

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
LÉKAŘSKÁ FAKULTA

ÚSTAV SOCIÁLNÍHO LÉKAŘSTVÍ A ZDRAVOTNÍ POLITIKY

**PÉČE O ZDRAVÍ ZAMĚSTNANCŮ NA PRACOVÍŠTÍCH SE
ZDROJI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ Z POHLEDU
MANAGEMENTU**

Disertační práce

Autor: Mgr. Jana Golisová

Školitel: doc. MUDr. Marie Nakládalová, Ph.D.

OLOMOUC 2011

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a ostatní prameny, z nichž jsem při přípravě práce čerpala, řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

v Olomouci dne 15.1.2011

.....

Mgr. Jana Golisová

Poděkování

Je mou milou povinností poděkovat doc. MUDr. Marii Nakládalové, Ph.D., za odborné vedení, rady, praktické připomínky, konzultace, náměty a všestrannou pomoc vztahující se nejen k tvorbě této disertační práce, ale i k celému doktorskému studiu.

Ráda bych také poděkovala všem, kteří jakýmkoliv způsobem přispěli k vytvoření této disertační práce.

Obsah

Souhrn

Summary

1	Úvod	10
2	Cíl práce.....	14
3	Teoretická východiska	15
3.1	Vymezení základních pojmů.....	15
3.2	Historie vývoje institutu ochrany zdraví před ionizujícím zářením.....	17
3.3	Ionizující záření jako rizikový faktor poškození zdraví.....	22
3.3.1	Podstata účinku ionizujícího záření na lidský organismus.....	25
3.3.2	Poškození lidského organismu ionizujícím zářením	27
3.4	Systém péče o pracovníky v riziku ionizujícího záření.....	32
3.4.1	Obligatoční péče.....	32
3.4.2	Neobligatoční péče.....	39
3.4.3	Ekonomické hledisko.....	40
3.5	Mezinárodní a národní infrastruktura v oblasti ochrany zdraví při využívání zdrojů ionizujícího záření.....	42
4	Metodika zpracování.....	45
5	Charakteristika systému péče o zaměstnance v riziku ionizujícího záření ve Fakultní nemocnici.....	52
5.1	Fakultní nemocnice Ostrava.....	52
5.1.1	Management nakládání se zdroji ionizujícího záření.....	54
5.1.2	Zdroje ionizujícího záření.....	56
5.1.3	Zaměstnanci v riziku ionizujícího záření	57
5.1.4	Radiační zátěž	58
5.1.5	Radiační události.....	63
5.2	Nástroje péče o zdraví zaměstnanců v riziku ionizujícího záření.....	64
5.2.1	Radiační ochrana	65
5.2.2	Zdravotní péče.....	66
5.2.3	Personální a mzdová politika.....	69
5.2.4	Nadstandardní péče.....	69

6	Výsledky.....	71
6.1	SWOT analýza podmínek pro práci se zdroji ionizujícího záření ve FN Ostrava	71
6.2	Studie radiační zátěže zaměstnanců při radiačně navigované chirurgii.....	76
6.3	Analýza radiačních událostí	80
7	Diskuse.....	91
8	Závěr.....	96
	Seznam grafů.....	98
	Seznam obrázků.....	99
	Seznam příloh.....	100
	Seznam publikovaných prací.....	101
	Seznam tabulek.....	102
	Seznam zkratk.....	103
	Literatura	105
	Přílohy	

Péče o zdraví zaměstnanců na pracovištích se zdroji ionizujícího záření z pohledu managementu

Souhrn

Projekt „Péče o zdraví zaměstnanců na pracovištích s výskytem rizikového faktoru ionizující záření v kontextu managementu zdravotnictví“ je zasazen do rámce vztahu zdraví a pracovního prostředí. Zaměřuje se na provádění a respektování péče o zdraví zaměstnanců na rizikových pracovištích z pohledu manažera ve zdravotnictví. Cílem je proniknout do problematiky péče o zdraví zaměstnanců ve zdravotnictví, kteří pracují v prostředí se zdroji ionizujícího záření ve specifických podmínkách zdravotnické instituce za účelem posouzení úrovně současného stavu, identifikace potřeb a vytvoření podkladů pro další rozvoj, který v praxi podpoří zkvalitnění a zefektivnění systému péče o zdraví.

