



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

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

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

Ústav radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Bakalářská práce

# Znalosti radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany

Vypracovala: Anna Jiraňová

Vedoucí práce: Mgr. Renata Havránková, Ph. D.

České Budějovice, 2016

## Abstrakt

V úvodu bych ráda zdůraznila, že ozáření uplatňované ve zdravotnictví je jediným případem, kdy je člověk ionizujícímu záření vystavován záměrně, s cílem zvýšit kvalitu života nebo mu přímo život zachránit.

Bakalářská práce se zabývá znalostmi v oblasti radiační ochrany u studentů v oboru Radiologický asistent. Do radiační ochrany patří principy radiační ochrany, které obsahují zdůvodnění, optimalizaci záření, limity ozáření a bezpečnosti zdrojů. Dále se zmiňuji o programu monitorování a referenčních úrovních monitorování. Nedílnou součástí je i kapitola obsahující kategorizaci pracovníků. V bakalářské práci se také zmiňuji o radiační ochraně v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně. Principy radiační ochrany jsou ve zdravotnickém prostředí nezbytností. Uplatňují se při nich dva základní principy radiační ochrany – princip zdůvodnění a princip optimalizace. Princip zdůvodnění říká, že každá radiační expozice by měla způsobit více užitku než škody, proto radiační ochranu optimalizujeme a stanovujeme limity ozáření. V rámci optimalizace radiační ochrany mají být všechna ozáření plánovaná a udržovaná na nejnižší rozumně dosažitelné úrovni se zohledněním společenských a hospodářských faktorů. U limitů ozáření je důležité omezování všech osob, které jsou vystaveny působení ionizujícího záření. To je zajišťováno limity pro pracovníky i pacienty, kteří jsou ve většině případů ionizujícímu ozáření vystavováni. Uplatňuje se zde radiační ochrana osob.

Teoretická část mé bakalářské práce se zabývá tématikou radiační ochrany. Úkolem radiační ochrany před ionizujícím zářením je osvojit si informace důležité pro ochranu zdraví. Cílem této práce bylo zjistit úroveň znalostí respondentů kombinovaného a prezenčního studia v oboru Radiologický asistent v oblasti radiační ochrany na vybraných školách v České republice a následně informovanost těchto respondentů porovnat pomocí metod deskriptivní a matematické statistiky. V rámci této práce byly stanoveny hypotézy: *„Úroveň znalosti studentů*

*kombinovaného a prezenčního studia bude srovnatelná.“ „Znalosti radiologických asistentů budou mít normální rozdělení.“*

K dosažení vymezeného cíle a ověření hypotéz bylo nutné vytvořit dotazník zaměřený na danou tematiku a uskutečnit dotazníkové šetření. Dotazník obsahoval 15 otázek. Výzkumný soubor tvořilo 57 respondentů prezenčního studia a 53 respondentů kombinovaného studia, celkem 110 dotazníků ze sedmi vysokých škol v České republice. “

Celkové zhodnocení znalostí prezenčního a kombinovaného studia ukazuje, že znalosti jsou srovnatelné. Celkově odpovědělo správně 67 % respondentů prezenčního studia a 70 % respondentů kombinovaného studia. Problematické byly odpovědi, ze kterých vyplývá, že pouze 45 % dotazovaných respondentů ví, jaké jsou stanovené limity pro učně a studenty a 53 % respondentů ví, jaká je průměrná dávka při RTG vyšetření plic (zadopřední projekce (PA)). Další problémovou oblastí je znalost kategorizace pracovišť. Pouze 52 % respondentů zodpovědělo správně to, do jaké kategorie patří pracoviště s urychlovačem částic. Výši dávky, po jaké se rozvíjí akutní nemoc z ozáření, zná pouze 55 % respondentů. Naopak k tématům, ve kterých respondenti prokázali dobré znalosti, se řadí např. určování jednotky ekvivalentní a efektivní dávky. Správně odpovědělo 92 % respondentů. 94 % respondentů vědělo, jaký je základní způsob ochrany před vnějším ozářením. Jaký zdroj přispívá k největšímu ozáření na území České republiky, správně odpovědělo 85 % respondentů.

Prostřednictvím metod deskriptivní a matematické statistiky byly testovány výše uvedené zvolené hypotézy. Přínosem práce je získaný obraz znalostí respondentů kombinovaného a prezenčního studia v oblasti radiační ochrany.

Klíčová slova: radiační ochrana, znalosti respondentů kombinovaného a prezenčního studia, statistické metody

## **Abstract**

At the outset, I would like to stress that radiation exposure applied in health care is the only case when a human being is exposed to ionizing radiation on purpose with the aim of saving a life or improving its quality.

The thesis is concerned with knowledge in the area of radiation protection achieved by students of the Radiological assistant program. Radiation protection includes radiation protection principals containing justifications, radiation optimization, radiation limits and product safety. I also mention a monitoring program and reference monitoring levels. Another important part is a chapter describing categorization of workers. The thesis also mentions radiation protection in radiodiagnostics, radiotherapy and nuclear medicine. Radiation protection principles are essential in health care and are based on two basic principles – a justification principle and an optimization principle. The principle of justification says that each radiation exposure should bring more good than harm and therefore we optimize radiation protection and set limits for radiation exposure. As a part of radiation protection optimization, all radiation exposures need to be planned and kept at the minimal realistic achievable level with regard to social and economic factors. Limits for radiation are crucial for all people who are exposed to ionizing radiation. This is guaranteed by limits for patients as well as employees, who are in most cases exposed to radiation. The rules of radiation protection for people are applied here.

The theoretical part of my thesis explores the theme of radiation protection. The aim of radiation protection against ionizing radiation is to acquire information which is vital for health protection. The purpose of the thesis was to learn the level of knowledge of students enrolled in combined and full-time forms of the Radiology Assistant studying program in the area of radiation protection at selected schools in the Czech Republic, and subsequently compare their knowledge using methods of descriptive and mathematical statistics. The hypotheses asserted in this

thesis are the following: *“The level of knowledge of students enrolled in full-time and combined forms of studies will be comparable.” “The knowledge of radiology assistants will have a normal distribution.”*

In order to achieve the set aim and verify the hypotheses, it was necessary to create a questionnaire focusing on the given topic and carry out a survey. The questionnaire contained 15 questions. The research file consisted of 57 students of the full-time form of studies and 53 students of the combined form of studies – 110 questionnaires from seven universities in the Czech Republic in total.

The overall assessment of the knowledge in full-time and combined forms of studies shows that the knowledge is comparable. All in all, 67 % of students of the full-time form of studies and 70 % of students of the combined form of studies answered correctly. The answers demonstrate that only 45 % of the respondents know what the set limits for apprentices and students are, and 53 % of the respondents know what the average dose of radiation during lung RTG examination (dorsoventral projection (DV)) is. Another problematic part was the knowledge of workplace categorization. Only 52 % of the respondents answered correctly to which category the workplace with particle accelerator belongs. Only 55 % of the respondents know higher doses of radiation, which result in acute radiation sickness. On the other hand, the respondents showed good knowledge of, for example, calculating equivalent effective dose – 92 % of the respondents gave the right answer. Also, 94 % of the respondents knew what the basic form of protection against external radiation is, and 85 % of the respondents answered correctly what source contributes to the greatest radiation in the area of the Czech Republic.

The above stated hypotheses have been tested by methods of descriptive and mathematical statistics. The contribution the thesis offers is the acquired overview of knowledge achieved by students of full-time and combined forms of studies in the area of radiation protection.

Key words: radiation protection, knowledge of students enrolled in full-time and combined forms of studies, statistical methods

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích dne, 2. 5. 2016

.....

Anna Jiraňová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Renatě Havránkové, Ph. D. za cenné rady, věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.



## Obsah

1	Teoretická část .....	14
1.1	Principy radiační ochrany .....	15
1.1.1	Optimalizace záření.....	15
1.1.2	Limity ozáření.....	16
1.1.3	Program monitorování.....	18
1.1.4	Referenční úrovně monitorování .....	21
1.1.5	Kategorizace radiačních pracovníků .....	21
1.2	Kategorizace pracovišť, kde se vykonává radiační činnost.....	22
1.3	Radiační ochrana na pracovištích s ionizujícím zářením .....	25
1.3.1	Radiační ochrana v radiodiagnostice .....	26
1.3.2	Radiační ochrana v nukleární medicíně .....	27
1.3.3	Radiační ochrana v radioterapii .....	28
1.4	Vysoké školy, na kterých probíhá výuka oboru Radiologický asistent .....	30
1.5	Statistické metody .....	30
1.5.1	Základní metody deskriptivní statistiky .....	31
1.5.2	Základní metody statistické matematiky .....	34
2	Hypotézy a metodika výzkumu .....	36
2.1	Hypotézy.....	36
2.2	Metodika výzkumu.....	36
3	Výsledky .....	38
3.1	Výsledky dotazníkového šetření .....	38
3.2	Výsledky statistického zpracování dotazníkového šetření u prezenčního studia .....	56
3.2.1	Formulace statistického šetření.....	56
3.2.2	Škálování a měření.....	56
3.2.3	Elementární statistické zhodnocení.....	57
3.2.4	Empirické parametry .....	60
3.2.5	Neparametrické testování .....	61

3.3	Výsledky statistického zpracování dotazníkového šetření u kombinovaného studia .....	64
3.3.1	Formulace statistického šetření.....	64
3.3.2	Škálování a měření.....	64
3.3.3	Elementární statistické zhodnocení.....	65
3.3.4	Empirické parametry .....	68
3.3.5	Neparametrické testování .....	69
3.4	Parametrické testování – aplikace dvouvýběrového t-testu .....	72
4	Diskuse .....	74
4.1	Diskuse ke statistickému šetření .....	77
5	Závěr.....	79
6	Seznam informačních zdrojů .....	80

## Seznam použitých zkratek

RTG – rentgen (-ový)

apod. – a podobně

např. – například

tzv – takzvaný

cm – centimetr

Pb – olovo

E+E(t) – efektivní dávka ze zevního a vnitřního ozáření

RF – radiofarmakum

cm<sup>2</sup> – centimetr čtvereční

<sup>131</sup>I – jód

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

E+E(t) – efektivní dávka ze zevního a vnitřního ozáření

Bq – becquerel

mSv – milisievert

Gy – gray

Sv – sievert

ZIZ – zdroj ionizujícího záření

HT – ekvivalentní dávka

β – beta

s – strana

zdr – zdravotní

tj. – to je

Bq\*cm<sup>2</sup> – becquerel \* centimetr čtvereční

CT – počítačová tomografie

## Úvod

Ionizující záření je všude kolem nás. Je ve vzduchu, vodě, půdě, domech a v současné době se uplatňuje ve vědě, technice a také v medicíně. Zde se využívá, jak pro metody diagnostické, tak pro metody terapeutické. Vzhledem k možným negativním účinkům ionizujícího záření je třeba dodržovat principy radiační ochrany. Z tohoto pohledu jsou důležité i znalosti radiologických asistentů, kteří se podílejí na aplikaci ionizujícího záření v oblasti radiační ochrany.

Na tyto znalosti je zaměřena má bakalářská práce. Téma jsem si vybrala z důvodu zajímavosti tématu. Také jsem chtěla vědět, jaké znalosti v této oblasti mají studenti prezenčního a kombinovaného studia v oboru Radiologický asistent.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část obsahuje informace o radiační ochraně na pracovištích využívajících ionizující záření. Druhou částí mé bakalářské práce je výzkum, který jsem zpracovala v kapitole výsledky dotazníkového šetření.

Cílem bakalářské práce je vytvořit výukový text se zaměřením na radiační ochranu na pracovištích využívajících ionizující záření a ověřit znalosti studentů oboru Radiologický asistent v oblasti radiační ochrany.

# 1 Teoretická část

Bakalářská práce bude zaměřena na radiační ochranu na pracovištích využívající ionizující záření (Autorský kolektiv, 2015).

Radiační ochrana je systém opatření k omezení ozáření fyzických osob a ochraně životního prostředí (Autorský kolektiv, 2015).

Hlavním cílem radiační ochrany je zabránit vzniku deterministických účinků a omezit na přijatelnou úroveň účinky stochastické (Autorský kolektiv, 2015).

Deterministické účinky jsou spojené se zdravotním poškozením. Jsou charakteristické svou prahovou závislostí na dávce. Tyto účinky se projevují na konkrétní ozářené osobě, jako tkáňová reakce na ozáření. Důležitým rysem je měnící se klinický obraz se stoupající dávkou (Autorský kolektiv, 2015).

Stochastické biologické účinky ionizujícího záření se projevují s určitou pravděpodobností, která je úměrná ozáření. K jejich výskytu obvykle dochází po uplynutí poměrně dlouhé doby po ozáření dané osoby. K odhadu stochastických biologických účinků se používají nominální koeficienty rizika, na základě nichž lze předpovědět přídatný výskyt onemocnění mezi ozářenou populací. Tyto faktory jsou vždy revidovány a upřesňovány s ohledem na poslední vývoj v této oblasti (Autorský kolektiv, 2015; Suro, 2016; Ullmann, 2016).

V České republice oblast radiační ochrany upravuje zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, (tzv. atomový zákon), s vyhláškou Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499/2005, a vyhlášky č. 389/2012.

## 1.1 Principy radiační ochrany

Principy radiační ochrany vychází ze současných poznatků o ionizujícím záření. V praxi je radiační ochrany dosahováno pomocí základních principů radiační ochrany – zdůvodnění činnosti, optimalizace, aplikace dávkových limitů a bezpečnost zdrojů (ICRP, 2007):

- **Zdůvodnění:** Každá radiační expozice by měla způsobit více užitku než škody.
- **Optimalizace:** Velikost individuálních dávek, počet ozářených osob a pravděpodobnost ozáření osob tam, kde není prakticky jisté, že k němu dojde, budou tak nízké, jak jich lze rozumně dosáhnout.
- **Aplikace dávkových limitů:** Celková dávka kterémukoliv jednotlivci z kontrolovaných zdrojů v plánovaných expozičních situacích, s výjimkou lékařské expozice pacientů, by neměla překročit příslušné limity.

Mezi princip ochrany před zářením patří také princip ALARA (As Low As Reasonable Achievable), který udává, že dávka má být tak nízká, jak je rozumně dosažitelné, (Šiffnerová, 2015):

- příliš vysoká dávka – zbytečně zatěžuje pacienta,
- dostačující dávka – pacient je minimálně zatížen a bylo dosaženo cíle (diagnostického nebo terapeutického) = ALARA,
- nedostatečná dávka – výkon je nutné opakovat a součet pak převyšuje dávku dostatečnou.

### 1.1.1 Optimalizace záření

Optimalizace radiační ochrany uvádí, že všechna ozáření, která byla plánovaná a udržovaná na co nejnižší rozumně dosažitelné úrovni, se zohlední se společenskými a hospodářskými faktory. Varianty radiační ochrany posuzované v rámci optimalizace radiační ochrany nesmí vést k ozáření, které by převyšovalo

limity ozáření nebo optimalizační meze, pokud jsou pro daný případ stanoveny (Vyhláška č. 307/2002 Sb.; Radiační ochrana, 2005).

Optimalizace radiační ochrany se provádí (Vyhláška č. 307/2002 Sb.):

- Před zahájením činnosti vedoucí k ozáření posouzením a porovnáním variant radiační ochrany.
- Při činnosti vedoucí k ozáření pravidelným rozbořem obdržných dávek ve vztahu k prováděným úkonům a uvážení dalších opatření k zajištění radiační ochrany.
- Před zahájením zásahu k odvrácení nebo snížení ozáření posouzením možných variant a volbu takové, která svým způsobem provedení, rozsahem a dobou trvání přinese co největší čistý přínos.
- Při uskutečňování zásahu rozbořem obdržných dávek ve vztahu k prováděným opatřením a uvážením změny zvolených opatření a postupů.

Rozumně dosažitelná úroveň radiační ochrany se považuje za dostatečně prokázanou v těch případech, kdy z dané radiační činnosti ani za nepředvídatelných odchylek od běžného provozu nebude překročena roční efektivní dávka u žádného z radiačních pracovníků.

### **1.1.2 Limity ozáření**

Omezování ozářených osob, které by mohly být nebo jsou vystaveny působení ionizujícího záření, je zajišťováno limity ozáření jako závaznými kvantitativními ukazateli pro celkové ozáření z radiační činnosti. Jejich překročení není ve stanovených případech přípustné.

