



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

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

Odborná učebna pro radiologické asistenty

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: **RADIOLOGICKÁ ASISTENCE**

**Autor:** Filip Habrda

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

České Budějovice 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem Odborná učebna pro radiologické asistenty jsem vypracoval 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 31. 7. 2024

.....

*Filip Habrda*

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat své vedoucí bakalářské práce PhDr. Zuzaně Freitinger-Skalické, Ph.D. za její odborné vedení a pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům Radiologického oddělení Nemocnice České Budějovice a. s. za poskytnutí přístupu do nově vybudovaného radiologického pracoviště a odborné rady.

## **Odborná učebna pro radiologické asistenty**

Tato bakalářská práce se bude věnovat vzdělávání a praktické výuce radiologických asistentů, konkrétně bude jejím cílem teoreticky zmapovat potřebné informace a následně je aplikovat při tvorbě odborné učebny pro výuku radiologických asistentů.

V teoretické části práce budou pomocí prostudované odborné literatury a tištěných i internetových zdrojů popsány informace a znalosti potřebné pro naplnění cíle praktické části práce. Bude blíže specifikována profese radiologický asistent, bude představen způsobu jeho vzdělávání a získání potřebné kvalifikace. Dále bude popsán studijní program Radiologická asistence vyučovaný na Zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity. V dalších kapitolách se práce bude stručně zabírat jednotlivými zobrazovacími metodami využívanými v radiologii. Blíže bude představena zobrazovací metoda výpočetní tomografie, jelikož bude následně využita v praktické části práce. Následující kapitoly práce se budou věnovat principům radiační ochrany a způsobům radiační ochrany pracovníků v radiodiagnostice včetně limitů radiační ochrany před ozářením. Stručně představeny budou také radiační mimořádné události představující rizika při práci s ionizujícím zářením.

Cílem praktické části práce je zhotovení návrhu odborné učebny pro radiologické asistenty včetně výčtu bezpečnostních opatření, potřebného vybavení a parametrů místnosti. Dalším cílem je vyhledání alternativních nebo doprovodných edukativních programů či pomůcek pro obohacení teoretické výuky, kdy bude navržena druhá učebna se zaměřením na využití moderních technologií. Tvorba návrhů proběhne na základě východisek popsaných v teoretické a praktické části práce.

***Klíčová slova:*** odborná učebna, zobrazovací metody, výpočetní tomografie, radiační ochrana, virtuální realita

## **Professional classroom for radiographers**

This bachelor's thesis focuses on the education and practical training of radiographers. The primary goal is to theoretically map out the necessary information and subsequently apply it in creating a specialized classroom for the training of radiographers.

In the theoretical part, information and knowledge required to fulfill the objectives of the practical part will be described through the study of specialized literature and both printed and online sources. The profession of a radiographers will be specified in detail, along with the methods of their education and qualification acquisition. Additionally, the Radiological Assistance study program taught at the Faculty of Health and Social Sciences of the University of South Bohemia will be presented. The following chapters will briefly address the various imaging methods used in radiology. The imaging method of computed tomography will be presented in more detail, as it will be utilized in the practical part of the thesis. The subsequent chapters will cover the principles of radiation protection and methods of radiation protection for workers in radiodiagnostics, including radiation protection limits against exposure. Radiation emergencies that pose risks when working with ionizing radiation will also be briefly introduced.

The aim of the practical part of the thesis is to create a design proposal for a specialized classroom for radiographers, including a list of safety measures, necessary equipment, and room parameters. Another goal is to identify alternative or supplementary educational programs or aids to enhance theoretical education, with a proposal for a second classroom focused on the use of modern technologies. The creation of these proposals will be based on the foundations described in the theoretical and practical parts of the thesis.

**Key words:** specialized classroom, imaging methods, computed tomography, radiation protection, virtual reality

## **Obsah**

Úvod.....	8
1 Teoretická část .....	9
1.1 Specifikace profese radiologický asistent.....	9
1.2 Zakotvení v legislativě.....	9
1.3 Obor radiologická asistence.....	10
1.4 Studium programu Radiologická asistence na Zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.....	10
1.4.1 Profil absolventa oboru .....	10
1.5 Zobrazovací metody v radiologii.....	11
1.5.1 Skiografie .....	12
1.5.2 Skiaskopie.....	12
1.5.3 Mamografie.....	13
1.5.4 Angiografie .....	13
1.5.5 Výpočetní tomografie .....	14
1.5.6 Magnetická rezonance .....	17
1.5.7 Ultrasonografie .....	18
1.6 Radiační ochrana.....	19
1.6.1 Principy radiační ochrany .....	20
1.6.2 Způsoby radiační ochrany pracovníků v radiodiagnostice .....	21
1.6.3 Limity radiační ochrany před ozářením .....	22
1.7 Kategorizace pracovišť a pracovníků .....	24
1.7.1 Kategorizace pracovišť vykonávajících radiační činnosti .....	24
1.7.2 Kategorizace radiačních pracovníků.....	24
1.8 Přejímací zkoušky .....	25
1.9 Radiační mimořádná událost .....	25
1.10 Moderní formy vzdělávání.....	26

1.10.1	Virtuální realita .....	26
1.10.2	Distanční formy vzdělávání .....	27
1.10.3	Blended learning .....	29
2	Cíle práce .....	30
3	Metodika .....	31
3.1	Sběr potřebných informací.....	31
3.2	Vypracování návrhu učebny .....	31
4	Výsledky .....	32
4.1	Odborná učebna pro radiologické asistenty .....	32
4.1.1	Technické parametry učebny .....	32
4.1.2	Doprovodné technické vybavení .....	33
4.1.2.1	Vybavení vyšetřovny .....	33
4.1.2.2	Studijní pomůcky pro radiologické asistenty.....	33
4.1.2.3	Vybavení ovladovny .....	34
4.1.2.4	Zhotovení návrhu odborné učebny .....	35
4.1.2.5	Shrnutí a reflexe návrhu odborné učebny .....	39
4.2	„Virtuální“ učebna a programy pro radiologické asistenty .....	40
4.2.1	Radiologie a virtuální realita.....	40
4.2.2	Doprovodný edukativní software.....	41
4.2.3	Shrnutí a reflexe „virtuální“ učebny .....	41
5	Diskuse.....	43
6	Závěr .....	44
7	Seznam literatury a dalších použitých zdrojů .....	45
8	Seznam obrázků a tabulek .....	49
8.1	Obrázky.....	49
8.2	Tabulky .....	49
10	Seznam použitých zkratk .....	50

## Úvod

V České republice lze dosáhnout bakalářského titulu úspěšným absolvováním studijního programu Radiologická asistence na několika vysokých školách a fakultách, ale jen pár z nich disponuje vlastním odborným pracovištěm nebo učebnou, díky které studenti mohou nastoupit na odborné praxe se základními praktickými znalostmi obsluhy a práce s určitými přístroji, s nimiž se mohou setkat. Některé fakulty doplňují teoretickou výuku využitím počítačových učeben s přístupem k anonymizovaným skutečným výsledkům diagnostických vyšetření. V rámci obohacení a rozšíření výuky si některé fakulty domlouvají spolupráci s jinými pracovišti, jako jsou například polikliniky či nemocnice, kam studenti docházejí na teoretickou i praktickou výuku před nastoupením na odborné praxe. Níže je uvedený seznam univerzit s typem odborné učebny nebo pracoviště, kterými disponují a které lze využít při studiu radiologické asistence.

- **Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava** – vlastní demonstrační model výpočetního tomografu využívající laserový zářič pro bezpečný sběr dat v jednotlivých řezech místo rentgenu
- **Západočeská univerzita v Plzni** – Simulační místnost Kollárova obsahuje simulátor sanitního vozu a skiagraf pro získání potřebných kompetencí pro praktické výkony
- **Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích** – počítačová učebna vybavená diagnostickým a klinickým DICOM prohlížečem MARIE WebVision
- **Univerzita Pardubice** – skiagrafická učebna vybavená rentgenem a dvě počítačové učebny se softwarem pro statistickou analýzu STATISTICA a pro analýzu kvalitativních dat Atlas.ti

V České republice je takovýchto učeben nebo pracovišť poměrně málo, a proto by bylo příhodné, kdyby podobných prostor bylo více a všichni studenti měli možnost si vyzkoušet a procvičit praktická cvičení a návyky obsluhy na reálných přístrojích nebo využitím neustále se zdokonalujících moderních technologií. Anebo si alespoň rozšířit teoretické znalosti vizualizací a studiem skutečných vyšetření, 3D modelů aj.



# 1 Teoretická část

## 1.1 Specifikace profese radiologický asistent

Dle Národní soustavy povolání (2017) je radiologický asistent charakterizován jako nelékařské povolání spadající do odborného směru zdravotnictví a farmacie.

Náplní práce radiologického asistenta je uplatňování zobrazovacích a kvantitativních postupů, léčebního ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče spojené s radiologickými výkony. Důležitou součástí je také zajištění radiační ochrany a součinnost s lékařem při diagnostické a léčebné péči. (Národní soustava povolání, 2017)

## 1.2 Zakotvení v legislativě

Profese radiologický asistent je definována v zákoně č. 96/2004 Sb., Zákon o nelékařských zdravotnických povoláních. Detailně se touto problematikou zabývá § 8 výše zmíněného zákona, který hovoří o možnostech získání odborné způsobilosti k výkonu povolání radiologický asistent a popisuje jeho činnost.

### ***Odborná způsobilost k výkonu povolání radiologického asistenta***

*(1) Odborná způsobilost k výkonu povolání radiologického asistenta se získává absolvováním*

*a) akreditovaného zdravotnického bakalářského studijního oboru pro přípravu radiologických asistentů,*

*b) tříletého studia v oboru diplomovaný radiologický asistent na vyšších zdravotnických školách, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 2004/2005, nebo*

*c) střední zdravotnické školy v oboru radiologický laborant, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 1996/1997.*

*(2) Za výkon povolání radiologického asistenta se považuje zejména provádění radiologických zobrazovacích i kvantitativních postupů, léčebné aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkony. Radiologický asistent provádí činnosti související s radiační ochranou podle zvláštního právního předpisu a ve spolupráci s lékařem se podílí na diagnostické a léčebné péči. Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany může radiologický*

*asistent vykonávat, pokud splňuje požadavky stanovené zvláštním právním předpisem.*  
(Zákon č. 96/2004 Sb. § 8, 2020)

Dále je radiologický asistent povinen se řídit zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) včetně jeho změn a dalších doplnění – zákon č. 264/2016 Sb. (2017), a dalšími vyhláškami a nařízeními vlády jako jsou např. vyhláška č. 360/2016 Sb., o monitorování radiační situace, vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje nebo nařízení vlády č. 347/2016 Sb., o sazbách poplatků na odbornou činnost SÚJB. (ČSFM, 2021)

### ***1.3 Obor radiologická asistence***

Dle zákona č. 96/2004 Sb. je pro výkon profese zapotřebí získat bakalářský titul z akreditovaného studijního programu nebo oboru. Toho v České republice lze dosáhnout na vysokých školách a fakultách v těchto devíti městech – Brno, Ostrava, Olomouc, Ústí nad Labem, Liberec, Plzeň, Pardubice, Kladno a České Budějovice.

### ***1.4 Studium programu Radiologická asistence na Zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích***

Na Zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích je bakalářský titul z programu Radiologická asistence (RA) možné získat absolvováním tříletého bakalářského studia v prezenční formě. Studium zahrnuje v průběhu jednotlivých semestrů teoretickou výuku, praktická cvičení a praktickou výuku, která probíhá ve spolupráci s Nemocnicí České Budějovice, a.s. a realizuje se na vybraných odděleních. Student si také během druhého ročníku zvolí jeden ze dvou modulů formou povinně volitelných předmětů, tím si vybere zaměření na Hybridní zobrazovací metody nebo zaměření na Radiobiologii. (ZSF JCU, 2021)

Úspěšné absolvování studijního programu Radiologická asistence je podmíněno obhájením závěrečné kvalifikační (bakalářské) práce a složením státní závěrečné zkoušky ze tří okruhů – Radiodiagnostika a nukleární medicína, Radiační onkologie a Radiobiologie a zevní a vnitřní kontaminace radioaktivními látkami. (ZSF JCU, 2021)

#### ***1.4.1 Profil absolventa oboru***

Po úspěšném absolvování akreditovaného studijního programu Radiologická asistence může asistent najít uplatnění v jednom ze tří hlavních zdravotnických oborů (**Radiologie**, **Nukleární medicína** a **Radioterapie**), jejichž náplň bude blíže představena níže v této

podkapitole, na výzkumném pracovišti se zdroji ionizujícího záření nebo jako pracovník radiační ochrany. (ZSF JCU, 2021)

- **Radiologie** – obor aplikující ionizující záření za diagnostickým účelem v zobrazovacích metodách (radiodiagnostika), které lze využít i za účelem terapeutickým při léčbě určitých onemocnění (intervenční radiologie). Zahrnuje ale také metody, které ionizující záření nevyužívají – ultrasonografie, magnetická rezonance. (NZIP, 2024)
- **Nukleární medicína** – lékařský obor využívající nukleární vlastnosti látek při léčbě a v diagnostice – scintigrafie, pozitronová emisní tomografie (PET), jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT). (NZIP, 2024) Zobrazovací a terapeutické metody tohoto oboru využívají otevřených zdrojů ionizujícího záření – radiofarmak. Radiofarmakum je léčivo, které se skládá ze specifického radionuklidu a biologicky účinné látky. (Kubinyi et al., 2018)
- **Radioterapie** – obor aplikující vysokoenergetické paprsky ionizujícího záření na nemocnou tkáň. Nejčastěji se jedná o léčbu nádorových onemocnění s cílem zničení nebo zmenšení nemocné tkáně, zmírnění příznaků nebo prodloužení a zlepšení kvality života. Radioterapii je dále možné specifikovat na brachyterapii, systémovou radioterapii a zevní radioterapii. (NZIP, 2024)

Radiologický asistent pracující v radiologii, která byla výše stručně vysvětlena, se ve své praxi setkává s jednotlivými zobrazovacími metodami, které budou popsány v následující kapitole.



