářská zvířata .....	67
Obr. 33: Škodlivost ionizujícího záření na životní prostředí .....	68
Obr. 34: Setkání s výstražnou značkou .....	69
Obr. 35: Význam výstražné značky .....	70
Obr. 36: Rozpoznání ionizujícího záření smyslovými orgány .....	71
Obr. 37: Znalost vyhlášení poplachu v souvislosti s nebezpečím radiace .....	72

### 8.3. Příloha C: Seznam tabulek

Tabulka 1: Zdroje ionizujícího záření .....	34
Tabulka 2: Odolnost organismů .....	35
Tabulka 3: Rozdělení radiačních zásahů.....	38
Tabulka 4: Vymezení nebezpečné zóny.....	40
Tabulka 5: Počet hasičů v nebezpečné zóně .....	42
Tabulka 6: Pohlaví respondentů.....	52
Tabulka 7: Věk respondentů Zdroj: Autor práce, 2022 .....	53
Tabulka 8: Nejvyšší dosažené vzdělání respondentů.....	54
Tabulka 9: Znalost respondentů ohledně sídla HZS ČR v okrese Příbram .....	55
Tabulka 10: Znalost respondentů ohledně počtu jaderných elektráren v ČR .....	56
Tabulka 11: Názor respondentů, zda jsou jaderné elektrárny budoucností ČR .....	57
Tabulka 12: Může být ionizující záření přítomno při lékařském vyšetření? .....	58
Tabulka 13: Možnost vystavení ionizujícímu záření v posledních pěti letech .....	59
Tabulka 14: Znalost prostředků sloužících k ochraně před účinky ionizujícího záření .....	60
Tabulka 15: Znalost typů ionizujícího (radiačního) záření .....	61
Tabulka 16: Znalost zdrojů ionizujícího záření v okolí respondentů.....	62
Tabulka 17: Protiatomový kryt v blízkosti bydliště respondentů .....	63
Tabulka 18: Místo protiatomového krytu v blízkosti bydliště respondentů .....	64
Tabulka 19: Znalost složek IZS, které likvidují radioaktivní nehody.....	65
Tabulka 20: Škodlivost ionizujícího záření ve vztahu k životu a zdraví .....	66
Tabulka 21: Škodlivost ionizujícího záření pro domácí/hospodářská zvířata .....	67
Tabulka 22: Škodlivost ionizujícího záření na životní prostředí .....	68
Tabulka 23: Setkání s výstražnou značkou .....	69
Tabulka 24: Význam výstražné značky .....	70
Tabulka 25: Rozpoznání ionizující záření smyslovými orgány .....	71
Tabulka 26: Znalost vyhlášení poplachu v souvislosti s nebezpečím radiace .....	72