



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

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

Ozáření obyvatelstva z přírodních zdrojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program:

RADIOLOGICKÁ ASISTENCE

Autor: Daniela Uhlířová

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

České Budějovice 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „*Ozáření obyvatelstva z přírodních zdrojů*“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské 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 bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3. 5. 2023

.....

Daniela Uhlířová

Poděkování

Tímto bych chtěla od srdce poděkovat hlavně vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Renatě Havránkové, Ph.D., za její čas, ochotu, podporu a cenné rady při psaní této práce.

Ozáření obyvatelstva z přírodních zdrojů

Abstrakt

Přírodní zdroje záření zapříčiňují mnohem vyšší expozici než zdroje umělé a mohou se vyskytovat v mnoha podobách. Přírodními zdroji ionizujícího záření jsou kosmické záření a přírodní radionuklidy. Nejvíce se procentuálně na expozici obyvatelstva podílí radon. V České republice se radon vyskytuje ve velké míře a kvůli tomu patříme mezi země s největší objemovou aktivitou radonu.

Cílem předložené bakalářské práce bylo zjistit a porovnat informovanost obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření ve vybraných lokalitách s vysokým a nízkým výskytem radonu, konkrétně Příbramska a Mostecka.

V teoretické části se nacházejí poznatky o radioaktivitě, biologickým účincích ionizujícího záření, přírodních zdrojích ionizujícího záření a veličinách, které se s ionizujícím zářením pojí. Část se také věnuje radonové problematice, zdravotním komplikacím s radonem spojených a radonovému programu, ve kterém jsou shrnuta protiradonová opatření.

Ve výzkumné části jsou shrnuty výsledky dotazníkového šetření pomocí grafů. Tyto výsledky jsou dále zpracovány pomocí statistických metod, díky kterým byly potvrzeny obě dané hypotézy. První hypotéza zkoumala, zda celková informovanost obyvatelstva bude dosahovat alespoň 70 %, což bylo potvrzeno pomocí jednovýběrového t-testu. Druhá hypotéza se týkala porovnávání znalostí obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření u osob žijících v lokalitě s vyšším výskytem radonu a u osob žijících v lokalitě s nižším výskytem radonu, kde by informovanost osob v lokalitách s vyšším výskytem radonu měla být značně vyšší. Hypotéza byla potvrzena za použití dvojitýběrového t-testu.

Klíčová slova

ionizující záření; přírodní zdroje; radon; radonový program; informovanost obyvatelstva

Irradiation of the population from natural sources

Abstract

Natural sources of radiation cause much higher exposure than artificial sources and can come in many forms. Natural sources of ionizing radiation are cosmic rays and natural radionuclides. Radon accounts for the largest percentage of the population's exposure. In the Czech Republic, radon occurs to a large extent, and because of this, we are among the countries with the largest volumetric activity of radon.

The aim of the submitted bachelor's thesis was to find out and compare the awareness of the population in the area of natural sources of ionizing radiation in selected localities with high and low incidence of radon, namely Příbramsko and Mostecko.

The theoretical part contains knowledge about radioactivity, biological effects of ionizing radiation, natural sources of ionizing radiation and quantities associated with ionizing radiation. A section is also devoted to the radon issue, health complications associated with radon and the radon program, which summarizes anti-radon measures.

In the research part, the results of the questionnaire survey are summarized using graphs. These results are further processed using statistical methods, thanks to which both given hypotheses were confirmed. The first hypothesis examined whether the total awareness of the population would reach at least 70%, which was confirmed using a one-sample t-test. The second hypothesis related to the comparison of the knowledge of the population in the area of natural sources of ionizing radiation in people living in a locality with a higher incidence of radon and in people living in a locality with a lower incidence of radon, where the awareness of people in localities with a higher incidence of radon should be considerably higher. The hypothesis was confirmed using a two-sample t-test.

Keywords

ionizing radiation; natural resources; radon; radon program; awareness of the population

Obsah

Úvod.....	8
1 Teoretická část.....	9
1.1 Radioaktivita	9
1.2 Ionizující záření.....	9
1.3 Veličiny používané v oblasti ionizujícího záření	13
1.4 Biologické účinky ionizujícího záření	14
1.5 Radiační ochrana.....	16
1.6 Přírodní zdroje.....	17
1.6.1 Kosmické záření	18
1.6.2 Přírodní radionuklidy	18
1.7 Radon	19
1.7.1 Zdroje radonu v interiéru	20
1.7.2 Zdravotní komplikace způsobené radonem	21
1.7.3 Radon na území České republiky	23
1.7.4 Radon v domě	25
1.8 Radonový program.....	27
2 Cíl práce a hypotézy	29
3 Metodika.....	30
3.1 Dotazníkové šetření.....	30
3.2 Metody statického šetření	30
4 Výsledky.....	33
4.1 Výsledky dotazníkového šetření	33
4.2 Výsledky statistického šetření.....	47
5 Diskuze	50
5.1 Diskuze k dotazníkovému šetření	50

5.2	Diskuze ke statistickému šetření	53
6	Závěr.....	55
7	Seznam použitých zdrojů	56
8	Seznam zkratk.....	60
9	Seznam obrázků a tabulek	61
10	Seznam příloh	63

Úvod

Přírodní zdroje záření se na Zemi vyskytují již od jejího počátku. Ozáření z přírodních zdrojů je dle průměrné expozice mnohem vyšší než ozáření zdroji umělými. S umělými zdroji záření, kam patří například lékařské zdroje, je obeznámena většina obyvatelstva, zatímco zdrojům přírodním není věnováno tolik pozornosti. Expozice přírodními zdroji záření je zapříčiněna z velké části kosmickým zářením či půdou, ale největší dopad má expozice radonem.

Je známo, že Česká republika se nachází na seznamu zemí s největší objemovou aktivitou radonu na světě. Více než 50 % roční efektivní dávky z přírodních zdrojů je zapříčiněno expozicí radonem. V České republice je po kouření ozáření radonem druhou nejčastější příčinou vzniku karcinomu plic. Vzhledem ke zvýšenému riziku zdravotních komplikací souvisejících s radonem byla vytvořena určitá opatření, jež se musí dodržovat. Tato opatření jsou shrnuta v Radonovém programu, jehož primárním cílem je snižování ozáření obyvatelstva přírodními radionuklidy, zejména radonem.

Téma bakalářské práce, jež se týká ozáření obyvatelstva přírodními zdroji záření jsem si vybrala, jelikož by se tomuto tématu mělo věnovat více pozornosti. Nejen, že přírodní zdroje záření jsou důležité z hlediska obdržené efektivní dávky, ale i jejich znalost by měla být v porovnání s umělými zdroji záření významnější. Proto ve své bakalářské práci zkoumám informovanost obyvatel, jež žijí v lokalitách s vyšším a nižším výskytem radonu, který je hlavním zdrojem expozice přírodními zdroji.

1 Teoretická část

V teoretické části se bakalářská práce zaměřuje na témata radioaktivity, ionizujícího záření, expozice obyvatelstva přírodními zdroji, především radonem.

1.1 *Radioaktivita*

Radioaktivní jádra se samovolně s časem rozpadají a díky tomu dojde k vyzáření částic nebo kvanta elektromagnetického záření. Nukleární nestabilita je důsledkem rozporu mezi dvěma nejsilnějšími přírodními silami (silné interakce a elektromagnetické interakce), které obě působí na jádro. Atomy, které obsahují nestabilní jádra jsou radioaktivní. Záření, jež je produktem radioaktivity, může být charakterizováno elektrickým nebo magnetickým polem. Různé druhy radioaktivity vedou k různým přeměnovým řadám, ve kterých se přeměňují jádra na jiné stabilní nebo radioaktivní chemické prvky. Rychlost rozpadu jádra je ovlivněna chemickými a fyzikálními procesy. (Jirák a Vítek, 2016)

Všechna jádra obsahují nukleony. Nukleony jsou jaderné částice dvojího typu, jejichž hmotnost je sice podobná, ale odlišují se nábojem. Tyto částice se nazývají protony a neutrony. Proton je částice nesoucí kladný náboj s hodnotou elementárního náboje. Jeho počet se označuje jako protonové číslo Z . Neutron je částicí bez elektrického náboje, tudíž ho můžeme označit jako částici stabilní. Počet neutronů určuje neutronové číslo N . Celkový počet nukleonů v jádře je vyjádřen nukleonovým číslem A . Pravděpodobnost rozpadu jádra závisí na poměru neutronového a protonového čísla. Právě díky tomuto rozpadu dochází ke vzniku záření alfa, beta a gama záření. (Jirák a Vítek, 2016)

1.2 *Ionizující záření*

Záření lze definovat jako šíření energie prostorem. Záření se může objevovat ve dvou podobách. Rozděluje se na záření elektromagnetické a záření částicové, korpuskulární. Elektromagnetické záření je součástí tzv. elektromagnetického spektra, které vyobrazuje vlnové délky jednotlivých záření, jejich přechod je plynulý. Toto spektrum se také jinak nazývá Maxwellova duha.

Elektromagnetické záření obsahuje dvě základní složky. Jednou z nich je elektrická složka, jež charakterizuje vektor intenzity elektrického pole E , druhou složkou je složka

magnetická charakterizovaná vektorem magnetické indukce B . Záření rozlišujeme dle jeho vlnové délky = frekvence a dle jeho zdroje záření. Všeobecně platí, že záření s delší vlnovou délkou má nižší frekvenci, a naopak záření s krátkou hodnotou vlnové délky má vysokou hodnotu frekvence a každé má své určité využití jak v každodenních činnostech, tak v medicíně. (Rosina et al., 2013)

Ionizující záření je definováno jako záření, které je při průchodu prostředím schopno ionizovat (odtrhovat) elektrony z elektronového obalu atomu, tudíž dojde k vzniku iontového páru, který tvoří kladný iont a záporný iont. Ionizující záření dále dělíme dle náboje na elektroneutrální a polární. Elektroneutrální se vyskytuje v podobě fotonů či neutronů, zatímco polární zahrnuje elektrony, pozitrony, protony. (Rosina et al., 2013)

Při průchodu ionizujícího záření prostorem může dojít buď k přímé či nepřímé ionizaci. Přímou ionizovat mohou pouze částice s nábojem, kam řadíme částice alfa nebo částice beta, dále to mohou být elektrony a pozitrony nejaderného původu s energií dostatečnou k ionizaci. K nepřímé ionizaci dochází díky nenabitým částicím, kam řadíme neutrony. Nenabitě částice při interakcích s atomy uvolňují částice, které jsou přímo ionizující anebo takové, co vyvolávají jaderné přeměny. (Rosina et al., 2013)

Záření alfa (α) se vyskytuje u těžkých přírodně radioaktivních prvků. Je tvořeno jádrem helia, které obsahuje dva protony a dva neutrony a jeho zdrojem jsou jádra prvků, jako je např. uran, thorium, radium. Ochranou proti záření alfa může být např. list papíru. Ze zdravotního hlediska může dojít k poškození sliznice, pokud se prvky vyzařující toto záření dostanou do plic. Následně dochází i k rozvoji zhoubného nádoru plic. (Rosina et al., 2013)

Záření beta (β) má dvojí charakter. Je tvořeno buď elektrony (β^-), nebo pozitrony (β^+). Existují dva hlavní druhy rozpadu. První z nich je rozpad β^- . Při rozpadu β^- dochází k nárůstu protonového čísla o 1. Zároveň dochází k emisi elektronu a antineutrína mateřským jádrem. Druhým rozpadem je β^+ . Při rozpadu β^+ dochází k poklesu protonového čísla o 1 a emisi pozitronu a antineutrína mateřským jádrem. Částice beta jsou mnohem lehčí než částice alfa. Při průchodu prostředím mají stejnou energii jako částice alfa, ale pohybují se mnohem rychleji, z toho vyplývá, že daleko méně ionizují a excitují. Záření beta má při pohybu prostředím mnohem větší dosah. Jako ochrana je vhodné plexisklo a používají se materiály s nízkým protonovým číslem. (Rosina et al., 2013)

Záření gama (γ) je elektromagnetické záření s velmi krátkou vlnovou délkou. Je definováno jako záření, jež je tvořeno fotony o energii větší než 10 keV. Pohybuje se rychlostí světla. Při průchodu záření gama prostředím dochází ke srážce fotonů s atomy, elektrony těchto atomů jsou vyraženy z obalu atomu a mají dostatečnou energii k tomu, aby ionizovaly okolní prostředí. Toto záření je záření nepřímo ionizující. Jeho ionizační schopnosti jsou vcelku nízké. (Rosina et al., 2013)

Rentgenové záření je forma elektromagnetického záření podobná rádiovým vlnám, mikrovlnám, viditelnému světlu a gama paprskům. Rentgenové fotony jsou vysoce energetické. Záření s kratšími vlnovými délkami lépe prochází tkáněmi, a proto je oproti záření s delšími vlnovými délkami v medicíně přínosné. Rentgenové záření má několik následujících vlastností a účinků (Malíková et al., 2019):

- penetrace;
- absorpce;
- fotochemické účinky;
- luminiscenční účinky;
- přímočaré šíření ze zdroje;
- rozptyl záření;
- biologické účinky.

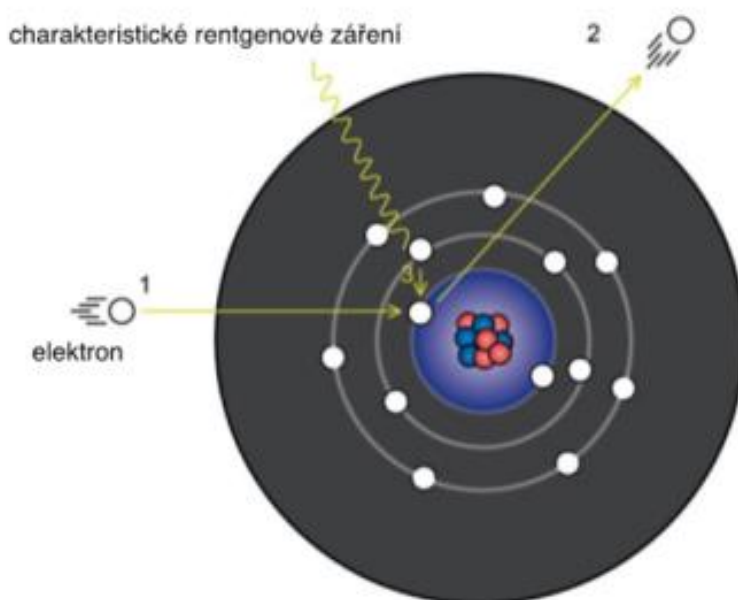
Přirozenými zdroji rentgenového záření jsou hvězdy a další kosmické zdroje. Umělým zdrojem je rentgenka (vakuovaná elektronka). Rentgenka je tvořena kladnou anodou a zápornou katodou (dióda). Je připojena k obvodu s vysokým napětím. Katoda je žhavená proudem a díky tomu jsou uvolňovány elektrony. Mezi elektrodami je silné elektrické napětí, díky němuž se elektrony rozpohybují velkou rychlostí a začnou narážet do kladné anody, která je zabrzdí. Anoda je většinou z wolframu. Na anodě dochází k interakci elektronů s obalem atomů anody a tím elektrony ztrácejí svou kinetickou energii. Kinetická energie se z 99 % přemění na energii tepelnou a jen 1 % je rentgenové záření, které má dva druhy. Je buď brzdné, či charakteristické. (Malíková et al., 2019)

Brzdné záření vzniká zpomalením elektronu, jež letí blízko jádra atomu materiálu anody. Jádro je kladně nabitě a přitahuje elektron, ten změni směr letu a zpomalí, čím více se elektron přiblíží, tím vyšší je jeho energie, a tudíž vzniká rentgenové záření s vysokou energií (Obrázek 1). Brzdné záření má spektrum je spojité. (Malíková et al., 2019)



Obrázek 1 – Schematické znázornění vzniku brzdného záření (Zdroj: Malíková et al., 2019)

Charakteristické záření je závislé na materiálu ohniska anody. Při dopadů elektronů na anodu dojde k vyražení původního elektronu z obalu a tím pádem zde vzniká „díra“. Ta je následně zaplněna jiným elektronem vzdálenějším od jádra. Vyzáří se foton a jeho energie je určena rozdílem energií hladin, mezi kterými se elektron posunul (Obrázek 2) Pokud bude protonové číslo anody vyšší, bude vyšší i energie charakteristického záření. Charakteristické záření má spektrum čárové. (Malíková et al., 2019)



Obrázek 2 – Schematické znázornění vzniku charakteristického záření (Zdroj: Malíková et al., 2019)

Neutronové záření lze získat pouze jadernými reakcemi. Je tvořeno neutrony což jsou hmotné elementární částice bez náboje. Neutrony vznikají v neutronových generátorech, jadernými explozemi či z radionuklidových zdrojů. Nemají ionizační schopnosti, ale mohou způsobit radioaktivitu u neradioaktivních látek, protože porušují atomovou stabilitu. (Rosina et al., 2013)

1.3 Veličiny používané v oblasti ionizujícího záření

Aktivita A je veličina udávající počet radioaktivních přeměn v daném radionuklidu za jednotku času.