K dosažení cíle je použita kombinovaná forma kvalitativního a kvantitativního výzkumu. Metodu situační SWOT analýzy doplňují analýzy dvou konkrétních problémových oblastí: radiační zátěže při radiačně navigované chirurgii a proběhlých radiačních událostí z pohledu radiační ochrany, podmínek práce a zajištění ochrany zdraví a bezpečnosti zaměstnanců. Pro analýzu míry radiační zátěže byla zvolena technika fyzikálního měření, v případě radiačních událostí byla zvolena forma případové studie.

Výsledky měření osobní radiační zátěže zaměstnanců při radiačně navigované chirurgii svědčí o velmi nízkých dávkách radiační zátěže a nepředstavují zvýšené zdravotní riziko pro exponované zaměstnance. Přestože reálná míra expozice ionizujícímu záření je nízká, jedná se o rizikový faktor práce s bezprahovým účinkem. Proto je nutné přijmout na pracovištích taková opatření, aby byly zajištěny bezpečné podmínky, ochrana zdraví při práci a dodržování zásad radiační ochrany. Na základě analýzy radiačních událostí je kriticky zhodnocen opakovaný nekontrolovaný únik radioaktivních odpadů. Vzhledem k jejich povaze byla navržena opatření technického a organizačního rázu, která povedou k ochraně osob a prostředí.

Výsledky práce jsou určeny především manažerům a radiačním pracovníkům, kterým poskytnou nejen ucelený pohled na problematiku práce v riziku ionizujícího záření, usnadní orientaci a vytvoří podklady pro tvorbu systematického trvalého programu péče o zdraví, ale

také přispějí ke zkvalitnění péče o zdraví, ochraně a prevenci a pozitivnímu ovlivnění postojů zaměstnanců i zaměstnavatelů ve smyslu zdravého způsobu života a posilování zodpovědnosti za vlastní zdraví.

Klíčová slova: péče o zdraví, pracovní prostředí, ionizující záření, SWOT analýza, sentinelová uzlina, radiační události

Health Care of Workers in Workplaces with Sources of Ionizing Radiation from a Management Perspective

Summary

The project “Health Care of Workers in Workplaces with the Occurrence of the Risk Factors of Ionizing Radiation, in the Context of Health Care Management” is set into the relationship between health and working environment. It is targeted at the implementation and respecting the health care of workers in hazardous workplaces from the perspective of a health care manager. The aim is to get into the issue of health care of workers in health services, working in an environment of ionizing radiation in the specific conditions of medical institutions, to assess the current situation, identifying needs and creating the basics for future development, which will support the improvement and efficiency of the system of health care in practice.

To achieve the objectives, there is used combined qualitative and quantitative research. The method of situational analysis, SWOT analysis, is complemented by the analysis of following two specific problem areas, the radiation exposure during the radiation-navigated surgery and radiation events from the perspective of radiation protection, working conditions and worker health and safety protection. For the the degree of radiation exposure analysis there was chosen the technique of physical measurement, in the condition of radiological events there were selected the case study paradigm.

The results of measurement of personal radiation exposure of workers during the radiation-navigated surgery show a very low dose radiation exposure and do not represent an increased health risk for the exposed workers. Although the real extent of exposure to the ionizing radiation is low, it is a risk factor for work with non-threshold effect, and therefore it is necessary to adopt such approach in the workplace to ensure safe conditions, protection at work and the principles of radiation protection. Based on the analysis of radiation incidents there is critically re-evaluated the repeating uncontrolled leakage of radioactive wastes and considering their nature there are suggested technical and organizational measures that lead to the people and environment protection.

Results of this work are intended primarily for managers and workers with radiation,

whom they can give not only a comprehensive picture of labor issues in the risk of ionizing radiation, facilitate the orientation and create a basis for the building of systematic and permanent health care program, but they also contribute to the improvement of health care quality, to the protection and prevention and to the positive influence on attitudes of employees and employers within the meaning of a healthy lifestyle and strengthening of accountability for their own health.

Keywords: health care, work environment, ionizing radiation, SWOT analysis, sentinel lymph node, radiation incidents

1 Úvod

Motto: „Málokteré pojmy jsou tak často tematikou lidských myšlenek a rozhovorů, obav i nadějí jako zdraví a nemoc a máloco dovede vzbudit takový zájem jako senzační zprávy o neobvyklých chorobách a náhlých úmrtích. Je to pochopitelné a souvisí to s vysokou, ne-li nejvyšší hodnotou, která bývá přisuzována zdraví a dlouhověkosti a určitým destruktivním tendencím ukrytým hluboce v lidském podvědomí“. (Erich Fromm)