Dle vyhlášky č. 307/2002 Sb., limity ozáření dělíme na:

- obecné limity,
- limity pro radiační pracovníky,



- limity pro učně a studenty,
- odvozené limity,
- autorizované limity.

Obecné limity se vztahují na průměrné vypočtené ozáření v kritické skupině obyvatel, a to pro všechny cesty ozáření ze všech zdrojů ionizujícího záření a všechny činnosti vedoucí k ozáření, které přicházejí v úvahu (viz tabulka 1).

**Tabulka 1 Limity ozáření**

Veličina	Limity pro radiační pracovníky		Limity pro učně a studenty	Obecné limity
	Za 5 za sebou jdoucích roků (mSv)	Za rok (mSv)	Za rok (mSv)	Za rok (mSv)
E + E(t)	100	50	6	1
Oční čočka	-	150	50	15
Kůže	-	500	150	50
Končetiny	-	500	150	-

*Zdroj: Vyhláška č. 307/2002 Sb.*

Limity pro radiační pracovníky se vztahují na součet dávek ze všech cest ozáření a při všech pracovních činnostech, které radiační pracovník vykonává.

Limity pro učně a studenty platí od 16 do 18 let. Pro osoby starší 18 let platí limity jako pro radiační pracovníky. Limity pro učně a studenty se vztahují na ozáření, kterému jsou vědomě, dobrovolně a po poučení o rizicích s tím spojených vystaveny osoby po dobu své specializované přípravy na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření (Zákon č. 18/1997 Sb. a Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

Odvozené limity slouží jako pomocné ukazatele vyjádřené v měřitelných veličinách a používají se ve vybraných případech k prokazování, že limity pro radiační pracovníky nebyly překročeny (Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

Autorizované limity jsou závazné kvantitativní ukazatele stanovené zpravidla jako výsledek optimalizace radiační ochrany (Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

Pro profesní ozáření se nepřekročení limitů považuje za dostatečně prokázané, nejsou-li překročeny stanovené limity (Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

Pro radiační činnosti a zdroje ionizujícího záření, u nichž jsou v podmínkách povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) stanoveny autorizované limity specifické pro danou činnost nebo zdroj, se nepřekročení těchto limitů považuje za dostatečné k prokázání nepřekročení limitů ozáření (Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

### **1.1.3 Program monitorování**

Program monitorování zahrnuje monitorování pro běžný provoz, pro předvídatelné odchylky od běžného provozu i pro případy radiačních nehod a havárií. Dle Vyhlášky č. 307/2002 Sb., program monitorování obsahuje:

- návody na vyhodnocování výsledků měření;
- hodnoty referenčních úrovní a přehled příslušných opatření při jejich překročení;
- vymezení veličin, které budou monitorovány: způsob, rozsah, frekvence měření;
- specifikace metod měření, způsob, rozsah a frekvence měření;
- specifikace používaných typů měřících přístrojů, pomůcek a jejich parametrů.

Program monitorování musí být navržen takovým způsobem a v takovém rozsahu, aby za provozu pracoviště umožňoval ověřovat požadavky limitování ozáření, prokazoval optimalizaci radiační ochrany a zajišťoval další požadavky na bezpečný provoz pracovišť, především včasné zjištění odchylek od běžného provozu. Dojde-li ke změnám, program monitorování se aktualizuje. Monitorování se podle typu praxe navrhuje a zavádí jako:

- soustavné, nepřetržité (kontinuální) - je spojeno s danou praxí, musí potvrzovat, že dané pracovní podmínky zůstávají bezpečné v souladu s požadavky povolení;

- pravidelné (periodické) - v určených lhůtách se opakuje a jeho cílem je rovněž potvrzovat, že dané pracovní podmínky zůstávají bezpečné v souladu s požadavky povolení;
- operativní - prováděné při určité činnosti s cílem zhodnotit a zajistit přijatelnost této činnosti z hlediska systému limitování a podmínek povolení.

Program monitorování má dle rozsahu a způsobu nakládání se zdroji ionizujícího záření (ZIZ) nebo s radioaktivními odpady čtyři části (Vyhláška č. 307/2002):

- monitorování pracoviště;
- osobní monitorování;
- monitorování výpustí;
- monitorování okolí (ve zdravotnictví se neuplatňuje, nebude dále uváděn).

### **Monitorování pracoviště**

Monitorování pracoviště slouží k měření dávkového příkonu záření gama a kontaminace povrchů radioaktivními látkami na řadě míst stanovených v kontrolovaném pásmu i mimo něj. K tomuto účelu se používají vhodné přístroje, zpravidla k tomu určené počítače a proporcionalní detektory. Na tomto pracovišti rozlišujeme kontrolované a sledované pásmo (Klinika nukleární medicíny, Lékařské fakulty UP, 2016).

Kontrolované pásmo je tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv. Je to jednoznačně určená část pracoviště, stavebně oddělena se zajištěním proti nepovolanému vniknutí civilních osob. Na vchodech se označuje znakem radiační poškození a nebezpečí. Vstupovat sem mohou pouze poučené osoby. V kontrolovaném pásmu se personál vybavuje ochrannými pomůckami (Vyhláška č. 307/2002 sb.; Pejchal, 2013).

Sledované pásmo je tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 1 mSv ročně. Je to určená část pracoviště, která je zpravidla stavebně oddělena. Sledované pásmo se vymezuje na všech pracovištích s ionizujícím zářením (Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

### **Osobní monitorování**

Osobní monitorování slouží k určení osobních dávek. Provádí se sledováním, měřením a hodnocením individuálního zevního i vnitřního ozáření jednotlivých osob, zpravidla osobními dozimetry (Seidl, 2012).

Osobní dozimetr musí být nošen na referenčním místě, kterým je levá strana hrudníku. Pokud pracovník použije ochrannou stínící zástěru, musí být dozimetr umístěn na zástěře. Pracovník může být dodatečně vybaven dalším dozimetrem v případě, že dozimetr umístěný na referenčním místě nedovoluje odhad efektivní dávky a ekvivalentní dávky v orgánech a tkáních. Takovým dozimetrem je např.: prstový dozimetr (Radiální ochrana, 2007).

Zaměstnavatel musí zajistit, aby radiační pracovníci měli na požádání přístup k výsledkům svého osobního monitorování a výsledkům měření, na jejichž základě byly odhadnuty dávky, nebo k odhadům jejich dávek provedených na základě monitorování pracoviště. Tyto výsledky nesmí být zveřejňovány a seznámení pracovníků s nimi musí probíhat v souladu se zákonem o ochraně osobních údajů (Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

### **Monitorování výpustí**

Monitorování výpustí se uskutečňuje sledováním, měřením, zaznamenáváním a hodnocením veličin a parametrů charakterizujících uvolňované látky, zejména jejich celkovou hmotnost nebo objemovou aktivitu. Provádí se na všech pracovištích, kde dochází ke zneškodňování látek znečištěných radionuklidy, jejich řízeným uvolňováním nebo kde existuje možnost úniku závažného množství

radionuklidů do okolí. Slouží ke kontrole dodržování povolených výpustí nebo podmínek povolení a k včasnému zjištění a zhodnocení případných úniků a jejich důsledků na obyvatelstvo a životní prostředí v okolí pracoviště. Monitorování výpustí zabezpečuje ten, kdo radioaktivní látky vypouští. Aktivita vypuštěných radionuklidů musí být porovnatelná se stanoveným autorizovaným limitem. V nemocnici se s monitorováním výpustí setkáme na oddělení nukleární medicíny (Klener, 2000; Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

#### **1.1.4 Referenční úrovně monitorování**

Vedle limitů vedoucích k omezení nebo zastavení ozáření se v radiační ochraně, zejména pro hodnocení výsledků monitorování, používají hodnoty referenčních úrovní. To jsou hodnoty nebo kritéria pro předem stanovené postupy nebo opatření. Jsou tři druhy referenčních úrovní, (Klener, 2000; Kuna, 2005):

- úroveň záznamová – určuje od jaké hodnoty dávky nebo jí odpovídající měřené veličiny se mají výsledky monitorování zaznamenávat,
- úroveň vyšetřovací – indikuje vyšetření v důsledku překročení nebo jako horní mez obvykle vyskytujících se hodnot,
- úroveň zásahová – její dosažení je pokynem k provedení mimořádného opatření.

#### **1.1.5 Kategorizace radiačních pracovníků**

Radiačním pracovníkem je každá osoba vystavená profesnímu ozáření. Pro účely monitorování a lékařského dohledu se radiační pracovníci podle ohrožení zdraví ionizujícím zářením zařazují do kategorie A nebo B a to na základě očekávaného ozáření za běžného provozu, včetně předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu. Výjimkou je ozáření v důsledku radiační nehody nebo havárie (Vyhláška č. 307/2002 Sb.).

Předpokládá se, že pracovníci kategorie A jsou správně kategorizováni. Mají ve většině případů používat diskriminační osobní dozimetry. Díky tomu je v případě překročení stanovených referenčních úrovní zajištěna možnost včasného vyšetření událostí, jejího odstranění nebo napravení. U pracovníků kategorie A je u radiační ochrany nutno zajistit (Vyhláška č. 307/2002 Sb.; Seidl, 2005):

- vybavení osobními dozimetry a pravidelné výměny a vyhodnocování osobních dozimetrů podle schváleného programu monitorování,
- okamžitá výměna a vyhodnocení osobních dozimetrů v případě podezření nebo vzniku radiační nehody,
- seznámení pracovníků s výsledky vyhodnocení dávek z jejich osobních dozimetrů.

Pro pracovníky kategorie B není pravidelné osobní monitorování požadováno. Pro pracovníky je plně postačující jednoduchý dozimetr s tříměsíčním kontrolním obdobím, který může být doplněn prstovým dozimetrem opět v tříměsíčním období (Radiační ochrana, 2007).

## **1.2 Kategorizace pracovišť, kde se vykonává radiační činnost**

Pracoviště, kde se pracuje se zdrojem ionizujícího záření, se rozdělují vzestupně dle ohrožení zdraví a životního prostředí na pracoviště I., II., III. a IV. kategorie. Dle kategorizace pracovišť, kde se vykonávají radiační činnosti, § 12, 13, 14, 15, vyhlášky č. 307/2002 Sb. je:

### **Pracoviště I. kategorie**

- *„pracoviště s drobnými typově neschválenými zdroji ionizujícího záření;*
- *pracoviště s kostním denzitometrem;*
- *pracoviště s veterinárním, zubním nebo kabinovým RTG zářičem;*

- *pracoviště s indikačním nebo měřicím zařízením obsahujícím uzavřený radionuklidový zářič, na nichž charakter radiační činnosti nevyžaduje vymezení kontrolovaného pásma;*
- *pracoviště s technickým rentgenovým zařízením, na němž charakter radiační činnosti nevyžaduje vymezení kontrolovaného pásma;*
- *pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, pokud vybavení izolačními a ventilačními zařízeními a úroveň provedení kanalizace splňuje příslušné minimální požadavky“.*

## **Pracoviště II. kategorie**

- *„pracoviště s jednoduchým zdrojem ionizujícího záření, které není pracovištěm I. kategorie;*
- *pracoviště s RTG zařízením určeným k radiodiagnostice nebo radioterapii, kromě kostních densitometrů, kabinových a zubních rentgenových zařízení a veterinárních rentgenových zařízení;*
- *pracoviště s mobilním ozařovačem, s uzavřeným radionuklidovým zářičem, kromě těch pracovišť, u nichž s ohledem na typický způsob provozu pracoviště, související míru možného ozáření a potenciální riziko plynoucí z předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu bylo jejich zařazení do jiné kategorie určeno v rámci řízení o vydání povolení k provozu;*
- *pracoviště s indikačními nebo měřicími zařízeními obsahujícími uzavřené radionuklidové zářiče, na nichž charakter radiační činnosti vyžaduje vymezení kontrolovaného pásma;*
- *pracoviště s technickými rentgenovými zařízeními, na nichž charakter radiační činnosti vyžaduje vymezení kontrolovaného pásma;*
- *pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, pokud vybavení izolačními a ventilačními zařízeními a úroveň provedení kanalizace splňuje příslušné minimální požadavky;*

- *pracoviště s kompaktním mimotělním ozařovačem krve s uzavřeným radionuklidovým zářičem“.*

### **Pracoviště III. kategorie**

- *„pracoviště s urychlovačem částic;*
- *pracoviště se zařízením obsahujícím uzavřený radionuklidový zářič určené k radioterapii, včetně brachyterapie, klasifikovaným jako významný zdroj;*
- *uznaný sklad;*
- *pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, pokud vybavení izolačními a ventilačními zařízeními a úroveň provedení kanalizace splňuje příslušné minimální požadavky;*
- *pracoviště se stacionárním průmyslovým ozařovačem určeným k ozařování potravin a surovin, předmětů běžného užívání nebo jiných materiálů;*
- *pracoviště pro těžbu a zpracování uranové rudy zahrnující těžbu, úpravu, nakládání s koncentrátem, provoz dekontaminačních stanic, shromažďování produktů hornické činnosti na odvalech a v kalových polích“.*

### **Pracoviště IV. kategorie**

- *„jaderné zařízení;*
- *úložiště radioaktivních odpadů;*
- *pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, které s ohledem na vysoké aktivity zpracovávají současně na jednom pracovním místě, na typický způsob provozu pracoviště a související míru možného ozáření a potenciální riziko plynoucí z předvídatelných odchylek od běžného provozu nelze zařadit do nižší kategorie;*
- *sklad vyhořelého nebo ozářeného jaderného paliva“.*



### **1.3 Radiační ochrana na pracovištích s ionizujícím zářením**

Ionizující záření může mít nežádoucí účinky, jak již bylo zmíněno. Proto je potřeba se před ním chránit a provádět pravidelné kontroly. Klener (2000) udává, že mezi základní způsoby ochrany před zářením patří:

- ochrana časem – pracovat se zdrojem, v co nejkratším čase;
- ochrana vzdáleností – pracovat, v co největší vzdálenosti od zdroje;
- ochrana stíněním – stínění se vkládá mezi pracovníka a záření, patří sem např.: ochranná zástěra, ochranný límec, ochranné rukavice, ochranný štít, izolování vyšetřovny.

#### **Pravidelné kontroly**

Pracovník, který pracuje na rizikovém pracovišti je povinen podrobovat se pravidelným preventivním prohlídkám. Rizikové pracoviště je takové, kde je vymezeno kontrolované pásmo. Jak už bylo zmíněno, kontrolované pásmo se vymezuje všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně. Cílem pravidelné prohlídky je omezit deterministické účinky a zabránit vzniku stochastických účinků, které mohou vzniknout v důsledku nehod na pracovišti (Spurný, 1999).

#### **Ochrana před zářením se rozděluje na ochranu personálu a ochranu pacientů.**

Skupiny osob, které zahrnuje radiační ochrana (Radioterapie 2015):

- zdravotničtí pracovníci, kteří se podílejí na léčebném procesu (lékaři, asistenti; technici, fyzici, zdr. sestry);
- osoby, které mohou být na radioterapeutickém oddělení přítomny (doprovod pacientů);
- léčení pacienti.

## **Radiační ochrana pacientů**

K vyšetření mají být indikováni pacienti, kteří vyšetření absolutně potřebují. Nelze připustit opakování téhož vyšetření. Vyšetření provádíme co nejkratší dobu (Spurný, 1999).

## **Radiační ochrana pracovníků**

Pracovník musí postupovat tak, aby byl zářením co nejméně ohrožen. Pro zdravotnické pracovníky a přítomné osoby jsou na oddělení s ionizujícím zářením stanoveny limity. Ochrana pracovníků při práci a pobytu na pracovišti s ionizujícím zářením musí být optimalizovaná jako při každé činnosti vedoucí k ozáření. Pro dosažení požadované úrovně ochrany se uplatňují obecné zásady, které vedou ke snížení ozáření: tj. stínění, vzdálenost, čas, případně administrativní opatření (Spurný, 1999; Klener, 2000).

### **1.3.1 Radiační ochrana v radiodiagnostice**

Radiodiagnostika je ta část radiologie, která slouží převážně k diagnostickým a k terapeutickým výkonům. Cílem není pouze stanovení diagnózy, ale také získání obrazové informace po provedeném chirurgickém zákroku, sledování průběhu onemocnění a průběžné kontrole prováděného intervenčního výkonu (Klener, 2000).

## **Radiační ochrana personálu**

Radiologický asistent si i na tomto oddělení musí uvědomovat fyzikální zákony (záření ubývá se čtvercem vzdálenosti). Při práci s rentgenem (RTG) se personál během záření ukrývá v ovladovně. Při práci s pojízdným RTG užívá dálkový stykač s kabelem dlouhým 150 cm a ukrývá se. U skiaskopického vyšetření používá

ochranou zástěru s límcem, popřípadě rukavice. Nosí dozimetr a pravidelně prochází kontrolou (Chudáček, 1995).