### ***1.5 Zobrazovací metody v radiologii***

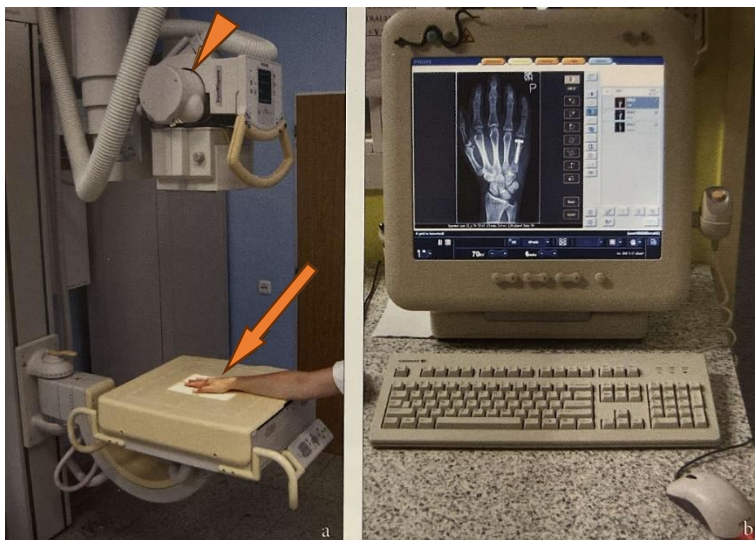
V následujících kapitolách budou stručně představeny jednotlivé zobrazovací metody používané na radiologických pracovištích, bude také přiblížen základní princip jejich fungování.

Většina zobrazovacích metod využívá **rentgenového záření**. Jedná se o elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou v rozpětí  $10^{-8}$  m až  $10^{-12}$  m. Rentgenové záření vzniká v **rentgence** (vakuovaná elektronka) interakcí elektronů, vylétávajících ze žhavené katody vysokou rychlostí, s elektrony atomů kovové anody. Běžné rentgenky jsou zapojeny v obvodu s vysokým napětím přibližně 20–200 kV. Tzv. žhavicí katodové napětí ovlivňuje množství elektronů, které jsou emitovány směrem k anodě, a anodové napětí zvyšuje jejich rychlost. Při interakci těchto elektronů dochází k přeměně kinetické

energie letících elektronů na rentgenové záření a teplo přibližně v poměru 1:99 vyjádřeno v procentech. Spektrum záření je tedy nejvíce ovlivněno napětím a materiálem anody. Pro běžná radiodiagnostická vyšetření se nejvíce využívají wolframové anody a pro speciální vyšetření se využívá např. molybden nebo rhodium – pro mamografii. (Malíková, 2019)

### 1.5.1 Skiografie



Skiografie nebo také snímkování či radiografie je nejběžnější zobrazovací metodou využívající rentgenového záření, které vychází z rentgenky, prostupuje vyšetřovaným místem, kde dojde k částečné absorpci a rozptylu, a následně dopadá na záznamový materiál. Dnes na většině pracovištích mluvíme o tzv. přímé digitalizaci, dříve se pro vytvoření záznamu používal fotografický film, který se následně musel vyvolat. Na Obr. 1a je možné vidět rentgenku (  ), ze které vychází rentgenové záření a dopadá skrz vyšetřovací objekt (ruka) na digitální detektor (  ), kde je dopadající záření převedeno na elektrické impulzy. Na Obr. 1b je na monitoru zobrazený získaný obraz. Pomocí skiografie se nejčastěji vyšetřuje skelet, oblasti hrudníku (plíce) a břicha. (Heřman et al., 2014)

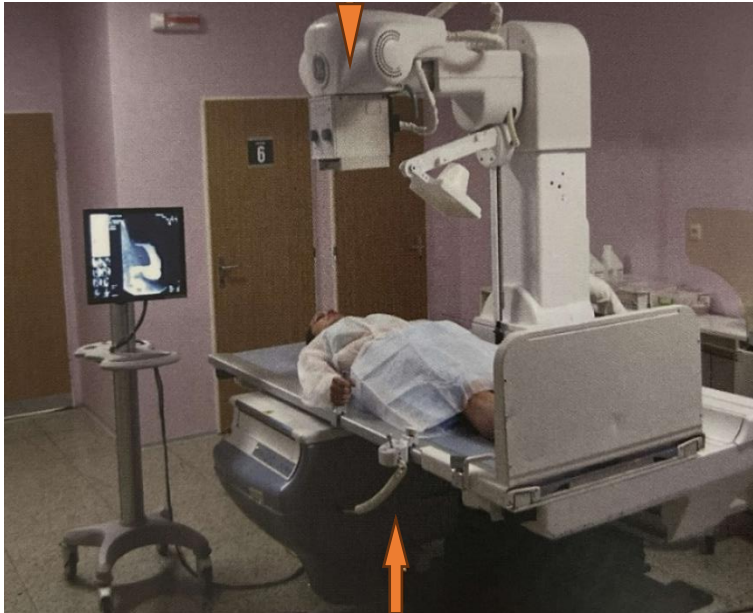


Obrázek 1a; 1b – Proces přímé digitální radiografie Zdroj: Heřman et al. (2014, s. 15)

### 1.5.2 Skiaskopie

Tato metoda využívá stejných principů jako běžné snímkování (skiografie), je však možné nalézt jeden hlavní rozdíl, a to je možnost zobrazení dynamických dějů pomocí zaznamenávání kontinuálních snímků. Skiaskopii je možné nejvíce využít při vyšetření

gastrointestinálního traktu a při intervenčních výkonech. (Heřman et al., 2014) Na Obr. 2 je zobrazena rentgenka (  ), vyšetřovací stůl a detektor záření (  ). Obraz lze sledovat přímo na vyšetřovně nebo mimo ni na ovladovně.



Obrázek 2 Skiaskopická vyšetřovna se „sklopnou stěnou“ Zdroj: Heřman et al. (2014, s. 16)

### **1.5.3 Mamografie**

Jedná se o specializované skiagrafické vyšetření prsu s vysokými nároky na kvalitu zobrazení. Při mamografii se využívá tzv. měkké RTG techniky. To znamená, že rentgenka je připojena k napětí pouze 25–33 kV. Dále se používají např. zesilující folie, jednostranně polévané filmy a kompresní průhledné desky pro vyrovnání tloušťky prsu. (Malíková, 2019; Daneš, 2021)

### **1.5.4 Angiografie**

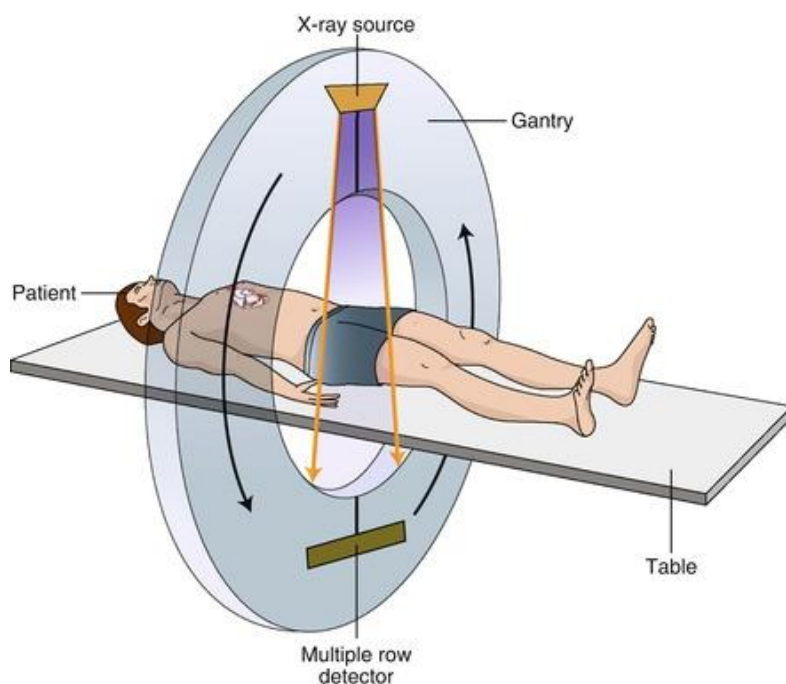
Angiografie je obecný termín používaný pro zobrazení cév. Toho lze dosáhnout s využitím zobrazovacích technik invazivní (angiografií) nebo neinvazivní metodou (CT/MR angiografie). Angiografie (invazivní zobrazovací metoda) spočívá v podání kontrastní látky (KL) přímo do vyšetřované oblasti a její následné zobrazení za pomoci rentgenového záření. (Heřman et al., 2014)



Obrázek 3 Pohled z ovladovny do angiografické vyšetřovny Zdroj: Heřman et al. (2014, s. 17)

### ***1.5.5 Výpočetní tomografie***

Výpočetní tomografie (CT) je zobrazovací technika, jež je v lékařském oboru široce využívána díky její schopnosti poskytovat detailní průřezové snímky těla. Základním principem CT je zpracování velkého množství dat o průchodu svazku rentgenového záření vyšetřovaným objektem, obdobně jako u klasického snímkování. U CT k tomu dochází z různých stran (projekcí), jelikož rentgenka pomocí rotoru vysokou rychlostí obíhá dokola kolem pacienta, viz Obr. 4. Z jednoho oběhu rentgenky (360°) tedy vzniká obraz jedné vrstvy, jejíž šířka je řádově v milimetrech. Tato technika existuje ve dvou variantách, konkrétně se jedná o jednoenergetická CT (SECT) a dvouenergetická CT (DECT). SECT a DECT mají odlišné fyzikální vlastnosti, přičemž každá z nich nabízí při užití rozdílné výhody z hlediska kvality obrazu a dávky ionizujícího záření. (Heřman et al., 2014; Ramin et al., 2020)

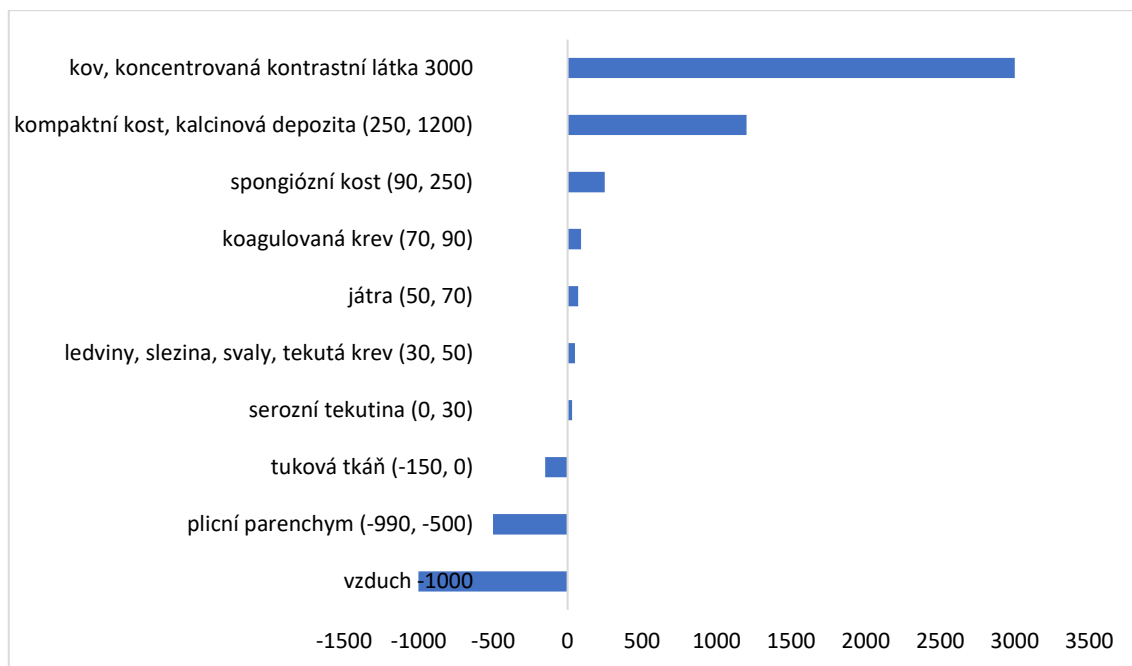


Obrázek 4 Základní princip výpočetní tomografie Zdroj: Thoracic Key (2016)