Zdraví je chápáno jako výsledek vztahů lidského organismu a řady sociálně-ekonomických, fyzikálních, chemických i biologických faktorů životního a pracovního prostředí, a také jako výsledek způsobu života jedinců i sociálních skupin. Mezi základní determinanty zdraví (obr. 1.1) patří: **faktory prostředí** (klimatické podmínky, životní prostředí, charakter lokality, fyzické, pracovní i sociální prostředí, ve kterém lidé žijí); **genetická výbava** (podmiňuje např. některé rozdíly v obrazu zdraví mužů a žen, úroveň intelektových schopností, náchylnost k některým onemocněním, vývojové vady, odolnost vůči rizikům); **životní styl** včetně všech rizikových prvků v něm obsažených (individuální životní úroveň, způsob života, úroveň vzdělání, postoj ke zdraví, péče o vlastní zdraví a prevence onemocnění, stravovací návyky, výživa, fyzická aktivita, kouření); **efektivita a kvalita zdravotní péče** spojená s rozvojem medicíny a lékařské techniky, zdravotní politika, zdravotnický systém, úroveň zdravotnictví, dostupnost lékařské péče.^[1, 2]

Práce a pracovní prostředí významnou měrou přispívá k zdravotnímu stavu jednotlivce i celé populace. Je nesporné, že práce vykonávaná za příznivých podmínek, přináší člověku uspokojení, zvyšuje jeho pracovní výkonnost a nejenže nevede k poškozování jeho zdraví, ale může zdraví prospívat. Naopak práce v nevyhovujících pracovních podmínkách anebo v nepříznivém pracovním prostředí často vede k poškození zdraví od málo významných změn (pracovní stigmata) přes závažnější důsledky (nemoci z povolání a pracovní úrazy až po případy smrtelné).^[3, 4]

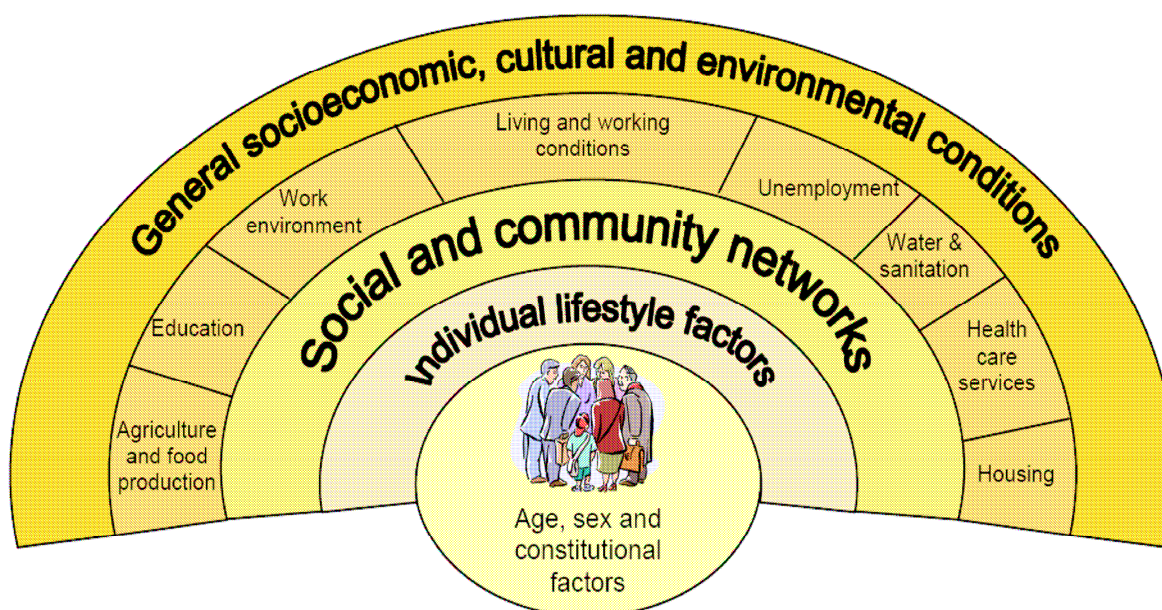
¹ JANEČKOVÁ, H.; HNILICOVÁ, H. *Úvod do veřejného zdravotnictví*. Praha : Portál, 2009. 294 s. ISBN 978-80-7367-592-9.

² HOLČÍK, J. *Zdravotní gramotnost a její role v péči o zdraví*. 1. vyd. Brno : MSD, 2009. 149 s. ISBN 978-80-7392-089-0.