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Dávka (D) tzv. absorbovaná dávka, je střední hodnota energie ionizujícího záření absorbované v jednom kilogramu látky. Jednotkou absorbované dávky je 1 Gray (Gy) neboli $J \cdot kg^{-1}$.

$$D = \frac{\bar{d}\epsilon}{dm}$$

Další veličinou je **dávkový příkon**, který nám určuje přírůstek dávky za jednotku času. Naopak kermový příkon popisuje přírůstek kerry za jednotku času. Obě tyto veličiny mají stejnou jednotku, kterou je $Gy \cdot s^{-1}$.

$$D = \frac{dD}{dt}$$

Ekvivalentní dávka (H_T) je veličina založena na rozdílných účincích jednotlivých druhů záření. Ekvivalentní se vypočte jako součin absorbované dávky konkrétního typu záření v orgánu nebo tkáni a radiačního váhového faktoru. **Radiační váhový faktor (W_R)** udává kolikrát je určitý druh záření biologicky účinnější než záření fotonové nebo záření gama.

$$H_T = \sum_R W_R D_{T,R}$$

Efektivní dávka (E) je veličina vyjadřující součet všech ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech vynásobených tkáňovými váhovými faktory. **Tkáňový váhový faktor** popisuje radiosenzitivitu dané tkáně. Jednotkou ekvivalentní i efektivní dávky je 1 Sievert (Sv). (Rosina et al., 2022)

$$E = \sum w_T \cdot H_T$$

Lineární přenos energie (linear energy transfer, LET) je veličina udávající energii, kterou částice nebo foton předá. Zároveň je vztažena na vzdálenost, kterou částice či foton proniknou okolním prostředím.

1.4 Biologické účinky ionizujícího záření

Biologické účinky ionizujícího záření jsou vyvolány interakcí záření na buněčné a subbuněčné úrovni. U molekul, buněk a tkání nastávají rozdílné reakce, ovšem výzkum a studium biologických účinků záření na člověka a jednotlivé orgány stále pokračuje. Molekulární, tkáňová a buněčná reakce je při ozáření nízkými dávkami rozdílná oproti reakci vyvolané jednorázovým krátkodobým ozářením vysokou dávkou. Při ozáření nízkými dávkami dochází k odezvám v podobě bystander efektu, adaptivní ochranné reakci a genomické nestabilitě. Výzkum mechanismu účinku dokazuje, že molekulární a buněčné procesy způsobené nízkými dávkami záření vyvolávají spíše ochranné reakce, zatímco ozáření vyšší dávkou způsobuje rozsáhlejší poškození jako je usmrcení buňky, narušení tkáně či zánětlivá onemocnění. Pokud dojde k ozáření nižším dávkovým příkonem, riziko je pravděpodobně nižší než u jednotlivých krátkodobých ozáření vyšším dávkovým příkonem i přes to, že celková dávka je stejná. I ty nejnižší dávky jsou považovány za nežádoucí. Avšak jejich dopad není tak veliký, takže jsou v řadě aplikací tolerovány, jelikož převažují spíše pozitivní přínosy, které jsou s ionizujícím zářením spojeny. (Kubinyi et al., 2018)

Při ozáření živé tkáně dochází k absorpci energie. Pokud k tomu dojde, v místě předání energie mírně se zvýší teplota, což je zanedbatelné. Důležité jsou ionizační účinky záření, které mají negativní vliv na živé organismy. Při ionizaci atomů molekul buněk dochází buď k přímému či nepřímému poškození struktury kyseliny deoxyribonukleové (DNA). Přímé poškození je způsobeno ionizací atomů molekuly DNA a dochází k chemickým změnám, které působí změny ve funkčnosti molekuly. Při zasažení jádra buňky dojde ke změně chemických vazeb molekul. Tyto vazby jsou důležité zejména v genetice a metabolismu buňky. U DNA může nastat několik druhů poškození, jedním z nich je zlomení pouze jednoho ramene DNA. U tohoto poškození dochází k rychlé opravě, jelikož báze DNA jsou komplementární a druhý řetězec slouží jako vzor

pro následné opravení poškozené struktury. Pokud dojde k několikanásobnému poškození na více místech, buňka je i tak dokáže rychle opravit. Pokud dojde k poškození obou řetězců naráz, pak je toto poškození neopravitelné. Po čase dojde k buněčné smrti. Při zasažení buňky ionizujícím zářením s nízkou hustotou ionizace (beta, gama) vzniká spíše poškození jednoho řetězce. Pokud by ovšem došlo k zasažení buňky zářením s vysokou hustotou ionizace (alfa), je velice pravděpodobné, že nastane poškození obou řetězců. Z jednotlivých typů poškození buňky při zasažení nízkou a vysoce ionizujícím zářením se odvozují účinky záření na tkáň. (Kubinyi et al., 2018)

Záření s vysokým LET způsobuje vyšší úmrtnost buněk s časem, tato závislost je exponenciální a bezprahová. U záření s nízkým LET je závislost při ozáření nízkými dávkami prahová, jelikož při poškození buňky dojde k následné opravě. Pokud dojde k nepřímému zásahu buňky ionizujícím zářením, výsledkem je radiolýza molekul vody. Vznikají volné radikály H a OH. Tyto radikály mají schopnost oxidace a dokáží narušit metabolické procesy v buňce. Poškození může být buď trvalé či dočasné (dojde k reparaci). Při reparaci dochází k rekombinaci, restituci a enzymatické opravě. Interakce buňky s ionizujícím zářením má několik fází (Kubinyi et al., 2018):

- fyzikální fáze (začíná při ionizaci atomů molekul DNA);
- fyzikálně-chemická fáze (dochází k mezimolekulárním interakcím);
- biochemická fáze (vznik volných radikálů a jejich následné působení na molekuly);
- biologická fáze (reakce způsobené vzniklými produkty ionizujícího záření).

Z hlediska vztahu dávky a účinku rozlišujeme účinky stochastické a deterministické (tkáňové reakce). **Stochastické účinky** se objevují až po určitém čase a pravděpodobnost vzniku je závislá na efektivní dávce. Pro stochastické účinky neexistuje prahová dávka, může ale dojít např. ke vzniku karcinogeneze, či genetických změn. (Kubinyi et al., 2018)

Pokud dojde ozářením k rozvoji maligního onemocnění, existuje tzv. koeficient rizika, který charakterizuje celoživotní riziko úmrtí právě na toto onemocnění. Každá malignita se s časem vyskytuje různě. Např. leukémie, nádory štítné žlázy či nádory kostí se objevují několik let od ozáření. Ostatní malignity se projeví až za deset let či déle. Do důležitých stochastických účinků se řadí postižení potomstva osob, jež byli ozářeni. S tímto postižením se pojí gametická mutace, která způsobuje změny ve vajíčkách a spermích. (Havránková, 2020)

K **deterministickým účinkům** (tkáňovým) s určitostí dochází v případě, že dojde k překročení prahové úrovně dávky. Projevy nastanou v blízké době po ozáření. Čím vyšší dávka ionizujícího záření zasáhne živý organismus, tím vyšší je závažnost následných komplikací. K deterministickým účinkům patří např. akutní nemoc z ozáření nebo radiační zánět kůže. (Kubinyi et al., 2018)

1.5 Radiační ochrana

Cílem radiační ochrany je u zdůvodněných a optimalizovaných činností spojených s expozicí zabránit vzniku deterministických účinků a omezit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na úroveň pokládanou za přijatelnou pro jedince i společnost. Cíle radiační ochrany je dosahováno uplatňováním principů radiační ochrany. (Klener, 2000)

Princip zdůvodnění činnosti je důležitý k tomu, aby každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření, zajistil, aby toto jednání bylo odůvodněné a přínosy převažovala rizika. Druhým principem je **princip optimalizace ochrany**, jež říká, že každý, kdo využívá jadernou energii nebo se zapojuje do činností, které mají za následek radiační ozáření má povinnost udržovat úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti, která zajistí co nejmenší počet ozářených osob a individuálních dávek, jakých jen lze z hospodářských a sociálních hledisek dosáhnout. Třetím principem je **princip limitování dávek**. Pomocí limitování jednotlivých dávek dojde k omezení výskytu stochastických účinků. (Seidl et al., 2012)

Pro obyvatelstvo platí, že roční limit nesmí překročit více než 1 mSv. Pro pracovníky je stanoven limit na 20 mSv za jeden kalendářní rok nebo hodnota schválena Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, která je nejvýše 100 mSv po dobu 5 let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok. Pro studenty je limit 6 mSv ročně. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

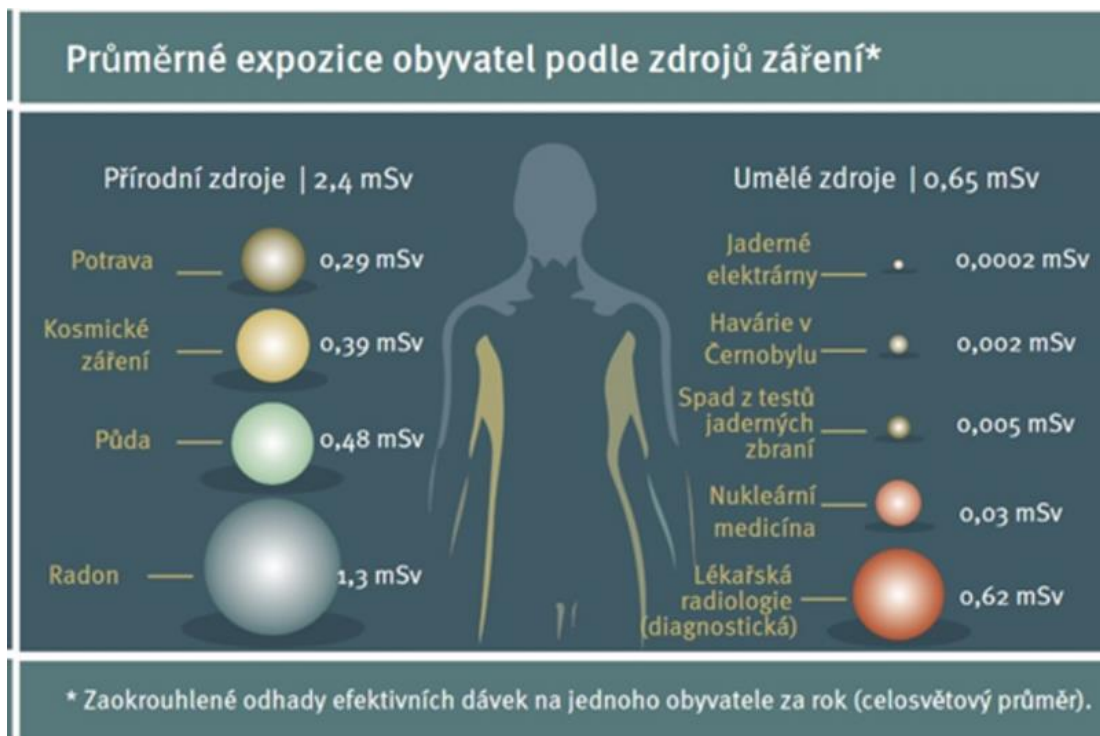
Posledním principem je **princip zajištění bezpečnosti zdrojů**, kdy je zachování a bezpečnost zdrojů zajištěna řádným řízením, kvalitní technologií, systémy zajišťování kvality, školením a vzděláváním personálu. (Konečný, 2007)

1.6 Přírodní zdroje

Přírodní ozáření je zapříčiněno odlišnými přírodními zdroji záření, kterými jsou (SÚJB, 2016):

- kosmické záření;
- přírodní radionuklidy;
 - kosmogenní radionuklidy;
 - původní primordiální radionuklidy;
 - radionuklidy vznikající sekundárně.

Všeobecně přírodní záření nazýváme přírodním pozadím. Ozáření z přírodních zdrojů vede v průměru k nejvyššímu radiačnímu ozáření populace. Průměrná roční efektivní dávka způsobena přírodním ozářením je 2,4 mSv, a tudíž je zhruba 4x vyšší než efektivní dávka zapříčiněná umělými zdroji (Obrázek 3). (SÚJB, 2016)



Obrázek 3 – průměrné expozice obyvatel podle zdrojů ozáření (zdroj: (UNEP 2016)

1.6.1 Kosmické záření

Kosmické záření je definováno jako vysokoenergetický proud částic, který proniká do zemské atmosféry. Kosmické záření dopadající na zemský povrch je izotropního charakteru, to znamená, že je ve všech místech stejně intenzivní. Toto záření má primární a sekundární složku. Primární kosmické záření rozdělujeme na galaktické kosmické záření a sluneční. Toto záření pochází z hlubokých oblastí vesmíru. Naopak sluneční kosmické záření pochází ze slunečních erupcí, je tvořeno vysokoenergetickými protony, elektrony, heliony a rentgenovým zářením. Dávkový příkon roste s nadmořskou výškou. (Rosina et al., 2022)

Při průchodu primárního záření atmosférou dochází k interakci s atmosférickými částicemi a srážkami dochází ke vzniku dalších částic. Díky tomuto řetězovému ději vzniká sekundární kosmické záření. Toto záření dopadá na zemský povrch a je tvořeno převážně protony. (Rosina et al., 2022)

1.6.2 Přírodní radionuklidy

Přírodní radionuklidy se vyskytují v přírodě a jsou součástí životního prostředí. Při jaderných reakcích, ke kterým dochází při interakci stabilních prvků (které jsou součástí atmosféry) a kosmického záření, vznikají tzv. **kosmogenní radionuklidy**. Nejznámějším kosmogenním radionuklidem je uhlík ^{14}C . K proniknutí radionuklidů do lidského organismu dochází nejčastěji požitím. (Navrátil et al., 2011)

Další radiační zátěž je způsobena terestriálním zářením. Do terestriálních radionuklidů řadíme **primordiální radionuklidy** (izotopy uranu ^{238}U , ^{235}U , thorium ^{232}Th ...), jež se vyskytují v hojném množství. Jejich rozložení na Zemi není konstantní hlavně kvůli geologickým procesům, proto u obyvatelstva dochází k nerovnoměrnému rozložení radiační zátěže. (Navrátil et al., 2011)

Druhou složkou terestriálního záření jsou radionuklidy přeměnových řad neboli **sekundární radionuklidy**. Tyto dceřiné radionuklidy vznikají z mateřských radionuklidů, které tvoří přeměnové řady. Jednotlivé radionuklidy vznikají přeměnou předchozího radionuklidu, jež je součástí přeměnové řady. Výsledkem je stabilní nuklid. Existují řady uran-radiová (^{238}U), thoriová (^{232}Th), aktiniová (^{235}U). (Navrátil et al., 2011)

V zemské kůře jsou přítomny tři nejvýznamnější přírodní radionuklidy. Jedním z radioaktivních prvků v zemské kůře je **draslík (K)**. Tento prvek ještě s uhlíkem (C) patří mezi radioaktivní prvky nacházející se v lidském těle. Poločas rozpadu radioaktivního izotopu draslíku ^{40}K je $1,3 \cdot 10^9$ let. Mezi minerály s významným obsahem tohoto prvku lze zařadit např. draselné živce, biotit anebo muskovit. **Uran (U)** také vytváří radioaktivní izotopy. Je to přirozeně se vyskytující radioaktivní minerál, který se nachází v zemské kůře. Každý izotop má různý poločas rozpadu. ^{238}U má poločas rozpadu $2,5 \cdot 10^5$ let, ^{235}U má poločas rozpadu $7,02 \cdot 10^8$ let a ^{234}U má poločas rozpadu $2,5 \cdot 10^5$ let. **Thorium (Th)** je v přírodě zastoupeno radioaktivním izotopem ^{232}Th , jehož poločas rozpadu se rovná $1,4 \cdot 10^{10}$ let. Thorium je významné tím, že je mateřským prvkem přeměnové řady, jejímž konečným produktem je stabilní izotop ^{208}Pb . Avšak největší radiační zátěž je způsobena radonem, jež je dceřiným produktem uranu. (KDAIZ FJFI ČVUT, 2020)

1.7 Radon

Radon (^{222}Rn) je přírodní radioaktivní vzácný plyn pocházející z rozpadové řady uranu (^{238}U). Výskyt uranu se na Zemi je závislý na daném typu skály a půdy. Např. žula, uranem obohacené fosfátové horniny a břidlice obsahují více uranu než ostatní. (Muikku et al. 2007).