### Vznik obrazu

Při vzniku obrazu je využíván denzitometrický princip – detektory je měřen úbytek absorbovaného záření mezi detektorem a rentgenkou. Z velkého množství projekcí je získávána **superprojekce**, z níž je pomocí Furierovy transformace vyhodnocena celková míra zeslabení (**denzita**) záření ve všech bodech v celém prostou. Denzitu jednotlivých bodů je možné definovat dle Hounsfieldové stupnice. Ta je vyjádřena ve 4096 stupních Hounsfieldových jednotek (HU) a rozložena na úsečce v intervalu od -1000 HU do +3069 HU, kde 0 HU odpovídá denzitě vody a -1000 HU odpovídá denzitě vzduchu, viz Obr. 5. CT na výsledných obrazech, vzniklých při diagnostickém vyšetření, těmto jednotkám (HU) přiděluje odstíny šedi. Lidské oko má však rozlišovací schopnost pouze do 60 stupňů šedi a u CT vyšetření jsou často pozorovány změny v tkáních s podobnou denzitou – v úzkém intervalu. Z důvodu této podobnosti je tudíž využíváno tzv. okénko – window, aby tyto změny byly rozeznatelné pouhým okem. Okénkem je možné vybrat podinterval z Hounsfieldovy stupnice s novým středem (center – C) a šíří (width – W). Konečnému intervalu je přidělována celá stupnice šedi, proto je nastavení vhodného okénka důležité pro správné hodnocení vyšetřované oblasti. (Heřman et al., 2014; Thoracic Key, 2016)





Obrázek 5 Stupnice denzity v Hounsfieldových jednotkách – HU, intervaly denzit jednotlivých tkání Zdroj: Nádeníček (2012)

### Pitch-faktor a kolimace

Pacient je během vyšetření položen na vyšetřovacím stole, který se postupně posouvá. Tím vzniká určité množství sousedících vrstev, které dohromady vytvářejí celý záznam vyšetřované oblasti. Šířka jedné vrstvy je určena **kolimací** svazku záření a celkově ovlivňuje, jak detailní bude výsledný obraz vyšetřované oblasti a z kolika vrstev se bude skládat. Ovlivní to také celkovou dobu vyšetření a dávku záření, které bude pacient vystaven. Rychlost samotného posunu ovlivňuje nastavení tzv. **pitch-faktoru**, který určuje poměr mezi rychlostí posunu stolu a šířkou kolimace svazku záření. Je-li rychlost posunu rovna kolimaci, je faktor roven 1. Pokud je rychlost posunu dvakrát větší, je faktor roven 2 nebo pokud je dvakrát menší, je faktor roven 0,5. (Heřman et al., 2014) Na Obr. 6 je možné vidět gantry, ve které se nachází rotor s rentgenkou a detektory (→). Po levé straně před gantry je umístěn dálkově ovládaný tlakový injektor (→) pro podání kontrastní látky. V popředí Obr. 6 jsou viditelné monitory v ovladovně.





Obrázek 6 Hlavní součásti přístroje Zdroj: Heřman et al. (2014, s. 21)

### **DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine**

K zavádění výpočetní tomografie mezi radiodiagnostické metody postupně docházelo od 70. let 20. století. Následně docházelo k postupné digitalizaci v radiodiagnostice, která si vyžádala nutnost sjednocení formátu pro přenos dat mezi přístroji vyráběnými různými výrobci a dodavateli. V 80. letech 20. století patřily mezi instituce pracující na vyvíjení systému, jež by umožnil vytvořit standard pro přenášení a zobrazování potřebných souborů, například American College of Radiology či National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Postupně byly vytvořeny tři verze systému – první a druhá verze nesplňovaly všechny požadavky, a nebyly proto dostačující pro využití v praxi. Teprve třetí verze systému DICOM Standard, vzniklá v roce 1993, se ukázala jako plně využitelná a funkční, tato verze se stále využívá také v současnosti. (DICOM, 2019)

#### ***1.5.6 Magnetická rezonance***

Magnetická rezonance (MR) je zobrazovací technika, která využívá principy jaderné magnetické rezonance (NMR) k vytváření detailních obrazů vnitřních struktur těla. MR je široce využívána v různých oblastech, jako je medicína, chemie a fyzika díky své neinvazivní povaze a schopnosti poskytovat obrazy s vysokým rozlišením. Jedním z klíčových aspektů MR je zobrazování citlivé na susceptibilitu, je to tedy technika, která využívá rozdíly v magnetické susceptibilitě tkání k vytváření jedinečných kontrastů v obrazech. (Haacke et al., 2009; Adams et al., 2017)

Celkově MR hraje klíčovou roli v moderním zdravotnictví tím, že umožňuje neinvazivní a detailní zobrazování anatomických struktur a fyziologických procesů. S neustálým technologickým pokrokem a vývojem nových sekvencí a aplikací MR se potenciál MR ve výzkumu a klinické praxi neustále rozšiřuje.



Obrázek 7 Přístroj magnetické rezonance Zdroj: Heřman et al. (2014, s. 25)

### ***1.5.7 Ultrasonografie***

Ultrasonografie (US) – sonografie nebo také ultrazvuk – je zobrazovací metoda, která využívá mechanické podstaty zvuku, tou jsou vlny, kterými se šíří. Tyto vlny jsou pak následně absorbovány, rozptýleny a odraženy zpět do sondy obsahující piezoelektrický krystal, který je jejich zdrojem a také přijímačem – viz Obr. 8a a 8b. Využívá se tak rozdílné akustické impedance tkání na jejich rozhraní, kdy jsou zachytávány zpět různé intenzity a čas návratu odrazů jednotlivých vln. (Heřman et al., 2014)



Obrázek 8a Ultrazvukový přístroj; 8b Ultrazvukové sondy – různé typy Zdroj: Heřman et al. (2014, s. 18)

### **1.6 Radiační ochrana**

*V souladu s obecnými principy je cílem radiační ochrany zabezpečit dostatečnou úroveň ochrany zdraví a umožnit přitom přínos z využití zdrojů ionizujícího záření (ZIZ) a jaderné energie. Při řešení praktických problémů musí se radiační ochrana opírat o soubor vzájemně konsistentních principů, základních pojmů, kritérií a přístupů, tedy o zformulovanou koncepci. (Klener, 2000)*

Ionizující záření má při nekontrolovaných dávkách prokázanou nenulovou pravděpodobnost na vznik nežádoucích účinků, které je možné rozdělit na dva základní typy vzhledem k vztahu jejich dávky a účinku. Dávku lze definovat jako *podíl energie, kterou ionizující záření předá látce o určité hmotnosti.* (SÚRO, 2022)

Prvním typem jsou tzv. deterministické nebo také časné účinky, kde v případě, že dojde k překročení dávkového prahu pro danou oblast, začne vznikat poškození, které vzrůstá s množstvím dopadající dávky záření. Po překročení dávkového prahu totiž začne

v zasažené oblasti docházet k odumírání buněk. Mezi hlavní časné účinky záření patří například akutní nemoc z ozáření (akutní postradiační syndrom), která je způsobena překročením prahové dávky vyšší než 1 Gy pro celou nebo větší část těla, a akutní radiační zánět kůže (akutní radiodermatitida), ke kterému může dojít při překročení dávky cca 3 Gy zevního ozáření. Výše dávkového prahu se liší pro konkrétní části těla, například pro oční čočku 0,15 Gy a pro kůži 0,5 Gy. K projevům záření dochází řádově do několika hodin až po několik dnů po ozáření dané oblasti kůže. (Kuna a Navrátil et al., 2005; SÚJB, 2022)

Druhým typem jsou tzv. stochastické nebo také pozdní účinky. Zde se jedná o účinky, které mají statistický charakter, to znamená, že jsou způsobené změnami genetické informace buňky a nelze u nich stanovit dávkový práh. Lze tedy předpokládat, že každou aplikací dávky se u konkrétního člověka zvyšuje šance pro vznik novotvarů nebo dědičných chorob. (SÚJB, 2022)

### ***1.6.1 Principy radiační ochrany***

V radiační ochraně využíváme čtyři základní principy – princip zdůvodnění, princip optimalizace, princip limitování dávek a princip bezpečnosti zdrojů. Spadají sem ale také opatření, která vedou k zabezpečení zdrojů ionizujícího záření. Zejména aby nedocházelo ke kontaminaci prostředí, nekontrolovanému ozáření nebo jejich odcizení či ztrátě. (Ullmann, 2002)

- **Princip zdůvodnění** stanovuje, že před využitím ionizujícího záření je potřeba zohlednit veškerá možná rizika, která dohromady nesmí převažovat nad přínosem aplikace záření. To znamená např. zohlednit, zda požadovanou diagnostickou informaci lze, nebo nelze dosáhnout i bez využití zdroje ionizujících záření – ultrazvukové vyšetření (US) či magnetická rezonance (MR). (Súkupová, 2018)
- **Princip optimalizace** lze také označit zkratkou ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Jedná se o přístup k výšce aplikované dávky tak, aby byla co nejnižší možná, ale aby bylo zároveň stále dosaženo požadovaného výsledku aplikace (SÚRO, 2022). Pod princip optimalizace spadá zavedení, užívání a pravidelná kontrola diagnostických referenčních úrovní (DRÚ), což jsou hodnoty dávek při radiodiagnostických nebo intervenčních radiologických výkonech, které slouží jako nezávazný ukazatel. Při jejich častém překračování by se měl iniciovat

průzkum a náprava důvodů nepřiměřeně vysoké radiační zátěže pacientů. (Súkupová, 2018)

- **Princip limitování dávek** stanovuje limity, které zajišťují omezení ozáření osob za dobu jednoho roku. Tyto limity byly uvedeny zvlášť pro obyvatelstvo, těhotné ženy a radiační pracovníky (SÚRO, 2022) a jsou stanoveny v aktuální vyhlášce a doporučeních Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). (Súkupová, 2018)
- **Princip bezpečnosti zdrojů** ověřuje stabilitu a spolehlivost daného zdroje tak, aby všechny zdroje procházely pravidelnou kontrolou a tzv. zkouškou dlouhodobé stability a zkouškou provozní stálosti. Jak často mohou být prováděny a kdo je smí provádět je stanoveno aktuální vyhláškou SÚJB. (Súkupová, 2018)

### *1.6.2 Způsoby radiační ochrany pracovníků v radiodiagnostice*

Ochrana se vztahuje na všechny pracovníky (radiology, radiologické asistenty, kardiology a jiné), kteří přicházejí do kontaktu se zdrojem ionizujícího záření. Od všech pracovníků se očekává, že jsou kompetentní k obsluze nebo manipulaci s takovými zdroji a také jsou poučeni o případných možných rizicích, které obnáší práce s ionizujícím zářením.

Existují tři hlavní způsoby radiační ochrany, které popisují, jak pracovat a zároveň se chránit před zevním ionizujícím ozářením.

- **Čas** – Absorbovaná dávka záření je přímo úměrná době expozice, po kterou se člověk nachází v poli záření. To znamená, že čím déle je člověk vystaven ionizujícímu záření, tím jeho tělo absorbuje větší dávku záření. Proto je důležité, aby se v prostorách s ionizujícím zářením pracovníci nezdržovali a rychle manipulovali s radioaktivními látkami takovým způsobem, aby však nedošlo ke kontaminaci.
- **Vzdálenost** – Intenzita záření, a tím i dávkový příkon, jsou nepřímo úměrné druhé mocnině vzdálenosti od zdroje záření (přesně platí pro bodový zdroj). Při manipulaci nebo pohybu kolem zdrojů ionizujícího záření je ideální udržení co nejdelší vzdálenosti. Toho lze dosáhnout například použitím pinzety nebo jiného nástroje.
- **Stínění** – Z fyzikálního hlediska lze záření odstínit vhodným materiálem, který absorbuje část záření, a tím zeslabí až zastaví jeho tok. Jedná se o velmi účinnou

formu ochrany, kdy se pro různé druhy ionizujícího záření využívají různé materiály, které ale musí obsahovat prvky s atomovým číslem vyšším než 47. Pro ochranu pracovníků se využívají ochranné zástěry, brýle, límce nebo také mobilní zástěny. Ochranné stínění musí splňovat určité parametry, jako je rovnoměrné rozložení stínícího materiálu, celistvost, a zároveň musí být dodržen také stínící ekvivalent pro danou oblast těla v řádech tloušťky Pb v milimetrech, viz Tab. 1. (Súkupová, 2018)

Tabulka 1 Množství prošlého rentgenového záření v závislosti na stínícím ekvivalentu a anodovém napětí

Napětí na rentgence [kV]	50	75	100	150
Ekvivalent olova [mm Pb]	Množství prošlého rentgenového záření [%]			
0,13	2,0	10	25	40
0,25	0,35	3,0	10	20
0,35	0,05	1,5	5,5	11
0,40	0,03	1,0	4,5	8,0
0,50	0,01	0,7	3,0	5,5
1,0	-	0,05	0,5	1,0

Zdroj: Klener et al. (2000, s. 299)

S ochranou pracovníků úzce souvisí také ochrana pacientů. Pokud dochází ke snížení dávek potřebných například k intervenčním výkonům, snižuje se také dávka, které je vystaven intervenční radiolog, který dané vyšetření provádí. (Súkupová, 2018)

### 1.6.3 Limity radiační ochrany před ozářením

Limity radiační ochrany před zářením udávají hodnoty ekvivalentní a efektivní dávky ionizujícího záření za určitou dobu na kůži nebo oční čočce. Tyto limity jsou stanoveny vyhláškou č. 422/2016 Sb. § 3 – Obecné limity pro obyvatele, § 4 – Limity pro radiačního pracovníka a § 5 – Limity pro žáka a studenta, viz Tab. 2.