³ *Determinanty zdraví*. In Prakticka-medicina. [online]. 2008 [cit. 2009-12-30]. Dostupné z [www: <http://www.prakticka-medicina.cz/zdravi.html>](http://www.prakticka-medicina.cz/zdravi.html).

Současné trendy ve společnosti a změny v pracovním životě evokují četné otázky ohledně zajištění péče o zdraví pracujících. Diskuse směřují především k tomu, jak má vypadat péče o pracující, aby v souladu s programem Světové zdravotnické organizace *Zdraví pro všechny ve 21. století* naplňovala atributy podpory a ochrany zdraví, což představuje ve vztahu k pracovnímu prostředí především redukci rizikových faktorů, stimulaci snahy o větší zapojení zaměstnanců i zaměstnavatelů do tvorby bezpečnějšího a zdravějšího pracovního prostředí a podporu zdravého životního stylu a kvality života.^[5]

Obr. 1.1 Hlavní sociální determinanty zdraví (Dahlgren a Whitehead, 1991)^[6]



Jednou ze sledovaných oblastí pracovního prostředí ve zdravotnictví je práce se zdroji ionizujícího záření, které jsou využívány pro techniky zobrazovací a ozařovací, v diagnostických a léčebných postupech. Přestože přínos z využívání zdrojů ionizujícího záření ve zdravotnictví je jistě nepopiratelný, dochází při něm zároveň vedle ozáření pacienta (jehož riziko nepříznivých účinků z ozáření je odůvodněno převažujícím přínosem pro

⁴ HOLČÍK, J.; KOUPILOVÁ, I. Sociální determinanty zdraví : základní fakta a doporučení pro práci v kontextu programu Zdravá města. *Časopis lékařů českých*. 2001, roč. 140, č. 1, s. 4-5. ISSN 0008-7335.

⁵ *Dlouhodobý program zlepšování zdravotního stavu obyvatelstva ČR - Zdraví pro všechny v 21. století*. Praha : Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2003. 124 s. ISBN 80-85047-99-3.

⁶ DAHLGREN; WHITEHEAD. *Social Model of Health*. 8.8.2005 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z: <http://www.nwci.ie/download/pdf/determinants_health_diagram.pdf>.

pacienta) k profesionálnímu ozáření zaměstnanců. Charakter rizika a možnost poškození zdraví vychází z radiobiologických poznatků o účincích záření na lidský organismus. Spočívá především v možnosti vzniku deterministických účinků jako je nemoc z ozáření, radiační katarakta a radiační dermatitidy, poškození zárodečného epitelu a plodu v těle matky nebo účinků stochastických jako jsou nádory a genetická poškození. Míra rizika, kterou představují tyto zdroje ve zdravotnictví pro zaměstnance je považována za všeobecně nízkou, avšak ne zcela vyloučenou. Výjimku tvoří situace, kdy dojde k nekontrolovanému ozáření či úniku ionizujícího záření při radiačních nehodách nebo situace, kdy dochází k nedodržení zásad radiační ochrany. Riziko IZ vzhledem k zajištění ochrany a péče o zdraví je však většinou zaměstnanci, ale i managementem vnímáno a prezentováno rozdílně. K tomu přispívá odborná náročnost problematiky, především její fyzikální stránka, nové postupy a technologie v medicíně, komunikační a informační bariéry, mediální poplašné zprávy o radiačních haváriích a v neposlední řadě i politická, ekonomická a legislativní situace. Tyto skutečnosti se podílejí mnohdy na ne zcela racionálním pohledu, který se v praxi odráží v podceňování významu radiační ochrany, přeceňování rizika a subjektivním pocitu zaměstnanců, že jsou ohroženi, který vede až ke vzniku radiofobie. Tyto aspekty se pak odráží v přístupu k péči o zdraví.

Metody využívající ionizující záření ve zdravotnictví nebude možno v nejbližší budoucnosti zcela eliminovat a nahradit jinou alternativní technologií bez použití ionizujícího záření. Naopak je registrován nárůst počtu rentgenologických vyšetření, především výpočetní tomografie a intervenčních metod.^{7]} Je tedy potřeba sledovat vývoj v této oblasti a vytvářet soulad se soudobými poznatky o biologických účincích ionizujícího záření s obecnými přístupy společnosti k ochraně zdraví a s potřebami soudobé a očekávané praxe.