Radon nemá žádný zápach, barvu ani chuť. Radonový plyn snadno uniká z hornin a půd do vzduchu a má tendenci se koncentrovat v uzavřených prostorách, jako jsou např. podzemní doly, domy a další budovy. Infiltrace půdního plynu je považována za nejdůležitější zdroj radonu v domech. Radon se vyskytuje v malých dávkách i ve stavebních materiálech (beton, stěnové desky, cihly). (WHO, 2022)

Radon se nachází i v podzemní vodě, což může představovat zdravotní riziko pro osoby využívající podzemní vodu jako zdroj pitné vody. Koncentrace radonu v ovzduší je na pevnině mnohem vyšší než na moři. Během teplotních inverzí (jev, kdy teplota vzduchu v dolní atmosféře s výškou neklesá, ale naopak stoupá) může koncentrace v oblastech se zvýšeným množstvím uranu a radia vystoupat až na stovky Bq/m^3 . Koncentrace radonu ve vzduchu se mění sezónně a denně je také ovlivněna meteorologickými proměnnými jako jsou teplota, vlhkost anebo rychlost větru. Nižším tlak vzduchu uvnitř budov může způsobovat hromadění radonu a jeho produktů. Radon v půdním vzduchu se může do

domu dostat skrze suterén. Proudění radonu do budov závisí hlavně na konstrukci budovy a propustnosti materiálu. Koncentrace radonu uvnitř budov je ale v průměru asi 1000krát nižší než koncentrace radonu v půdě pod domem. (Krewski a Al-Zoughool, 2009)

Přestože radon sám o sobě je inertní plyn, jeho krátkodobé dceřiné produkty jsou nabitě částice, které se mohou vázat na přirozený aerosol a prach, a při vdechnutí se ukládají do plic, tudíž dochází k ozáření citlivých buněk bronchiálního epitelu alfa zářením. (WHO, 2022)

Expozice radonem tvoří více než 50 % roční efektivní dávky z ozáření přírodními zdroji (Obrázek 4) a je tedy jedním z důvodů vzniku plicního karcinomu. Po kouření je druhou hlavní příčinou úmrtí na rakovinu plic. (Krewski a Al-Zoughool, 2009)



Obrázek 4 – Rozdělení dávek obyvatelstvu (zdroj: SÚJB)

1.7.1 Zdroje radonu v interiéru

Největším zdrojem radonu je podloží. Množství radonu uvolněného z půdy je ovlivňováno třemi faktory: geologií, vlhkostí půdy a meteorologickými podmínkami. Změny atmosférického tlaku ovlivňují emisi radonu ze země a jeho množství ve vzduchu. Podlaha a stěny v suterénu zpomalují pohyb radonu z půdy do budovy. Koncentrace radonu mohou být vyšší v domech, které jsou dobře izolované či postavené na půdě, která je bohatá na prvky uranu, thoria a radia. Koncentrace radonu bývají nejvyšší ve sklepích, protože jsou nejbližší zdroji a jsou ve většině případů špatně větrané. Druh půdy, na níž je budova postavena a složení půdy v částech budovy ovlivňuje vnitřní koncentraci

radonu v půdě. Klimatické podmínky a tlak ovlivňují koncentraci radonu na jednom místě, proto koncentrace radonu nejsou v budově konstantní (nejvyšší koncentrace je v suterénu, klesá s rostoucí výškou). (Yadeta, 2016)

Dalším zdrojem radonu je podzemní voda. I v domácnostech může být zdrojem pitná voda obsahující ^{222}Rn . Vodní zdroje radonu jsou v porovnání s půdními zdroji zanedbatelné. Za typických podmínek se při používání radonové vody uvolňuje zhruba 50 %. Radonová voda má význam pouze v několika regionech, koncentrace ve většině zemích jsou nízké, takže vodu jako zdroj radonu lze obvykle ignorovat. (Yadeta, 2016)

Množství radonu ve vodě závisí na množství přírodních radionuklidů v geologickém podloží. Platí, že čím vyšší je radonový index v dané oblasti, tím více radonu bude voda obsahovat. V České republice je průměrný obsah radonu v pitné vodě okolo 14 Bq/l. Radon lze z vody odstranit pomocí aeračních zařízení. Pomocí tohoto zařízení dojde k provzdušňování vody a díky tomu dojde k vytěsnění radonu. (SÚRO, 2016)

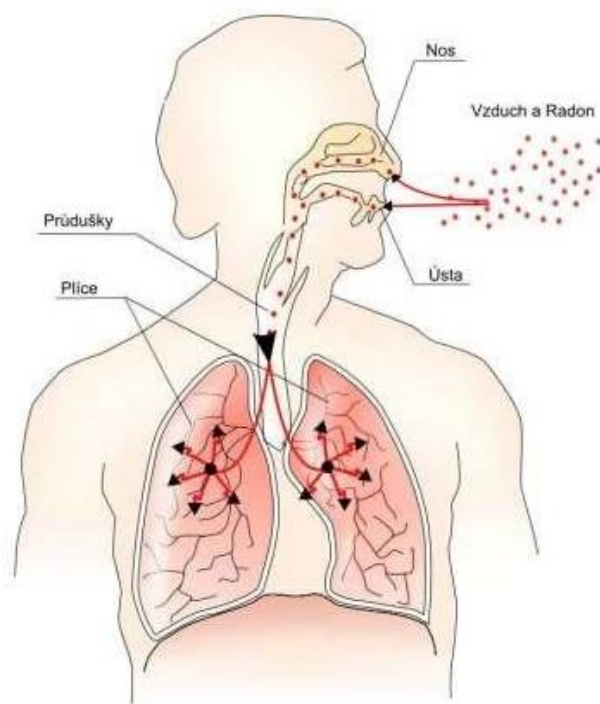
Dalším zdrojem radonu jsou stavební materiály. Stavební materiály tvořené horninami a jejich vedlejšími produkty, které obsahují stopové množství radia, také reprezentují značnou část radonu v interiéru. (Yadeta, 2016)

Významným zdrojem radonu je stavební podloží v blízkosti domu. Hladiny radonu v interiéru nedosahují takových hodnot v bytech jako v domech a budovách, které mají betonové základy. Mezi významné zdroje radonu se řadí beton, kámen a cihly. Tyto materiály obsahují značné množství radia. Při stavbě domů či budov se používá několik tun takových materiálů, tudíž je skoro nemožné vyhnout se výskytu radonu v interiéru. Dřevo a dřevěné výrobky jsou bezpečné a neobsahují radium, tudíž nepřispívají k výskytu radonu uvnitř staveb. (Yadeta, 2016)

1.7.2 Zdravotní komplikace způsobené radonem

Ozáření radonem může být způsobeno každodenním požíváním pitné vody anebo inhalací. Radon do organismu nejčastěji proniká dýchacími cestami (Obrázek 5). Následně se dostává do krevního řečiště. Primární tkáň, ve které se tyto radioaktivní částice hromadí, je tkáň tuková. Dochází k ozáření kostní dřeně nebo dokonce i prsu, avšak množství obdržené dávky je zanedbatelné. Požíváním pitné vody, jež obsahuje větší stopové množství radonu, dochází také k expozici žaludku. Druhým nejvíce ozářeným orgánem jsou ledviny, nejvyšší dávky dostávají dýchací cesty. (Das, 2021)

Zdravotní následky nejsou způsobeny samotným vdechováním radonu, jde hlavně o vdechování jeho přechodných produktů, jež vznikají radioaktivní přeměnou. Tyto dceřiné produkty se vyskytují v podobě pevných izotopů kovů (izotopy polonia, olova a bizmutu), které po vzniku zůstávají ve vzduchu jako volné ionty nebo jsou vázané na povrch aerosolových částic. Po vdechnutí se zachytí v průduškách a plicích a rychle se přemění. Když se transformují, dochází k uvolnění záření, které poškozuje tkáň. Radon je svým způsobem přenašeč, co přenáší radioaktivitu ze zemské kůry do atmosféry a poté do dýchacího ústrojí člověka. Jednou z příčin vzniku rakoviny plic je ozáření průdušek a plic alfa částicemi uvolněnými při přeměně produktů radonu. Stejně jako u kouření jde o dlouhodobý proces. Nádory vznikají až po letech či desetiletích, kdy se člověk pohybuje v prostorech se zvýšenou koncentrací radonu či jeho produktů. (Neznal a Neznal, 2009)



Obrázek 5 – Inhalace radonu (zdroj: SÚRO, v.v.i.)

Rakovina plic je takzvané multifaktoriální onemocnění a je jednou z nejvíce agresivních rakovin, co se týče úmrtí. V jeho patogenezi hrají důležitou roli jak genetické změny, tak i epigenetické změny v buňce. Může být způsobena i jinými faktory, než je kouření a expozice plic radonem, patří sem zejména exogenní faktory, expozice arsenem a azbestem, vdechování částic obsahující těžké kovy, alkohol a podvýživa. Je to onemocnění, při kterém dochází k nekontrolovatelnému množení plicní tkáně nebo buněk průdušek.

Rakovina plic se vyvíjí velmi pomalu a většinou ji provází silný dlouhotrvající kašel (s doprovodem hemoptýzy), dochází k úbytku na váze a také potížím s polykáním. K nálezům však dochází náhodně při vyšetření např. rentgenem. Vztah mezi radonem a rakovinou plic je pečlivě dokumentován epidemiologickými studiemi. Studie dokazují, že 70 % úmrtí na rakovinu plic u lidí, kteří se pohybovali v dolech s uranem, lze připsat expozici radonem. U horníků, jež těžili uran, dochází i k poškození genomu v krevních lymfocytech. V České republice, je známý vysoký výskyt radonu, tudíž je zde radon hlášený jako druhý nejvýznamnější rizikový faktor vzniku rakoviny plic. Co se týče pitné vody obsahující radon, pouze 0,1 % proniká do těla při běžné spotřebě. (Bersimbaev et al., 2020)

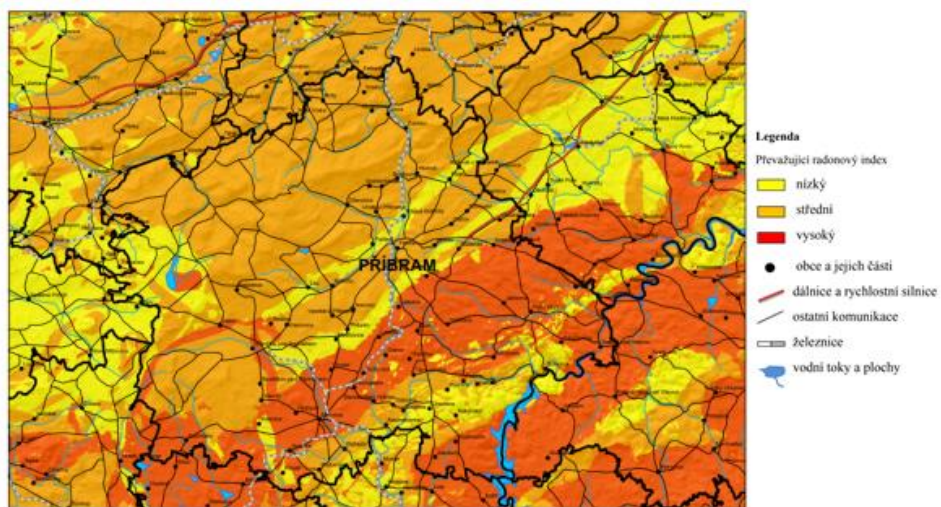
1.7.3 Radon na území České republiky

Česká republika je tvořena dvěma geologickými jednotkami, Českým masivem a Západními Karpaty. Český masiv tvoří horniny magmatické, sedimentární a metamorfované. Západní Karpaty jsou tvořeny pouze horninami sedimentárními. Nejvýznamnějším obdobím vzniku endogenní uranové mineralizace byly Prvohory. Český masiv je z části tvořen uranovými ložisky endogenního hydrotermálního typu. Endogenní uranová ložiska jsou převážně spjata s magmatickými hlubinnými procesy. K hydrotermálním uranovým ložiskům patří např. ložiska Jáchymov, Potůčky, Horní Slavkov, Medvědí, Javorník, Brzkov, **Příbram** nebo také Chotěboř. Formy hydrotermální akumulace uranu jsou žíly významně obohacené právě uranem. Tento prvek je významně přítomný v horninách, a především proto došlo k vzniku uranových dolů, které také významně přispěly k ozáření několika tisíců lidí. (SÚJB, 2020)

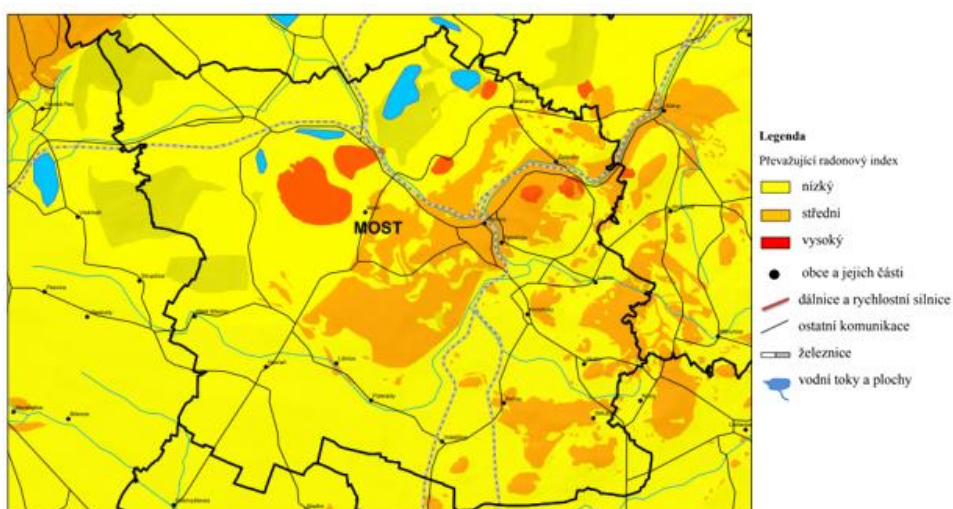
Výsledkem měření radonu je stanovení objemové aktivity radonu. Cílem je zjištění radonového rizika na pozemku či v bytě. Důležité je stanovit obsah radonu v ovzduší budovy. Toto se týká hlavně přízemních bytů, obytných místností v nově postavených domech a budoucích nemovitostí, jež by se potencionálně nacházely v místech se zvýšenou koncentrací radonu. Průměrná objemová aktivita radonu na území České republiky je 118 Bq/m³. Právě kvůli tomuto údaji patří Česká republika mezi země s nejvyššími koncentracemi radonu na světě. Vysoké hodnoty jsou naměřeny ve Středočeském kraji na Příbramsku (Obrázek 6). Jeden z nižších radonových indexů je na území Ústeckého kraje, konkrétně Mostecka (Obrázek 7). Radon se vyskytuje v nižším i vyšším množství, které je závislé na koncentraci radonu v podloží pod

konkrétní budovou. Z období mezi lety 1990 až 2010 byly na základě měření objemové aktivity radonu v bytech vypracovány mapy znázorňující koncentrace radonu v konkrétních regionech České republiky. (SÚJB, 2016)

Pokud je radonový index vysoký, v dané oblasti je vyšší výskyt budov s nadměrnou koncentrací radonu, pokud je radonový index nízký, v dané oblasti se nenachází významné koncentrace radonu v budovách. Díky české geologické službě již dnes existuje geologická prognózní mapa radonového indexu. Tato mapa rozděluje jednotlivé oblasti České republiky podle míry výskytu radonu. Toto rozdělení zahrnuje čtyři stupně dle výše radonového indexu: nízký, přechodný, střední a vysoký. (SÚJB, 2016)



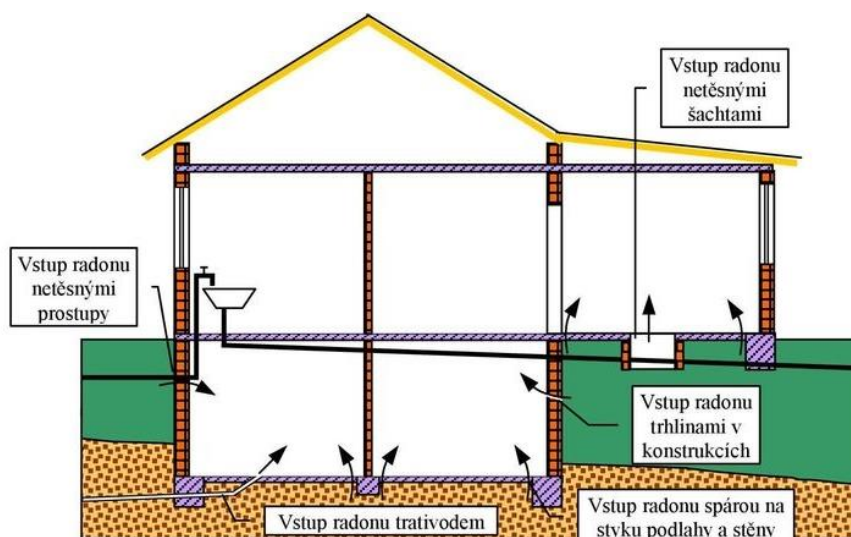
Obrázek 6 – Radonový index na území Příbramska (zdroj: Česká geologická služba)



Obrázek 7 – Radonový index na území Mostecka (zdroj: Česká geologická služba)

1.7.4 Radon v domě

Nejčastějším způsobem průniku radonu do obydlí je již zmiňované podloží. Radon se do domu může dostat např. skrze trhliny v podlahách a stěnách suterénu, netěsnostmi okolo prostupů instalačních vedení, šachtami či vsakovacími jámkami (Obrázek 8). Radon nelze zachytit smysly, tudíž je nejvhodnějším a nejvěrohodnějším způsobem zjištění jeho koncentrace měření. Takové měření může provádět pouze osoba, která vlastní osvědčení od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Měří se dvě veličiny: objemová aktivita radonu označovaná OAR, a ekvivalentní objemová aktivita radonu označovaná EOAR. Toto měření probíhá určitý časový interval. Pokud je nutno zjistit koncentraci radonu v domě co nejrychleji, musí měření probíhat alespoň jeden týden. Normálně se provádějí měření pomocí stopových detektorů, toto měření probíhá jeden rok. (Jiránek, 2001)



Obrázek 8 – Nejčastější vstupy radonu do domu (Zdroj: Jiránek, 2001)