### **Radiační ochrana pacienta**

Při radiační ochraně pacienta je důležité používat na rentgenu správné filtrace, přesné vyclonění primární clony a užitečného svazku záření na vyšetřovaný orgán. Vzdálenost ohniska od kůže nesmí být menší než 35 cm. V generační době je třeba genitálie pacienta chránit stínidlem (Chudáček, 1995).

### **1.3.2 Radiační ochrana v nukleární medicíně**

Nukleární medicína je obor zabývající se diagnostikou a léčbou pomocí radioaktivních zářičů aplikovaných do vnitřního prostředí organismu. Převážnou část tvoří zobrazovací diagnostika, v menší míře laboratorní diagnostika a léčba (Kupka, 2007).

#### **Radiační ochrana pracovníků:**

U radiační ochrany pracovníků v nukleární medicíně je také důležité dodržovat:

- ochranu vzdáleností: manipulace s radiofarmakem v pinzetách s dlouhou rukojetí,
- ochranu časem: blízký kontakt s pacientem po nezbytnou dobu, stejně tak manipulace s radiofarmakem, jen po co nejkratší dobu.
- ochranu stíněním: olověný kryt pro lahvičku s radiofarmakem (RF), olověný kryt stříkačky, olověná (Pb) zástěra, Pb sklo u vyšetřovny a u boxu pro přípravu radiofarmak, Pb plech na dveřích a plexisklo pro zářiče beta ( $\beta$ ).

Prevence a kontrola kontaminace:

- Zevní: rukavice, ochranný oděv, dostupná sprcha, dozimetr k proměření ozáření. Průběžné monitorování prostředí (zevní záření i povrchová kontaminace – plošná aktivita v Bq.cm<sup>2</sup>).
- Vnitřní: v kontrolovaném pásmu je zakázáno jíst a pít. Vdechování jódu (<sup>131</sup>I) při vyšetření omezíme např.: tím, že pacient si podá terapeutickou dávku sám a omezujeme pobyt v místnosti u pacienta po aplikaci (Šabata, 2015).

### **Radiační ochrana pacientů a osob v jejich okolí:**

Z důvodu radiační ochrany pacientů a osob v jejich okolí se používají co nejnižší dávky radiofarmak, které jsou dostačující pro získání kvalitní diagnostické informace. U dětí je nutné upravit množství radiofarmak podle tělesné hmotnosti – dle tabulek Evropské asociace nukleární medicíny (Šabata, 2015).

### **1.3.3 Radiační ochrana v radioterapii**

Radioterapie je klinický vědecký obor zabývající se léčbou maligních i benigních onemocnění. Mohou se léčit samostatně nebo v kombinaci s jinými léčebnými modalitami. Samozřejmou součástí je precizní zaměření dávky záření v definovaném nádorovém objemu s minimálním poškozením okolní zdravé tkáně. Výsledkem je zničení nádoru, obnova vysoké kvality života a jeho prodloužení (Spurný, 1999).

### **Radiační ochrana pracovníků**

Pracovník musí i na oddělení radioterapie postupovat tak, aby byl zářením co nejméně ohrožen. I pro pracovníky na tomto oddělení jsou stanoveny limity a jejich ochrana při práci a pobytu. Limity musí být optimalizovány jako při každé činnosti vedoucí k ozáření. Pro dosažení požadované úrovně ochrany se uplatňují obecné

zásady, které vedou ke snížení ozáření: tj. stínění, vzdálenost, čas, případně administrativní opatření (Spurný, 1999 a Klener, 2000).

### **Radiační ochrana pacientů**

Radiační ochrana pacientů má v radioterapii své zvláštní rysy. Důležitou podmínkou účinné a bezpečné léčby zářením je správné naplánování. Indikace léčby zářením by měla vzejít z rozhodnutí týmu, ve kterém je obvykle radiolog, patolog, chirurg, radiační onkolog a chemoterapeut, případně jiní odborníci (Klener, 2000).

Příprava na radioterapeutický zákrok obsahuje, dle Havlík, 2016 a Peterka, 2006:

- Diagnostiku pomocí všech dostupných metod.
- Určení cílového objemu a tvorbu ozařovacího plánu - Radiační onkolog stanoví cílový objem plus bezpečnostní lem kompenzující pohyb orgánů a drobné nepřesnosti zaměření ozařovacích polí. Celou tuto oblast si zobrazí pomocí počítačové tomografie (CT). V další fázi se modeluje rozložení dávky z různých kombinací svazků záření (ozařovací pole).
- Simulace budoucího ozáření - Správnost ozařovacích polí se kontroluje na speciálním přístroji, který se nazývá simulátor. Teprve pak proběhne ozáření na ozařovači.
- Verifikace - Při každém nastavení se znovu kontroluje přesnost ozáření neboli verifikace.

Jelikož se jedná o výkon, zachraňující život pacienta, nelze u pacientů uplatňovat žádné limity dávek.

## **1.4 Vysoké školy, na kterých probíhá výuka oboru Radiologický asistent**

V České republice se vyskytuje osm vysokých škol vyučujících obor Radiologický asistent, v prezenční nebo kombinované formě studia. Mezi tyto školy patří:

- České vysoké učení technické v Praze – Fakulta biomedicínského inženýrství,
- Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích – Zdravotně sociální fakulta,
- Masarykova univerzita – Lékařská fakulta,
- Ostravská univerzita v Ostravě – Lékařská fakulta,
- Univerzita Palackého v Olomouci – Fakulta zdravotních věd,
- Univerzita Pardubice – Fakulta zdravotnických studií,
- Západočeská univerzita – Fakulta zdravotnických studií,
- Vysoká škola zdravotnická, o. p. s. v Praze 5.

## **1.5 Statistické metody**

Statistické metody pronikají do mnoha matematických i nematematických vědních oborů. Stále častěji se střetáváme s využitím ve výzkumné a výrobní sféře, při zpracování a interpretaci experimentálních údajů apod. Tyto úlohy nelze řešit bez teoretických znalostí moderních metod pravděpodobnosti a matematické statistiky (Lamoš, 1989).

## 1.5.1 Základní metody deskriptivní statistiky

Formulace statistického šetření je u zadaného příkladu uskutečněna vymezením výběrového statistického souboru 53 respondentů kombinovaného studia a 57 respondentů prezenčního studia. V rámci tohoto vymezení musí být přesně charakterizované všechny navazující pojmy, (Záškodný, 2011):

- hromadný náhodný jev (HNJ) - udává činnost nebo proces, jejichž výsledek nelze s jistotou předpovědět a které se odehrávají v rozsáhlé množině prvků;
- statistická jednotka (SJ) - je stanovena stejnými vlastnostmi prvků zkoumané množiny;
- statistický znak (SZ) - udává odlišné vlastnosti prvků zkoumané množiny;
- hodnoty statistického znaku (HSZ) - udávají způsob popisu statisticky zkoumaného znaku;
- základní statistický soubor a jeho rozsah (ZSS) - je rozsah, který se rovná počtu všech statistických jednotek;
- náhodný výběr (NV) - udává omezený počet zkoumaných statistických jednotek;
- výběrový statistický soubor a jeho rozsah (VSS) - se propojuje s výběrovými charakteristikami a je udávám statistickými jednotkami, které byly vybrány ze základního statistického souboru.

### Škálování a měření

Škálování má za úkol rozčlenit hodnoty statistického znaku do počtu skupin, které se nazývají prvky škály. Souhrn prvků škály tvoří škálu (Záškodný, 2011).

Měření je proces, na jehož základě je každé statistické jednotce výběrového statistického souboru přiřazen jeden z prvků škály  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ . Měřením zjistíme, že prvek škály  $x_i$  byl naměřen  $n_i$  krát. Hodnoty  $n_i$  jsou označovány jako absolutní

četnosti, součet těchto hodnot je roven rozsahu  $n$  výběrového statistického souboru (Záškodný, 2011).

### **Elementární statistické zhodnocení**

Výsledky měření uspořádám, graficky vyjádřím a parametrizuji vhodnými empirickými parametry. Výsledkem elementárního statistického zpracování bude empirický obraz zkoumaného výběrového statistického souboru VSS. „Uspořádání“, „grafické vyjádření“ a „parametrizaci“ lze vystihnout třemi základními výsledky elementárního statistického zpracování – „tabulkou“, „empirickými rozděleními“ a „neparametrickým testováním“ (Záškodný, 2011).

Tabulka bude obsahovat osm sloupců. První čtyři sloupce jsou potřebné pro zpřehlednění výsledku měření a pro znázornění empirických rozdělení. Zbývající čtyři sloupce mají pomocný význam a slouží k snadnému a rychlému výpočtu empirických parametrů (Záškodný, 2011).

### **Empirické parametry**

Empirické parametry vystihují povahu zkoumaného statistického souboru. Dělíme je podle toho, který rys zkoumaného statistického souboru (zkoumaného statistického znaku) vystihují, dle (Záškodný, 2011):

- parametry polohy,
- parametry proměnlivosti (variability),
- parametry šikmosti,
- parametry špičatosti.

Druhým dělením je dělení empirických parametrů podle způsobu jejich výpočtu:

- momentové parametry (vystupují jako funkce všech hodnot statistického znaku),



- kvantilové parametry (reprezentují jen určité hodnoty statistického znaku).

### **Momentové parametry:**

- obecné momenty,
- centrální momenty,
- normované momenty.

### **Obecné vztahy pro obecné a centrální parametry**

- obecný moment r řádu:  $O_r(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^r$ ,
- obecný oment 1. řádu:  $O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$ ,
- centrální moment r řádu:  $C_r(x) = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^r$ ,
- centrální moment 2. řádu:  $C_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2$ ,
- směrodatná odchylka:  $S_x = \sqrt{C_2}$ .

Obecný moment 1. řádu  $O_1$  je aritmetický průměr a určuje parametr polohy. Centrální moment 2. řádu  $C_2$  je empirický rozptyl a určuje parametr proměnlivosti. Druhá odmocnina empirického rozptylu je směrodatná odchylka (Záškodný 2011).

### **Vyjádření centrálních momentů prostřednictvím momentů obecných**

- $C_2(x) = O_2 - (O_1)^2$ ,
- $C_3(x) = O_3 - 3 * O_2 * O_1 + 2 * (O_1)^3$ ,
- $C_4(x) = O_4 - 4 * O_3 * O_1 + 6 * O_2 * (O_1)^2 - 3 * (O_1)^4$ .

## Vyjádření normovaných momentů pomocí centrálních momentů

$$- N_3(x) = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}},$$

$$- N_4(x) = \frac{C_4}{C_2^2}.$$

Parametr šikmosti poté nese název koeficient šikmosti. A je nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 3. řádu  $N_3(x)$ .

Parametr špičatosti poté nese název koeficient špičatosti. A je nejčastěji určován normovaným momentem 4. řádu  $N_4(x)$ .

Veličina, která srovnává špičatost empirického rozdělení se špičatostí známého normovaného normálního rozdělení, se nazývá excés. Veličina excés je definovaná vztahem,  $\text{excés} = N_4 - 3$  (Záškodný, 2011).

### 1.5.2 Základní metody statistické matematiky

Matematická statistika vytváří metody pro analýzu dat. Využívá při tom statistické indukce. Cílem je vyjádřit výsledky popisné statistiky vhodnými konstrukty odvozenými z teorie pravděpodobnosti a ty dále matematicky zpracovávat. Mezi metody matematické statistiky patří neparametrické testování, teorie odhadů, parametrické testování a měření statistických závislostí (Budíková, 2010).

#### Neparametrické metody

Mezi neparametrické metody patří použití neparametrických testů. Mezi nejvýznamnější patří test dobré shody ( $\chi^2$  – test, Kolmogorův-Smirnovův). Jednou z jeho předností je, že vychází z původních jednotlivých hodnot. Test se používá k ověření hypotézy, že pořizovaný výběr pochází z rozdělení se spojitou funkcí  $F(u_i)$ , která ovšem musí být specifikovaná včetně všech parametrů. Postup spočívá ve

výpočtu integrálů (výpočet jednotlivých ploch za pomoci zavedení proměnné  $u$ ), použití funkce  $F(u_i)$ , kdy data budou získána ze statistických tabulek a následně použití  $\chi^2$ -testu, z nichž je potřeba určit  $\chi_{\text{exp}}^2$  a  $\chi_{\text{teor}}^2$  (Hindls, 2006).

### **Parametrické metody**

V parametrických metodách je nejčastěji používán dvouvýběrový test, (studentův) t-test. Používá se k porovnání středních hodnot dvou normálních rozdělení. Parametrické testování můžeme rozdělit na jednovýběrové a na dvouvýběrové. V případě jednovýběrového testování hypotézy o rovnosti středních hodnot jsou používány jednovýběrové testy u-test a t-test. V případě dvouvýběrového testování hypotézy o rovnosti středních hodnot se používají dvouvýběrové testy: f- test, u-test a t-test. V případě dvouvýběrového t-testu testujeme nulovou hypotézu:  $H_0 : n_1 = n_2$  (Havránek, 1993; Pecáková, 2008; Bedáňová, 2007).

## **2 Hypotézy a metodika výzkumu**

### **2.1 Hypotézy**

**Hypotézy této bakalářské práce byly stanoveny následovně:**

- 1) Znalosti radiologických asistentů budou mít normální rozdělení.
- 2) Úroveň znalostí studentů kombinovaného a prezenčního studia bude srovnatelná.

### **2.2 Metodika výzkumu**

Při zpracování teoretické části byly využity především odborné literární zdroje, zákonné normy, odborné články a internetové zdroje obsahující informaci o radiační ochraně.

Předmětem praktické části je kvantitativní výzkum. Data byla získána pomocí dotazníkového šetření. Dotazník byl zpracován ve formě testu obsahujícího 15 otázek se zaměřením na znalosti v oblasti radiační ochrany, viz Příloha A. V každé otázce byly 4 možnosti odpovědí, z nichž pouze jedna byla správná. Dotazník byl předložen respondentům z kombinované a prezenční formy studia oboru Radiologický asistent.

Osloveny byly všechny vysoké školy, na kterých se obor Radiologický asistent vyučuje v prezenční nebo kombinované formě studia. Internetový odkaz na online vyplnění tohoto dotazníku byl zaslán garantům studijního oborů na níže zmíněných vysokých škol, kteří ho předali studentům 1. – 3. ročníku kombinovaného a prezenčního studia oboru Radiologický asistent. Vyplněný dotazník jsem získala ze 7 níže uvedených škol. Celkem bylo vyplněno 110 dotazníků. 53 dotazníků bylo vyplněno respondenty z kombinovaného studia, 57 dotazníků bylo vyplněno respondenty z prezenčního studia.

Stanovená hypotéza bude testována prostřednictvím matematické statistiky. Bylo použito parametrické a neparametrické testování.

Dotazník k bakalářské práci vyplňovali studenti z těchto vysokých škol:

- České vysoké učení technické v Praze – Fakulta biomedicínského inženýrství,
- Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích – Zdravotně sociální fakulta,
- Masarykova univerzita – Lékařská fakulta,
- Ostravská univerzita v Ostravě – Lékařská fakulta,
- Univerzita Palackého v Olomouci – Fakulta zdravotních věd,
- Univerzita Pardubice – Fakulta zdravotnických studií,
- Západočeská univerzita – Fakulta zdravotnických studií.

### 3 Výsledky

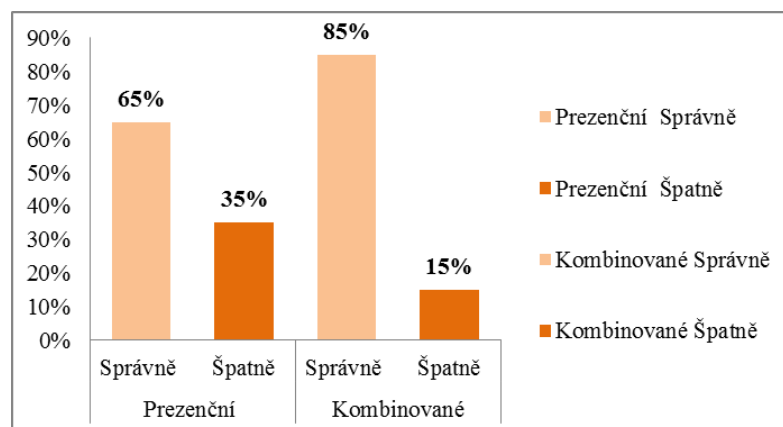
V této kapitole budou vyhodnoceny výsledky dotazníkového šetření.