Předkládaná výzkumná práce se zaměřuje na podchycení úrovně pracovních podmínek zaměstnanců vzhledem k riziku IZ v kontextu se zajištěním péče o zdraví ve specifickém prostředí nemocnice. Konkrétně bude řešena problematika radiačně navigované chirurgie jako relativně nové metody v medicíně z hlediska radiační ochrany. Předmětem výzkumu je míra osobní radiační zátěže zaměstnanců a radiační nehody s nekontrolovaným únikem radioaktivní látky s cílem optimalizovat radiační ochranu a péči o zdraví.

⁷ ŽÁČKOVÁ, Hana. Ionizující záření a míra rizika. *Rentgen Bulletin*. Zář 2009. s. 3-4, 4-5.

Výsledky práce jsou určeny především manažerům a radiačním pracovníkům zdravotnické instituce, kterým poskytnou nejen ucelený pohled na problematiku práce v riziku IZ, usnadní orientaci a vytvoří podklady pro tvorbu systematického trvalého programu péče o zdraví, ale také přispějí ke zkvalitnění péče o zdraví, ochraně a prevenci a pozitivnímu ovlivnění postojů zaměstnanců i zaměstnavatelů ve smyslu zdravého způsobu života a posilování zodpovědnosti za vlastní zdraví.

Motivace k výzkumu je dána osobním a profesním zájmem, vnímáním současného stavu problematiky a nejasnostmi mezi teorií a běžnou praxí, ke kterému značně přispívá náročná orientace v této oblasti.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo zmapovat stav péče o zdraví zaměstnanců ve zdravotnictví, kteří pracují v prostředí ionizujícího záření za účelem vytvoření podkladů pro další rozvoj, zkvalitnění a zefektivnění systému péče o tyto zaměstnance.

Dílní cíle:

- analýza současného stavu péče o zdraví zaměstnanců v riziku ionizujícího záření v prostředí zdravotnické instituce a identifikace problémových oblastí ve vztahu k péči o zdraví
- posouzení radiační zátěže zaměstnanců v oblasti radiačně navigované chirurgie – metoda sentinelové uzliny
- navržení opatření k optimalizaci radiační ochrany a ochrany zdraví zaměstnanců při intervencích na sentinelové uzlině
- analýza konkrétních mimořádných radiačních událostí
- navržení preventivních opatření k omezení nebo snížení rizika ozáření spojeného s nekontrolovaným únikem radioaktivních odpadů
- formulace podkladů pro zefektivnění prevence poškození zdraví vlivem práce s ionizujícím zářením, zlepšení pracovního prostředí a snížení pracovního rizika.

3 Teoretická východiska

3.1 Vymezení základních pojmů

akutní nemoc z ozáření – onemocnění v důsledku jednorázového celotělového ozáření organismu vyšší dávkou ionizujícího záření

efektivní dávka E – je součet součinů ekvivalentních dávek H_T a tkáňových váhových faktorů W_T ; jednotkou je [J/kg] s názvem sievert – Sv

ekvivalentní dávka H_T – součin střední absorbované dávky v organismu nebo tkáni a radiačního váhového faktoru W_R ; jednotkou je [J/kg] s názvem sievert – Sv

dávka D – (také absorbovaná dávka) energie ionizujícího záření absorbovaná v látce; jednotkou dávky je [J/kg] s názvem gray – Gy

dozimetrie ionizujícího záření – obor zabývající se měřením ionizujícího záření a kvantifikací jeho účinků (dávky, dávkové příkony, dávkové ekvivalenty, aktivity atd.) včetně problematiky měřících přístrojů a jejich praktických aplikací

genetické účinky ionizujícího záření – účinky, které jsou přenášeny na další generace; jsou vyvolány změnami genetického materiálu zárodečných buněk a způsobují vrozené vady, degenerativní aj. onemocnění v následujících generacích

kontrolované pásmo – je vymezený prostor, kde lze předpokládat překročení roční efektivní dávky ozáření pracovníků nad úroveň 0,3 profesionálního limitu (E vyšší než 6 mSv)

limity ozáření – kvantitativní ukazatel, jehož překročení není přípustné; limity jsou vymezeny vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, v platném znění

monitorování – sledování ozáření osob, obvykle zaměstnanců pracujících se zdroji ionizujícího záření s měsíčním vyhodnocováním, dále pracovního prostředí (dávkový příkon, příkon dávkového ekvivalentu, kontrola kontaminace povrchů apod.) a okolí pracoviště

osobní dávkový ekvivalent $H_p(d)$ – dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce d (udává se obvykle v mm v závorce za označením veličiny $H_p(10)$); jednotkou je [J/kg] s názvem sievert – Sv