Pokud EOAR nepřekračuje 300 Bq/m^3 volí se pouze jednoduchá opatření. Zvyšuje se těsnost např. u kontaktních konstrukcí utěsněním trhlin, prostupů, trativodů. Mělo by se zabránovat transportu radonu ze sklepních prostor do vyšších podlaží. Dalším opatřením je zvýšit výměnu vzduchu v neobytných sklepech, pokud přes ně dochází k transportu radonu do domu, s tím souvisí i zvýšení výměny vzduchu v obytných místnostech. A posledním opatřením je odvětrání radonu z podloží pod domem, aniž by došlo k výměně podlahové konstrukce. Protiradonová opatření závisí na typu domu, liší se u domů se sklepem u domů, kde sklep není. Také záleží na těsnosti konstrukce a samozřejmě na výsledcích radonové diagnostiky. U domů, kde se nachází sklep

se využívá spíše těsnění konstrukce a u domů bez sklepa je vhodnou volbou zvýšení výměny vzduchu v objektu. Těsnění však není zcela účinné, jelikož není možné utěsnit všechny trhliny a netěsnosti v domě. (Jiránek, 2001)

U **novostaveb** je důležitá protiradonová prevence, aby množství radonu v nově postaveném objektu bylo minimální. Při výstavbě nových domů se musí dodržovat určité kroky. Nejdříve se stanoví na základě zákona č. 263/2016 Sb., atomového zákona radonový index na daném pozemku. Při stanovení radonového indexu se musí odebrat vzorky půdního vzduchu, na místě, kde se bude nová stavba nacházet. Z těchto vzorků se následně měří objemová aktivita radonu. Dalším faktorem je plynopropustnost podloží pod novostavbou. Pokud je plynopropustnost zeminy vyšší, bude automaticky vyšší i samotný radonový index. Výsledné měření je nutno předložit stavebnímu úřadu. Následně se vyberou vhodná preventivní opatření, která závisejí na hodnotě radonového indexu. Tato preventivní opatření musejí splňovat požadavky normy ČSN 730601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. Důležité je, aby tato opatření byla při výstavbě důsledně dodržována. Následně dojde ke kontrolnímu měření objemové aktivity uvnitř nově vystavené budovy. (Neznal a Neznal, 2009)

U **stávajících staveb**, které byly postaveny před zahájením radonového programu, či zde byly zjištěny nedostatky v preventivních opatřeních, je důležité, aby došlo ke snížení objemové aktivity radonu ve vnitřních prostorech, kde jsou hodnoty vyšší. Mohou se použít jak aktivní opatření (těsnění, odvětrávání), tak i opatření pasivní (omezení transportu radonu ze sklepních prostor do vyšších podlaží). Pokud je ovšem vyšší objemová aktivita způsobena jinými zdroji než podložím, např. materiálem použitým při výstavbě nebo vodou, cílem by mělo být odstranění problematické části budovy a také změna zdroje vody na vodu s nižším obsahem radonu. V atomovém zákoně se vyskytují opatření z hlediska legislativy a také určitá kritéria, která je nutno dodržovat při hodnocení staveb. Směrná hodnota, jež se pokládá za přijatelnou je maximálně 400 Bq/m³. Pokud dojde k překročení této hranice, lze získat od státu příspěvek na následná protiradonová opatření. Nejdříve se zjistí, o kolik naměřená hodnota přesahuje hodnotu směrnou. Následně se musí zjistit, co způsobuje zvýšené hodnoty radonu v budově, s tím také souvisí radonový index. Předposledním krokem je volba vhodných opatření na základě předchozích dvou kroků a druhu a konstrukce budovy (se sklepem, bez sklepa). Posledním krokem je řádné provedení těchto opatření a poté kontrola a měření

objemové aktivity v budově stejně jako ve všech ostatních případech. (Neznal a Neznal, 2009)

1.8 Radonový program

Vzhledem ke zvýšenému riziku zdravotních komplikací týkajících se ozáření radonem došlo k vytvoření doporučení a předpisů mezinárodními organizacemi. Radonový program se netýká pouze České republiky jako takové, ale i mnohých evropských zemí. Tímto evropským projektem je RADPAR (prevence a náprava radonové expozice). Hlavním produktem RADPAR je brožura, která obsahuje konkrétně 7 oddílů (Bochicchio et al., 2014):

- radonová politika a strategie;
- protokoly pro měření koncentrace radonu v budovách;
- zlepšení komunikace ohledně rizik radonu;
- posouzení potenciálních problémů týkajících se úspory energie v budovách a snižování distribuce radonu;
- sestavení protokolů pro technologie měřící množství radonu;
- školení pro měření radonu, téma prevence a nápravy radonové situace;
- analýza efektivity snižování radonu a tím i zdravotních komplikací.

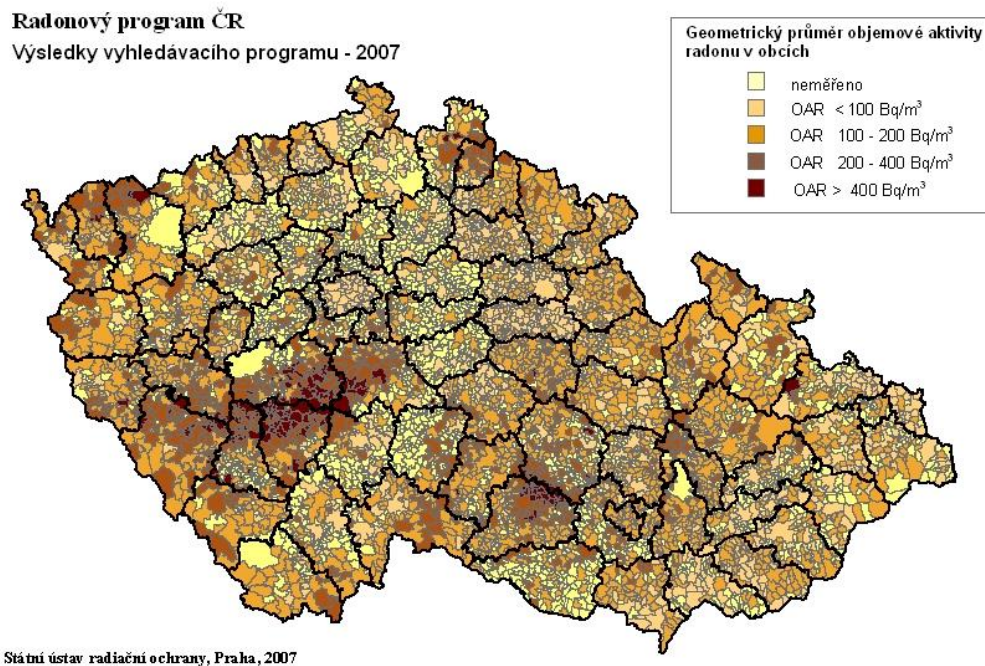
Je velice důležité, aby docházelo ke snižování koncentrace radonu v budovách a tím i snižování zdravotních komplikací, proto je cílem radonového programu snížit radiační zátěž lidí přírodními radionuklidy, zejména radonem. Díky tomu vznikl plán pro regulaci expozice radonu tzv. RANAP. Tento plán navazuje na radonový program České republiky. (Bochicchio et al., 2014)

Riziku jsou vystaveni zejména lidé, kteří dlouhodobě tráví čas v budovách se zvýšenou objemovou aktivitou radonu. Radon se může vyskytovat nejen v domácnostech, ale také ve školách a pracovištích, kde dochází kvůli nedostatečné ochraně k pronikání radonu z podloží do budovy. V České republice je takto nadměrně zatížených více než 4,5 % budov. (SÚJB, 2016)

V České republice jsou legislativně vytyčeny obce (Obrázek 9) s vyšším výskytem radonu. Pro zaměstnavatele, jejichž pracoviště se nachází v některé z těchto obcí, konkrétně v podzemí či v prvním podlaží budovy, jsou stanovena přísná pravidla

a povinnosti, jež je nutno dodržovat. RANAP je v tomto případě důležitým dokumentem Státního úřadu pro jadernou bezpečnost pro správní orgány státu, které mají na starost snižování expozice obyvatelstva radonem. Tento plán pro snížení expozice radonem nabyl účinnosti 1. 1. 2020. Jednou za 5 let dochází k aktualizaci tohoto plánu na základě získaných informací, které jsou získávány od spolupracujících jednotek. Každý rok se rozebírají jednotlivé body tohoto plánu a hledají se prostředky, které by mohly pomoci k dosažení cílů RANAP, jež chtějí dosáhnout (SÚJB, 2016):

- informované a komunikující státní správy, zapojené veřejnost, zajištění vzdělaných profesionálů;
- účinné prevence při výstavbě a rekonstrukci budov;
- efektivní regulace stávajícího ozáření.



Obrázek 9 – Geometrický průměr objemové aktivity radonu v obcích (zdroj: SÚRO, v.v.i.)

Státní úřad pro jadernou bezpečnost má povinnost vypracovat jednou za rok zprávu, která obsahuje dosavadní postup při plnění jednotlivých úkolů, jež jsou zahrnuty v RANAP. Tato zpráva je následně zveřejněna na stránkách Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a zaslána jednotkám, které se podílejí na spolupráci. Jednou ročně se také koná meeting zástupců krajských úřadů a probíhají debaty ohledně plnění daných úkolů RANAP. (SÚJB, 2016)

2 Cíl práce a hypotézy

Cíl práce

Cílem bakalářské práce je zjistit a porovnat informovanost obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření ve vybraných lokalitách s vysokým a nízkým výskytem radonu.

Hypotéza 1

Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou dosahovat alespoň 70 %.

Hypotéza 2

Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou u osob žijících v lokalitě s vyšším výskytem radonu statisticky významně vyšší než u osob žijících v lokalitě s nižším výskytem radonu.

3 Metodika

Teoretická část se týká přírodních zdrojů záření a radonové problematiky. Tyto informace byly získány na základě studia odborné literatury v podobě knih, elektronických knih, odborných článků a legislativních norem.

3.1 *Dotazníkové šetření*

Výzkumná část se zaměřuje na kvantitativní výzkum, jehož cílem je testování stanovených hypotéz. Pro získání informací byla zvolena forma dotazníkového šetření. Dotazník, který je uveden v Příloze A, byl rozeslán náhodným respondentům v elektronické podobě, kdy odpovídali na 1 informativní otázku týkající se oblasti, ze které pocházejí, a na 10 otázek týkajících se zdrojů přírodního záření a radonové problematiky. V dotazníku byly použity pouze otázky uzavřené. Respondenti měli vždy na výběr ze 4 odpovědí a z toho byla pouze 1 správná. Všechny otázky byly povinné. Dotazníkové šetření zahrnovalo 2 zkoumané oblasti – Mostecko a Příbramsko. Mostecko zastupovalo oblast s nižším výskytem radonu a Příbramsko zastupovalo oblast s vyšším výskytem radonu. Dotazník vyplnilo celkem 104 náhodných respondentů, kde 51 z nich pocházelo z okolí Mostecka a 53 z okolí Příbramska.

Získané informace byly následně zpracovány do grafů. Ke každé otázce jsou přiřazeny 2 grafy. Sesbíraná data z dotazníkového šetření jsou následně zpracována pomocí deskriptivní a matematické statistiky.

3.2 *Metody statického šetření*

Statistika je vědní disciplína, jež se používá jako nástroj k získávání informací a řešení odborných problémů. Používá jak prvky popisné statistiky, která slouží k analýze hromadných dat tak i prvky matematické statistiky založené na teorii pravděpodobnosti. (Neubauer et al., 2012)

Empirické parametry se dělí na obecné momenty, centrální momenty a normované momenty. **Parametr polohy (O_1)** je dán obecným momentem 1. řádu a nazývá se „aritmetický průměr“. (Záškodný et al., 2011)

$$O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$$

Parametr proměnlivosti (C_2) je určen centrálním momentem 2. řádu a nazývá se „empirický rozptyl“. (Záškodný et al., 2011)

$$C_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i(x_i - O_1)^2$$

Směrodatná odchylka S_x je druhou odmocninou rozptylu a vyjadřuj výpovědní hodnotu aritmetického průměru. Pokud je směrodatná odchylka velká, výpovědní hodnota aritmetického průměru je malá a naopak. (Záškodný et al., 2011)

$$S_x = \sqrt{C_2}$$

Parametrické testování

Parametrické testování patří do metod matematické statistiky a slouží k testování parametrických hypotéz. Pro výpočty je pokaždé třeba stanovení nulové hypotézy H_0 a alternativní hypotézy H_a . K aparátu hypotéz náleží i aparát kritického oboru W . Parametrické testování se dělí na jednovýběrové testování hypotézy o střední hodnotě nebo o rozptylu (pak se pro výpočet použije např. jednovýběrový t-test pro střední hodnotu) a na dvojevýběrové testování hypotézy o rovnosti středních hodnot nebo rozptylu (pak je použit např. dvojevýběrový t-test pro rovnost středních hodnot). (Záškodný et al., 2011)

Jednovýběrový t-test

Postup při jednovýběrovém parametrickém testování je třeba naformulovat nulovou a alternativní hypotézu a vybrat hladinu statistické významnosti α . Je nutno vybrat vhodné testové kritérium, najít jeho kritickou hodnotu a napsat odpovídající kritický obor W . Poté je třeba vypočítat empirickou hodnotu testového kritéria a zjistit, jestli je nebo není prvkem kritického oboru W . Pokud je empirická hodnota prvkem kritického oboru W , přijímá se alternativní hypotéza H_a , v opačném případě se přijímá nulová hypotéza H_0 . (Záškodný et al., 2011)

Testové kritérium:

$$t_{\text{exp}} = \frac{\mu - \mu_0}{S_x} \sqrt{n}$$

Kritický obor:

$$W = (-\infty, -t_{n-1}(\frac{\alpha}{2})) \cup (t_{n-1}(\frac{\alpha}{2}) , \infty)$$

Dvojvýběrový t-test

Dvojvýběrové parametrické testování vychází ze srovnávání empirického parametru $\mu_1 = O_1$ nebo empirického parametru $\sigma_1 = S_x$ s vnějšími teoretickými údaji μ_2, σ_2 . Postup při dvojvýběrovém parametrickém testování je podobný jako při testování neparametrickém. Je nutno naformulovat nulovou a alternativní hypotézu a vybrat hladinu významnosti α . Následně se vybere vhodné testové kritérium a je třeba nalézt jeho kritickou hodnotu a zapsat odpovídající kritický obor W . Pak se vypočtou empirické hodnoty testového kritéria a zjistí se, zda je nebo není prvkem kritického oboru W . Pokud empirická hodnota prvkem kritického oboru W , přijme se alternativní hypotéza H_a , v opačném případě se přijme nulová hypotéza H_0 . (Záškodný et al., 2011)

Testové kritérium:

$$t_{exp} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\sqrt{(n_1 - 1)S_x^2 + (n_2 - 1)S_y^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} =$$

Kritický obor:

$$W = (-\infty, -t_{n_1+n_2-2}(\frac{\alpha}{2})) \cup (t_{n_1+n_2-2}(\frac{\alpha}{2}) , \infty)$$

4 Výsledky

Výsledky dotazníkového šetření k praktické části jsou zpracovány do grafů, které byly vytvořeny pomocí Microsoft Office Excel.

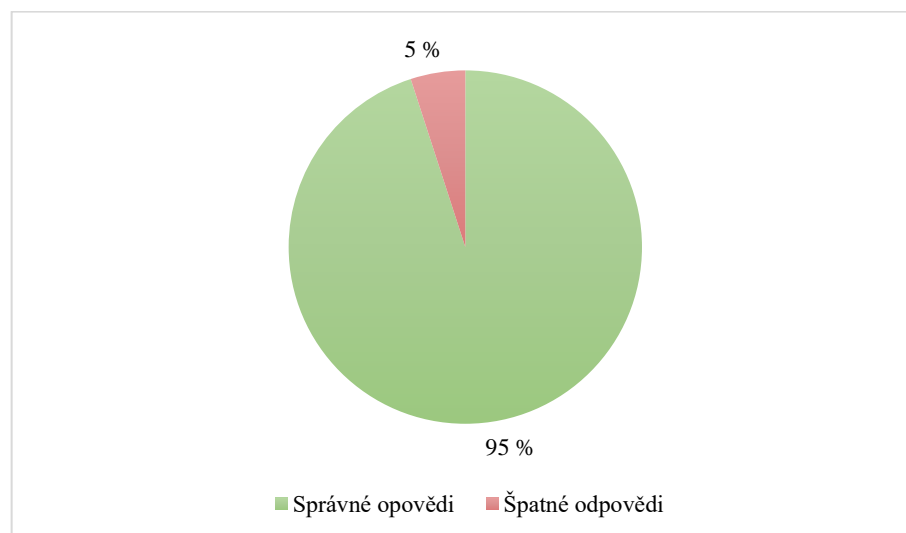
4.1 Výsledky dotazníkového šetření

V této části jsou uvedeny a popsány jednotlivé grafy s kvantitativními údaji získanými z vyplněných dotazníků. Tyto grafy zahrnují zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů (Obrázky 10, 12, 14, 16, 18, 20) a zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska (Obrázky 11, 13, 15, 17, 19, 21).