**Ekvivalentní dávka** je absorbovaná dávka upravená na radiační účinnost daného typu ionizujícího záření (alfa, beta, gama) pomocí tzv. radiačního váhového faktoru. Její jednotkou je Sievert (Sv), její násobky mSv (tisíciny Sv) a mikroSv (miliontiny Sv). (SÚRO, 2022)

**Efektivní dávka** je vhodnou veličinou i pro stanovení obecných limitů rizika

*stochastických účinků pro jednotlivce s tím, že limity tkáňové ekvivalentní dávky mají zabránit deterministickým účinkům.* (SÚRO, 2022)

Tabulka 2 Limity radiační ochrany před ozářením

Limity	Radiační pracovník	Žák/student od 16 do 18 let	Obyvatelstvo
Efektivní dávka za rok	20 [mSv]	6 [mSv]	1 [mSv]
Ekvivalentní dávka na oční čočky za rok	50 [mSv]	15 [mSv]	15 [mSv]
Průměrná ekvivalentní dávka na 1 cm <sup>2</sup> kůže za rok	500 [mSv]	150 [mSv]	50 [mSv]

Zdroj: Vyhláška č. 422/2016 Sb.

*Limity pro žáka a studenta staršího než 18 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření, jsou shodné s limity pro radiačního pracovníka.* (Vyhláška č. 422/2016 Sb. § 5)

K dodržování těchto limitů je využívána **dozimetrie** ionizujícího záření. Jedná se o obor zabývající se:

- **Zdroji ionizujícího záření** – u radionuklidů zkoumá a popisuje jejich aktivitu, poločas rozpadu, typ a energii, kterou vyzařují, a vzájemnou interakci těchto parametrů.
- **Polem ionizujícího záření** – tvarem, charakteristikou a rozložením. Definiuje veličiny hustoty toku, fluence apod. a popisuje je v reálném prostředí (vzduch) nebo ve vakuu.
- **Interakcí s hmotou** – je definována jako pravděpodobnost reakce částice záření s hmotou. Pravděpodobnost, a tím také celkový efekt, se zvyšuje s větším počtem částic záření nebo větším počtem částic hmoty. Singer (2005, s. 3) uvádí laické přirovnání tohoto efektu následovně: *Pokud střelíme puškou na jeden strom, je efekt zásahu daleko menší než při střelbě samopalem nebo střelbě do hustého lesa.*
- **Interakcí s živou hmotou** – jedná se o specifickou interakci s hmotou, která se prolíná s ochranou životního prostředí. **Osobní dozimetrie** se zabývá specificky interakcí s lidským organismem – zejména s pracovníky se zdroji ionizujícího

záření. **Radiační kontrola okolí** se věnuje ochraně obyvatelstva a **klinická dozimetrie** konkrétně ochraně pacientů a zdravotnického personálu.

Dozimetrie prošla již více než stoletou historií a sbírá informace především o naměřených dávkách ionizujícího záření. To je nezbytné např. v jaderných elektrárnách, kde jsou tyto naměřené hodnoty využívány k odhalení možného nedostatku nebo závady radiační ochrany a k případnému rychlému vyřešení nastalé **radiační mimořádné události**, viz kapitola **1.8**. Informace o dávkách jsou shromažďovány z osobní dozimetrie a radiační ochrany provozu vnitřní sítě radiační ochrany. (Singer, 2005)

## ***1.7 Kategorizace pracovišť a pracovníků***

### ***1.7.1 Kategorizace pracovišť vykonávajících radiační činnosti***

Hlavním kritériem kategorizace pracovišť vykonávajících radiační činnost (tzn. využívání zdrojů ionizujícího záření) je ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením. Při kategorizaci je dále bráno v potaz, s jakým typem zdroje ionizujícího záření bude na pracovišti zacházeno, jaký bude na pracovišti nastaven provoz a s ním související míra potenciálního ozáření pracovníků, ale také obyvatelstva. Dále náročnost zajištění radiační ochrany pracoviště a s ní související vybavenost a zajištěnost pracoviště včetně dostupnosti ochranných pomůcek, ionizačních a stínících zařízení atd. V potaz je bráno také riziko radioaktivní kontaminace nejen pracoviště, ale i okolí radionuklidy, vznik a případná likvidace radioaktivního odpadu a nebezpečí plynoucí z možných poruch. (Vyhláška č. 307/2002 Sb.)

Pracoviště jsou na základě výše uvedených kritérií rozdělena do čtyř kategorií. Běžné radiologické pracoviště spadá do II. a III. kategorie, přičemž radiodiagnostická oddělení nejčastěji odpovídají II. kategorii. (Vyhláška č. 307/2002 Sb.)

### ***1.7.2 Kategorizace radiačních pracovníků***

Ke kategorizaci radiačních pracovníků dochází z důvodu jejich sledování a lékařského dohledu. Radiační pracovníci jsou na základě možného ohrožení jejich zdraví vlivem působení ionizujícího záření rozděleni do dvou kategorií. Hlavním kritériem je očekávané ozáření za běžného provozu a množství ozáření působící během potenciálních poruch na pracovišti. Při kategorizaci není bráno v potaz ohrožení pracovníka v důsledku radiační nehody či havárie.



Do kategorie A jsou zařazeni radiační pracovníci, u nichž je možná efektivní dávka, kterou by mohli obdržet, vyšší než 6 mSv ročně, případně obdobnou dávkou vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny. Radiační pracovníci, pro které neplatí tato hodnota, spadají do kategorie B. (Vyhláška č. 307/2002 Sb.)

### **1.8 Přejímací zkoušky**

Přejímací zkoušky se provádějí na přístroji, který je zdrojem ionizujícího záření minimálně podle ustanovení českými technickými normami, návrhu výrobce nebo distributora a v rozsahu stanoveném při typovém schvalování – zda se jedná o lékařský typ nebo typ pro vědu a výzkum. Držitel povolení, který zkoušku provádí, určuje rozsah a četnost měření a ověřování vlastností zdrojů ionizujícího záření při předpokládaném způsobu použití v rámci **zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti**.

Přejímací zkoušky mohou provádět pouze osoby s příslušným povolením úřadu, a to jako specifický způsob nakládání se zdroji ionizujícího záření. Mohou je vykonávat jen fyzické osoby s odbornou způsobilostí – vyhláška č. 146/1997 Sb., ve znění vyhlášky č. 315/2002 Sb. Výsledky přejímací zkoušky jsou zaznamenány v protokolu, který obdrží jak osoba předávající zdroj, tak osoba jej přebírající. Kopie protokolu je zaslána držitelem povolení elektronicky úřadu.

Při přijímací zkoušce se provádí ověření funkčnosti a kvality řídicích, ovládacích, bezpečnostních, indikačních a zobrazovacích systémů. Dále se ověřuje, zda specifikované provozní parametry a vlastnosti zařízení odpovídají očekávanému způsobu použití a nevybočují z mezí stanovených technickými českými normami nebo průvodní technickou dokumentací od výrobců. (SÚJB, 2011)

### **1.9 Radiační mimořádná událost**

Podle atomového zákona (zákon č. 263/2016 Sb.) je radiační mimořádnou událostí taková událost, jež má za následek překročení daných limitů ozáření. Aby k této události nedocházelo, je třeba stanovit a dodržovat principy radiační ochrany (viz kapitola **1.6**), které překročení limitů mohou zabránit, případně omezit jeho dopady. Radiační mimořádné události jsou rozděleny do tří stupňů – radiační mimořádná událost prvního stupně, radiační nehoda a radiační havárie.

Radiační mimořádnou událost prvního stupně je možné vyřešit přímo pracovníky, kteří mají při vzniku této události směnu a jsou přítomni jejímu vzniku. Radiační nehoda

a radiační havárie již není řešitelná a zvládnutelná svépomocí a je nezbytné učinit kroky vedoucí k zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo. V druhém a třetím stupni radiační mimořádná událost vzniká jako následek nálezů, ztráty či zneužití radionuklidového zdroje. (Zákon č. 263/2016 Sb.)

### **Radiologická událost**

Vyhláška č. 422/2016 Sb. definuje radiologickou událost jako nežádoucí událost, jež vzniká při chybném lékařském ozáření pacienta. Mezi příčiny vzniku této události patří lidská chyba či chyba užívaného přístroje – například záměna pacienta, ozáření jiné části těla, aplikace odlišné dávky ionizujícího záření. Jsou stanoveny tři kategorie radiologické události – A, B, C.

Kategorie A zahrnuje takové události, které souvisí s přílišným ozářením zdravé tkáně a mohou vést k trvalému poškození zdraví či předčasnému úmrtí pacienta. Kategorie B sdružuje události vedoucí k významným očekávatelným nežádoucím klinickým projevům, které však nemají za následek ohrožení pacienta na životě. Události definované jako kategorie C mají menší pravděpodobnost klinických projevů a následků. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

### **1.10 Moderní formy vzdělávání**

Během posledních dvou desítek let došlo k velkému rozvoji informačních technologií, které postupně získaly vysoký význam i ve vzdělávání. Staly se tak nedílnou součástí společnosti a jejich znalost se stává nutností.

Využíváním informačních technologií v České republice se zabývá Český statistický úřad (ČSU), který sbírá informace a data o tzv. IT infrastruktuře neboli vybavenosti jednotlivých škol a využívání informačních technologií samotnými studenty v průběhu let. Z dat ČSU vyplývá, že 52,3 % studentů, resp. osob starších 16 let, v České republice používá vzdělávací aktivity na internetu ve formě využívání online výukových materiálů a 39,7 % se účastní online kurzů. (ČSU, 2023)

#### **1.10.1 Virtuální realita**

O virtuální realitě (VR) lze historicky hovořit už od vzniku filmu a od té doby se neustále zdokonaluje a vyvíjí. Jedinec virtuální reality může dosáhnout tím, že ošálí své smysly (zrak, sluch, hmat aj.), čím více jich ošálí, tím silnější a přesvědčivější se virtuální realita stává. V posledních letech došlo k výraznému rozvoji tzv. systémů virtuální reality, které

pomocí tzv. headsetů (speciálních brýlí), viz Obr. 9, umožňují zobrazení trojrozměrného interaktivního světa. Ačkoli se virtuální realita nejčastěji využívá pro zábavu, např. ve filmovém nebo herním průmyslu, nachází své uplatnění také ve zdravotnictví – 3D modely orgánů, simulace operací nebo také v psychiatrii při léčbě fobií. (Kopřiva a Kučerka, 2017; VR Education, 2020)



Obrázek 9 VR headset značky Oculus Quest 2 od společnosti META Zdroj: META (2024)

VR headsets jsou zpravidla propojeny s řídicím počítačem nebo mobilním telefonem, který vytváří obraz, ale některé mohou vytvářet obraz sami pomocí vlastního systému. VR je navíc vybavená senzory snímajícími pohyb hlavy a její polohu a ovladači pro pohyb a polohu rukou. Některé headsets dokáží snímat přímo samotné ruce, a je tedy možné je ovládat bez použití ovladačů. (Kopřiva a Kučerka, 2017; ClassVR, 2024)

### ***1.10.2 Distanční formy vzdělávání***

Distanční vzdělávání je jednou z forem vzdělávání, jehož základním principem je, že studující se vzdělává sám, aniž by docházelo k přímému kontaktu s vyučujícím. Zodpovědnost za proces vzdělávání nese převážně student, vyučující je pak osobou, která studenta provází celým vzdělávacím procesem, zadává mu úkoly a kontroluje výsledky jeho práce. (Černý, Chytková, Mazáčová a Šimková, 2015)

Hlavním rozdílem mezi prezenční, kombinovanou a distanční formou studia je právě fyzická přítomnost vyučujícího. V případě prezenční formy se přítomnost vyučujícího vyžaduje a dochází k přímému předávání informací a znalostí směrem od vyučujícího ke studentovi, přičemž spolu sdílí v jednom čase společný prostor. Distanční forma toto sdílení nevyžaduje, její výhodou je, že zprostředkovává vzdělávání všem jedincům

nezávisle na daném místě a čase studia, navíc student v tomto procesu nepřichází o možnost společenské interakce s vyučujícím. (Distance learning, 2024) Kombinovaná forma je potom kombinací dvou předchozích forem vzdělávání. Další formou je tzv. blended learning, o kterém bude stručně pojednáno v kapitole **1.9.3**.