#### 3.1 Výsledky dotazníkového šetření

**Otázka č. 1: Hlavním cílem radiační ochrany je:**

- a) **Zabránit vzniku deterministických účinků a omezit na přijatelnou úroveň účinky stochastické.**
- b) Zabránit všem účinkům ionizujícího záření.
- c) Zabránit nepřekročení základních limitů a zamezit ztrátě a odcizení zdrojů ionizujícího záření.
- d) Zabránit vzniku stochastických účinků a omezit na přijatelnou úroveň účinky deterministické.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 1.



**Obrázek 1 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 1**

*Zdroj: vlastní výzkum*

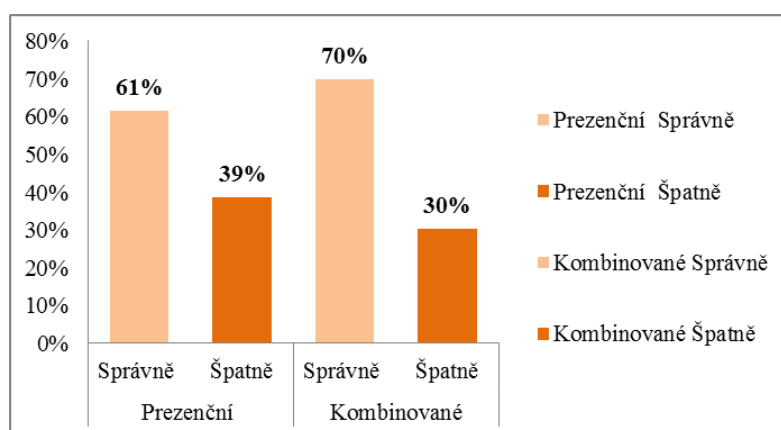
Správnou odpověď označilo 37 respondentů prezenčního studia (65 %) a 45 respondentů kombinovaného studia (85 %). Chybnou odpověď označilo 20

respondentů prezenčního studia (35 %) a pouze 8 respondentů kombinovaného studia (15 %).

**Otázka č. 2: Deterministické účinky se vyznačují tím, že:**

- a) I malá dávka může způsobit genetické poruchy.
- b) S rostoucí dávkou se zvyšuje riziko vzniku rakoviny.
- c) Neexistuje žádná prahová dávka, účinky se vyskytnou vždy.
- d) Pro daný účinek existuje prahová dávka, po jejímž překročení se projeví u všech osob.**

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 2.



**Obrázek 2 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 2**

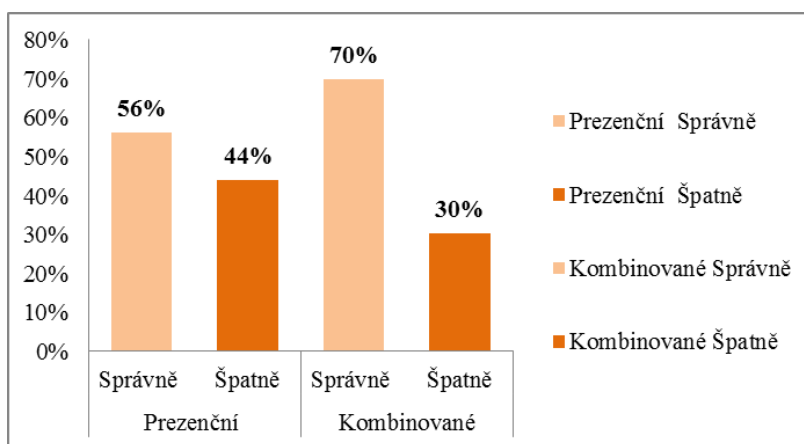
*Zdroj: vlastní výzkum*

Z výsledků vyplývá, že správnou odpověď u druhé otázky označilo 35 respondentů prezenčního studia (61 %) a 37 respondentů kombinovaného studia (70 %). Chybnou odpověď označilo 22 respondentů prezenčního studia (39 %), 16 respondentů kombinovaného studia (30 %).

**Otázka č. 3: Stochastické (pravděpodobnostní) účinky se vyznačují tím, že:**

- a) Pro daný účinek existuje prahová dávka, po jejímž překročení se projeví.
- b) Se stoupající dávkou roste závažnost poškození nádorových buněk.
- c) S rostoucí dávkou se nezvyšuje riziko vzniku výskytu nádorů a genetických změn.
- d) Pro ně neplatí prahová dávka, i malá dávka zvyšuje pravděpodobnost vzniku nádorových onemocnění a genetických změn.**

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 3.



**Obrázek 3 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 3**

*Zdroj: vlastní výzkum*

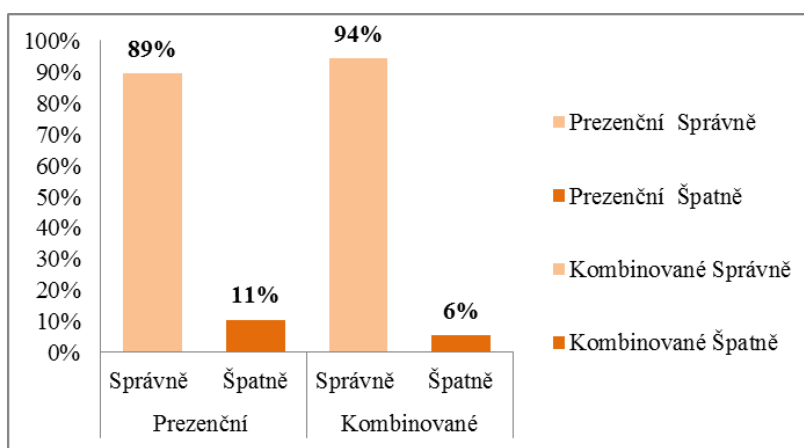
S nemalým rozdílem jsme se setkali u třetí otázky. Správnou odpověď označilo 32 respondentů prezenčního studia (56 %) a 37 respondentů kombinovaného studia (70 %). Chybnou odpověď označilo 25 respondentů prezenčního studia (44 %) a 16 respondentů kombinovaného studia (30 %).



**Otázka č. 4: Jednotkou absorbované dávky je:**

- a) Gray [Gy],
- b) Sievert [Sv],
- c) Becquerel [Bq],
- d) Joule [J].

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 4.



**Obrázek 4 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 4**

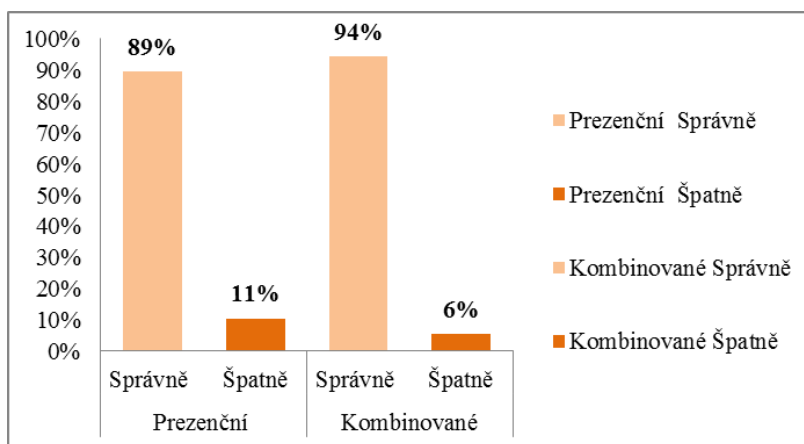
*Zdroj: vlastní výzkum*

Výborné výsledky jsou u otázky č. 4. Správně označilo 51 respondentů prezenčního studia (89 %) a 50 respondentů kombinovaného studia (94 %). Chybnou odpověď označilo pouze 6 respondentů prezenčního studia (11 %) a 3 respondenti kombinovaného studia (6 %).

**Otázka č. 5: Jednotkou ekvivalentní dávky je:**

- a) Gray [Gy],
- b) Becquerel [Bq],
- c) **Sievert [Sv],**
- d) Joule [J].

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 5.



**Obrázek 5 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 5**

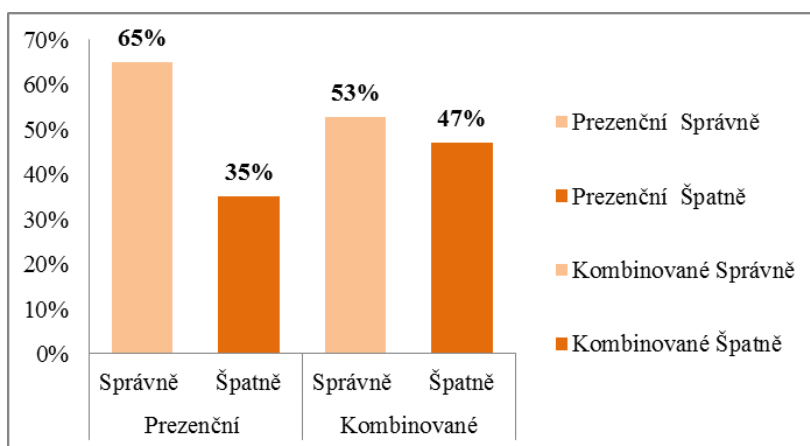
*Zdroj: vlastní výzkum*

Se stejnými výsledky, jako u předchozí otázky jsme se setkali u otázky č. 5. Správně odpověď označilo 51 respondentů prezenčního studia (89 %) a 50 respondentů kombinovaného studia (94 %), špatnou odpověď označilo 6 respondentů prezenčního studia (11 %) a 3 respondenti kombinovaného studia (6 %). Odpovědi byly se čtvrtou otázkou shodné.

**Otázka č. 6: Limity pro radiační pracovníky jsou stanoveny:**

- a) 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků,
- b) 200 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků,
- c) 50 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků,
- d) 150 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních rok.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 6.



**Obrázek 6 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 6**

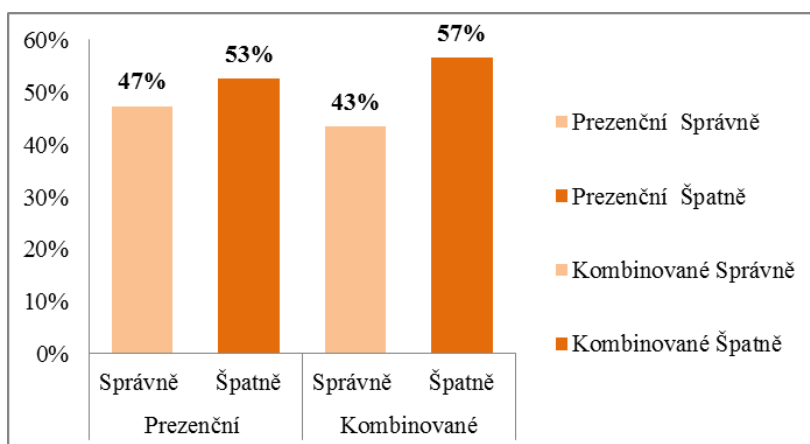
*Zdroj: vlastní výzkum*

Správnou odpověď u šesté otázky označilo 37 respondentů prezenčního studia (65 %) a 28 respondentů kombinovaného studia (53 %). 20 respondentů prezenčního studia (35 %) a 25 respondentů kombinovaného studia (47 %) označilo odpověď chybně.

**Otázka č. 7: Limity pro učně a studenty jsou stanoveny:**

- a) 2 mSv za kalendářní rok,
- b) 6 mSv za kalendářní rok,**
- c) 10 mSv za kalendářní rok,
- d) 5 mSv za kalendářní rok.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 7.



**Obrázek 7 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 7**

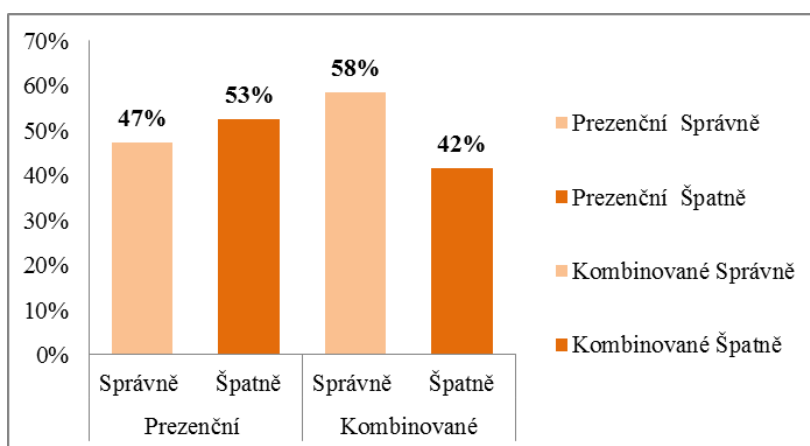
*Zdroj: vlastní výzkum*

Správnou odpověď označilo 27 respondentů prezenčního studia (47 %) a 23 respondentů kombinovaného studia (43 %). Chybnou odpověď označilo 30 respondentů prezenčního studia (53 %), 30 respondentů kombinovaného studia (57 %). Tato otázka se setkala s nejnižším počtem správných odpovědí.

**Otázka č. 8: Průměrnou dávka při RTG vyšetření plic (zadopřední projekce (PA) bude:**

- a) 2 mSv / snímek,
- b) 20 mSv / snímek,
- c) 0,2 mSv / snímek,
- d) 0,02 mSv / snímek.**

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 8.



**Obrázek 8 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 8**

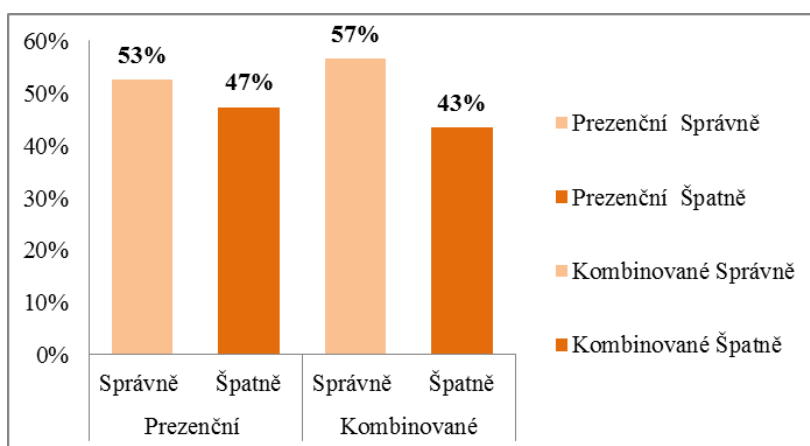
*Zdroj: vlastní výzkum*

27 respondentů prezenčního studia (47 %) a 31 respondentů kombinovaného studia (58 %) odpovědělo správně na osmou otázku. Chybnou odpověď označilo 30 respondentů prezenčního studia (53 %) a 22 respondentů kombinovaného studia (42 %).

**Otázka č. 9: Akutní nemoc z ozáření se rozvíjí:**

- a) Po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 10 mGy.
- b) Po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 10 Gy.
- c) Po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 1 Gy.**
- d) Po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 5 Gy.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 9.



**Obrázek 9 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 9**

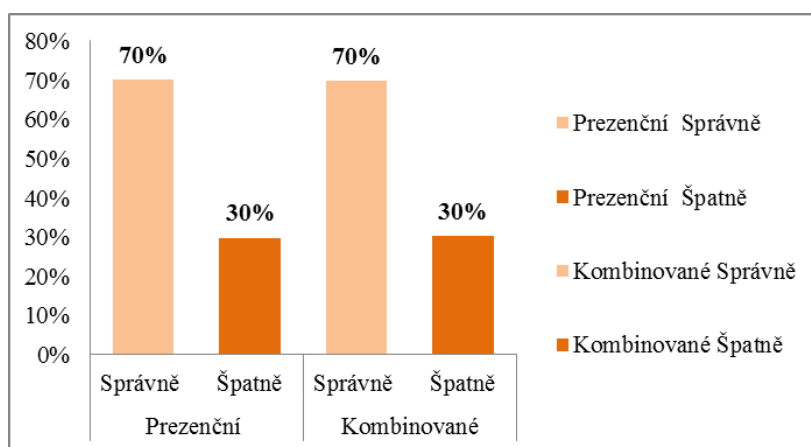
*Zdroj: vlastní výzkum*

Spíše s průměrnými odpověďmi jsme se setkali u otázky číslo devět. Správnou odpověď označilo 30 respondentů prezenčního studia (53 %) a 30 respondentů kombinovaného studia (57 %). Chybnou odpověď označilo 27 respondentů prezenčního studia (47 %) a 23 respondentů kombinovaného studia (43 %).