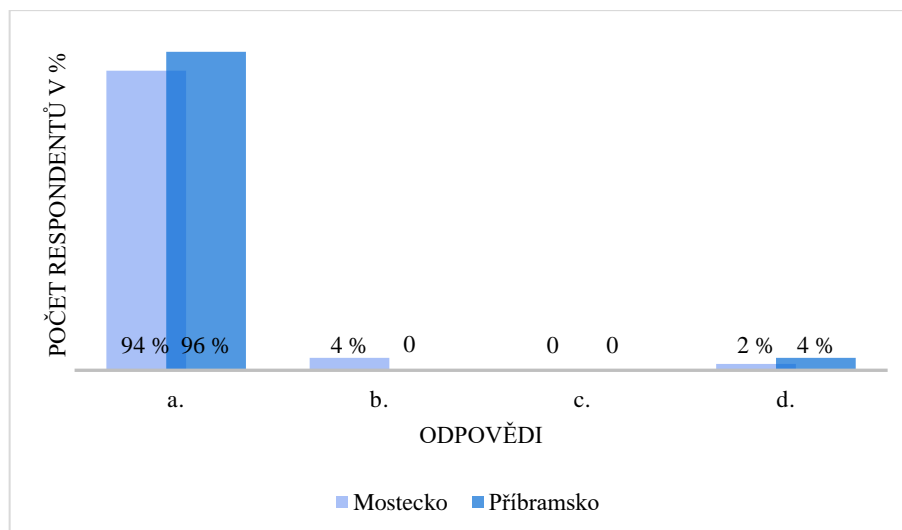
Otázka číslo 1

Jak vznikly přírodní zdroje záření?

- a. *přírodní záření se na Zemi vyskytuje od jejího vzniku*
- b. aktivitou člověka
- c. budováním nových jaderných elektráren
- d. nedodržováním pravidel ekologické produkce



Obrázek 10 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 1
(zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 11 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 1 (zdroj: vlastní výzkum)

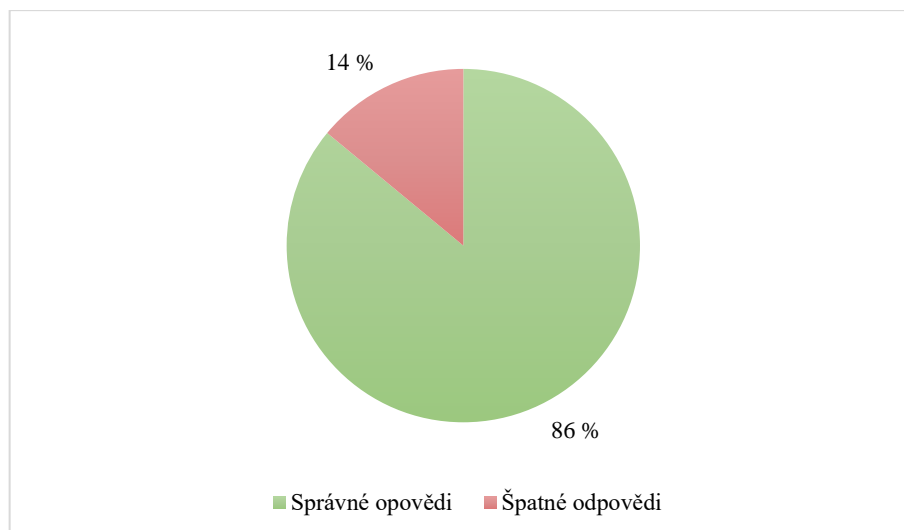
U otázky č. 1 týkající se vzniku přírodních zdrojů záření správně odpovědělo celkem 95 % tázaných respondentů. Špatné odpovědi zvolilo 5 % dotázaných lidí.

Konkrétně vybralo správnou odpověď **a. přírodní záření se na Zemi vyskytují od jejího vzniku** 94 % respondentů z Mostecka a 96 % respondentů z Příbramska. Odpověď *b. aktivitou člověka* zvolily 4 % mosteckých respondentů. Odpověď *c. budováním nových jaderných elektráren* nezvolil žádný respondent. Poslední možnost *d. nedodržováním pravidel ekologické produkce* vybraly 2 % mosteckých a 4 % příbramských obyvatel.

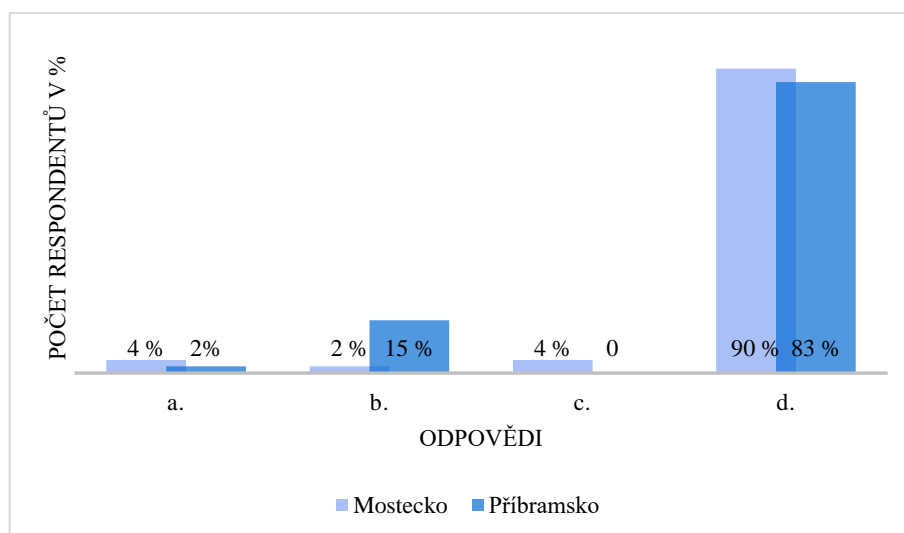
Otázka číslo 2

Jaké jsou zdroje přírodní radioaktivity?

- a. specifické druhy rostlin
- b. půda kontaminovaná jaderným odpadem
- c. vodní nádrže poblíž jaderných elektráren
- d. kosmické záření a přírodní radionuklidy**



Obrázek 12 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 2 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 13 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 2 (zdroj: vlastní výzkum)

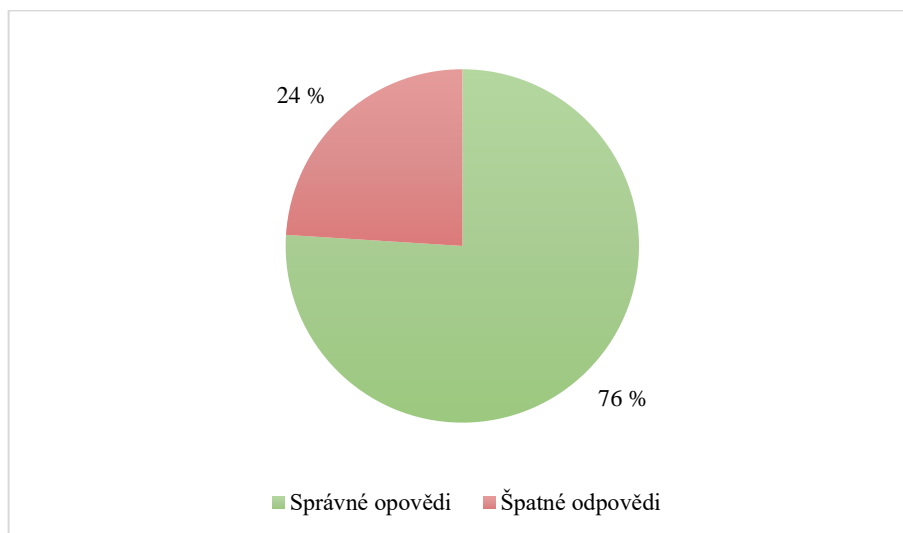
U otázky č. 2 zabývající se zdroji přírodní aktivity správnou možnost zvolilo 86 % dotázaných obyvatel Mostu a Příbrami. Špatné odpovědi zvolilo 14 % respondentů.

Při podrobnějším průzkumu vybraly odpověď *a. specifické druhy rostlin* 4 % obyvatel Mostecka a 2 % obyvatel Příbramska. Možnost *b. půda kontaminovaná jaderným odpadem* byla vybrána 2 % mosteckých respondentů a 15 % respondentů z Příbramska. Odpověď *c. vodní nádrže poblíž jaderných elektráren* zvolily 4 % mosteckých obyvatel. Správnou odpověď **d. kosmické záření a přírodní radionuklidy** vybralo 90 % respondentů z Mostecka a 83 % respondentů z Příbramska.

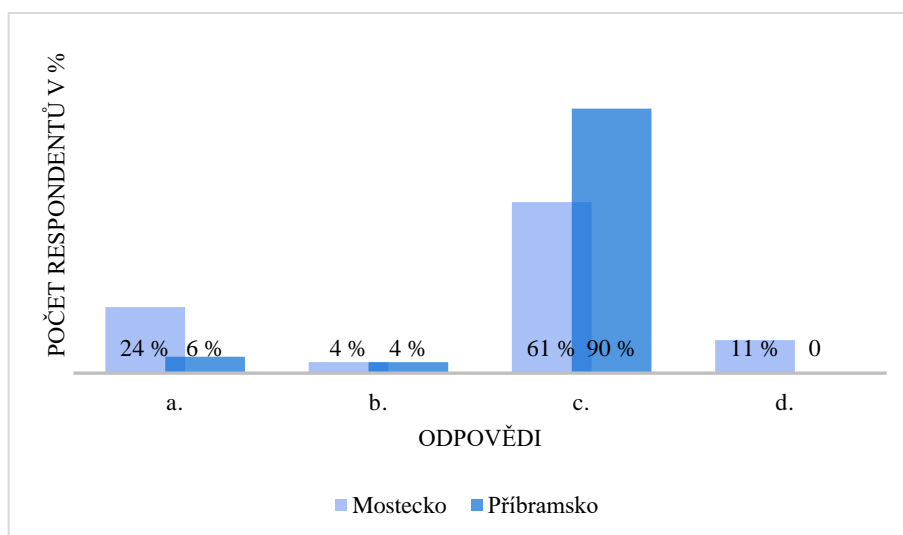
Otázka číslo 3

Jaké dva radioaktivní prvky obsahuje lidské tělo?

- a. radon (^{222}Rn), curium (^{247}Cm)
- b. technecium (^{91}Tc), polonium (^{209}Po)
- c. **uhlík (^{14}C), draslík (^{40}K)**
- d. thorium (^{232}Th), astat (^{210}At)



Obrázek 14 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 3 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 15 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 3 (zdroj: vlastní výzkum)

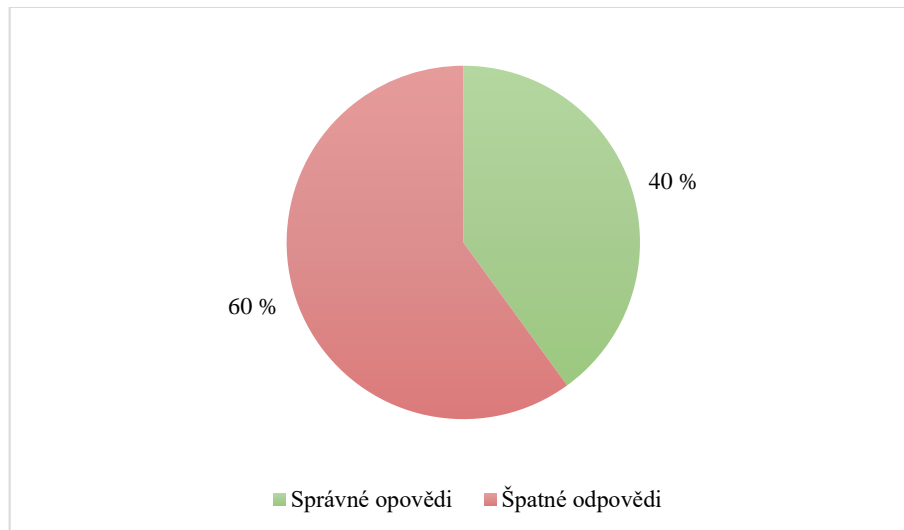
U otázky č. 3 věnující se radioaktivním prvkům, které se nacházejí v lidském těle byla správná odpověď zvolena celkem 76 % respondentů z obou oblastí. Špatnou možnost vybralo 24 % dotázaných.

Odpověď *a. radon (^{222}Rn), curium (^{247}Cm)* zvolilo 24 % mosteckých respondentů a 6 % příbramských. Odpověď *b. technecium (^{91}Tc), polonium (^{209}Po)* byla vybrána 4 % respondentů z Mostecka a 4 % respondentů z Příbramska. Správnou odpověď **c. uhlík (^{14}C), draslík (^{40}K)** vybralo 61 % obyvatel Mostecka a 90 % obyvatel Příbramska. Opověď thorium (^{232}Th), astat (^{210}At) byla zvolena pouze 11 % respondentů z Mostecka.

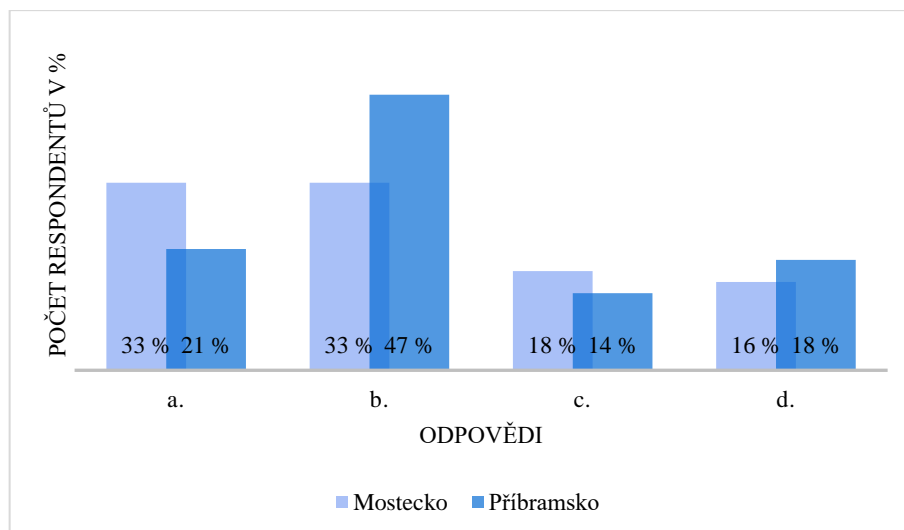
Otázka číslo 4

Nejvyšší mírou se na ozáření obyvatelstva v ČR podílí?

- a. umělé zdroje
- b. přírodní zdroje**
- c. jaderné elektrárny
- d. nukleární medicína



Obrázek 16 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 4 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 17 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 4 (zdroj: vlastní výzkum)

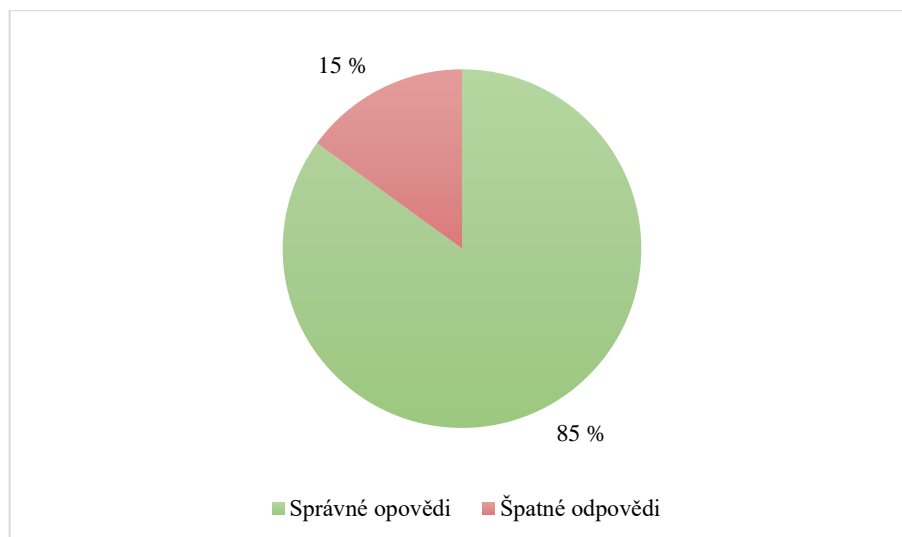
U otázky č. 4 týkající se zdrojů podílejících se na ozáření obyvatelstva v ČR správnou odpověď zvolilo dohromady 40 % všech tázaných. Špatnou možnost vybralo 60 % respondentů.

Při podrobnějším průzkumu byla odpověď *a. umělé zdroje* zvolena 33 % mosteckých respondentů a 21 % příbramských respondentů. Správnou odpověď **b. přírodní zdroje** vybralo 33 % lidí z Mostecka a 47 % lidí z Příbramska. Možnost *c. jaderné elektrárny* volilo 18 % mosteckých obyvatel a 14 % příbramských obyvatel. Poslední odpověď *d. nukleární medicína* byla vybrána 16 % mosteckých a 18 % příbramských respondentů.