Nejčastější formou distančního vzdělávání je e-learning a web-based learning. Distanční vzdělávání zde existovalo již před vynálezem internetu, nicméně s jeho zavedením se značně usnadnilo a zefektivnilo. Podstatou distančního vzdělávání je multimediálnost, která obnáší kombinaci různorodých didaktických metod a postupů společně s technickými a technologickými prostředky, kterými je učivo prezentováno. Plnění úkolů a zadání, komunikace s průvodcem (vyučujícím) i hodnocení výsledků samostudia probíhá prostřednictvím technologií v online prostoru. Dalšími důležitými pojmy, jež definují distanční vzdělávání, jsou interaktivita, individualizace a sebevzdělávání jakožto vlastní rozhodnutí.

Mezi nejčastější technologie využívané k distančnímu vzdělávání patří audiozáznamy, videozáznamy, různorodé počítačové programy, vzdělávací hry, internet, smartphony, počítače, notebooky a dále různá e-learningová prostředí. Mezi nejnovější a velmi efektivní formu distančního vzdělávání patří využívání virtuální reality (VR) jakožto učebního prostředí – o jeho výhodách bylo pojednáno v kapitole **1.9.1**.

Jak již bylo dříve zmíněno, nejrozšířenější a nejčastější formou distančního vzdělávání je e-learning. Jeho základem je využívání informačních a komunikačních technologií (ICT). Doslova by bylo možné tento pojem přeložit jako „elektronické učení“. Tento učební nástroj se neustále dynamicky vyvíjí, to je způsobeno rychlým technologickým pokrokem. E-learning představuje flexibilní virtuální prostor sdílený vyučujícím a studenty, který umožňuje předávání informací, didaktické zpracování učiva a studijních materiálů, reflexi, hodnocení, ale také sociální interakci. (Černý, Chytková, Mazáčová a Šimková, 2015) Je možné využívat různé platformy, které e-learning umožňují, jedná se například o Moodle, Microsoft Teams, Google Classroom a další.

Web-based learning je možné chápat jako nadřazený pojem e-learningu. Jedná se o jakékoli webové rozhraní, které umožňuje nejen sdílení učebních materiálů, komunikaci mezi oběma stranami vzdělávacího procesu, ale také přináší možnost individuální kreativní tvorby jednotlivých aktérů. Obsahuje tedy rozličné online nástroje,

jež slouží k řízení vzdělávacího procesu, a napomáhají tak tento proces usnadnit. (Černý, Chytková, Mazáčová a Šimková, 2015)

Mezi formy distančního vzdělávání patří webináře, které představují seminář realizovaný za užití webové platformy nebo obecně prostřednictvím internetu. Během realizace webináře je zajištěn transfer zvuku, videa, prezentací, odkazů a dalších náležitostí potřebných pro vzdělávání. Jejich přínosem je možnost okamžité reakce, a tím lepší interakce mezi stranami vzdělávacího procesu. Dále je možné pro distanční vzdělávání využívat virtuální světy či projektovou výuku. (Černý, Chytková, Mazáčová a Šimková, 2015)

### ***1.10.3 Blended learning***

Blended learning jakožto forma vzdělávání je kombinací mezi prezenční a distanční formou. Studium probíhá pomocí e-learningu, kdy je zvoleno vhodné online prostředí k realizaci výuky, a je doplňováno možnostmi osobních konzultací a prezenčního vyučování.

V této formě distančního vzdělávání je možné nalézt tři výchozí modely, které upravují a transformují výslednou podobu vzdělávání po stránce formální i obsahové, stejně tak ovlivňují volbu vzdělávacích aktivit. Základním rozdílem mezi těmito modely je rozsah a náplň prezenční formy vzdělávání. V případě skill driven blended learningu, který je nejběžnější formou, tvoří jádro vzdělávání distanční forma, během osobních setkání a konzultací je pak učivo již jen doplňováno, rozšiřováno či testováno. (Černý, Chytková, Mazáčová a Šimková, 2015)

## **2 Cíle práce**

Zhotovení návrhu odborné učebny pro radiologické asistenty včetně výčtu bezpečnostních opatření, potřebného vybavení a parametrů místnosti.

Vyhledání alternativních nebo doprovodných edukativních programů či pomůcek pro obohacení teoretické výuky.

### **3 Metodika**

#### ***3.1 Sběr potřebných informací***

Využité informace byly dohledány a použity z české i světové odborné literatury. Byly použity zákony a vyhlášky České republiky, odborné články, webové stránky firem, univerzit a nemocnic. Byla provedena návštěva a analýza radiodiagnostických pracovišť s CT v Nemocnici České Budějovice a.s.

#### ***3.2 Vypracování návrhu učebny***

Na základě získaných informací a poznatků z praktického chodu radiologických pracovišť byl vytvořen návrh odborné učebny tak, aby splňoval potřebná legislativní a bezpečnostní kritéria a co nejlépe simuloval skutečné CT pracoviště. Zohledněny byly také nároky na prostor a vybavení z pohledu pracovníka na takovémto pracovišti. Pro vytvoření návrhu byl použit web Floor Plan Creator, který se ukázal jako dostačující pro vyobrazení a znázornění návrhu učebny a jejího rozložení.

Pro alternativní formy vzdělávání byl vytvořen druhý samostatný návrh, také pomocí webu Floor Plan Creator, tzv. „virtuální“ učebny, která k obohacení teoretické i praktické výuky využívá moderní technologie.

## 4 Výsledky

### 4.1 Odborná učebna pro radiologické asistenty

#### 4.1.1 Technické parametry učebny

Pokud by měla být pro potřeby studia a vzdělávání budoucích radiologických asistentů vybudována odborná učebna s funkčním CT, je nezbytné, aby splňovala směrnice a standardy o radiační ochraně od Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA). Ty pro Českou republiku implementovaly do vyhlášky 422/2016 Sb. regulační orgány, kterými zde jsou Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Vyšetřovací místnost (vyšetřovna) je obvykle klasifikována jako kontrolované pásmo, to znamená, že jsou zde nutná bezpečnostní opatření. Musí být zajištěn omezený přístup pouze pro oprávněný personál a v přilehlých místnostech musí být sledována úroveň záření. Místnost musí být jasně označena cedulemi informujícími o přítomnosti nebezpečí způsobeného ionizujícím zářením a světelnou signalizací o aktivním záření nad vchodovými dveřmi.

Vyšetřovací místnost (vyšetřovna) musí být dostatečně veliká a prostorná, aby splňovala následující parametry:

1. Dodržení vzdálenosti CT skeneru od stěn a od dalších překážek kvůli potřebnému odvodu tepla a pro zajištění bezpečného provozu.
2. Dostatečně volný prostor kolem vyšetřovacího stolu pro manipulaci s pacienty a s pacienty na lůžku.
3. Adekvátní ventilace a chladicí systém, aby se zajistila optimální pracovní teplota pro CT a nedocházelo k jeho přehřívání.
4. Zajištění dostatečného elektrického připojení.

Vyšetřovna by tedy měla mít 20 až 40 metrů čtverečních a dostatečně široké, olovem stíněné dveře, aby bylo možné dovnitř projet i s nemocničním lůžkem, které může být širší než 1 metr.

Vyšetřovací místnost musí být také dostatečně odstíněna tak, aby se minimalizovalo riziko ozáření pro okolní personál (studenty, školitele a vyučující). Je potřeba, aby se zvolily takové materiály, které mají potřebné vlastnosti, viz kapitola **1.6.2 Způsoby radiační ochrany pracovníků v radiodiagnostice** a Tab. 1. Nejčastěji jsou využívány omítky s příměsí barytu, olovnatá skla a olovem stíněné dveře. Tloušťky jednotlivých



materiálů se liší podle potřeb konkrétního pracoviště a očekávané intenzity ionizující záření. Běžně se ale pohybují řádově v mm až desítek mm. Zda je místnost dostatečně odstíněna a do okolí neprochází ionizující záření se ověřuje při přejímacích zkouškách, viz kapitola *1.8. Přejímací zkoušky*.

#### **4.1.2 Doprovodné technické vybavení**

##### **4.1.2.1 Vybavení vyšetřovny**

Učebna samozřejmě musí obsahovat CT scanner a vyšetřovací stůl (viz Obr. 6) umístěný tak, aby vzdálenosti od stěn a jiných překážek odpovídaly předpisům výrobce a nedošlo ke kolizi, např. při hlubokém zajíždění vyšetřovacího stolu do CT nebo při naklonění gantry. Nezbytný je také dálkově ovládaný aplikátor kontrastní látky, aby radiologický asistent nemusel vstupovat do vyšetřovny během vyšetření. To znamená, že je potřeba do učebny umístit také inkubátor na ohřev kontrastní látky, aby kontrastní látka při podání měla ideálně tělesnou teplotu, a tedy správné fyzikální vlastnosti (viskozitu). Dále také sadu skříní nebo poliček pro jejich uskladnění a uskladnění dalších potřebných materiálů, jako jsou infuzní kanyly a hadičky, náplasti, škrtidla a jiné. Tyto pomůcky a materiály se běžně využívají na klasických pracovištích, ale oproti odborné učebně se mohou lišit.

Cena samotného CT je velmi různá. Pohybuje se však nejčastěji mezi 80 až 300 tisíci dolarů – necelých 2 až 7 milionů korun. Pro edukativní potřeby je dostačující základní cenová kategorie, do které spadá např. **GE BrightSpeed 16 Slice CT**, jehož cena se pohybuje právě okolo nejnižší uvedené částky.

Nepřímou, ale důležitou součástí může být také tzv. technická místnost. Jedná se o místo, které obsahuje základní výpočetní techniku pro CT – výkonný počítač a server pro zpracování surových dat, které jsou následně posílány do akviziční stanice. Tato technika může být uložena v menší samostatné místnosti nebo může být přítomna formou serverové skříně v jedné z okolních místností (ovladovna nebo velín), avšak bude mít vyšší nároky na dostatečné chlazení.

##### **4.1.2.2 Studijní pomůcky pro radiologické asistenty**

Součástí vybavení učebny musí být také fantomy, které se využívají ke zkouškám provozní stálosti nebo jiným testům. Pro edukativní účely lze využít figuríny nebo makety, na kterých si studenti mohou vyzkoušet různá vyšetření. Např. japonská firma Kyoto Kagaku nebo i americká True Phantom Solution nabízí od celotělových

CT fantomů až po fantomy hlavy, břicha nebo prostaty. Podle typu fantomu na nich lze nacvičovat a zkoušet různá CT vyšetření. Fantomy také mohou obsahovat předem uložené patologie nebo se mohou do některých fantomů vkládat. Některé fantomy také umožňují provádět dynamická vyšetření za použití kapaliny napodobující krev a kontrastní látky, viz Obr. 10, kde je vyfocený fantom, model dospělé hlavy s viditelnými hadičkami pro napojení do realisticky vytvořeného krevního řečiště mozku.



Obrázek 10 Model dospělé hlavy pro dynamická vyšetření (vlevo) a celotělový model (vpravo) Zdroj: True Phantom Solution (2024)

Cenově se fantomy True Phantom Solution pohybují v desítkách tisíc amerických dolarů. Například fantom hlavy na Obr. 10 stojí dle webových stránek firmy 9 980 USD, čemuž odpovídá přibližně 227 tisíc korun. U celotělového fantomu udávají cenu 36 400 USD neboli necelých 830 tisíc korun. Japonská firma Kyoto Kagaku na svých stránkách cenu u produktů neuvádí.

Pro ozvláštňení a bližší autentičnost skutečného CT pracoviště se mohou využívat také polohovací nebo fixační pomůcky, které mohou být nápomocné i při využití menšího fantomu než celotělového.