otevřené radionuklidové zářiče – radionuklidové zářiče, jejichž úprava nemá charakter uzavřených radionuklidových zářičů

ozáření – vystavení organismu ionizujícímu záření

pozadí – četnost impulsů, které přístroj zaznamenává bez přítomnosti měřeného zdroje záření

profesní (profesionální) ozáření – vystavení ozáření fyzických osob v souvislosti s výkonem práce při radiačních činnostech

radiační pracovník – každá fyzická osoba vystavena profesnímu ozáření; pracovníci kategorie A – ti, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny; radiační pracovníci kategorie B – ostatní, kteří nejsou zařazeni jako radiační pracovníci kategorie A

radiační nehoda – událost, která má za následek nepřijatelné ozáření nebo uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřijatelné ozáření fyzických osob

radiofobie – psychická porucha spojená s chorobným strachem ze záření

referenční úroveň – jsou odvozené limity, pomocné kvantitativní ukazatele vyjádřeny v měřitelných veličinách, které slouží ve vybraných případech k prokazování, že limity pro radiační pracovníky nebyly překročeny

scintigrafie – zobrazovací metoda využívající k detekci záření gama scintilační detektory; výsledkem scintigrafie je snímek distribuce radiofarmaka v zorném poli scintilační kamery

sledované pásmo – část pracoviště, kde lze předpokládat překročení roční efektivní dávky nad úroveň obecného (občanského) limitu (efektivní dávka vyšší než 1 mSv)

uzavřený radionuklidový zářič – radionuklidové zářiče uzavřené (zapouzdržené) takovým způsobem, aby za předvídatelných okolností nemohlo dojít k jejich rozptýlení do okolí

zdroj ionizujícího záření – látka, přístroj nebo zařízení, které může vysílat ionizující záření nebo uvolňovat radioaktivní látky; podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí se zdroje ionizujícího záření klasifikují jako nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné

zprošťovací úroveň – (uvolňovací úroveň) dosažení takové úrovně aktivity odpadů (kontaminovaných odpadů radionuklidy), při které může být s odpady nakládáno běžným způsobem

3.2 Historie vývoje institutu ochrany zdraví před ionizujícím zářením

Počátky péče o ochranu zdraví a bezpečnost při práci sahají v České republice do osmdesátých let 19. století. Tehdy se objevily první odborné práce věnované vlivu pracovních podmínek na zdraví i praktickým návrhům na prevenci poškození zdraví. V roce 1887 začal platit zákon o úrazovém pojištění, v roce 1888 zákon o nemocenském pojištění a v roce 1889 speciální zákon o hornickém pojištění.^[8] Objev paprsků X (rentgenové záření) roku 1895 C. W. Röntgenem a uranových paprsků (přírodní radioaktivity) roku 1896 H. Becquerelem, znamenal počátek vědomého zacházení s ionizujícím zářením. První období po objevu rentgenového záření bylo charakterizováno rychlým technickým vývojem zejména v lékařství, kde došlo k jeho široké aplikaci. První pokusy s rentgenovými lampami a koncentrovanými radioaktivními preparáty způsobily v této oblasti zdravotníkům nemalé újmy na zdraví. Již v roce 1897 bylo popsáno 23 případů vážného onemocnění pracovníků s rentgenovým zářením.^[9, 10]

⁸ *Příručka bezpečnost a ochrana zdraví při práci* [online]. Praha : Verlag Dashöfer, 1997 [cit. 2010-02-15].

Dostupné z: <<http://www.techportal.cz/.../historie-ochrany-zdravi-pri-praci-hygiena-prace- pracovni-lekarstvi>>.

⁹ MEYER, H. *Ehrenbuch der Röntgenologen und Radiologen aller Natione.. Sonderbände zur Strahlentherapie*. Berlin – Wien : Urban & Schwarzenberg, 1937. 168 s.

Za pomoci pokusů na zvířatech byly již kolem roku 1910 známy všechny typy poškození ionizujícím zářením s výjimkou genetického. Na poznatky o poškození zdraví rychle reagovaly návrhy ochranných opatření, a to především technického charakteru. Byla formulována řada mezinárodních doporučení, zejména se jednalo o vyloučení vstupu do primárního svazku, využití vzdáleností k ochraně a dostatečné dimenzování olověné ochrany. Tyto požadavky byly akcentovány i v doporučeních ICRP z roku 1928. Návrhy na limity záření se ale objevují až ke konci třicátých let. Vycházely především ze sledování zdravotního stavu osob, užívajících zdroje gama záření v lékařství. Protože u nich nebyly pozorovány žádné klinické příznaky poškození, byly odvozeny nejvýše přípustné dávky pro ozáření celého těla.