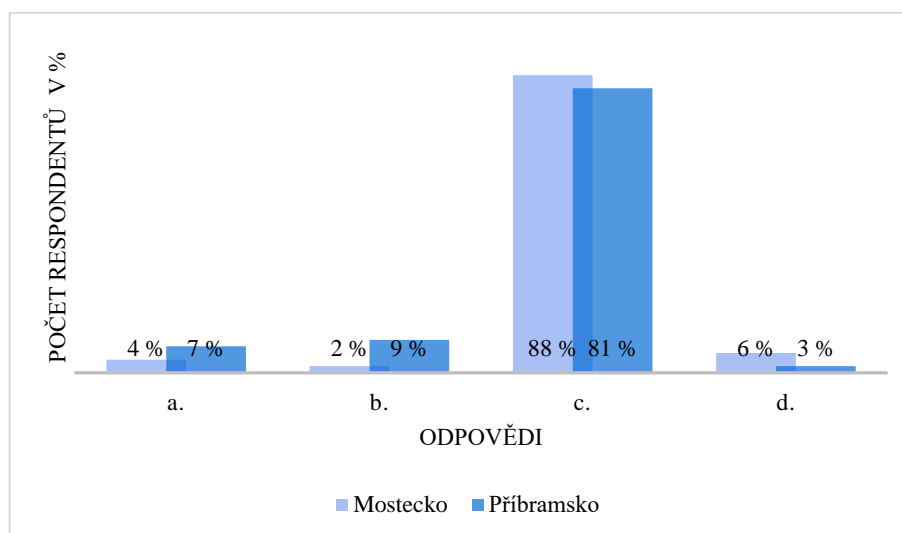
Otázka číslo 5

Co je to radon?

- a. hornina
- b. druh radioaktivní přeměny
- c. přírodní radioaktivní plyn**
- d. druh záření



Obrázek 18 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 5 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 19 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 5 (zdroj: vlastní výzkum)

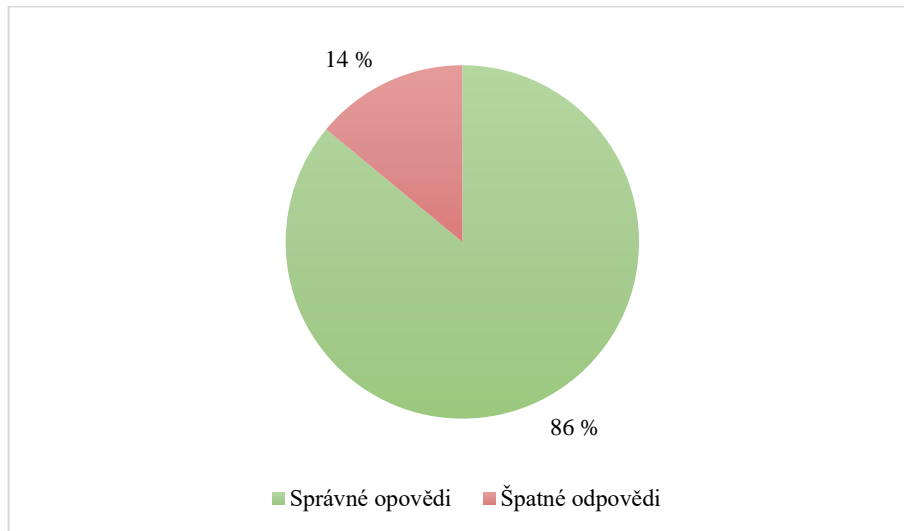
U otázky č. 5 zabývající se radonem správnou odpověď zvolilo celkem 85 % všech dotázaných respondentů. Špatná odpověď byla vybrána 15 % tázaných.

Konkrétně odpověď *a. hornina* volily 4 % respondentů z Mostecka a 7 % respondentů z Příbramska. Odpověď *b. druh radioaktivní přeměny* byla vybrána 2 % mosteckých respondentů a 9 % respondentů z Příbramska. Správnou možnost **c. přírodní radioaktivní plyn** volilo 88 % obyvatel Mostecka a 81 % obyvatel Příbramska. Možnost *d. druh záření* byla vybrána 6 % respondentů z Mostecka a 3 % respondentů z Příbramska.

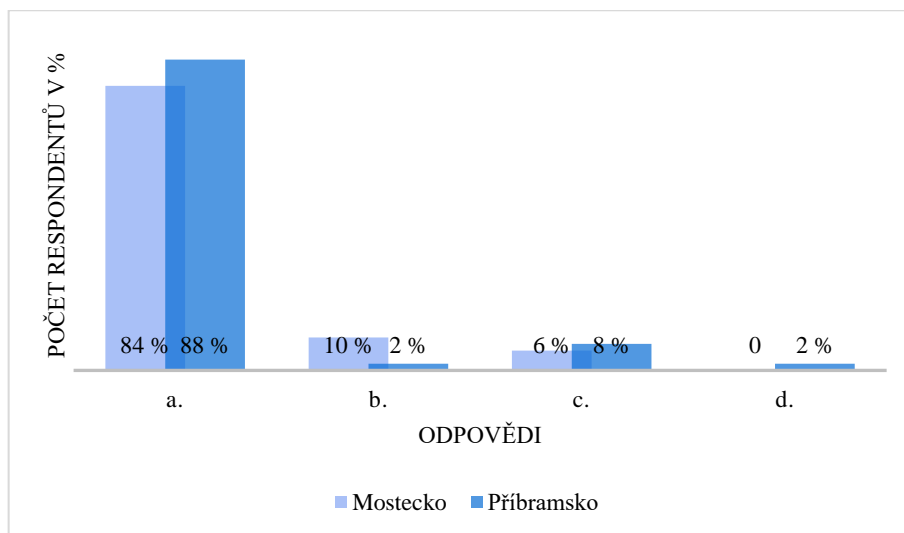
Otázka číslo 6

Jakým způsobem vzniká radon?

- a. *postupnou přeměnou uranu, který je součástí zemské kůry*
- b. při srážce dvou záření
- c. nevzniká pomocí žádného procesu
- d. vzniká uměle v laboratoři



Obrázek 20 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 6 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 21 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 6 (zdroj: vlastní výzkum)

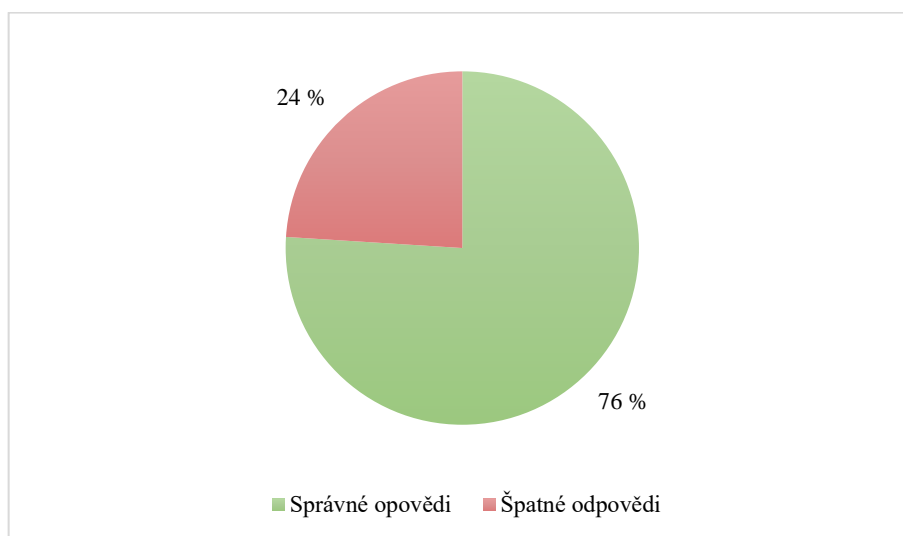
U otázky č. 6 týkající se způsobu vzniku radonu správně odpovědělo 86 % dotázaných obyvatel Mostecka a Příbramska. Špatné odpovědi zvolilo 14 % respondentů.

Správnou odpověď **a. postupnou přeměnou uranu, který je součástí zemské kůry** 84 % lidí z Mostecka a 88 % lidí z Příbramska. Možnost *b. při srážce dvou záření* zvolilo 10 % obyvatel Mostecka a 2 % obyvatel Příbramska. Odpověď *c. nevzniká pomocí žádného procesu* byla vybrána 6 % mosteckých respondentů a 8 % příbramských respondentů. Odpověď *d. vzniká uměle v laboratoři* vybrala pouze 2 % příbramských respondentů.

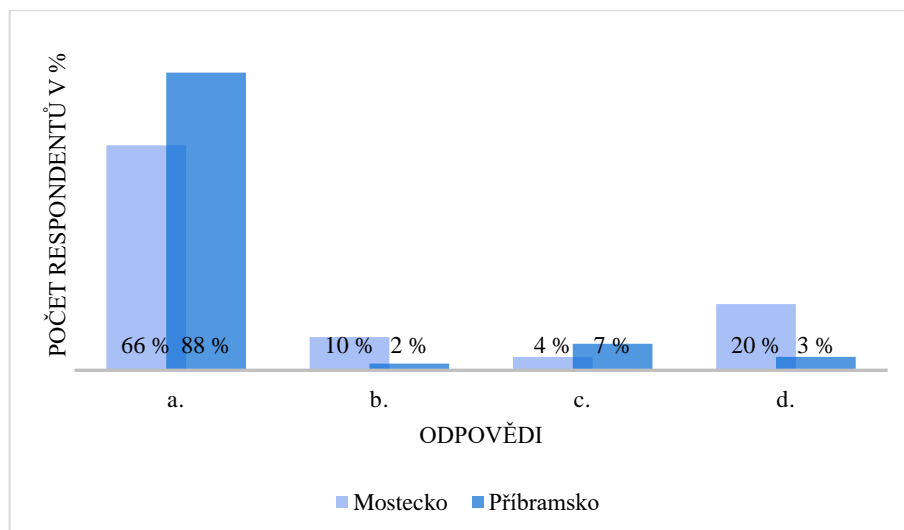
Otázka číslo 7

Jaký je nejvýznamnější zdroj radonu?

- a. *horninové podloží*
- b. pozitronový zářič
- c. stavební materiály
- d. voda



Obrázek 22 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 7 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 23 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 7 (zdroj: vlastní výzkum)

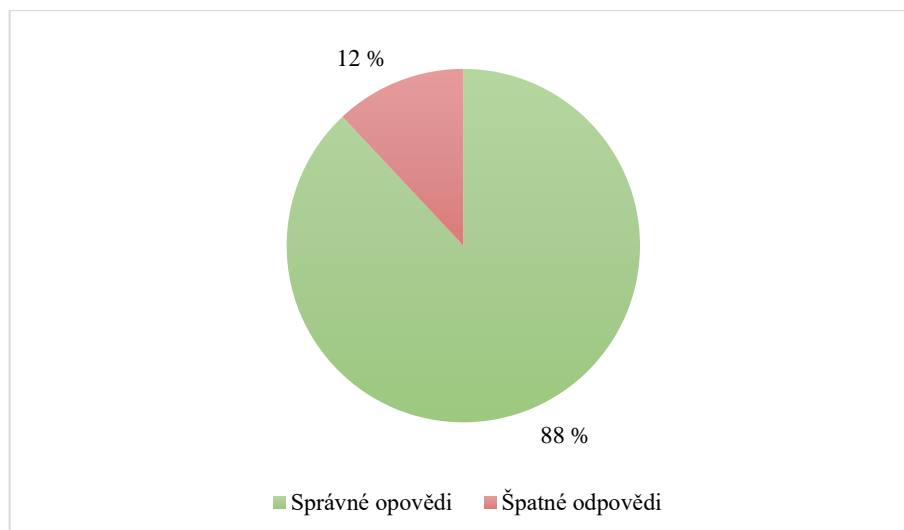
U otázky č. 7 věnující se nejvýznamnějšímu zdroji radonu byla správná odpověď zvolena celkem 76 % tázaných respondentů. Špatnou možnost vybralo 24 %.

Při podrobnějším rozboru správnou odpověď **a. horninové podloží** volilo 66 % mosteckých respondentů a 88 % příbramských. Možnost *b. pozitronový zářič* vybralo 10 % obyvatel Mostecka a 2 % obyvatel Příbramska. Odpověď *c. stavební materiály* zvolily 4 % lidí z Mostecka a 7 % lidí z Příbramska. Opověď *d. voda* vybralo 20 % respondentů z Mostecka a 3 % respondentů z Příbramska.

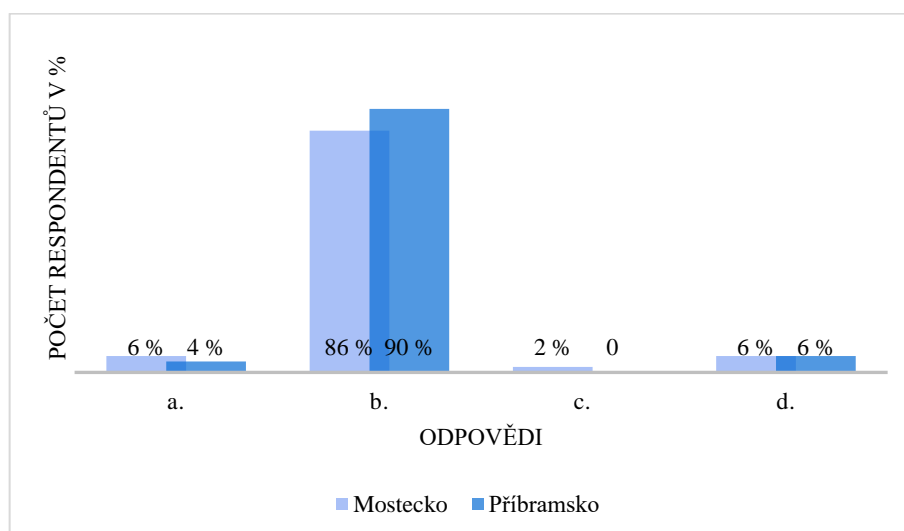
Otázka číslo 8

S inhalací radonu a jeho dceřiných produktů je spojeno vyšší riziko vzniku?

- a. trombózy
- b. rakoviny plic**
- c. onemocnění trávicího traktu
- d. cévní mozkové příhody



Obrázek 25 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 8 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 26 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 8 (zdroj: vlastní výzkum)

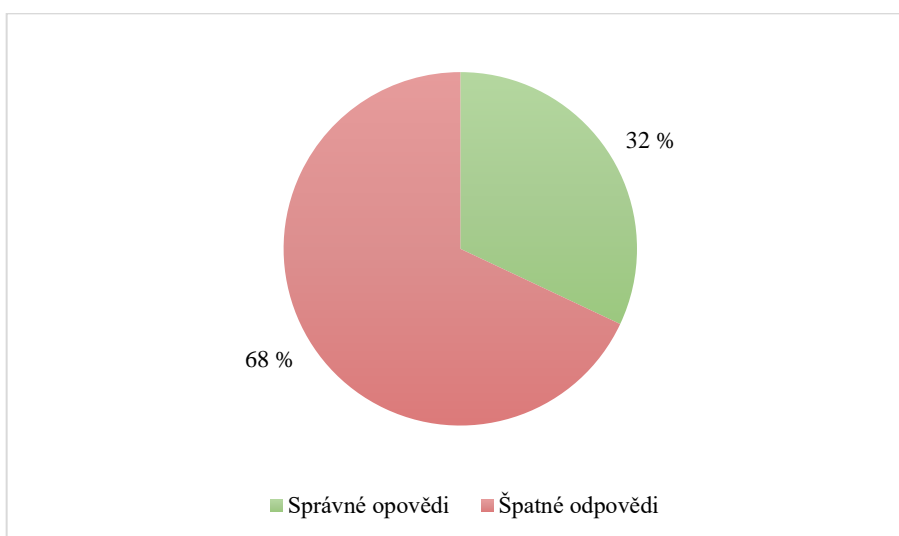
U otázky č. 8 zabývající zdravotním rizikem spojeným s inhalací radonu byla správná možnost vybrána 88 % všech dotázaných. Špatné odpovědi zvolilo 12 % respondentů.

Odpověď *a. trombózy* zvolilo 6 % obyvatel Mostecka a 4 % obyvatel Příbramska. Správná odpověď **b. rakoviny plic** byla vybrána 86 % mosteckých respondentů a 90 % příbramských respondentů. Možnost *c. onemocnění trávicího traktu* volily 2 % respondentů z Mostecka. Odpověď *d. druh záření* byla zvolena 6 % respondentů z Mostecka a 6 % respondentů z Příbramska.

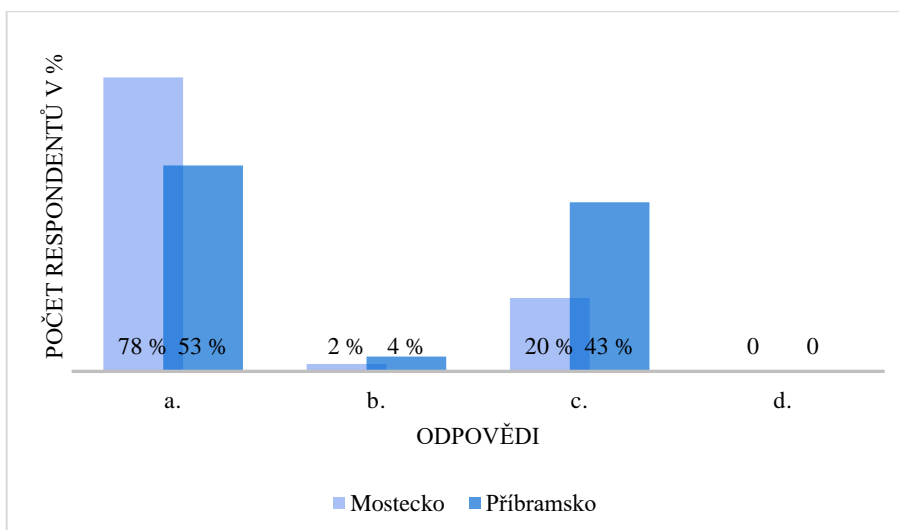
Otázka číslo 9

V České republice se radon?