**Otázka č. 10: Pracoviště s rentgenovým zařízením určeným k radiodiagnostice patří do:**

- a) Pracoviště II. kategorie.
- b) Pracoviště I. kategorie.
- c) Pracoviště IV. kategorie.
- d) Pracoviště VI. kategorie.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 10.



**Obrázek 10 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 10**

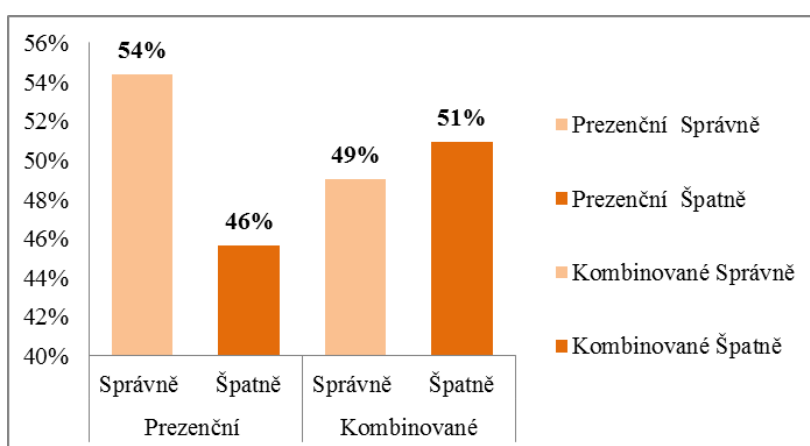
*Zdroj: vlastní výzkum*

Správnou odpověď označilo až 40 respondentů prezenčního studia (70 %) a 37 respondentů kombinovaného studia (70 %). Chybnou odpověď označilo jen 17 respondentů prezenčního studia (30 %) a 16 respondentů kombinovaného studia (30 %).

**Otázka č. 11: Pracoviště s urychlovačem částic patří do:**

- a) **Pracoviště III. kategorie.**
- b) Pracoviště I. kategorie.
- c) Pracoviště V. kategorie.
- d) Pracoviště II. kategorie.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 11.



**Obrázek 11 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 11**

*Zdroj: vlastní výzkum*

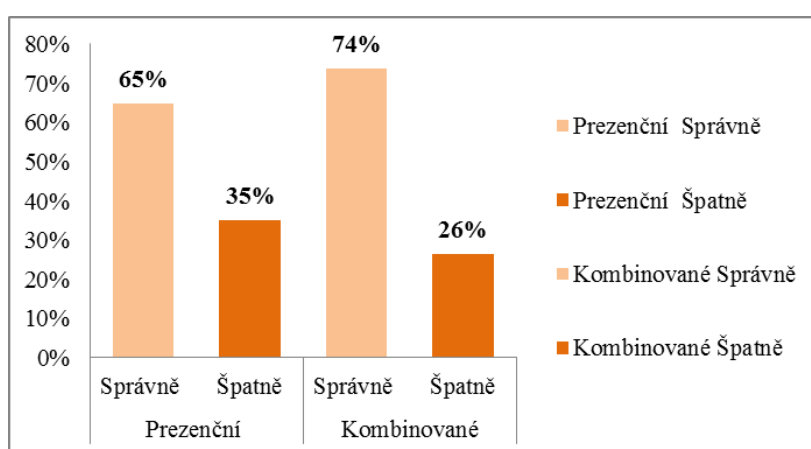
Jedenáctá otázka byla ve výsledcích oproti předchozí otázce horší. Správnou odpověď označilo pouze 31 respondentů prezenčního studia (54 %) a 26 respondentů kombinovaného studia (49 %). Chybnou odpověď označilo 26 respondentů prezenčního studia (46 %) a 21 respondentů kombinovaného studia (51 %).



**Otázka č. 12: Pokud zvýšíme vzdálenost od zdroje ionizujícího záření na dvojnásobek, dávka (resp. dávkový příkon) se sníží:**

- a) 4x,
- b) 2x,
- c) 8x,
- d) 12x.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 12.



**Obrázek 12 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 12**

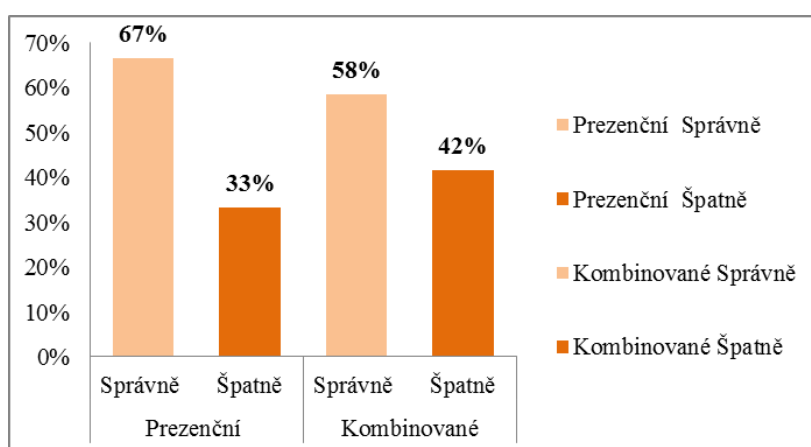
*Zdroj: vlastní výzkum*

Více než polovina dotázaných označila správnou odpověď, a to 37 respondentů prezenčního studia (65 %) a 39 respondentů kombinovaného studia (74 %). Chybnou odpověď označilo 20 respondentů prezenčního studia (35 %), 14 respondentů kombinovaného studia (26 %).

**Otázka č. 13: Průměrná hodnota efektivní dávky za rok z přírodního pozadí v ČR se pohybuje:**

- a) 1 – 2 mSv / rok,
- b) 3 – 4 mSv / rok,**
- c) 6 – 8 mSv / rok,
- d) 5 – 6 mSv / rok.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 13.



**Obrázek 13 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 13**

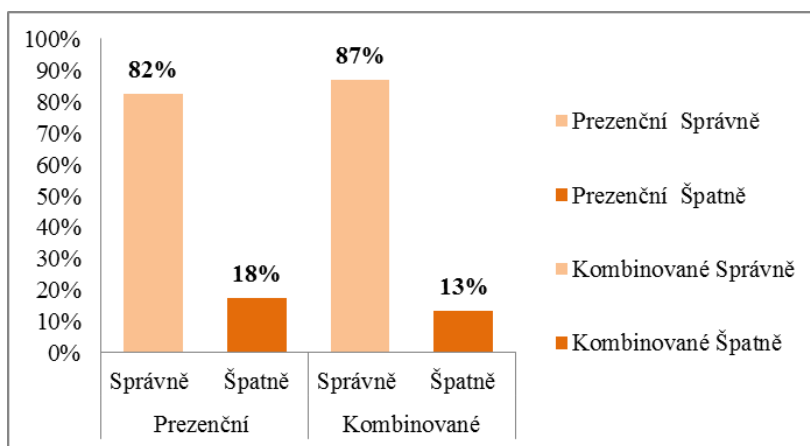
*Zdroj: vlastní výzkum*

Třináctá otázka se setkala s dobrými výsledky. Správně odpověď označilo 38 respondentů prezenčního studia (67 %) a 31 respondentů kombinovaného studia (58 %). Chybnou odpověď označilo 19 respondentů prezenčního studia (33 %) a 22 respondentů kombinovaného studia (42 %).

**Otázka č. 14: Z přírodních zdrojů nejvíce přispívá k ozáření populace v ČR:**

- a) kosmické záření,
- b) uran,
- c) terestrální záření,
- d) radon.**

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 14.



**Obrázek 14 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 14**

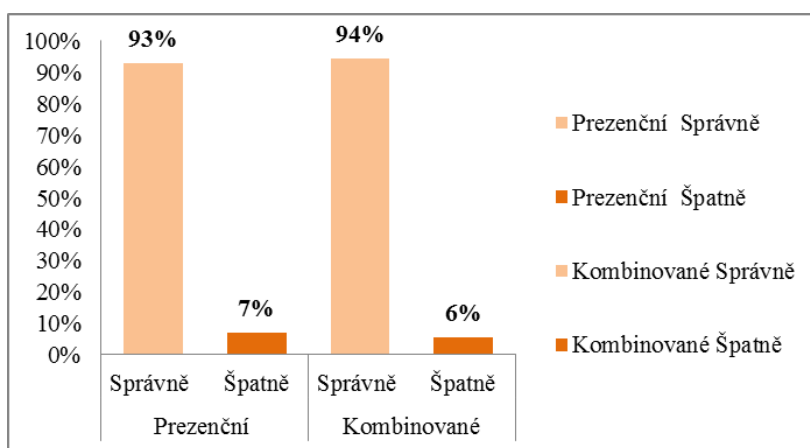
*Zdroj: vlastní výzkum*

U této otázky byly výsledky výborné. Správnou odpověď označilo 47 respondentů prezenčního studia (82 %) a 46 respondentů kombinovaného studia (87 %). Chybnou odpověď označilo 10 respondentů prezenčního studia (18 %) a jen 7 respondentů kombinovaného studia (13 %).

**Otázka č. 15: Základním způsobem ochrany před vnějším ozářením je:**

- a) využití principu ochrany vzdáleností, časem, stíněním,
- b) použití osobních dozimetrů,
- c) využití speciálních potravinových doplňků,
- d) využití ventilace a klimatizace na oddělení.

Výsledky jsou znázorněny na obrázku 15.



**Obrázek 15 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 15**

*Zdroj: vlastní výzkum*

Nejllepších výsledků dosáhli respondenti u této otázky. Správnou odpověď označilo dokonce 53 respondentů prezenčního studia (93 %) a 50 respondentů kombinovaného studia (94 %). Za to chybnou odpověď označili jen 4 respondenti prezenčního (7 %) a 3 respondenti kombinovaného studia (6 %).

V tabulkách 2, 3, 4 je uveden přehled četností jednotlivých odpovědí respondentů kombinovaného studia, prezenčního studia a následně všech respondentů celkem.

**Tabulka 2 – Přehled četností odpovědí respondentů prezenčního studia**

Otázka	Varianta odpovědi				% správných odpovědí
	A	B	c	d	
1	37	5	10	5	65 %
2	7	11	4	35	61 %
3	12	8	5	32	56 %
4	51	6	0	0	89 %
5	4	2	51	0	89 %
6	37	3	14	3	65 %
7	11	27	9	10	47 %
8	8	4	18	27	47 %
9	5	11	30	11	53 %
10	40	11	5	1	70 %
11	31	5	15	6	54 %
12	37	13	5	2	65 %
13	12	38	3	4	67 %
14	8	2	0	47	82 %
15	53	3	0	1	93 %

*Zdroj: vlastní výzkum*

*Tabulka 3 – Přehled četností správných odpovědí respondentů kombinovaného studia*

Otázka	Varianta odpovědi				% správných odpovědí
	A	B	c	d	
<b>1</b>	45	1	4	3	85 %
<b>2</b>	8	6	2	37	70 %
<b>3</b>	5	7	4	37	70 %
<b>4</b>	50	3	0	0	94 %
<b>5</b>	2	1	50	0	94 %
<b>6</b>	28	2	13	10	53 %
<b>7</b>	6	23	7	17	43 %
<b>8</b>	4	3	15	31	58 %
<b>9</b>	4	11	30	8	57 %
<b>10</b>	37	12	4	0	70 %
<b>11</b>	26	18	3	6	49 %
<b>12</b>	39	3	11	0	74 %
<b>13</b>	17	31	1	4	58 %
<b>14</b>	6	1	0	46	87 %
<b>15</b>	50	2	1	0	94 %

*Zdroj: vlastní výzkum*

**Tabulka 4 – Přehled četností správných i špatných odpovědí respondentů prezenčního a kombinovaného studia**

Otázka	Varianta odpovědi				Správně celkem	Chybně celkem	% správných odpovědí
	a	B	C	d			
<b>1</b>	82	6	14	8	82	28	75 %
<b>2</b>	15	17	6	72	72	38	65 %
<b>3</b>	17	15	9	69	69	41	63 %
<b>4</b>	101	9	0	0	101	9	92 %
<b>5</b>	6	3	101	0	101	9	92 %
<b>6</b>	65	5	27	13	65	45	59 %
<b>7</b>	17	50	16	27	50	60	45 %
<b>8</b>	12	7	33	58	58	52	53 %
<b>9</b>	9	22	60	19	60	50	55 %
<b>10</b>	77	23	9	1	77	33	70 %
<b>11</b>	57	23	18	12	57	53	52 %
<b>12</b>	76	16	16	2	76	34	69 %
<b>13</b>	29	69	4	8	69	41	63 %
<b>14</b>	14	3	0	93	93	17	85 %
<b>15</b>	103	5	1	1	103	7	94 %

*Zdroj: vlastní výzkum*

## 3.2 Výsledky statistického zpracování dotazníkového šetření u prezenčního studia

V této části budou prezentovány výsledky statistického šetření u respondentů prezenčního studia.

### 3.2.1 Formulace statistického šetření

- hromadný náhodný jev (HNJ) – znalosti respondentů prezenčního studia,
- statistická jednotka (SJ) – respondent prezenčního studia,
- statistický znak (SZ) – znalosti respondentů prezenčního studia v oblasti radiační ochrany,
- hodnoty statistického znaku (HSZ) – 0 – 15 správných odpovědí,
- základní statistický soubor a jeho rozsah (ZSS) 57 respondentů prezenčního studia,
- náhodný výběr (NV) – výběr respondentů v prezenčním studiu,
- výběrový statistický soubor a jeho rozsah (VSS) – 57 respondentů prezenčního studia.

### 3.2.2 Škálování a měření

Ke škálování bude využita kvantitativní metrická škála. Počet k prvkům škály bude vypočítán pomocí Sturgesova pravidla.

Sturgesovo pravidlo:  $k = 1 + 3.3 * \log n$ , kde  $n$  je rozsah výběrového statistického souboru. Výsledky měření budou vyjádřeny v hodnotách statistického znaku. Jedná se o údaje o prvcích škály a relativní, absolutní a kumulativní četnosti, (Základy popisné statistiky, 2016).

$$k = 1 + (3,3 * 1,75) = 6,79 \doteq 7$$

Výsledek ukazuje 7 prvků škály. Z důvodu nulové odpovědi ve škále 2 a méně, jsem tuto škálu sloučila s 3 – 4 ve 4 a méně (viz tabulka 5).



**Tabulka 5 - Škálování výsledků z dotazníkového šetření respondentů prezenčního studia**

Skupiny	Počet správných odpovědí	Počet respondentů prezenčního studia
1	4 a méně	1
2	5 - 6	5
3	7 - 8	10
4	9 - 10	13
5	11 - 12	19
6	13 a více	9

*Zdroj: vlastní výzkum*

### 3.2.3 Elementární statistické zhodnocení

Tabulka bude obsahovat:

- sloupec označený  $x_i$  - prvky škály,
- sloupec označený  $n_i$  - absolutní četnosti prvku škály,
- sloupec označený  $n_i/n$  - relativní četnosti prvku škály,
- sloupec označený  $n_i/n$  - kumulativní četnosti.
- sloupec obsahující součiny  $x_i n_i$ ,
- sloupec obsahující součiny  $x_i^2 n_i$ ,
- sloupec obsahuje součiny  $x_i^3 n_i$ ,
- sloupec obsahuje součiny  $x_i^4 n_i$ .
- Poslední čtyři sloupce obsahují součiny potřebné pro výpočet empirických parametrů. Následně bude tabulka uzavřena součty údajů v jednotlivých sloupcích (viz tabulka 6).