#### **4.1.2.3 Vybavení ovladovny**

Základní částí vybavení pro ovladovnu je tzv. akviziční stanice neboli počítač ovládající samotný CT skener. Na počítač jsou kladeny vysoké nároky na hardware, aby byl schopen efektivně a rychle zpracovávat velké množství dat. Počítač by se měl tedy skládat z těchto obecných komponentů – výkonný vícejádrový procesor, vysoká operační paměť RAM, výkonná grafická karta a také rychlý úložný disk s vyšší kapacitou. Dále je také třeba zajistit kvalitní monitor s vysokým rozlišením (Full HD nebo 4K), které je nezbytné pro lepší detaily a zobrazovací přesnost. Vstupní zařízení, jako je klávesnice nebo myš, jsou

potřebná k ovládání samotného PC. Klávesnice ale mohou být podle potřeby specializované od samotného výrobce, aby bylo možné s jejich pomocí ovládat i CT skener, dále je také možné vedle sebe mít samostatný ovládací modul, viz Obr. 11a a Obr. 11b. Jako operační systém je využíván obvykle Windows 10 nebo jeho novější verze, ale někteří výrobci mohou mít specifické požadavky – starší verze Windows pro starší CT skenery. Nakonec je potřeba zajistit rychlé a stabilní síťové připojení pro přenos velkých objemů dat mezi CT skenerem, technickou místností (skříní) a počítačem.



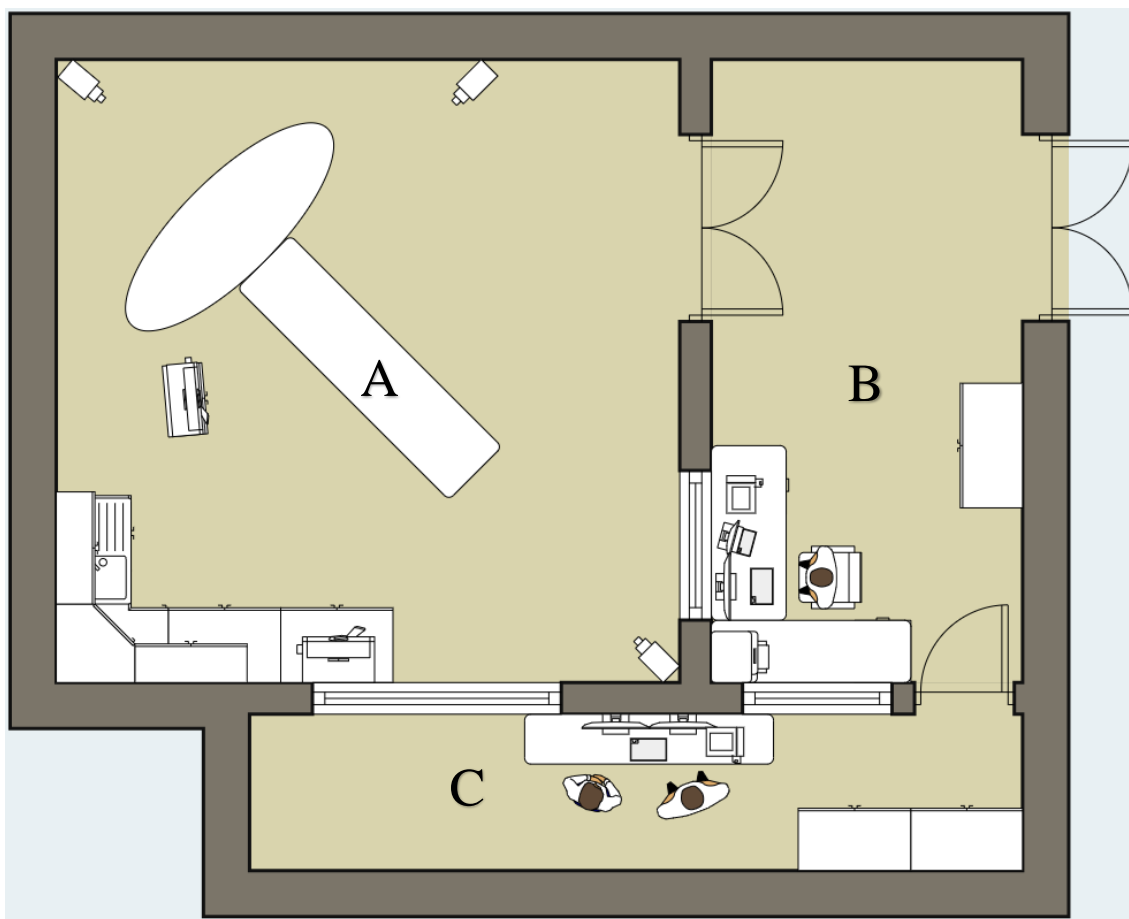
Obrázek 11a Příklad hybridní klávesnice značky Toshiba Zdroj: Global biomedical service (2022); Obr. 11b Samostatný ovládací modul značky GE HealthCare Zdroj: Sigmed Imaginig (2024)

Dále je v ovladovně potřebný interkom s mikrofonom pro komunikaci s pacientem během vyšetření a obrazovka připojená ke kamerovému systému, která se nachází uvnitř vyšetřovny, pro zajištění vizuálního přehledu nad průběhem vyšetření z různých úhlů. Nezbytné je také dálkové ovládání automatického podavače kontrastní látky.

V neposlední řadě je potřeba zajistit úložné prostory pro nutnou technickou dokumentaci, protokoly, návody a jinou dokumentaci a také tiskárnu.

#### **4.1.2.4 Zhotovení návrhu odborné učebny**

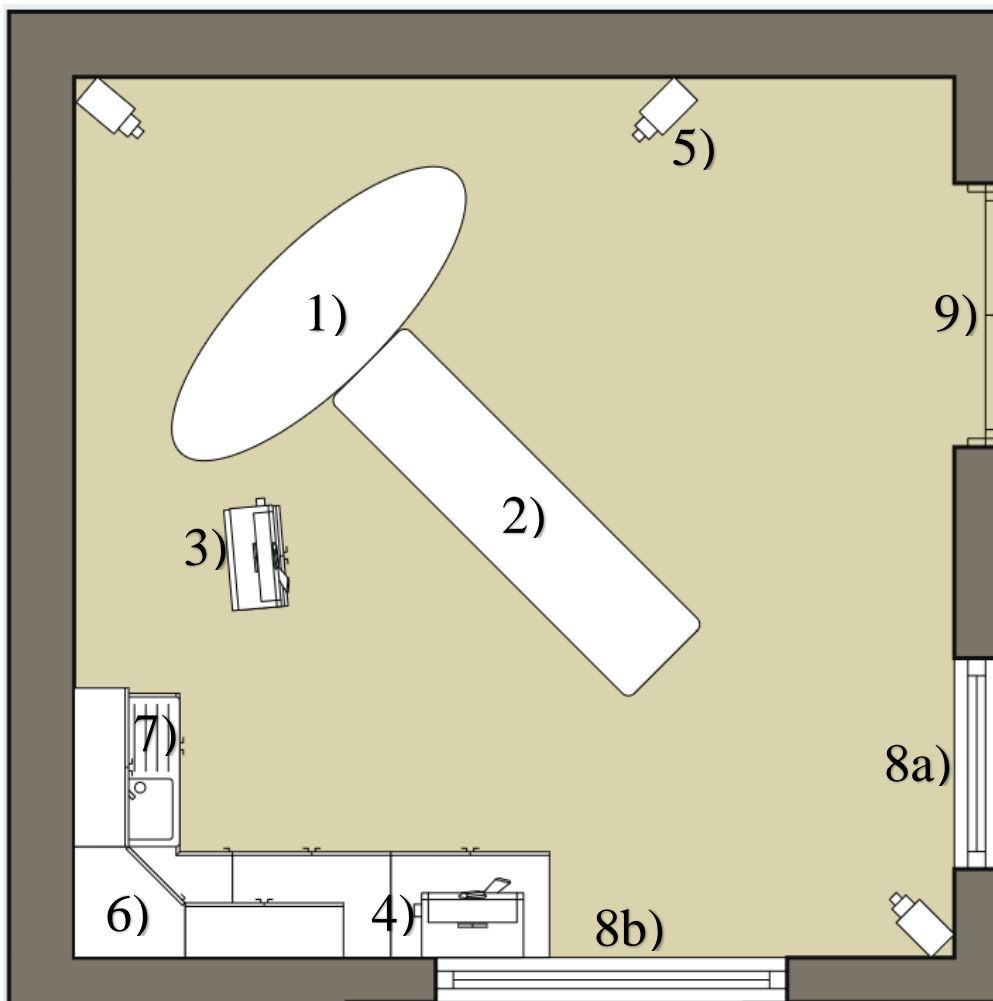
Ke zhotovení návrhu byla použita webová služba Floor Plan Creator, která se sice nespécializuje na zdravotnická zařízení, ale pro technické rozložení a znázornění místností včetně vybavení je dostačující. Na Obr. 12 je vidět finální návrh učebny, která se skládá ze tří místností – vyšetřovna (**A**), ovladovna (**B**) a místnost pro školitele a vyučující (velín) (**C**).



Obrázek 12 Návrh učebny Zdroj: Vlastní návrh Floor Plan Creator (2024)

Detail vyšetřovny je možné vidět na Obr. 13, kde je také číselně označené jednotlivé vybavení místnosti, jak bylo blíže popsáno v kapitole **4.1.2.1 Vybavení vyšetřovny**. Na obrázku jsou dále vidět dvě olovnatá okna a dveře spojující vyšetřovnu a ovladovnu.

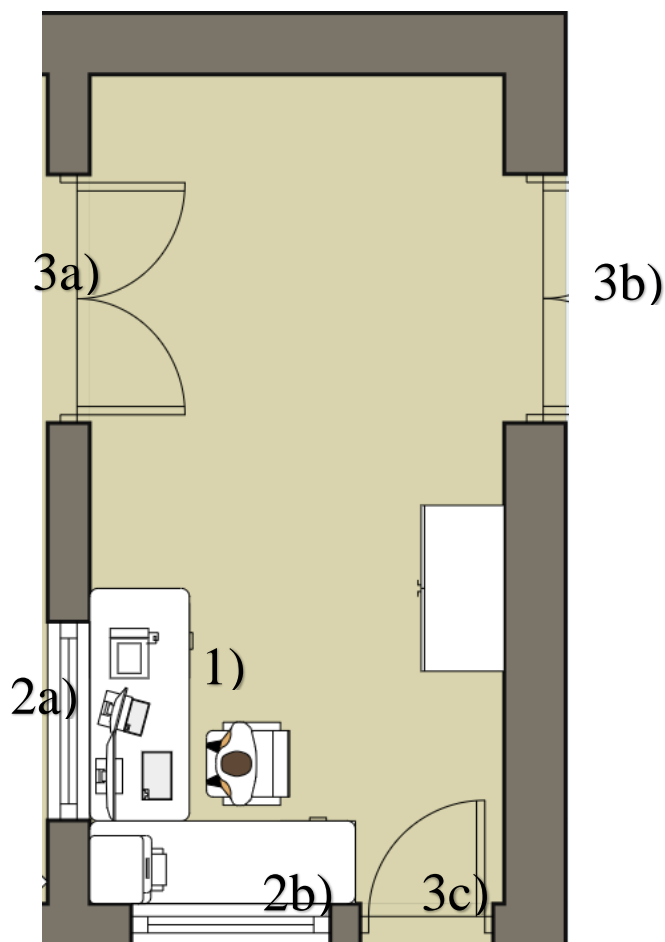
- 1) CT skener
- 2) Vyšetřovací stůl
- 3) Dálkově ovládaný aplikátor kontrastní látky
- 4) Inkubátor na ohřev kontrastní látky
- 5) Kamerový systém místnosti
- 6) Skříňky na uložení materiálu
- 7) Dřez na vodu
- 8) Olovnatá okna
  - 8a) Okno vyšetřovna – ovladovna
  - 8b) Okno vyšetřovna – velín
- 9) Olovem vyztužené dveře



Obrázek 13 Detail vyšetřovny Zdroj: Vlastní návrh Floor Plan Creator (2024)

Na Obr. 14 je vyobrazen detail ovladovny (**B**) včetně jejího vybavení. Ovladovna slouží k obsluze, nastavování a řízení CT vyšetření. Obsahuje pracovní stůl pro vykonávání těchto úkonů, dvoje okna a troje dveře.