- a. vyskytuje v malé míře
- b. nevyskytuje
- c. *vyskytuje ve velké míře*
- d. do ČR se pouze dováží



Obrázek 25 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 9 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 26 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 9 (zdroj: vlastní výzkum)

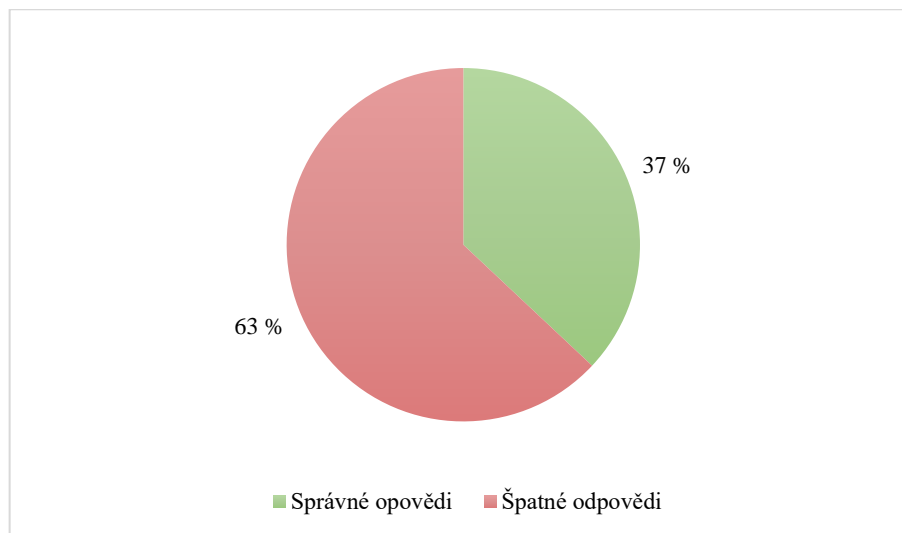
U otázky č. 9 týkající se výskytu radonu na území České republiky správnou odpověď zvolilo dohromady 32 % respondentů. Špatnou odpověď vybralo odpovědělo 68 %.

Konkrétně odpověď *a. vyskytuje se v malé míře* volilo 78 % respondentů z Mostecka a 53 % respondentů z Příbramska. Možnost *b. nevyskytuje* byla zvolena 2 % mosteckých respondentů a 4 % příbramských respondentů. Správná možnost **c. vyskytuje se ve velké míře** byla vybrána 20 % lidí z Mostecka a 43 % lidí z Příbramska. Poslední možnost *d. do ČR se pouze dováží* nevolil žádný z respondentů.

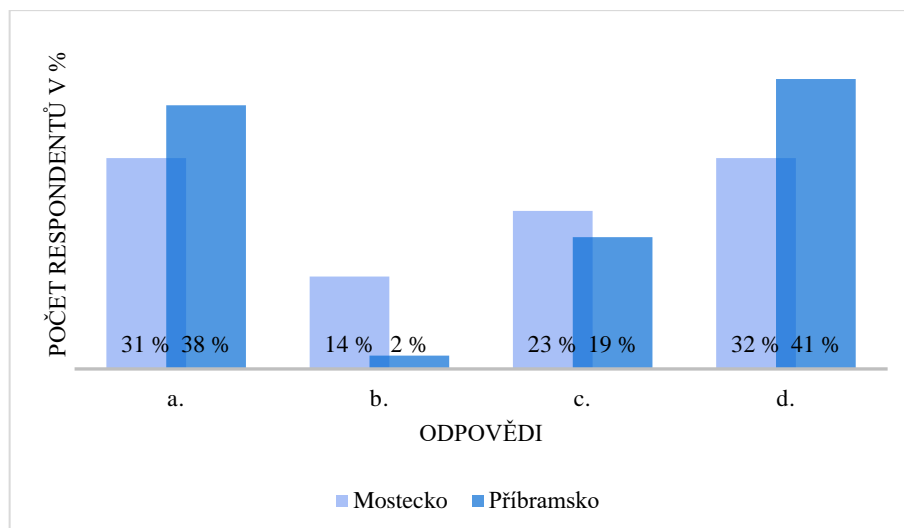
Otázka číslo 10

Na co se zaměřuje radonový program?

- a. na kontrolu starých budov ohledně koncentrace radonu
- b. na výrobu radonu pro účely následného výzkumu
- c. na omezení výskytu radonu v půdě a následného uvolňování do vzduchu
- d. na snižování ozáření obyvatelstva přírodními radionuklidy, zejména radonem**



Obrázek 25 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 10 (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 26 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 10 (zdroj: vlastní výzkum)

U poslední otázky č. 10 věnující se radonovému programu zvolilo správnou možnost celkem 37 % tázaných respondentů. Špatně odpovědělo 63 %.

Podrobnější průzkum ukazuje, že odpověď *a. na kontrolu starých budov ohledně koncentrace radonu* byla vybrána 31 % mosteckých respondentů a 38 % příbramských. Možnost *b. na výrobu radonu pro účely následného výzkumu* vybralo 14 % obyvatel Mostecka a 2 % obyvatel Příbramska. Odpověď *c. na omezení výskytu radonu v půdě a následného uvolňování do vzduchu* zvolilo 23 % lidí z Mostecka a 19 % lidí z Příbramska. Správnou možnost **d. na snižování ozáření obyvatelstva přírodními radionuklidy, zejména radonem** vybralo 32 % respondentů z Mostecka a 41 % respondentů z Příbramska.

4.2 Výsledky statistického šetření

Jednovýběrový t-test

Pro parametrické testování a ověření první hypotézy byl v práci zvolen jednovýběrový t-test. Dále byla stanovena nulová hypotéza H_0 alternativní hypotéza H_a .

H_0 : Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou dosahovat alespoň 70 %.

H_a : Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou významně nižší než 70 %.

Pro výpočet byly použity tyto empirické parametry:

Rozsah statistického souboru (n) = 10

Střední hodnota (μ) = 70,3

Směrodatná odchylka (S_x) = 20,38

Hladina významnosti (α) = 0,05

$$t_{\text{exp}} = \frac{\mu - \mu_0}{S_x} \sqrt{n}$$

$$t_{\text{exp}} = \frac{70,3 - 70}{20,38} \sqrt{10} = 0,04$$

$$W = (-\infty, -t_{n-1}(\frac{\alpha}{2})) \cup (t_{n-1}(\frac{\alpha}{2}) , \infty)$$

$$W = (-\infty, -2,26) \cup (2,26 , \infty)$$

$$t_{\text{exp}} \notin W$$

Dle výsledku lze usoudit, že hodnota t_{exp} nenáleží do oboru kritických hodnot W . Proto je třeba přijmout H_0 : „Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou dosahovat alespoň 70 %.“.

Dvouvýběrový t-test

Pro parametrické testování a ověření druhé hypotézy byl vybrán dvouvýběrový t-test. Dále byla stanovena nulová hypotéza H_0 a alternativní hypotéza H_a .

H_0 : Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření u osob žijících v lokalitě s vyšším výskytem radonu nebudou statisticky významně vyšší než u osob žijících v lokalitě s nižším výskytem radonu.

H_a : Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou u osob žijících v lokalitě s vyšším výskytem radonu statisticky významně vyšší než u osob žijících v lokalitě s nižším výskytem radonu.

Pro výpočet byly použity tyto empirické parametry:

Rozsah statistického souboru n_1 (Most) = 51

Střední hodnota $\mu_1 = 65$

Směrodatná odchylka $S_{x1} = 26,68$

Rozsah statistického souboru n_2 (Příbram) = 53

Střední hodnota $\mu_2 = 74$

Směrodatná odchylka $S_{x2} = 20,49$

Hladina významnosti (α) = 0,05

$$t_{exp} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_x^2 + (n_2 - 1)S_x^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$t_{exp} = \frac{65 - 74}{\sqrt{2399}} \sqrt{\frac{275706}{104}} = -9,27$$

$$W = (-\infty, -t_{n_1+n_2-2}(\frac{\alpha}{2})) \cup (t_{n_1+n_2-2}(\frac{\alpha}{2}), \infty)$$

$$W = (-\infty, -1,960) \cup (1,960, \infty)$$

$t_{\text{exp}} \in W$

Dle výsledku lze usoudit, že hodnota t_{exp} náleží do oboru kritických hodnot W . Proto je nutné přijmout H_a : *„Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou u osob žijících v lokalitě s vyšším výskytem radonu statisticky významně vyšší než u osob žijících v lokalitě s nižším výskytem radonu.“*

5 Diskuze

Bakalářská práce se zabývala ozářením obyvatelstva přírodními zdroji. Česká republika patří k zemím, jež mají jednu z největších objemových aktivit radonu na světě. Radon je karcinogenní a způsobuje rakovinu plic. Ozáření přírodními zdroji (u nás zejména radonem) převyšuje ozáření ostatními zdroji ionizujícího záření, a proto je na místě, aby o této problematice měli lidé dostatečné znalosti.

5.1 Diskuze k dotazníkovému šetření

Ve výzkumné části proto byla zkoumána informovanost obyvatel ze dvou oblastí. Mostecko zastupovalo oblast s nižším radonovým výskytem a Příbramsko zastupovalo naopak oblast s vysokým výskytem radonu (viz kapitola 1.7.3). Tato informovanost se týká hlavně radonové problematiky a přírodních zdrojů ionizujícího záření. K získání dat byl využit dotazník, který byl respondentům zaslán v elektronické podobě. Dotazník obsahoval 1 informativní otázku týkající se místa bydliště a 10 otázek týkajících se ionizujícího záření z přírodních zdrojů včetně radonové problematiky. V každé otázce bylo na výběr ze 4 odpovědí, z toho byla pouze 1 správná. Informativní otázka sloužila k rozdělení respondentů dle oblasti pobytu. Dotazník vyplnilo celkem 104 respondentů z toho 51 respondentů pocházelo z Mostecka a 53 respondentů pocházelo z Příbramska.

První otázka se zabývala vznikem přírodních zdrojů záření. Na tuto otázku odpovědělo správně celkem 95 % respondentů a pouze 5 % respondentů zvolilo špatnou odpověď. Obyvatelé Mostu dosáhli 94% úspěšnosti a obyvatelé Příbramska u první otázky dosáhli 96% úspěšnosti, což znamená že zhruba 9 z 10 respondentů odpovědělo správně. První otázka byla zároveň i nejlépe zodpovězenou ze strany všech dotázaných, tudíž je zřejmé, že lidé mají všeobecně dobrý přehled o tom, jak vnikly přírodní zdroje ionizujícího záření.

U druhé otázky, jež zkoumá vědomosti ohledně zdrojů přírodní radioaktivity, bylo úspěšných celkem 86 % respondentů. Správnou možnost *d. kosmické záření a přírodní radionuklidy* zvolilo 46 obyvatel Mostecka a 44 obyvatel Příbramska. Z tohoto vyplývá, že 90 % respondentů z Mostecka a 83 % respondentů z Příbramska odpovědělo správně. U této otázky je opět vysoká úspěšnost, což znamená že informovanost obyvatel ohledně zdrojů přírodní radioaktivity je z obou oblastí více než uspokojivá.

Třetí otázka se věnuje radioaktivním prvkům, které se vyskytují v lidském těle. Správnou odpověď volily 3/4 dotázaných a 1/4 zvolila možnost špatnou. Zde se odpovědi z jednotlivých oblastí liší. Mostečtí respondenti byli úspěšní pouze ze 60 %, zatímco příbramští respondenti byli úspěšní v 90 %. Často špatně volená odpověď respondentů z Mostecka byla odpověď c., která říká, že lidské tělo obsahuje radioaktivní radon a curium. Radioaktivními prvky, jež lidské tělo obsahuje, jsou uhlík a draslík (KDAIZ FJFI ČVUT, 2020). U této otázky úspěšnost klesá, ale vědomosti obyvatel z obou oblastí jsou stále dostatečné.

Čtvrtá otázka zkoumá, zda respondenti mají dobrou informovanost ohledně toho, co způsobuje nejvyšší míru ozáření na území České republiky. U této otázky odpovědělo z celkových 104 respondentů 60 % špatně. Nejčastější špatná odpověď byla odpověď a., která tvrdí, že největší dávku ozáření způsobují umělé zdroje. Správnou možnost *b. přírodní zdroje* vybralo pouze 17 z 51 mosteckých respondentů. Příbramští obyvatelé se u této otázky rozdělily na 2 poloviny, 25 volilo správnou odpověď a 28 zodpovědělo špatně. Zde jde poznat, že lidé se často mýlí a považují umělé zdroje za více škodlivé než zdroje přírodní, což dokazuje i výzkum v diplomové práci J. Hrbkové (2022), kde si pouhých 41 % respondentů správně myslelo, že největší průměrná radiační zátěž za rok je způsobena přírodními zdroji.

Pátá otázka měla zjistit, zda respondenti tuší, co to je radon. Odpověď, která tvrdí, že radon je přírodní radioaktivní plyn, volilo celkem 85 % obyvatel. Toto je další otázka, kdy je procentuální úspěšnost v obou oblastech vysoká. Nejčastější špatná odpověď u příbramských byla ta, co tvrdila, že radon je druh radioaktivní přeměny. Mostečtí respondenti si naopak chybně nejčastěji mysleli, že radon je druh záření. Ve zmíněné diplomové práci J. Hrbkové (2022) vědělo, že radon je přírodní radioaktivní plyn bez zápachu 61 % všech dotázaných. Respondenti byli ovšem vybíráni náhodně z různých oblastí, které nebyly upřesněny, takže by se dalo říct, že všeobecný přehled je v porovnání se znalostmi lidí z konkrétních oblastí trochu horší.

Šestá otázka se zaměřuje na vznik radonu. Radon vzniká postupnou přeměnou uranu, který je součástí zemské kůry (Neznal a Neznal, 2009). Toto tvrzení správně podpořilo celkem 86 % všech respondentů. Většina obyvatel Mostecka špatně volila možnost b., která říká, že radon vzniká při srážce dvou záření. 4 příbramští respondenti špatně zvolili

možnost *c. nevzniká pomocí žádného procesu*, ale tato neúspěšnost je zanedbatelná, jelikož 81% obyvatel Příbrami volilo správnou odpověď *a*.

Sedmá otázka navazuje na otázku předchozí. Také se týká radonu, avšak u 7. otázky se zjišťuje, zda respondenti ví, jaký je nejvýznamnější zdroj radonu. Příbramští respondenti s převahou volili správnou možnost *a* a to v 84 % případů. Oproti tomu mostečtí respondenti dosáhli jen 66% úspěšnosti. Jde vidět, že u této otázky na tom byli lépe příbramští, jelikož se jich to přímo týká. Nejčastěji špatná odpověď ze strany mosteckých obyvatel byla odpověď *d. voda*.

Důležité je podotknout, že s inhalací radonu a jeho dceřiných produktů je spojeno závažné zdravotní riziko, což potvrzuje profesor Klener (2011) ve své esejí, kde píše o tom, že terčovým orgánem ozáření z inhalace radonu jsou plíce a rakovinotvorný účinek se následně projevuje nádorem plic. U osmé otázky respondenti odpovídali ve většině případech správně. Mostečtí mají úspěšnost 86% a příbramští mají úspěšnost 90%. Lépe odpovídali obyvatelé, kteří žijí v oblasti s vyšším výskytem radonu, jelikož se jich tato problematika týká více. Toto potvrzuje i výzkum z bakalářské práce M. Judlové (2017), kde respondenti z Plzeňského kraje žijící v domech na tuto otázku odpověděli z 80 % správně. Obyvatelé z rodinných domů jsou o radonové problematice lépe informováni, než obyvatelé žijící v bytech, a to i díky radonovému programu. Naopak obyvatelé z bytů stejně jako respondenti z oblasti s nižším výskytem radonu, měly procento úspěšnosti menší. Nicméně je pozitivní, že zrovna o této problematice mají lidé přehled, jelikož se týká všech, i přestože v každé oblasti je objemová aktivita radonu odlišná. V roce 2009 byl ve spolupráci s katedrou sociologie filozofické fakulty Karlovy univerzity uskutečněn sociologický průzkum, který říká, že 90 % respondentů považuje radon za rizikový, 94 % ví, že zvyšuje riziko rakoviny a 88 % ví, že se konkrétně jedná o rakovinu plic, což je v souladu s výsledky této práce.

Devátá otázka se zabývá radonem na území České republiky. Je zkoumána znalost týkající míry výskytu radonu. U této otázky byla největší neúspěšnost. Respondenti odpověděli správně ve 32 % a špatné odpovědi tedy tvořily 68 %. I přestože Česká republika má jednu z nejvyšších objemových aktivit radonu na celém světě (SÚJB, 2016), většina respondentů, a to konkrétně 40 respondentů z Mostecka a 28 respondentů z Příbramska, si myslí, že radon se na území České republiky vyskytuje pouze v malé míře. Žádný z respondentů nezvolil možnost *d. do ČR se pouze dováží*. Úplné minimum

má názor takový, že radon se tu nevyskytuje. Spoustu lidí má bohužel pocit, že se jich tato problematika netýká. V tomto případě se mýlí, jelikož jak je výše zmíněno, výskyt radonu je na území ČR vysoký (SÚJB, 2016).