**Tabulka 6 - Výsledky měření (respondenti prezenčního studia)**

$x_i$	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	1	0,02	0,02	1	1	1	1
2	5	0,09	0,11	10	20	40	80
3	10	0,18	0,28	30	90	270	810
4	13	0,23	0,51	52	208	832	3328
5	19	0,33	0,84	95	475	2375	11875
6	9	0,16	1,00	54	324	1944	11664
$\Sigma$	57	1		242	1118	5462	27758

Zdroj: vlastní výzkum

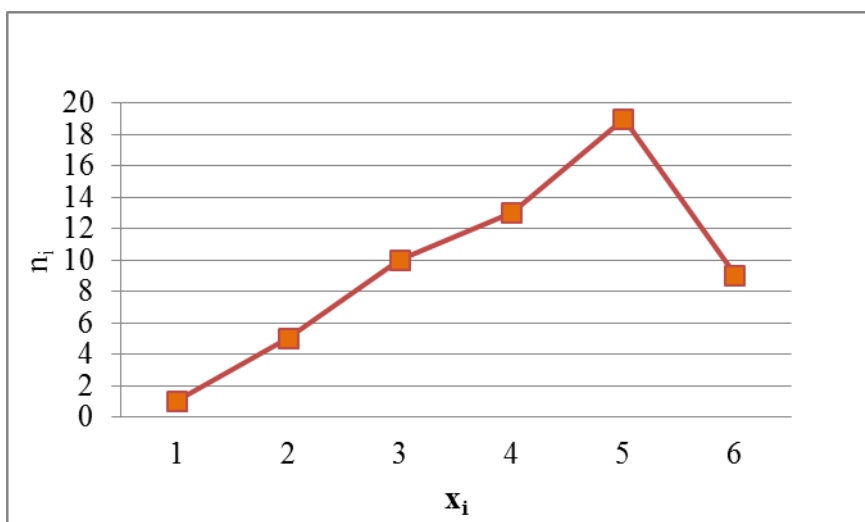
### Empirické rozdělení četnosti

Empirické parametry vystihují povahu zkoumaného statistického souboru.

Empirická rozdělení členíme na dva základní druhy:

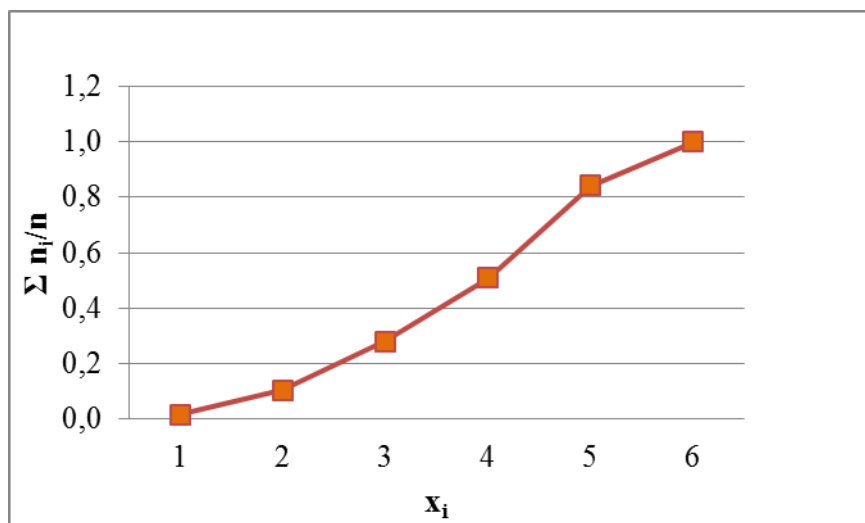
- první druh přiřazuje prvkům škály  $x_i$  odpovídající absolutní četnosti  $n_i$  nebo relativní četnosti  $n_i/n$ ,
- druhý druh přiřazuje  $x_i$  odpovídající kumulativní četnosti  $n_i/n$ .

Grafické vyjádření empirického rozdělení jednorozměrného statistického souboru je spojeno s používáním souřadnicového systému v rovině. V tomto souřadnicovém systému jsou na vodorovnou osu nanášeny prvky škály  $x_i$ , na svislou osu odpovídající četnosti (viz obrázek 16, 17).



**Obrázek 16 – Polygon empirického rozložení absolutních četností (respondenti prezenčního studia)**

*Zdroj: vlastní výzkum*



**Obrázek 17 – Polygon empirického rozdělení kumulativní činnosti (respondenti prezenčního studia)**

*Zdroj: vlastní výzkum*

### 3.2.4 Empirické parametry

- Parametr polohy je obecný moment 1. řádu  $O_1(x) = 4,25$ . Ukazuje aritmetický průměr vyjádřený v prvcích škály.
- Parametr proměnlivosti je centrální moment 2. řádu  $C_2(x) = 1,55$ , nazýváme „empirický rozptyl“. Odmocninou tohoto výsledku získáme směrodatnou odchylku.
- Směrodatná odchylka  $\sqrt{C_2(x)} = 1,24$ , ukazuje, jaká je míra rozptýlení hodnot od průměrné (střední) hodnoty.
- Parametr šikmosti, nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 3. řádu  $N_3(x) = -0,49$ . Z výsledku vyplývá, že prvky škály ležící vlevo od aritmetického průměru mají nižší četnosti.
- Parametr špičatosti, nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 4. řádu  $N_4(x) = 2,72$ . Vyšší hodnota koeficientu odpovídá špičatějšímu rozdělení četností.
- Používá se také veličina „exces“, definovaná vztahem  $E_x = N_4(x) - 3 = -0,28$ . Exces srovnává špičatost empirického rozdělení se špičatostí známého normovaného normálního rozdělení. Z výsledku vyplývá, že empirické rozdělení je špičatější než toto rozdělení (výsledky viz tabulka 7).

*Tabulka 7 – Empirické parametry (respondenti prezenčního studia)*

Empirický parametr	Výsledek
O <sub>1</sub>	4,25
O <sub>2</sub>	19,61
O <sub>3</sub>	95,82
O <sub>4</sub>	486,98
C <sub>2</sub>	1,55
C <sub>3</sub>	-0,94
C <sub>4</sub>	6,55
N <sub>3</sub>	-0,49
N <sub>4</sub>	2,72
S <sub>x</sub>	1,24
Exces	-0,28

*Zdroj: vlastní výzkum*

### 3.2.5 Neparametrické testování

Nejdříve bude provedeno intervalové rozdělení četností, pro které bude využito 6 shodně dlouhých intervalů (viz tabulka 8).

Jako druhý krok následuje testování normality. Postup spočívá ve výpočtu integrálů (výpočet jednotlivých ploch pod křivkou za pomoci zavedení proměnné  $u$ ), viz tabulka 9 a použití primitivní funkce  $F(u_i)$ , viz tabulka 10. Data budou získána ze statistických tabulek, viz tabulka 11, 12. Následně bude použit  $\chi^2$ -test, díky kterému určíme,  $\chi_{\text{exp}}^2$  a  $\chi_{\text{teor}}^2$ .

**Tabulka 8 – Rozdělení četností (respondenti prezenčního studia)**

$x_i$	interval	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	$<-\infty; 2,5>$	1	0,02	0,02	1	1	1	1
2	$<2,5; 3,5>$	5	0,09	0,11	10	20	40	80
3	$<3,5; 4,5>$	10	0,18	0,28	30	90	270	810
4	$<4,5; 5,5>$	13	0,23	0,51	52	208	832	3328
5	$<5,5; 6,5>$	19	0,33	0,84	95	475	2375	11875
6	$<6,5; \infty >$	9	0,16	1,00	54	324	1944	11664
$\Sigma$		57	1		242	1118	5462	27758

Zdroj: vlastní výzkum

**Tabulka 9 – Výpočet jednotlivých ploch (respondenti prezenčního studia)**

$u_1$	-1,67
$u_2$	-0,67
$u_3$	0,33
$u_4$	1,33
$u_5$	2,33
$u_6$	$\infty$

Zdroj: vlastní výzkum

**Tabulka 10 - Primitivní funkce (respondenti prezenčního studia)**

$F_1=$	0,05
$F_2=$	0,47
$F_3=$	0,62
$F_4=$	0,90
$F_5=$	0,99
$F_6=$	1

Zdroj: vlastní výzkum

**Tabulka 11 - Plochy jednotlivých integrálů pro testování znalostí respondentů prezenčního studia**

$x_i$	interval	$n_i$	$u_i$	$F(u_i)$	$p_i$	$np_i$
1	$<-\infty; 2,5>$	1	-1,67	0,05	0,05	2,85
2	$<2,5; 3,5>$	5	-0,67	0,47	0,42	23,79
3	$<3,5; 4,5>$	10	0,33	0,62	0,15	8,31
4	$<4,5; 5,5>$	13	1,33	0,90	0,29	16,26
5	$<5,5; 6,5>$	19	2,33	0,99	0,09	4,91
6	$<6,5; \infty >$	9		1,00	0,01	0,61

Zdroj: Vlastní výzkum

**Tabulka 12 - Úprava počtu integrálu, pro výsledky testu dobré shody**

$x_i$	$n_i$	$p_i$	$np_i$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1+2	6	0,47	26,64	15,99
3	10	0,15	8,31	0,34
4	13	0,29	16,26	0,65
5	19	0,09	4,91	40,43
6	9	0,01	0,61	115,40

Zdroj: vlastní výzkum

Výpočet  $\chi_{\text{exp}}^2 = 172,81$

Výpočet  $\chi_{\text{teor}}^2 \alpha (0,05)$

$$\chi_{\text{teor}}^2 = \chi_v^2 = \chi_k - r - 1 = \chi_5 - 2 - 1 = 5,99$$

Výsledek  $\chi^2$  – testu dobré shody

$$\chi_{\text{exp}}^2 > \chi_{\text{teor}}^2$$

Z výsledku  $\chi^2$ -testu dobré shody vyplývá, že na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ , empirické rozdělení četností nelze nahradit normálním rozdělením.

### **3.3 Výsledky statistického zpracování dotazníkového šetření u kombinovaného studia**

V této části budou prezentovány výsledky statistického šetření u respondentů kombinovaného studia.

#### **3.3.1 Formulace statistického šetření**

- hromadný náhodný jev (HNJ) – znalosti respondentů kombinovaného studia,
- statistická jednotka (SJ) – respondent kombinovaného studia,
- statistický znak (SZ) – znalosti respondentů kombinovaného studia v oblasti radiační ochrany,
- hodnoty statistického znaku (HSZ) – 0 – 15 správných odpovědí,
- základní statistický soubor a jeho rozsah (ZSS) – 53 respondentů kombinovaného studia,
- náhodný výběr (NV) – výběr respondentů v kombinovaném studiu,
- výběrový statistický soubor a jeho rozsah (VSS) – 53 respondentů kombinovaného studia.

#### **3.3.2 Škálování a měření**

Ke škálování bude využita kvantitativní metrická škála. Počet k prvkům škály bude vypočítán pomocí Sturgesova pravidla.

Sturgesovo pravidlo:  $k = 1 + 3.3 * \log n$ , kde  $n$  je rozsah výběrového statistického souboru. Výsledky měření budou vyjádřeny v hodnotách statistického znaku. Jedná se o údaje o prvcích škály a relativní, absolutní a kumulativní četnosti, (Základy popisné statistiky 2016).

$$k = 1 + (3,3 * 1,75) = 6,79 \doteq 7$$

Výsledek ukazuje 7 prvků škály. Z důvodu nulové odpovědi ve škále 2 a méně, jsem tuto škálu sloučila s 3 – 4 ve 4 a méně (viz tabulka 13).



**Tabulka 13 - Škálování výsledků z dotazníkového šetření respondentů kombinovaného studia**

Skupiny	Počet správných odpovědí	Počet respondentů kombinovaného studia
1	4 a méně	2
2	5 - 6	1
3	7 - 8	7
4	9 - 10	13
5	11 - 12	20
6	13 a více	10

Zdroj: vlastní výzkum

### 3.3.3 Elementární statistické zhodnocení

Tabulka bude obsahovat:

- sloupec označený  $x_i$  - prvky škály,
- sloupec označený  $n_i$  - absolutní četnosti prvku škály,
- sloupec označený  $n_i/n$  - relativní četnosti prvku škály,
- sloupec označený  $n_i/n$  - kumulativní četnosti.
- sloupec obsahující součiny  $x_i n_i$ ,
- sloupec obsahující součiny  $x_i^2 n_i$ ,
- sloupec obsahující součiny  $x_i^3 n_i$ ,
- sloupec obsahující součiny  $x_i^4 n_i$ .
- Poslední čtyři sloupce obsahují součiny potřebné pro výpočet empirických parametrů. Následně bude tabulka uzavřena součty údajů v jednotlivých sloupcích (viz tabulka 14).

**Tabulka 14 - Výsledky měření (respondenti kombinovaného studia)**

$X_i$	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	2	0,04	0,04	2	2	2	2
2	1	0,02	0,06	2	4	8	16
3	7	0,13	0,19	21	63	189	567
4	13	0,25	0,43	52	208	832	3328
5	20	0,38	0,81	100	500	2500	12500
6	10	0,19	1,00	60	360	2160	12960
$\Sigma$	53	1		237	1137	5691	29373

*Zdroj: vlastní výzkum*

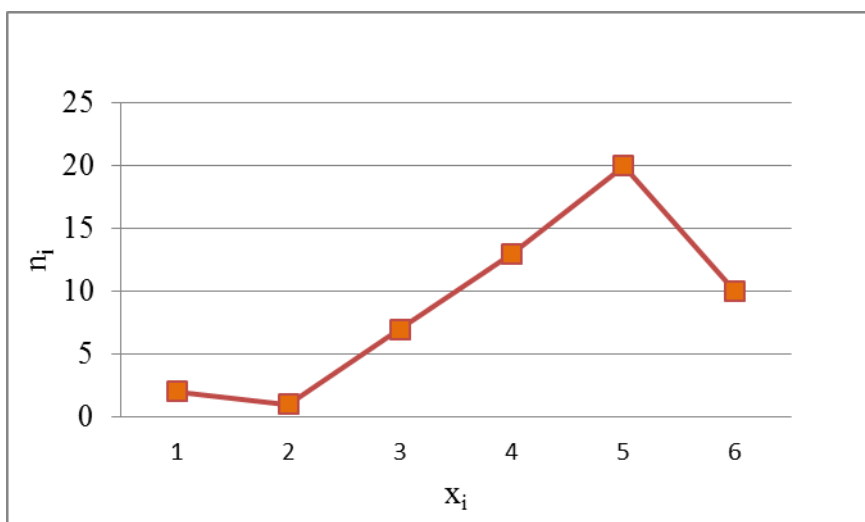
### **Empirické rozdělení četnosti**

Empirické parametry vystihují povahu zkoumaného statistického souboru.

Empirická rozdělení členíme na dva základní druhy:

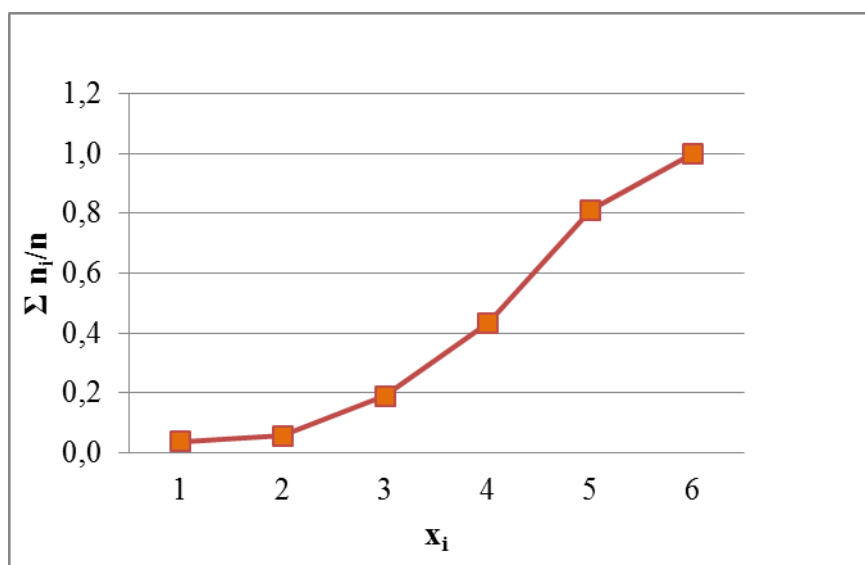
- první druh přiřazuje prvkům škály  $x_i$  odpovídající absolutní četnosti  $n_i$  nebo relativní četnosti  $n_i/n$ ,
- druhý druh přiřazuje  $x_i$  odpovídající kumulativní četnosti  $n_i/n$ .

Grafické vyjádření empirického rozdělení jednorozměrného statistického souboru je spojeno s používáním souřadnicového systému v rovině. V tomto souřadnicovém systému jsou na vodorovnou osu nanášeny prvky škály  $x_i$ , na svislou osu odpovídající četnosti (viz obrázek 18, 19).