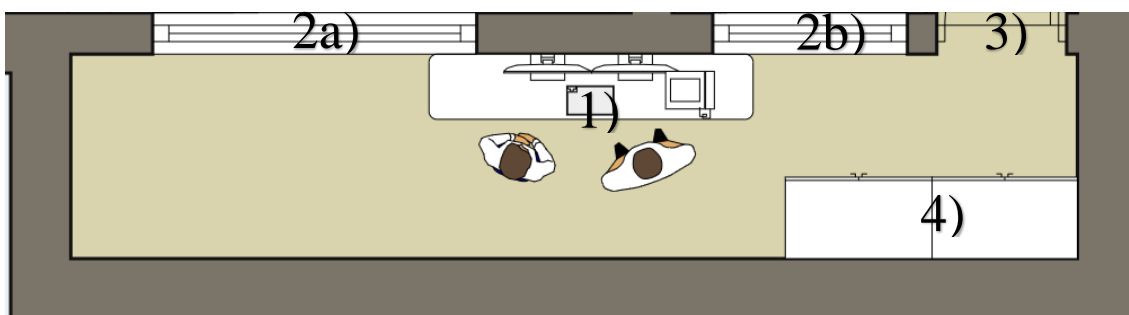
- 1) Pracovní stůl a jeho vybavení popsané v kapitole **4.1.2.3 Vybavení ovladovny**.
- 2) Okna
  - 2a) Olovnaté okno vyšetřovna – ovladovna
  - 2b) Klasické okno velín – ovladovna
- 3) Dveře
  - 3a) Olovem vyztužené dveře do vyšetřovny
  - 3b) Vstupní dveře do učebny
  - 3c) Dveře do velínu



Obrázek 14 Detail ovladovny Zdroj: Vlastní návrh Floor Plan Creator (2024)

Dále je popsán detail velínu (C), který je vybaven dvěma okny – olovnaté pro výhled do vyšetřovny a klasické pro přehled nad studentem provádějícím vyšetření, dále dveřmi do ovladovny. V místnosti se také nachází stůl s počítačem se dvěma monitory – jeden pro přehled nad kamerovým systémem a druhý pro náhled studentova monitoru na ovladovně. Do místnosti byly také přidány zamykatelné úložné prostory pro úschovu fantomů. Jejich počet a velikost by se mohl lišit dle potřeby a počtu fantomů.

- 1) Pracovní stůl s monitory
- 2) Okna
  - 2a) Olovnaté okno vyšetřovna – velín
  - 2b) Klasické okno ovladovna – velín
- 3) Dveře do ovladovny
- 4) Zamykatelný úložný prostor pro fantomy a studijní pomůcky



Obrázek 15 Detail velínu Zdroj: Vlastní návrh Floor Plan Creator (2024)

#### 4.1.2.5 *Shrnutí a reflexe návrhu odborné učebny*

Návrh „fyzické“ učebny pro radiologické asistenty byl zhotoven na základě znalostí popsaných v kapitolách **1 Teoretická část, 4.1.1 Technické parametry učebny a 4.1.2 Doprovodné technické vybavení** tak, aby učebna splňovala všechny noremní a technické parametry a aby co nejlépe simulovala běžné CT radiologické pracoviště. Studenti by se v takovéto učebně blíže seznámili se základními CT vyšetřeními a s obsluhou CT.

Cenově však vychází taková učebna jako velmi nákladná a s funkčním CT se pojí jak vysoká pořizovací cena, tak vysoké nároky na chod a údržbu.

V blízkosti odborné učebny by se také měla nacházet místnost pro tzv. **debriefing** neboli místnost sloužící k diskuzi, projednání nebo ohodnocení po skončení jednotlivých cvičení. Místnost pro debriefing nemá žádné důležité specifikace, pouze by měla obsahovat dostatek místa na sezení, tabuli pro poznámky a projektor s promítacím plátnem připojeným k počítači, který by měl mít ideálně přístup k živému videozáznamu ze samotného cvičení, aby mohli i ostatní studenti pozorovat a případně komentovat průběh cvičení.

## 4.2 „Virtuální“ učebna a programy pro radiologické asistenty

Tato kapitola práce je zaměřena na alternativní způsob praktické i teoretické výuky radiologických asistentů za použití moderních technologií, jako je například virtuální realita (VR), a softwaru, např. výukové interaktivní obrazovky, projekce nebo webináře.

### 4.2.1 Radiologie a virtuální realita

S velkým rozvojem virtuálních realit (VR) a umělých inteligencí vznikají i nové možnosti v oblasti teoretické i praktické výuky. Například novozélandská firma Virtual Medical Coaching nabízí obsáhlou řadu edukativních programů pro nácvik práce s rentgenem. Nabízí širokou řadu procvičovacích modulů, pokrývajících všech 206 lidských kostí až v 60 různých vyšetřovacích místnostech. Nácvik je v modulech realizován na 1 z 60 různých pacientů, a to jak ve VR, tak na počítači. Studenti proto mohou mít přístup k programu i na svých domácích zařízeních a nedochází zde k žádnému vystavení ionizujícímu záření. Na Obr. 16 je záběr z předváděcího videa společnosti Virtual Medical Coaching, kde muž v levém horním rohu pomocí VR headsetu a ovládačů provádí rentgenové vyšetření, zbytek obrázku je náhled, který muž přímo před sebou vidí.



Obrázek 16 Záznam předváděcího videa Zdroj: Virtual Medical Coaching (2024)

Cena VR headsetu se dle výrobce a technických parametrů může pohybovat od 2 do 35 tisíc korun. Záleží totiž na velikosti baterie, zda má vlastní operační systém, nebo je potřeba, aby byl neustále připojený k řídicímu počítači a také zda podporuje snímání rukou nebo jej lze ovládat pouze pomocí ovládačů. Některé headsety mají také přídavné



senzory, které se umisťují nejčastěji do dvou protilehlých rohů a zajišťují přesnější pozicování osoby ve virtuální realitě.

SimLab soft je další mezinárodní společností zabývající se velkou škálou různých produktů, 3D návrhů a průvodců pro domácnosti nebo firmy, věnuje se ale také programům s virtuální realitou pro zdravotnictví. Nabízí širokou řadu programů zaměřených na témata zdravotnictví pro studenty, sesterskou péči o pacienta a chirurgii. Pro radiology a radiologické asistenty nabízí zatím pouze základní vyšetření, jako je rentgen ramen nebo čelisti ve stomatologii. Do budoucna tato firma plánuje rozšíření palety programů včetně možnosti připojení více osob najednou.

Finančně jsou tyto možnosti ovlivněné hlavně cenou měsíční licence, kterou daná firma nabízí. Virtual Medical Coaching na svých stránkách ceny neuvádí, ale Simlab Soft má 3 základní licence, které se pohybují v rozmezí 39 až 289 dolarů za měsíc a jsou omezené počtem osob a relací, které mohou být využívány. (SimLab Soft, 2024)

#### ***4.2.2 Doprovodný edukativní software***

Pro další teoretické a částečně také praktické obohacení výuky by se v učebně mohly využít počítače nebo interaktivní dotykové stoly mezinárodní firmy Sectra Medical, která se zaměřuje na zobrazování reálných snímků těla. Studenti mohou detailně zkoumat anatomii jednotlivých tělesných struktur nebo přímo snímky z různých radiologických vyšetření, např. mamografie nebo kardiologického vyšetření srdce.

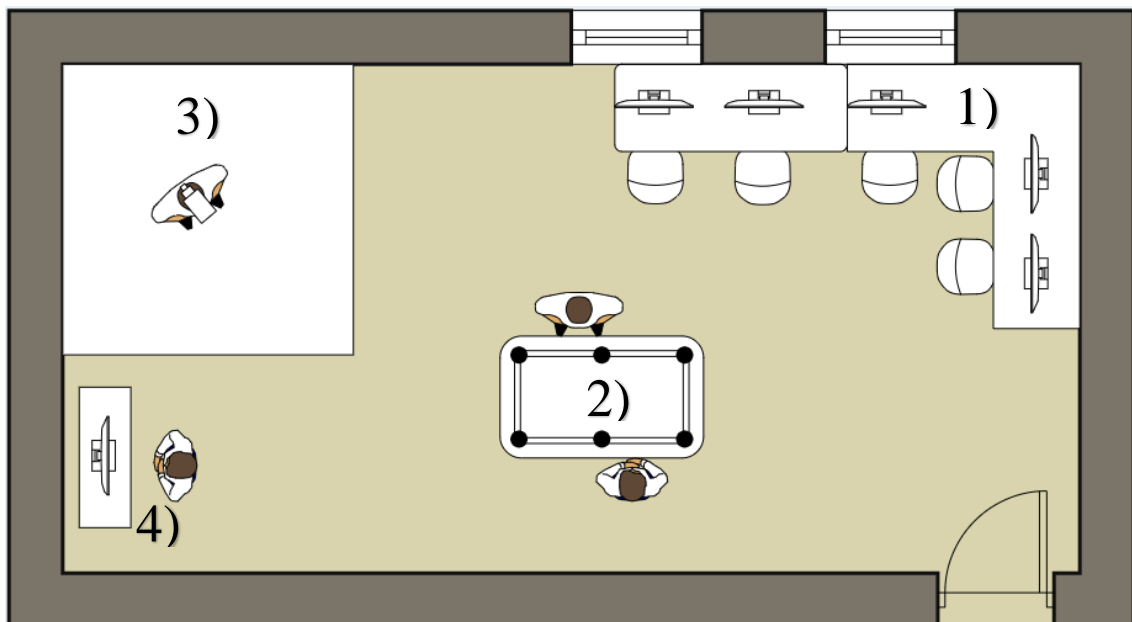
Dalším příkladem softwarové společnosti je česká OR-CZ spol. s r. o., která se zaměřuje na moderní a bezpečnou práci se zdravotnickou obrazovou dokumentací, integraci informačních systémů ve zdravotnických zařízeních a bezpečné a rychlé sdílení zdravotnických dat. Umožňuje tedy prohlížet diagnostické snímky a pomocí základních i pokročilých nástrojů s nimi pracovat.

#### ***4.2.3 Shrnutí a reflexe „virtuální“ učebny***

Na Obr. 17. je možné vidět návrh „virtuální“ učebny, ve které se nachází několik počítačů s přístupem na studijní verze systémů s databází DICOM (1), na kterých si studenti mohou zkusit post-processing již provedených vyšetření anebo si záznamy z vyšetření pouze procházet. Uprostřed místnosti je postaven velký dotykový interaktivní stůl společnosti Sectra Medical (2), na kterém studenti mohou zkoumat anatomii lidského těla nebo jeho částí. Bílá plocha v levém horním rohu návrhu představuje prostor pro využití VR (3).

Většina výrobců uvádí minimální bezpečnou plochu 4 metry čtvereční, která nesmí obsahovat také žádné překážky, aby se uživatel VR nezranil zakopnutím či nárazem, a měl tedy dostatek prostoru pro volný pohyb. VR headset je propojen s blízkým počítačem (4), ať už by se jednalo o řídicí počítač nebo čistě náhledový, aby někdo mohl na uživatele VR dohlížet a případně ho navádět během cvičení.

I u této učebny by se měla v blízkosti nacházet místnost pro debriefing, která byla blíže popsána v kapitole *4.1.2.5 Shrnutí a reflexe návrhu odborné učebny* tak, aby bylo možné konzultovat jednotlivá cvičení, která v učebně probíhala. Učebna by tedy nepotřebovala mít oddělený velín. Školitelé a vyučující by mohli být přímo v učebně a pozorovat cvičení na monitoru počítače (4) nebo v místnosti pro debriefing s ostatními studenty.



Obrázek 17 Návrh „virtuální“ učebny Zdroj: Vlastní návrh Floor Plan Creator (2024)

## 5 Diskuse

Odborná učebna obsahující funkční CT s fantomy, která by sloužila pro seznámení se s ovládním přístroje a možnost vyzkoušení základních CT vyšetření, by jednoznačně posílila znalosti studentů, jak po teoretické stránce, tak i po té praktické, před samotným nástupem na praxe. Studenti by pak po absolvování studia přicházeli na pracoviště zkušenější a urychlil by se proces zaučování a osamostatnění v pracovním provozu. Avšak vybudování takové učebny, její provoz a údržba by byly velice finančně náročné – cena by se pohybovala v řádech milionů korun. Studenti, školitelé i vyučující by také byli vystaveni ionizujícímu záření. Navíc vzhledem k edukativnímu využívání CT by provoz nebyl finančně odlehčen pojišťovny ani samoplátcí, kteří navštěvují klasická CT pracoviště. Běžné vyšetření se cenově pohybuje kolem 2 až 4 tisíc korun, dle rozsahu a případného použití kontrastní látky, což by tvořilo další náklady na provoz. (Altoa s.r.o., 2024)

„Virtuální“ učebna, obsahující sadu počítačů, interaktivní dotykový stůl a kout pro využití virtuální reality, má hned ze začátku mnoho výhod. Vybavení takové učebny není tak finančně náročné – pohybuje se v řádech 10 až 100 tisíc korun. Není také tak náročná na prostor a speciální omítky, nicméně okna by měla být ideálně s žaluziemi, protože čočky ve VR headsetu by neměly být vystaveny přímým slunečním paprskům, aby nedošlo k poškození displeje. Dále by bylo potřeba zajistit pouze dostatečné elektrické a síťové připojení. Navíc zde nejsou studenti, školitelé ani vyučující vystavováni ionizujícímu záření.

„Virtuální“ učebna tedy představuje levnější variantu než učebna „fyzická“, navíc bez ohrožení způsobeným vystavením ionizujícímu záření, a mohla by tedy sloužit i pro další lékařské studijní obory.

## 6 Závěr

Tématem bakalářské práce byla odborná učebna pro radiologické asistenty, práce byla rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části byl představen zdravotnický obor radiologický asistent a byly zmíněny náležitosti, které jsou potřebné pro vykonávání této profese, a způsoby, jak jich lze dosáhnout. Dále byly představeny a popsány zobrazovací metody a rizika, se kterými se radiologický asistent setká během studia, vykonávání odborné praxe a následně při nástupu na pracoviště.