U desáté otázky, jež zkoumá, zda respondenti mají přehled o tom, na co se zaměřuje radonový program, 63 % dotázaných vybralo špatnou možnost. Nejvíce volená špatná odpověď byla odpověď za *a. na kontrolu starých budov ohledně koncentrace radonu*. Je možné, že respondenti vybrali tuto možnost, protože kontrola koncentrace radonu ve starých budovách je jedním z bodů, jež zahrnuje radonový program (Neznal a Neznal, 2009). Ovšem radonový program jako takový se zaměřuje na snižování ozáření obyvatelstva přírodními radionuklidy, a to zejména radonem. 7 respondentů z Mostecka má názor takový, že se radonový program týká výroby radonu pro účely následného výzkumu. Druhá nejvíce zastoupená špatná odpověď v pořadí je odpověď *c. na omezení výskytu radonu v půdě a následného uvolňování do vzduchu*. Tuto možnost volilo dohromady 22 dotázaných, což je zhruba 1/5.

5.2 Diskuze ke statistickému šetření

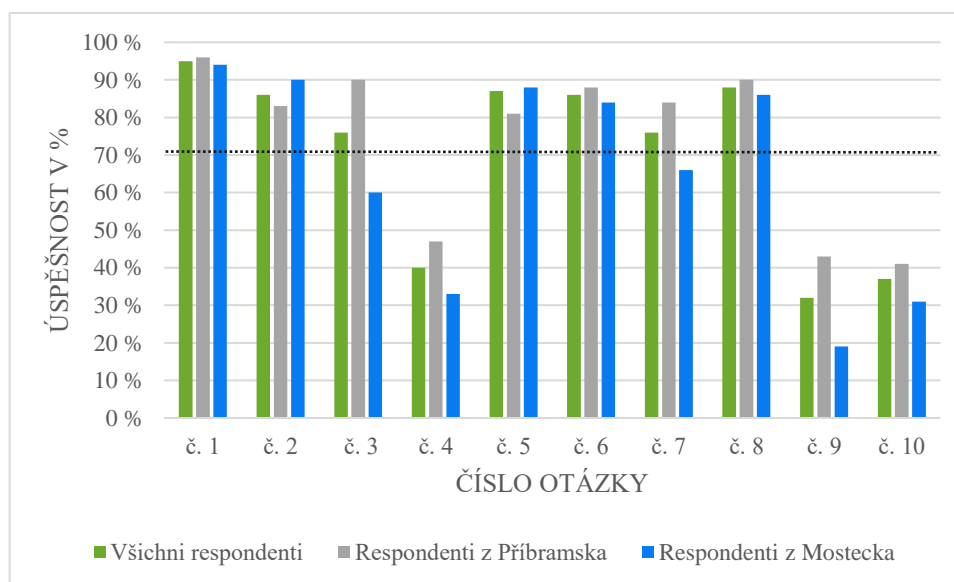
Z dosažených výsledků je patrné, že respondenti z obou oblastí si vedli více než průměrně. Lepších výsledků dosáhli obyvatelé Příbramska, kde se radon nachází v mnohem vyšší míře, a tudíž by měli mít lepší přehled, což se také potvrdilo. Celková informovanost z obou oblastí dosahovala stanovených 70 %, kdy mostečtí obyvatelé odpovídali správně v 65 % případů a příbramští obyvatelé na tom byly zhruba o 10 % lépe. Jejich znalosti dosahovali necelých 75 %.

První hypotéza *„Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou dosahovat alespoň 70 %.“* byla potvrzena pomocí deskriptivní a matematické statistiky v podobě jednovýběrového t-testu.

Druhá hypotéza *„Znalosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření budou u osob žijících v lokalitě s vyšším výskytem radonu statisticky významně vyšší než u osob žijících v lokalitě s nižším výskytem radonu.“* byla opět potvrzena za použití dvojitýběrového t-testu.

Velice dobré procentuální úspěšnosti dosáhli respondenti u více jak poloviny otázek (Obrázek 30). U sedmi z celkových deseti otázek informovanost přesahovala hranici 70 %. Celkový nejlepší výsledek byl u první otázky, kdy úspěšnost byla 90 %. Lepší přehled pak měli respondenti u otázek číslo 5, 6 a 8. Nejhorší výsledek byl u deváté otázky, kde správně odpovědělo jen 37 % respondentů. Z toho lze usoudit, že informovanost obyvatelstva je na nadprůměrné úrovni, avšak lépe si respondenti vedli u otázek, jež se týkají všeobecné informovanosti o zdrojích ionizujícího záření. Znalost radonové problematiky je značně menší.

I přesto, že výsledky vybraných respondentů byly ve většině případech nadprůměrné, není pochyb o tom, že se o radonové problematice a přírodních zdrojích ionizujícího záření dostatečně nemluví. Většina lidí má stále pocit, že nejvíce škodlivé jsou pouze umělé zdroje záření, kam se řadí například lékařské ozáření. Ovšem už nevědí, že přírodní zdroje ionizujícího záření zabírají v celkovém procentu ozáření obyvatelstva zhruba čtyřikrát více než zdroje umělé. Významným krokem byl vznik radonového programu, do kterého je Česká republika zapojena. Díky tomu má alespoň určitá část obyvatel přehled o výskytu radonu na území ČR.



Obrázek 30 – Procentuální zastoupení správných odpovědí (zdroj: vlastní výzkum)

6 Závěr

Bakalářská práce se věnuje tématu: *„Ozáření obyvatelstva z přírodních zdrojů“*. V teoretické části jsou popsány základy ionizujícího záření a veličiny, které se ho týkají. Dále jsou zde zmíněny biologické účinky ionizujícího záření a radiační ochrana. Také byla popsána radonová problematika a zdravotní komplikace spojené s inhalací radonu. V závěru teoretické části je popsán radonový program, jež významně slouží k omezení expozice obyvatelstva radonem.

Ve výzkumné části se nacházejí výsledky dotazníkového šetření a jejich následné zpracování pomocí deskriptivní a matematické statistiky. Výzkum se týkal informovanosti obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření ve vybraných lokalitách s vysokým (Příbramsko) a nízkým (Mostecko) výskytem radonu. Byly stanoveny dvě hypotézy, které byly následně potvrzeny. Informovanost obyvatelstva dosahuje stanovených 70 % a obyvatelé z oblasti, kde je vyšší výskyt radonu, mají statisticky významně vyšší znalosti týkající se zdrojů přírodního záření.

Cíl práce *„Zjistit a porovnat informovanost obyvatelstva v oblasti přírodních zdrojů ionizujícího záření ve vybraných lokalitách s vysokým a nízkým výskytem radonu“* byl v bakalářské práci splněn.

7 Seznam použitých zdrojů

BERSIMBAEV, Rakhmet, Alessandra PULLIERO, Olga BULGAKOVA, Kussainova ASIA, Akmara ARIPOVA a Alberto IZZOTTI. Radon Biomonitoring and microRNA in Lung Cancer. *Internacional Journal of Molecular Sciences* [online]. 2020 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: doi:10.3390/cancers14133142

BOCHICCHIO, F., J. HULKA, W. RINGER, K. ROVENSKÁ, I. FOJTIKOVA a G. VENOSO. National radon programmes and policies: the RADPAR recommendations. *Radiation Protection Dosimetry* [online]. 2014, (160), 14-17 [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: doi:doi:10.1093/rpd/ncu099

Časopis lékařů českých [online]. 2020 [cit. 2023-03-30]. ISSN 1805–4420. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/casopis-lekaru-ceskych/archiv-cisel/2020-7-8-1>

DAS, Biswajit. Radon induced health effects: A survey report. *Indian journal of science and technology* [online]. 2021, 481-507 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.17485/IJST/v14i5.1049>

HRBKOVÁ, Jana. *Informovanost obyvatelstva o problematice ionizujícího záření z přírodních zdrojů*. České Budjovice, 2022. Diplomová práce. Jihočeská univerzita. Vedoucí práce Mgr. Zuzana Freitinger Skalická, Ph.D.

JIRÁK, Daniel a František VÍTEK. *Basics of medical physics*. Prague: Charles University, Karolinum Press, 2017. ISBN 978-80-246-3810-2.

JIRÁNEK, Martin. *Opatření proti radonu ve stávajících budovách* [online]. In: . [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/files/2021-03/kniha300.pdf>

JUDLOVÁ, Monika. *Informovanost obyvatelstva v Plzeňském kraji o radonové problematice*. České Budjovice, 2017. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita. Vedoucí práce Mgr. Renata Havránková, Ph.D.

KLENER, Vladislav. *Jak se vypořádat s reálným rizikem radonu v budovách?* [online]. In: . 2011 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/Radon-Prof-Klener.pdf>

KLENER, Vladislav. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 8023837036.

KONEČNÝ, Jiří. *RADIAČNÍ OCHRANA I*. [online]. 2007 [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: <https://www.zsf.jcu.cz/images/ZSF/fakulta/ustavy/urt/pro-studenty/ochrana-obyvatelestva/radiacni-ochrana-i.pdf>. Doplňkové texty. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

KREWSKI, Daniel a Mustafa AL-ZOUGHOOL. Health effects of radon: A review of the literature. *International Journal of Radiation Biology* [online]. 2009, 57-69 [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: doi:10.1080/09553000802635054

KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.

MALÍKOVÁ, Hana a kol. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Karolinum, 2019.

MUIKKU, M, T HEIKKINEN, M PUHAKAINEN, T RAHOLA a L SALONEN. Assessment of occupational exposure to uranium by indirect methods needs information on natural background variations. *Radiation Protection Dosimetry* [online]. 2007, 492–495 [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: doi:10.1093/rpd/nem155

NAVRÁTIL, L., ROSINA, J. a kol., *Medicínská biofyzika*, 1. vydání, Praha 2005, s.371-374 a s.377-378, ISBN 978-80-247-1152-2.

NEUBAUER, Jiří a Oldřich KRÍŽ. *Základy statistiky: Aplikace v technických a ekonomických oborech*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4273-1.

NEZNAL, Matěj a Martin NEZNAL. *Ochrana staveb proti radonu*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3065-3.

Radiobiologie: *Ionizující záření* [online]. [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/13.html>

ROSINA, Jozef. *Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4237-3.

ROSINA, Jozef. *Základy lékařské biofyziky: pro studenty lékařských fakult*. Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-2574-6.

SEIDL, Zdeněk, Andrea BURGETOVÁ, Eva HOFFMANNOVÁ, Martin MAŠEK, Manuela VANĚČKOVÁ a Tomáš VITÁK. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Radonový program: Národní akční plán - RANAP* [online]. Praha, 2016 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.radonovyprogram.cz/narodni-akcni-plan-ranap/>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Ozáření z přírodních zdrojů záření* [online]. [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodnizdroje-ionizujiciho-zareni/ozareni-z-prirodnich-zdroju-zareni>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Radonový program: Geologie a radioaktivita hornin České republiky* [online]. 2020 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: https://www.radonovyprogram.cz/fileadmin/radonovyprogram/clanky/geologie/Geol_a_rad_CR.pdf

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Geologie a radioaktivita hornin České republiky* [online]. [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: https://www.radonovyprogram.cz/fileadmin/radonovyprogram/clanky/geologie/Geol_a_rad_CR.pdf

SÚRO a KOLEKTIV AUTORŮ KDAIZ FJFI ČVUT. *Ozáření z přírodního zdroje záření* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: https://www.radonovyprogram.cz/fileadmin/radonovyprogram/pdf_doc/Vzdelavaci_publicace_prirodni_zdroje_zareni.pdf. Výukový text.

SÚRO. *Opatření proti pronikání radonu do objektu* [online]. [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz/prakticke-informace/postup-pri-stavbe-novych-budov>

SÚRO. *Základní informace o RADONU* [online]. [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz/obecne-informace>

SÚRO. *Základní informace o RADONU v používané vodě. : Státní úřad radiační ochrany* [online]. Praha [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz/obecne-informace/radon-ve-vode>

TŘEŠNÍČKOVÁ, Tereza. *Informovanost obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima*. České Budějovice, 2020. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita. Vedoucí práce Mgr. Renata Havránková, Ph.D.

Vyhláška č. 422 ze dne 23. 12. 2016 o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2016, částka 172. Dostupný také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422#>

WHO. *Radon* [online]. 2022 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>

YADETA, Chali. *International Journal of Current Research* [online]. 2016, 2010(10), 4 [cit. 2022-12-25]. ISSN ISSN: 0975-833X. Dostupné z: <http://www.journalcra.com/article/radonsources-inindoors-review-paper>

ZÁŠKODNÝ, Přemysl, HAVRÁNKOVÁ, Renata, HAVRÁNEK, Jiří, VURM, Vladimír. *Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví)*. Praha: CURRICULUM, 2011. ISBN 978-80-904948-2-4

8 Seznam zkratek

ČR	Česká republika
LET	Linear energy transfer
WHO	World Health Organization

9 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 – Schematické znázornění vzniku brzdného záření

Obrázek 2 – Schematické znázornění vzniku charakteristického záření

Obrázek 3 – průměrné expozice obyvatel podle zdrojů ozáření

Obrázek 4 – Rozdělení dávek obyvatelstvu

Obrázek 5 – Inhalace radonu

Obrázek 6 – Radonový index na území Příbramska

Obrázek 7 – Radonový index na území Mostecka

Obrázek 8 – Nejčastější vstupy radonu do domu

Obrázek 9 - Geometrický průměr objemové aktivity radonu v obcích

Obrázek 10 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 1

Obrázek 11 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 1

Obrázek 12 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 2

Obrázek 13 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 2

Obrázek 14 — Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 3

Obrázek 15 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 3

Obrázek 16 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 4

Obrázek 17 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 4

Obrázek 18 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 5

Obrázek 19 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 5

Obrázek 20 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 6

Obrázek 21 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 6

Obrázek 22 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 7

Obrázek 23 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 7

Obrázek 24 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 8

Obrázek 25 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 8

Obrázek 26 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 9

Obrázek 27 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 9

Obrázek 28 – Zastoupení správných a špatných odpovědí respondentů u otázky č. 10

Obrázek 29 – Zastoupení zvolených odpovědí obyvatel z Mostecka a Příbramska u otázky č. 10

Obrázek 30 – Procentuální zastoupení správných odpovědí

10 Seznam příloh

Příloha A – dotazník

Přílohy

Příloha A – dotazník

Informovanost obyvatelstva z Mostecka a Příbramska o zdrojích přírodního záření

Dobrý den, jsem studentkou 3. ročníku oboru radiologická asistence na zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity a ráda bych Vás touto formou požádala o vyplnění mého dotazníku k bakalářské práci. Výsledky budou použity v rámci výzkumu, jež je zahrnut do mé bakalářské práce. Vše je anonymní. Děkuji za Vaši ochotu a čas.

Odkud pocházíte?

- a. Mostecko
 - b. Příbramsko
-

1) Jak vznikly přírodní zdroje záření?

- e. přírodní záření se na Zemi vyskytuje od jejího vzniku
- f. aktivitou člověka
- g. budováním nových jaderných elektráren
- h. nedodržováním pravidel ekologické produkce

2) Jaké jsou zdroje přírodní radioaktivity?

- a. specifické druhy rostlin
- b. půda kontaminovaná jaderným odpadem
- c. vodní nádrže poblíž jaderných elektráren
- d. kosmické záření a přírodní radionuklidy

3) Jaké dva radioaktivní prvky obsahuje lidské tělo?

- a. radon (^{222}Rn), curium (^{247}Cm)
- b. technecium (^{91}Tc), polonium (^{209}Po)
- c. uhlík (^{14}C), draslík (^{40}K)
- d. thorium (^{232}Th), astat (^{210}At)

- 4) Nejvyšší mírou se na ozáření obyvatelstva v ČR podílí?
- umělé zdroje
 - přírodní zdroje
 - jaderné elektrárny
 - nukleární medicína
- 5) Co je to radon?
- hornina
 - druh radioaktivní přeměny
 - přírodní radioaktivní plyn
 - druh záření
- 6) Jakým způsobem vzniká radon?
- postupnou přeměnou uranu, který je součástí zemské kůry
 - při srážce dvou záření
 - nevzniká pomocí žádného procesu
 - vzniká uměle v laboratoři
- 7) Jaký je nejvýznamnější zdroj radonu?
- horninové podloží
 - pozitronový zářič
 - stavební materiály
 - voda
- 8) S inhalací radonu a jeho dceřiných produktů je spojeno vyšší riziko vzniku?
- trombózy
 - rakoviny plic
 - onemocnění trávicího traktu
 - cévní mozkové příhody

9) V České republice se radon?

- a. vyskytuje v malé míře
- b. nevyskytuje
- c. vyskytuje ve velké míře
- d. do ČR se pouze dováží

10) Na co se zaměřuje radonový program?

- a. na kontrolu starých budov ohledně koncentrace radonu
- b. na výrobu radonu pro účely následného výzkumu
- c. na omezení výskytu radonu v půdě a následného uvolňování do vzduchu
- d. na snižování ozáření obyvatelstva přírodními radionuklidy, zejména radonem