V první polovině 20. století nastal potom rozvoj rentgenové diagnostiky, radioterapie rakoviny, lázeňství - radonové koupele a inhalace a objevily se pokusy o komerční využití různých léčebných specialit, kosmetických a spotřebních výrobků s příměsí radioaktivní substance. Vycházelo se z přesvědčení, že ionizující záření v malých dávkách je stimulující nebo neškodné, ve velkých dávkách zhoubné, avšak bez přesnějšího vymezení této předpokládané hranice. S rozvojem využívání ionizujícího záření rostl i počet osob vystavených jeho působení v rámci výkonu povolání. Otázkám zdraví při práci s radioaktivními látkami se v této době věnoval F. V. Novák, který mimo jiné představil a doporučil dobové ochranné pomůcky pro práci s radioaktivními zářiči a doporučil opatření v oblasti organizace radiační ochrany.^[11]

Český dermatolog K. Gawalowski formuloval ve své knize „Úvod do všeobecné roentgenotherapie a léčení chorob kožních roentgenem“, vydané v r. 1931, doporučení pro ochranu před rentgenovými paprsky, technické parametry zařízení a pomůcky pro práci s rentgenovým zářením, požadavek na zkrácení pracovní doby, pracovního týdne a prodloužení roční dovolené osob zaměstnaných v rentgenových a radiových odděleních. Dále pak stanovil požadavky na lokaci, prostornost, větrání, osvětlení apod. rentgenových laboratoří. V doporučení například stálo: „*Nebezpečí příliš silného účinku Roentgenových a radiových*

¹⁰ TĚŠÍNSKÁ, E.; CUŘÍNOVÁ, L.; HLAVA, A. et al. The Beginning of Studies and Use of X-Rays in the Czech Lands. In *Medizinische Physik, 1995 : Röntgen-Gedächtnis-Kongress, 20.-23. September 1995*. Würzburg, Tagungsband, Würzburg, 1995. s. 24 - 25.

¹¹ NOVÁK, F. V. Vliv radia a radioaktivních látek na radiology a ochrana před ním. *Časopis lékařů českých*. 1926, roč. 65, s. 417-422, s. 461-471.

paprsků lze se vyhnouti přiměřenými ochrannými opatřeními a vhodnými podmínkami pracovními. Je povinností ředitelů roentgenových laboratoří i radiových oddělení, aby zaručili svému personálu takové podmínky. Ochrana musí směřovati vůči těmto známým účinkům: proti a) poškození povrchových tkání, b) poruchám vnitřních orgánů a změnám krevním.“ ^[12]

J. Teinsinger spolu s J. Pirchanem sledovali vliv rentgenového záření na krvetvorné ústrojí na souboru českých rentgenologů a pomocného personálu. Následně, v r. 1942, publikovali článek s výsledky, který v závěru vyzval ke zřízení tuzemského dohledu nad rentgenovými pracovišti a na zavedení ochranných opatření: „*Mohl by se zřídit centrální závodní dohled (celkové vyšetřování, vyšetřování krevní), který by byl zatím založen na podkladě dobrovolnosti, ale především organizovaný a pravidelný, a to již mnoho znamená. Tento dohled by bylo možno z počátku zařídit snad aspoň pro laboratoře veřejných nemocnic a nemocenských pojišťoven, když už kontrola soukromých laboratoří by narážela na obtíže. Bylo by také možno obstarati si vlastní měřící přístroj (který nevyžaduje velikého nákladu) i obstarati si vhodného rentgen-fysika, který by prováděl měření a hodnotil ochranná opatření. Stejně jednotně by se pak mohla řešiti otázka vhodných krytů pro lékařské laboratoře a dále otázka pracovní doby, dovolené a p.“* ^[13]

Hlubší poznatky o mechanismech účinků a jejich vztahů k ozáření jsou známy až po 2. světové válce, kdy dochází k růstu významu jaderné energie a intenzivně se pokračuje ve zkouškách jaderných zbraní. Výzkum účinků záření na organismy se zabýval identifikací poškození, kterým je třeba zabránit. Mezi ně patřilo poškození krvetvorby, zánětlivá poškození kůže, posléze i maligní procesy (zprvu šlo o leukémii) a účinky genetické. Představa o poškození zářením zastávala názor o prahovosti. Dodržování limitů ozáření bylo tedy určující a zaručující přijatelnost úrovně radiační ochrany. Dokonce ještě v roce 1956, kdy se přešlo z limitu ozáření pro celé tělo z 15 na 5 rem (cca 50 mSv/rok) roční dávky, byla tato dávka považována za bezpečnou. Účinky ionizujícího záření na člověka a ochranou před tímto zářením se profesně zabýval J. Müller, který se také stal hlavním průkopníkem oboru radiační hygieny v poválečném Československu a zároveň i jedním z předních světových