**Obrázek 18 - Polygon empirického rozložení absolutních četností (respondenti kombinovaného studia)**

*Zdroj: vlastní výzkum*



**Obrázek 19 - Polygon empirického rozdělení kumulativní činnosti (respondenti kombinovaného studia)**

*Zdroj: vlastní výzkum*

### 3.3.4 Empirické parametry

- Parametr polohy je obecný moment 1. řádu  $O_1(x) = 4,47$ . Ukazuje aritmetický průměr vyjádřený v prvcích škály.
- Parametr proměnlivosti je centrální moment 2. řádu  $C_2(x) = 1,47$ , nazýváme ho „empirický rozptyl“. Odmocninou tohoto výsledku získáme směrodatnou odchylku.
- Směrodatná odchylka  $\sqrt{C_2(x)} = 1,21$ , ukazuje, jaká je míra rozptýlení hodnot od průměrné (střední) hodnoty.
- Parametr šikmosti, nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 3. řádu  $N_3(x) = -0,88$ . Z výsledku vyplývá, že prvky škály ležící vlevo od aritmetického průměru mají nižší četnosti.
- Parametr špičatosti, nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 4. řádu  $N_4(x) = 3,59$ . Vyšší hodnota koeficientu odpovídá špičatějšímu rozdělení četností.
- Používá se také veličina „exces“, definovaná vztahem  $E_x = N_4(x) - 3 = 0,59$ . Exces srovnává špičatost empirického rozdělení se špičatostí známého normovaného normálního rozdělení. Z výsledku vyplývá, že empirické rozdělení je špičatější než toto rozdělení (výsledky, viz tabulka 15).

*Tabulka 15 – Empirické parametry (respondenti kombinovaného studia)*

<b>Empirický parametr</b>	<b>výsledek</b>
<b>O<sub>1</sub></b>	4,47
<b>O<sub>2</sub></b>	21,45
<b>O<sub>3</sub></b>	107,38
<b>O<sub>4</sub></b>	554,32
<b>C<sub>2</sub></b>	1,47
<b>C<sub>3</sub></b>	-1,57
<b>C<sub>4</sub></b>	7,76
<b>N<sub>3</sub></b>	-0,88
<b>N<sub>4</sub></b>	3,59
<b>S<sub>x</sub></b>	1,21
<b>exces</b>	0,59

*Zdroj: vlastní výzkum*

### **3.3.5 Neparametrické testování**

Nejdříve bude provedeno intervalové rozdělení četností, pro které bude využito 6 shodně dlouhých intervalů (viz. tab. 16).

Jako druhý krok následuje testování normality. Postup spočívá ve výpočtu integrálů (výpočet jednotlivých ploch pod křivkou za pomoci zavedení proměnné  $u$ ), viz tabulka 17 a použití primitivní funkce  $F(u_i)$ , viz. tabulka 18. Data budou získána ze statistických tabulek, viz. tabulka 19, 20. Následně bude použit  $\chi^2$ -test, díky kterému určíme,  $\chi_{\text{exp}}^2$  a  $\chi_{\text{teor}}^2$ .

**Tabulka 16 - Rozdělení četností (respondenti kombinovaného studia)**

$x_i$	interval	$n_i$	$n_i/n$	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	$<-\infty; 2,5>$	2	0,04	0,04	2	2	2	2
2	$<2,5; 3,5>$	1	0,02	0,06	2	4	8	16
3	$<3,5; 4,5>$	7	0,13	0,19	21	63	189	567
4	$<4,5; 5,5>$	13	0,25	0,43	52	208	832	3328
5	$<5,5; 6,5>$	20	0,38	0,81	100	500	2500	12500
6	$<6,5; \infty >$	10	0,19	1,00	60	360	2160	12960
$\Sigma$		53	1		237	1137	5691	29373

Zdroj: vlastní výzkum

**Tabulka 17 - Výpočet jednotlivých ploch (respondenti kombinovaného studia)**

$u_1$	-2,06
$u_2$	-1,06
$u_3$	-0,06
$u_4$	0,94
$u_5$	1,94
$u_6$	$\infty$

Zdroj: vlastní výzkum

**Tabulka 18 - Primitivní funkce (respondenti kombinovaného studia)**

$F_1=$	0,02
$F_2=$	0,14
$F_3=$	0,48
$F_4=$	0,54
$F_5=$	0,97
$F_6=$	1

Zdroj vlastní výzkum

**Tabulka 19 - Plochy jednotlivých integrálů pro testování znalostí respondentů kombinovaného studia**

$x_i$	interval	$n_i$	$u_i$	$F(n_i)$	$p_i$	$np_i$
1	$<\infty; 2,5>$	2	-2,06	0,02	0,02	1,06
2	$<2,5; 3,5>$	1	-1,60	0,14	0,12	6,62
3	$<3,5; 4,5>$	7	-0,06	0,48	0,33	17,56
4	$<4,5; 5,5>$	13	0,94	0,54	0,06	3,17
5	$<5,5; 6,5>$	20	1,94	0,97	0,44	23,08
6	$<6,5; \infty >$	10		1,00	0,03	1,52

Zdroj: vlastní výzkum

**Tabulka 20 - Úprava počtu integrálů, pro výsledky testu dobré shody**

$x_i$	$n_i$	$p_i$	$np_i$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1+2+3	10	0,48	25,25	9,21
4	13	0,06	3,17	30,48
5	20	0,44	23,08	0,41
6	10	0,03	1,52	47,30

Zdroj: vlastní výzkum

Výpočet  $\chi_{\text{exp}}^2 = 87,40$

Výpočet  $\chi_{\text{teor}}^2 \alpha (0,05)$

$$\chi_{\text{teor}}^2 = \chi_v^2 = \chi_k - r - 1 = \chi_4 - 2 - 1 = 3,84$$

Výsledek  $\chi^2$  – testu dobré shody

$$\chi_{\text{exp}}^2 > \chi_{\text{teor}}^2$$

Z výsledku  $\chi^2$ -testu dobré shody vyplývá, že na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ , empirické rozdělení četností nelze nahradit normálním rozdělením.

### 3.4 Parametrické testování – aplikace dvouvýběrového t-testu

Z výsledku  $\chi^2$ -testu a empirických rozdělení četností vyplývá, že výsledky nelze nahradit normálním rozdělením. Navzdory tomuto výsledku bude dvouvýběrový t-test v následujících výpočtech použit jako nejlepší řešení (viz tabulka 22).

Protože testované soubory mohou pocházet z populací, které mají stejný nebo naopak různý rozptyl hodnot sledované veličiny, je nutno nejprve otestovat rozdíl rozptylů obou souborů nulovou hypotézou  $H_0: s_1^2 = s_2^2$  pomocí  $f$ -testu, (viz tabulka 21). (Parametrické testy – Studentův t-test, 2016)

Výpočet byl proveden v Excelu, funkcí dvouvýběrového  $f$ -testu pro rozptyl a dvouvýběrového t-testu s nerovností rozptylů.

*Tabulka 21 - Výpočet F-test*

	Prezenční	Kombinované
<b>Střední hodnota - aritmetický průměr veličiny Počet správných odpovědí</b>	9,50	8,83
<b>Rozptyl</b>	39,10	50,97
<b>Zařazené hodnoty</b>	6	6
<b>počet stupňů volnosti</b>	5	5
<b>Hodnota testového kritéria F</b>	0,77	
<b>Dosažená hladina statistické významnosti P (F&lt;=f)</b>	0,39	
<b>Kritická hodnota F</b>	0,20	

*Zdroj: vlastní výzkum*

Dosažená hladina statistické významnosti je větší než  $\alpha = 0,05$ , rozptyly ve sledovaných souborech jsou shodné.



*Tabulka 22 - Výpočet T-testu*

	<b>Prezenční</b>	<b>kombinované</b>
<b>Střední hodnota - aritmetický průměr veličiny Počet správných odpovědí</b>	9,50	8,83
<b>Rozptyl</b>	39,10	50,97
<b>Zařazené hodnota</b>	6	6
<b>Společný rozptyl pro 1. a 2. soubor</b>	45,03	
<b>Předpokládaný rozdíl středních hodnot je nulový</b>	0	
<b>Počet stupňů volnosti</b>	10	
<b>Hodnota testového kritéria</b>	0,17	
<b>Hladina statistické významnosti P1 pro jednostranný test P (<math>T \leq t</math>)</b>	0,43	
<b>Kritická hodnota pro jednostranný test</b>	1,81	
<b>Hladina statistické významnosti P2 pro oboustranný test P (<math>T \leq t</math>)</b>	0,87	
<b>Kritická hodnota pro oboustranný test</b>	2,23	

*Zdroj: vlastní výzkum*

Je zřejmé, že dosažená hladina statistické významnosti pro oboustranný test je výrazně vyšší než stanovaná hladina 0,05 a není tedy možné nulovou hypotézu zamítnout. Z výsledku vyplývá, že mezi kombinovaným a prezenčním studiem není ve znalostech významný rozdíl.

## 4 Diskuse

Jedním z cílů bakalářské práce byl dotazníkový průzkum, který jsem prováděla v rámci vybraných škol na území ČR, na kterých se vyučuje obor Radiologický asistent. Porovnávala jsem znalosti v oboru Radiologický asistent a to v prezenčním i kombinovaném studiu. Podařilo se mi ke konečnému zhodnocení získat 110 vyplněných dotazníků ze 7 vysokých škol. 53 dotazníků bylo vyplněno respondenty kombinovaného studia a 57 respondenty prezenčního studia. Dotazník, který byl respondentům rozdán, obsahoval 15 otázek zaměřených na znalosti v oblasti radiační ochrany.

Po celkovém zhodnocení znalostí prezenčního a kombinovaného studia vyplývá, že znalosti respondentů jsou srovnatelné. Celkově odpovědělo správně 67 % respondentů prezenčního studia a 70 % respondentů kombinovaného studia.

První otázka v dotazníku byla, jaký je hlavní cíl radiační ochrany. Správnou odpověď označilo jen 37 respondentů z prezenčního studia (65 %). Naopak 45 respondentů z kombinovaného studia (85 %), tuto odpověď označilo správně. Myslím si, že u kombinovaného studia je výsledek velmi uspokojivý.

Druhá otázka zněla, čím se vyznačují deterministické účinky. Správnou odpověď označilo 35 respondentů prezenčního studia (61 %) a 37 respondentů kombinovaného studia (70 %).

U třetí otázky jsem se ptala, čím se vyznačují stochastické (pravděpodobnostní) účinky. Správnou odpověď v tomto případě označilo 32 respondentů prezenčního studia (56 %) a 37 respondentů kombinovaného studia (70 %). Chybnou odpověď označilo 25 respondentů prezenčního studia (44 %) a jen 16 respondentů kombinovaného studia (30 %). Opět se potvrdilo, že znalosti kombinovaného studia jsou vyšší než znalosti prezenčního studia.

U otázek číslo 4 a 5 jsou znalosti totožné. U otázky číslo 4 jsem se ptala na jednotku absorbované dávky a u otázky číslo 5 na jednotku ekvivalentní dávky.

Správnou odpověď v obou případech označilo 51 respondentů prezenčního studia (89 %) a 50 respondentů kombinovaného studia (94 %). Chybnou odpověď označilo 6 respondentů prezenčního studia (11 %) a 3 respondenti z kombinovaného studia (6 %). Výsledky těchto otázek jsou u prezenčního i kombinovaného studia vynikající.

U šesté otázky jsem se ptala na limity pro radiační pracovníky, a jak jsou stanoveny. Správnou odpověď označilo pouze 37 respondentů prezenčního studia (65 %) a 28 respondentů kombinovaného studia (53 %). Chybnou odpověď označilo 20 respondentů prezenčního studia (35 %) a 25 respondentů kombinovaného studia (47 %). V obou případech byly odpovědi spíše průměrné.

U sedmé otázky mě zajímalo, jak jsou stanoveny limity pro učně a studenty. Správnou odpověď označilo 27 respondentů prezenčního studia (47 %) a 23 respondentů kombinovaného studia (43 %). Chybnou odpověď označilo 30 respondentů prezenčního studia (53 %) a 30 respondentů kombinovaného studia (57 %). U této otázky, jsem očekávala lepší výsledky. Ty však byly proti mému očekávání podprůměrné.

U osmé otázky jsem chtěla vědět, jaká je průměrná dávka při RTG vyšetření plic (zadopřední projekce (PA)). I zde správnou odpověď označilo pouze 27 respondentů prezenčního studia (47 %) a 31 respondentů kombinovaného studia (58 %). Chybnou odpověď označilo 30 respondentů prezenčního studia (53 %) a 22 respondentů kombinovaného studia (42 %). Ani u této otázky jsem s výsledky nebyla spokojená.

Devátou otázkou jsem chtěla zjistit, od jaké dávky se odvíjí akutní nemoc z ozáření. Zde správnou odpověď označilo 30 respondentů prezenčního studia (53 %) a 30 kombinovaného studia (57 %). Chybnou odpověď označilo 27

respondentů prezenčního studia (47 %) a 23 respondentů kombinovaného studia (43 %). Odpovědi u respondentů jsou opět spíše průměrné.

Desátá otázka se zabývala tím, do jaké kategorie pracovišť patří pracoviště s rentgenovým zařízením určeným k radiodiagnostice. Správnou odpověď vědělo 40 respondentů prezenčního studia (70 %) a 37 respondentů kombinovaného studia (70 %). Chybně označilo odpověď 17 respondentů prezenčního studia (30 %) a 16 respondentů kombinovaného studia (30 %). U této otázky byly výsledky uspokojivé.

Jedenáctá otázka zněla, do jaké kategorie pracovišť patří pracoviště s urychlovačem částic. Správnou odpověď označilo pouze 31 respondentů prezenčního studia (54 %) a 26 respondentů kombinovaného studia (49 %). Chybnou odpověď označilo 26 respondentů prezenčního studia (46 %) a 21 respondentů kombinovaného studia (51 %). Opět se setkávám spíše s průměrnými odpověďmi.

U dvanácté otázky jsem chtěla vědět o kolik se dávka (resp. dávkový příkon) sníží, pokud zvýšíme vzdálenost od zdroje ionizujícího záření na dvojnásobek? Správnou odpověď označilo 37 respondentů prezenčního studia (65 %) a 39 respondentů kombinovaného studia (74 %). Chybnou odpověď označilo 20 respondentů prezenčního studia (35 %) a 14 respondentů kombinovaného studia (26 %). U této otázky jsem byla spokojená spíše s výsledky kombinovaného studia.

Třináctá otázka zněla, jaká je průměrná hodnota efektivní dávky za rok z přírodního pozadí v ČR? Správnou odpověď označilo 38 respondentů prezenčního studia (67 %) a 31 respondentů kombinovaného studia (58 %). Chybnou odpověď označilo 19 respondentů prezenčního studia (33 %) a 22 respondentů kombinovaného studia (42 %). U této otázky mě respondenti kombinovaného studia opět potěšili. Respondenti prezenčního studia byli

podprůměrní. Myslela jsem si, že u této otázky budou výsledky prezenčního studia lepší.

U čtrnácté otázky mě zajímalo, jaký přírodní zdroj nejvíce přispívá k ozáření populace v ČR. Správnou odpověď označilo 47 respondentů prezenčního studia (82 %) a 46 respondentů kombinovaného studia (87 %). Chybnou odpověď označilo 10 respondentů prezenčního studia (18 %) a 7 respondentů kombinovaného studia (13 %). Odpovědi na tuto otázku byly ve většině případů správné. S výsledky jsem spokojená.

Patnáctá otázka byla záchranná. Ptala jsem se, jaký je základní způsob ochrany před vnějším ozářením. Studenti mě nezklamali a správnou odpověď označilo 53 respondentů prezenčního studia (93 %) a 50 respondentů kombinovaného studia (94 %). Chybnou odpověď označili 4 respondenti prezenčního (7 %) a 3 respondenti kombinovaného studia (6 %). U této otázky byly výborné výsledky.

Výsledky statistického zpracování dotazníku udávají, že rozdíl ve znalostech kombinovaného a prezenčního studia se nijak zásadně nelišil. Rozdíl mezi školami nebyl zkoumán.

#### **4.1 Diskuse ke statistickému šetření**

V rámci statistického šetření bylo zjištěno, že rozdělení znalostí respondentů prezenčního a kombinovaného studia v oblasti radiační ochrany nemá normální rozdělení. To znamená, že u těchto respondentů neexistuje v zadaném dotazníkovém průzkumu střední počet správných odpovědí (z celkově 15 možných), který má nejvyšší pravděpodobnost. Statistickým šetřením bylo zjištěno, že na statistické významnosti  $\alpha = 0,05$  nelze empirické rozdělení četností nahradit normálním rozdělením. Hypotéza, která zněla: „*Znalosti radiologických asistentů budou mít normální rozdělení,*“ byla vyvrácena. To je dáno vyšší hodnotou

aritmetického průměru. Střední počet správných odpovědí u respondentů kombinovaného studia činí 9 a prezenčního studia 10 správných odpovědí. Naopak hypotéza, která zněla, „*Úroveň znalostí studentů kombinovaného a prezenčního studia bude srovnatelná,*“ byla ověřena pomocí dvouvýběrového t-testu. Bylo potvrzeno, že mezi respondenty kombinovaného a prezenčního studia nejsou statisticky významné rozdíly ve znalostech v oblasti radiační ochrany.