Prvním cílem praktické části práce bylo vytvoření návrhu odborné učebny pro radiologické asistenty a vyhledání alternativních forem za účelem obohacení teoretické a praktické výuky. Byla tedy navržena učebna s plně funkčním CT přístrojem, která simuluje skutečné radiodiagnostické pracoviště výpočetní tomografie. Při naplňování druhého cíle byly popsány dostupné moderní technologie, pro které byl také zhotoven návrh „virtuální“ učebny. Tvorba obou návrhů proběhla na základě východisek popsaných v teoretické i praktické části práce.

## 7 Seznam literatury a dalších použitých zdrojů

1. ADAMS, Lisa C.; BRESSEM, Keno; BÖKER, Sarah Maria; BENDER, Yi-Na Yvonne; NÖRENBERG, Dominik et al., 2017. Diagnostic performance of susceptibility-weighted magnetic resonance imaging for the detection of calcifications: A systematic review and meta-analysis. Online. *Scientific Reports*. Roč. 2017, č. 7, article 15506. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-017-15860-1>. [cit. 2024-04-04].
2. ALTOA S.R.O., 2024. *CT vyšetření*. Online. Dostupné z: <https://www.altoa.cz/ct-vysetreni>. [cit. 2024-06-04].
3. *ClassVR*, 2024. Online. Dostupné z: <https://www.classvr.com/cz/>. [cit. 2024-07-01].
43. ČERNÝ, Michal; CHYTKOVÁ, Dagmar; MAZÁČOVÁ, Pavlína a ŠIMKOVÁ, Gabriela, 2015. *Distanční vzdělávání pro učitele*. Brno: Flow. ISBN 978-80-905480-7-7.
4. ČSFM, 2021. *Česká společnost fyziků v medicíně – Atomový zákon*. Online. Dostupné z: <https://www.csfm.cz/legislativa/atomovy-zakon>. [cit. 2024-06-30].
5. ČSU, 2023. *Český statistický úřad – Informační technologie ve školství*. Online. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/informacni-technologie-ve-skolstvi>. [cit. 2024-06-30].
6. DANEŠ, Jan, 2021. *Screening a diagnostika karcinomu prsu*. Grada Publishing. ISBN 978-80-271-1239-5.
7. DICOM, 2019. *Digital Imaging and Communications in Medicine*. Online. Dostupné z: <https://www.dicomstandard.org/history>. [cit. 2024-04-09].
44. Distance learning, 2024. *The Open University*. Online. Dostupné z: <http://www.open.ac.uk/courses/what-study-like/distance-learning>. [cit. 2015-01-03].
8. Floor Plan Creator, 2024. *Floor Plan Creator*. Online. Dostupné z: <https://floorplancreator.net/>. [cit. 2024-04-10].
9. GLOBAL BIOMEDICAL SERVICE, 2022. *HYBRID KEYBOARD TOSHIBA MODEL N860-8533-T011 P/N BSX74-1442-01*. Online. Dostupné z: <https://www.gbsmed.shop/toshiba/790-hybrid-keyboard-toshiba-model-n860-8533-t011-p-n-bsx74-1442-01.html>. [cit. 2024-06-04].

10. HAACKE, E. M.; MITTAL, S.; WU, Z.; NEELAVALLI, J. a CHENG, Y.-C.N, 2009. Susceptibility-Weighted Imaging: Technical Aspects and Clinical Applications, Part 1. Online. *American Journal of Neuroradiology*. Roč. 2009, č. 30, s. 13. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3174/ajnr.A1400>. [cit. 2024-04-04].
11. HEŘMAN, Miroslav; BUŘVAL, Stanislav; ČERNÁ, Marie; ČTVRTLÍK, Filip; KÖCHER, Martin et al., 2014. *Základy radiologie*. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2901-4.
12. KLENER, Vladislav et al., 2000. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: SÚJB. ISBN 80-238-3703-6.
13. KLENER, Vladislav, 2000. *Radiační ochrana*. Online. Státní ústav radiační ochrany. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana>. [cit. 2024-03-30].
14. KOPŘIVA, Lukáš a KUČERKA, Daniel, 2017. Virtuální realita: technologie, použití. *Mladá veda*. Roč. 5, č. 7, s. 39-44. ISSN 1339-3189.
15. KUBINYI, Jozef; SABOL, Jozef a VONDRÁK, Andrej, 2018. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0168-9.
16. KUNA, Pavel a NAVRÁTIL, Leoš et al., 2005. *Klinická radiobiologie*. Liberec: Spoltisk. ISBN 80-86571-09-2.
17. MALÍKOVÁ, Hana, 2019. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-4036-5.
18. META, 2024. *Oculus Quest 2*. Online. Dostupné z: <https://www.meta.com/quest/products/quest-2/>. [cit. 2024-06-04].
19. NÁDENÍČEK, Petr, 2012. *Princip CT zobrazení*. Online. MUNI IS. Informační systém Masarykovi univerzity. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1411/podzim2012/ZLZM0311c/um/Princip CT zobrazeni.pdf](https://is.muni.cz/el/1411/podzim2012/ZLZM0311c/um/Princip_CT_zobrazeni.pdf). [cit. 2024-07-03].
20. NÁRODNÍ SOUSTAVA POVOLÁNÍ, 2017. *Radiologický asistent*. Online. Otevřená a všem dostupná databáze povolání spravovaná Ministerstvem práce a sociálních věcí ČR. Dostupné z: <https://nsp.cz/jednotka-prace/radiologicky-asistent-dc83>. [cit. 2022-11-15].
21. NZIP, 2024. *Národní zdravotnický informační portál*. Online. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. [cit. 30.03.2024]. ISSN 2695-0340.

22. RAMIN, Ghasemi Shayan; MARYAM, Oladghaffari; FAKHROSADAT, Sajjadian a MONA FAZEL, Ghaziyani, 2020. Image Quality and Dose Comparison of Single-Energy CT (SECT) and Dual-Energy CT (DECT). Online. *Radiology Research and Practice*. Roč. 2020, s. 11. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2020/1403957>. [cit. 2024-04-04].
23. SEIDL, Zdeněk; BURGETOVÁ, Andrea; HOFFMANNOVÁ, Eva; MAŠEK, Martin; VANĚČKOVÁ, Manuela et al., 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4108-6.
24. SIGMED IMAGINIG, 2024. 2275752 with Keyboard Scan Control Module for GE CT. Online. Dostupné z: <https://www.sigmedimaging.com/products/copy-of-2275752-scan-control-module-for-ge-ct>. [cit. 2024-06-04].
25. SIMLAB SOFT, 2024. *SimLab Medical VR*. Online. Dostupné z: [https://www.simlab-soft.com/use\\_cases/simlab-vr-medical.aspx?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoV6u7JQ8y75gXZM1zQs7E92XaiNK\\_N8KjJKCEqkEFWDNJxXsd6WyXhoCd5MQAvD\\_BwE](https://www.simlab-soft.com/use_cases/simlab-vr-medical.aspx?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoV6u7JQ8y75gXZM1zQs7E92XaiNK_N8KjJKCEqkEFWDNJxXsd6WyXhoCd5MQAvD_BwE). [cit. 2024-06-04].
26. SINGER, Jan, 2005. *Dozimetrie ionizujícího záření*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 80-7040-752-2.
27. SÚJB, 2011. *Zkoušky provozní stálosti*. Online. Dostupné z: [https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/36\\_ZPS\\_OPG\\_revize\\_2011.pdf](https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/36_ZPS_OPG_revize_2011.pdf). [cit. 2024-07-22].
28. SÚJB, 2022. *Radiační ochrana: Stručný řehled biologických účinků záření*. Online. SÚJB. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>. [cit. 2022-11-16].
29. SÚKUPOVÁ, Lucie, 2018. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0709-4.
30. SÚRO, 2022. *Radiační ochrana: Principy radiační ochrany*. Online. SÚRO. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/principy-radiacni-ochrany>. [cit. 2022-11-16].
31. SÚRO, 2022. *Radiační ochrana: Základní pojmy*. Online. SÚRO. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/zakladni-pojmy>. [cit. 2022-11-16].
32. THORACIC KEY, 2016. *Basic Principles in Computed Tomography (CT)*. Online. Dostupné z: <https://thoracickey.com/basic-principles-in-computed-tomography-ct/>. [cit. 2024-06-28].

33. TRUE PHANTOM SOLUTION, 2024. *All Products*. Online. Dostupné z: <https://truephantom.com/product-category/all-products/>. [cit. 2024-06-04].
34. ULLMANN, Vojtěch, 2002. Radiační ochrana: Biologické účinky ionizujícího záření. *AstroNuklFyzika* [online] [cit. 2022-11-16]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm#6>
35. VIRTUAL MEDICAL COACHING, 2024. *VR AND DESKTOP VERSIONS Projection Radiography*. Online. Dostupné z: <https://www.virtualmedicalcoaching.com/solutions/radiography>. [cit. 2024-06-04].
36. VR EDUCATION, 2020. *Virtuální realita – historie a současnost*. Online. Dostupné z: <https://vreducation.cz/virtualni-realita-historie-a-soucasnost/>. [cit. 2024-07-01].
37. Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, 2016. *ASPI*. Online. Dostupné z: <https://www.aspi.cz/products/lawText/1/53646/158/2/vyhlaska-c-307-2002-sb-o-radiacni-ochrane/vyhlaska-c-307-2002-sb-o-radiacni-ochrane>. [cit. 2022-11-15].
38. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, 2021. *Zákony pro lidi*. Online. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>. [cit. 2022-11-17].
39. Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, 2017. *Zákony pro lidi*. Online. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-18>. [cit. 2022-11-15].
40. Zákon č. 264/2016 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím atomového zákona, 2022. *Zákony pro lidi*. Online. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-264>. [cit. 2022-11-15].
41. Zákon č. 96/2004 Sb., o nelékařských zdravotnických povoláních 2020 - úplné znění online, 2022. *Práce pro právníky*. Online. Dostupné z: <https://www.pracepropravniky.cz/zakony/zakon-o-nelekarskych-zdravotnickych-povolaniach/>. [cit. 2022-11-15].
42. ZSF JCU, 2021. *Radiologická asistence: Studijní programy*. Online. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: Zdravotně sociální fakulta. Dostupné z: <https://www.zsf.jcu.cz/cz/prijimaci-zkousky/studijni-programy/studijni-program?program=2674>. [cit. 2022-11-17].



## 8 Seznam obrázků a tabulek

### 8.1 Obrázky

Obrázek 1a a 1b – Proces přímé digitální radiografie .....	12
Obrázek 2 Skiaskopická vyšetřovna se „sklopnou stěnou“ .....	13
Obrázek 3 Pohled z ovladovny do angiografické vyšetřovny .....	14
Obrázek 4 Základní princip výpočetní tomografie .....	15
Obrázek 5 Stupnice denzity v Hounsfieldových jednotkách – HU, intervaly denzit jednotlivých tkání .....	16
Obrázek 6 Hlavní součásti přístroje.....	17
Obrázek 7 Přístroj magnetické rezonance .....	18
Obrázek 8a Ultrazvukový přístroj; 8b Ultrazvukové sondy – různé typy .....	19
Obrázek 9 VR headset značky Oculus Quest 2 od společnosti META .....	27
Obrázek 10 Model dospělé hlavy pro dynamická vyšetření (vlevo) a celotělový model (vpravo).....	34
Obrázek 11a Příklad hybridní klávesnice značky Toshiba; Obr. 11b Samostatný ovládací modul značky GE HealthCare .....	35
Obrázek 12 Návrh učebny .....	36
Obrázek 13 Detail vyšetřovny .....	37
Obrázek 14 Detail ovladovny .....	38
Obrázek 15 Detail velínu .....	39
Obrázek 16 Záznam předvádějícího videa.....	40
Obrázek 17 Návrh „virtuální“ učebny .....	42

### 8.2 Tabulky

Tabulka 1 Množství prošlého rentgenového záření v závislosti na stínícím ekvivalentu a anodovém napětí .....	22
Tabulka 2 Limity radiační ochrany před ozářením.....	23

## **10 Seznam použitých zkratk**

RA - radiologická asistence, radiologický asistent

PET – pozitronová emisní tomografie

SPECT – jednofotonová emisní tomografie

RTG – rentgen, rentgenové záření

KL – kontrastní látka

CT – výpočetní tomografie

SECT – jednoenergetická výpočetní tomografie

DECT – dvouenergetická výpočetní tomografie

HU – Hounsfieldova jednotka

DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine

NEMA – National Electrical Manufacturers Association

MR – magnetická rezonance

US – ultrasonografie

ZIZ – zdroje ionizujícího záření

ALARA – as low as reasonably achievable

DRÚ – diagnostické referenční úrovně

IAEA – Mezinárodní agentura pro atomovou energii

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

VR – virtuální realita

3D – trojrozměrné zobrazení