Myslela jsem si, že výsledky u kombinovaného studia budou výrazně lepší, než výsledky u prezenčního studia. Z výsledků jsem byla překvapena, že rozdíl ve znalostech respondentů byl minimální. Celková úspěšnost dotazníku byla 67 % u respondentů prezenčního studia a 70 % u respondentů kombinovaného studia.

Výborné výsledky byly u některých otázek. Patří sem například: určování jednotky ekvivalentní a efektivní dávky, správně odpovědělo 92 % respondentů. Základní způsob ochrany před vnějším ozářením vědělo neuvěřitelných 103 dotázaných respondentů, tedy 94 % správných odpovědí. Na otázku, jaký zdroj přispívá k největšímu ozáření na území České republiky, správně odpovědělo 93 dotázaných, to je 85 % správných odpovědí.

Naopak byla otázka, u které pouze 45 % dotazovaných respondentů odpovědělo, jaké jsou stanovené limity pro učně a studenty. 53 % respondentů ví, jaká je průměrná dávka při RTG vyšetření plic (zadopřední projekce (PA)). Další problémovou oblastí je znalost kategorie pracovišť. Pouze 52 % respondentů zodpovědělo správně to, do jaké kategorie patří pracoviště s urychlovačem částic. Výši dávky, po které se rozvíjí akutní nemoc z ozáření, zná pouze 55 % respondentů. Myslím si, že odpovědi v těchto otázkách respondenti spíše tipovali, měli by si tedy chybějící informace doplnit.

## 5 Závěr

Bakalářská práce se zabývá znalostmi v oblasti radiační ochrany u respondentů prezenční a kombinované formy studia. Na začátku práce byl stanoven cíl: *„Vytvořit výukový text se zaměřením na radiační ochranu na pracovištích využívajících ionizující záření a ověřit znalosti studentů oboru Radiologický asistent.“* Cíl jsem splnila čerpáním z odborných literárních zdrojů, zákonných norem, odborných článků a internetových zdrojů obsahující informace o radiační ochraně, které jsou shrnuté v teoretické části práce. Znalosti respondentů jsem ověřila a následně porovnála. Z výsledku vyplývá, že rozdíl mezi respondenty je minimální.

Formulovány hypotézy: *„Úroveň znalostí studentů kombinovaného a prezenčního studia bude srovnatelná.“* *„Znalosti radiologických asistentů budou mít normální rozdělení.“* Aby bylo možné zjistit znalosti respondentů a potvrdit nebo vyvrátit stanovené hypotézy, vytvořila jsem dotazník a následně provedla statistické zpracování dotazníkového šetření. Z výsledků statistického šetření byla potvrzena hypotéza, která předpokládá, že znalosti budou srovnatelné a byla dvouvýběrovým t-testem potvrzena. Naopak hypotéza, která zmiňovala, že znalosti radiologických asistentů budou mít normální rozdělení, nebyla pomocí  $\chi^2$ -testu a empirických rozdělení četností potvrzena.

Přínosem práce je získaný obraz znalostí respondentů kombinovaného a prezenčního studia v oblasti radiační ochrany. Znalosti dotazovaných byly celkově na velmi dobré úrovni, přesto bych doporučila doplnit si vhodným způsobem chybějící znalosti u odpovědí s nízkým počtem správných odpovědí.

## 6 Seznam informačních zdrojů

AUTORSKÝ KOLEKTIV. Radiobiologie. Deterministické účinky [online], Sirdik, [cit. 31. 08. 2015]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/7-kapitola/77.html>

BEDÁŇOVÁ, Iveta a Vladimír Večerek, 2007. Základy statistiky pro studující veterinární medicíny a farmacie [online], s130 [cit. 2016-03-15]. Dostupn z: [cit.vfu.cz/stat/FVL/Skripta.pdf](http://cit.vfu.cz/stat/FVL/Skripta.pdf)

BUDÍKOVÁ, Marie, Maria Králová a Bohumil Maroš, 2010. Průvodce základními statistickými metodami. 1. vyd. Praha: Grada, 272 s. ISBN 978-80-247-32435.

HAVLÍK Jan., Radioterapie: [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: [http://noel.feld.cvut.cz/vyu/x31let/Lectures/12\\_Radioterapie.pdf](http://noel.feld.cvut.cz/vyu/x31let/Lectures/12_Radioterapie.pdf)

HAVRÁNEK, Tomáš, 1993. Statistika pro biologické a lékařské vědy. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-0080-1.

HINDLS, Richard, 2006. Statistika pro ekonomy. 7. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 80-86946-16-9.

CHUDÁČEK, Zdeněk, 1995. Radiodiagnostika. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 293 s. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-114-4.

KLENER, Vladislav (ed.), 2000. Principy a praxe radiační ochrany. 1. vyd. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

KLINIKA NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY, LÉKAŘSKÉ FAKULTY UP: Radiační ochrana pracovníků [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/radiacni-ochrana/radiacni-ochrana-pracovniku/>



KUNA, Pavel a Leoš Navrátil, 2005. Klinická radiobiologie. 1. vyd. Praha: Manus, 222 s. ISBN 80-86571-09-2.

KUPKA, Karel, Jozef Kubinyi a Martin Šámal, 2007. Nukleární medicína: [učební text]. 1. vyd. Praha: P3K, 185, xiv s. ISBN 978-80-903584-9-2.

LAMOŠ, František a Rastislav Potocký, 1989. Pravdepodobnosť a matematická štatistika: štatistické analýzy. 1. vyd. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry. Edícia matematicko-fyzikálnej literatúry. ISBN 80-05-00115-0.

NEUBAUER, Jiří, Marek Sedlačík a Oldřich Kříž, 2012. Základy statistiky: aplikace v technických a ekonomických oborech. 1. vyd. Praha: Grada,. ISBN 978-80-247-4273-1.

PARAMETRICKÉ TESTY - STUDENTŮV T-TEST [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/ttest.htm>

PECÁKOVÁ, Iva, 2008. Statistika v terénních průzkumech. 1. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-74-0.

PETERKA J., 2006. Plánování léčby zářením [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/radioterapie-1/planovani-lecby-zarenim/>

PRAKTICKÁ RADIOLOGIE. 2013, kvantitativní a kvalitativní změny svazku záření při průchodu standardními ochrannými pomůckami a porovnání druhů ochranných pomůcek (4), s26 – 2, ISSN 1211-5053

PUBLIKACE ICRP 103. Doporučení mezinárodní komise radiologické ochrany 2007, státní úřad pro jadernou bezpečnost. Str. 276. Kapitola 5, Systém radiační ochrany člověka, s. 76

RADIAČNÍ OCHRANA, Říjen 2007. Doporučení. Zabezpečení osobního monitorování při činnostech vedoucích k ozáření. Část I. – zevní ozáření. SÚJB [online]. Obecné zásady zabezpečení osobní dozimetrie při činnostech vedoucích k ozáření, s. 8 – 11,

[online]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/...ochrana/28-dozimetrie\\_zevni\\_2007.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/...ochrana/28-dozimetrie_zevni_2007.pdf)

RADIAČNÍ OCHRANA, Červenec 2005. Doporučení. Zabezpečení osobního monitorování při činnostech vedoucích k ozáření. Část II. – vnitřní ozáření. SÚJB [online]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/Zabezpeceni\\_os\\_monit\\_pri\\_ozareni.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/Zabezpeceni_os_monit_pri_ozareni.pdf)

SEIDL, Zdeněk., 2012. Radiologie pro studium i praxi. Vyd. 1. Praha: Grada 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4108-6.

SPURNÝ, Vladimír a Pavel Šlampa. Moderní radioterapeutické metody. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999, 118 s. ISBN 80-7013-267-1.

SÚRO, 2016. Biologické účinky ionizujícího záření, [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>

ŠABATA, Ladislav, 2015. Poznámky z hodiny: Nukleární medicína

ŠIFFNEROVÁ, Hana, 2015. Poznámky z hodiny Radioterapie

ULLMANN: Radiační ochrana [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>

VYHLÁŠKA STÁTNÍHO ÚŘADU PRO JADERNOU BEZPEČNOST č. 307 ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499 ze dne 6. prosince 2005, a vyhlášky č. 389 ze dne 16. listopadu 2012. In: Sbíрка zákonů České Republiky. 2002. Dostupné z: [http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=307/2002&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouv](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=307/2002&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouv)y.

ZÁKLADY POPISNÉ STATISTIKY [online]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z:  
<http://www.bossof105.cz/soubory/statistika.pdf>

ZÁKON č. 18 ze dne 24. ledna 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých předpisů. In: Sbírka zákonů České republiky. 1997. Dostupné z: [http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=18/1997&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=18/1997&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)

ZÁŠKODNÝ, Přemysl, Renata Havránková, Jiří Havránek a Vladimír Vurm, 2011. Základy statistiky: (s aplikací na zdravotnictví). Přepřacované druhé vydání. Praha: Curriculum. ISBN 978-80-904948-2-4.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 1 .....	38
Obrázek 2 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 2 .....	39
Obrázek 3 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 3 .....	40
Obrázek 4 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 4 .....	41
Obrázek 5 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 5 .....	42
Obrázek 6 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 6 .....	43
Obrázek 7 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 7 .....	44
Obrázek 8 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 8 .....	45
Obrázek 9 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 9 .....	46
Obrázek 10 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 10 .....	47
Obrázek 11 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 11 .....	48
Obrázek 12 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 12 .....	49
Obrázek 13 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 13 .....	50
Obrázek 14 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 14 .....	51
Obrázek 15 – Vyhodnocení správných a špatných odpovědí u otázky č. 15 .....	52
Obrázek 16 – Polygon empirického rozložení absolutních četností (respondenti prezenčního studia) .....	59
Obrázek 17 – Polygon empirického rozdělení kumulativní činnosti (respondenti prezenčního studia) .....	59
Obrázek 18 – Polygon empirického rozložení absolutních četností (respondenti kombinovaného studia) .....	67
Obrázek 19 – Polygon empirického rozdělení kumulativní činnosti (respondenti kombinovaného studia) .....	67

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Limity ozáření.....	17
Tabulka 2 – Přehled četností odpovědí respondentů prezenčního studia .....	53
Tabulka 3 – Přehled četností správných odpovědí respondentů kombinovaného studia	54
Tabulka 4 – Přehled četností správných i špatných odpovědí respondentů prezenčního a kombinovaného studia.....	55
Tabulka 5 – Škálování výsledků z dotazníkového šetření respondentů prezenčního studia.....	57
Tabulka 16 – Rozdělení četností (respondenti kombinovaného studia).....	70
Tabulka 17 – Výpočet jednotlivých ploch (respondenti kombinovaného studia) .....	70
Tabulka 18 – Primitivní funkce (respondenti kombinovaného studia) .....	70
Tabulka 19 – Plochy jednotlivých integrálů pro testování znalostí respondentů kombinovaného studia.....	71
Tabulka 20 – Úprava počtu integrálů, pro výsledky testu dobré shody .....	71
Tabulka 21 – Výpočet F-test.....	72
Tabulka 22 – Výpočet T-testu.....	73

## **Přílohy**

### **Příloha A**

#### Dotazník

Dobrý den, jsem studentkou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Třetím rokem studuji obor Radiologický asistent a tématem mé bakalářské práce jsou Znalosti radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. Cílem tohoto dotazníku je zjištění rozsahu znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany u prezenční a kombinované formy studia. Údaje budou použity zcela anonymně a jen pro účely mé bakalářské práce.

Správnou odpověď označte zakroužkováním příslušného písmene, u otázek je pouze jedna správná odpověď.

Děkuji za Váš čas strávený nad vyplňováním tohoto dotazníku.

Anna Jiraňová

Název vysoké školy, kterou studujete:

.....

Forma studia

- a) Prezenční
- b) Kombinovaná

Ročník studia

- a) 1. ročník
- b) 2. ročník
- c) 3. ročník

V případě, že studujete kombinované studium, doplňte, jak dlouho pracujete v oboru Radiologický asistent? ..... let.

Na jakém oddělení pracujete:

- a) Radioterapeutické oddělení
- b) Oddělení nukleární medicíny
- c) Radiodiagnostickém oddělení

**1. Hlavním cílem radiační ochrany je:**

- e) Zabránit vzniku deterministických účinků a omezit na přijatelnou úroveň účinky stochastické
- f) Zabránit všem účinkům ionizujícího záření
- g) Zabránit nepřekročení základních limitů a zamezit ztrátě a odcizení zdrojů ionizujícího záření
- h) Zabránit vzniku stochastických účinků a omezit na přijatelnou úroveň účinky deterministické

**2. Deterministické účinky se vyznačují tím, že:**

- e) I malá dávka může způsobit genetické poruchy
- f) S rostoucí dávkou se zvyšuje riziko vzniku rakoviny
- g) Neexistuje žádná prahová dávka, účinky se vyskytnou vždy
- h) Pro daný účinek existuje prahová dávka, po jejímž překročení se projeví u všech osob

**3. Stochastické (pravděpodobnostní) účinky se vyznačují tím, že:**

- e) Pro daný účinek existuje prahová dávka, po jejímž překročení se projeví
- f) Se stoupající dávkou roste závažnost poškození nádorových buněk
- g) S rostoucí dávkou se nezvyšuje riziko vzniku výskytu nádorů a genetických změn
- h) Pro ně neplatí prahová dávka, i malá dávka zvyšuje pravděpodobnost vzniku nádorových onemocnění a genetických změn

**4. Jednotkou absorbované dávky je:**

- e) Gray [Gy]
- f) Sievert [Sv]
- g) Becquerel [Bq]
- h) Joule [J]

**5. Jednotkou ekvivalentní dávky je:**

- e) Gray [Gy]
- f) Becquerel [Bq]
- g) Sievert [Sv]
- h) Joule [J]

**6. Limity pro radiační pracovníky jsou stanoveny:**

- e) 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků
- f) 200 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků
- g) 50 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků
- h) 150 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků

**7. Limity pro učně a studenty jsou stanoveny:**

- e) 2 mSv za kalendářní rok
- f) 6 mSv za kalendářní rok
- g) 10 mSv za kalendářní rok
- h) 5 mSv za kalendářní rok



**8. Průměrnou dávka při RTG vyšetření plic (zadopřední projekce (PA) bude:**

- e) 2 mSv / snímek
- f) 20 mSv / snímek
- g) 0,2 mSv / snímek
- h) 0,02 mSv / snímek

**9. Akutní nemoc z ozáření se rozvíjí:**

- e) po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 10 mGy
- f) po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 10 Gy
- g) po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 1 Gy
- h) po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou od 5 Gy

**10. Pracoviště s rentgenovým zařízením určeným k radiodiagnostice patří do:**

- e) Pracoviště II. kategorie
- f) Pracoviště I. kategorie
- g) Pracoviště IV. kategorie
- h) Pracoviště VI. kategorie

**11. Pracoviště s urychlovačem částic patří do:**

- e) Pracoviště III. kategorie
- f) Pracoviště I. kategorie
- g) Pracoviště V. kategorie
- h) Pracoviště II. kategorie

**12. Pokud zvýšíme vzdálenost od zdroje ionizujícího záření na dvojnásobek, dávka (resp. dávkový příkon) se sníží:**

- e) 4x
- f) 2x
- g) 8x
- h) 12x

**13. Průměrná hodnota efektivní dávky za rok z přírodního pozadí v ČR se pohybuje:**

- e) 1 – 2 mSv / rok
- f) 3 – 4 mSv / rok
- g) 6 – 8 mSv / rok
- h) 5 – 6 mSv / rok

**14. Z přírodních zdrojů nejvíce přispívá k ozáření populace v ČR:**

- e) Kosmické záření
- f) Uran
- g) Terestrální záření
- h) Radon

**15. Základním způsobem ochrany před vnějším ozářením je:**

- e) Využití principu ochrany vzdáleností, časem, stíněním
- f) Použití osobních dozimetrů
- g) Využití speciálních potravinových doplňků
- h) Využití ventilace a klimatizace na oddělení