¹² GAWALOWSKI, K. *Úvod do všeobecné roentgenoterapie a léčení chorob kožních roentgenem. Učebnice a příručka pro lékaře a mediky.* Praha : Mladá generace lékařů při Ú.J.Čs.L., 1931, 623 s.

¹³ TEISINGER, J. Nebezpečí práce s roentgenem a ochranná opatření. *Časopis lékařů českých.* 1942, roč. 37, s. 1015-1018.

odborníků v této oblasti. Výsledky výzkumných prací J. Müllera se týkaly vlivu ionizujícího záření na vznik humorálních faktorů ve vyšších organismech, brzdících buněčné dělení.^[14] Byl u zrodu provádění pravidelných, popř. operativních radiačně-hygienických prohlídek, a to u diagnostických pracovišť nejméně jedenkrát za tři roky, u terapeutických nejméně jedenkrát ročně (na požádání pak kdykoliv). Pracovníci byli zvýhodněni zkrácenou 36hodinovou týdenní pracovní dobou, upravenou pro pracoviště s vlivem ionizujícího záření vládním nařízením (ze 7. října 1952).^[15] Pracovníků s ionizujícím zářením se týkala také zvláštní směrnice ministerstva zdravotnictví (vydaná v r. 1958), která stanovila povinné zdravotně preventivní prohlídky pracovníků na rizikových pracovištích (včetně pracovišť s ionizujícím zářením) a určila frekvenci prohlídek a doporučené druhy vyšetření v závislosti na druhu rizika.^[16] Z hlediska ekonomického zvýhodnění za rizikovou práci byl již zaměstnancům pracujícím trvale pod vlivem rentgenového nebo radiového záření, směrnicí ministerstva zdravotnictví z 26. října 1950, přiznán „nebezpečnostní příplatek“.^[17]

Do roku 1959 byl hlavní autoritou v oblasti záření Státní ústav radiologický, který prováděl dohled nad radiační hygienou na československých pracovištích s ionizujícím zářením, včetně provádění pravidelných radiačně-hygienických prohlídek zaměstnanců vystavených ionizujícímu záření.^[18] Po 2. světové válce se v rámci ministerstva zdravotnictví začaly zřizovat ústavy pracovního lékařství. K jejich hlavním úkolům patřilo provádět hygienická šetření pracovišť, zvláště zkoumat vliv pracovního prostředí na zdraví a výkonnost pracujících, provádět periodické zdravotní prohlídky osob pracujících za podmínek zdraví

¹⁴ MÜLLER, J. a kol. Vliv ionizujícího záření na vznik humorálních faktorů ve vyšších organismech, brzdících buněčné dělení. Praha SZdN, 1955. 141 s.

¹⁵ Historie radiační ochrany v ČR : 10 let Státního ústavu radiační ochrany 1995-2005. Praha : Státní ústav radiační ochrany, 2006. 83 s. ISBN 80-239-6594-8.

¹⁶ Historie radiační ochrany v ČR : 10 let Státního ústavu radiační ochrany 1995-2005. Praha : Státní ústav radiační ochrany, 2006. 83 s. ISBN 80-239-6594-8.

¹⁷ TEISINGER, J. O výsledcích výzkumu v oboru hygieny práce a nemocí z povolání v ČSR v posledních letech. Pracovní lékařství. 1959, roč. 11, s. 23-24.

¹⁸ PROUZA, Z. Principy radiační ochrany – bezpečnost a ochrana zdraví při práci. In BOZPinfo [online]. 25.02.2008 [cit. 2010-06-012]. Dostupné z [www: <http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tema-tydne/robozp08.html>](http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tema-tydne/robozp08.html).

škodlivých, poskytovat odborné rady a lékařská dobrozdání závodům, podnikům, ústavům a jiným zařízením, jakož i pracujícím o vlivu pracovních prostředí a práce na zdraví a výkonnost. Po zdravotní stránce měly spolupůsobit rovněž při racionalizaci a organizaci práce. Změna našeho systému po roce 1952, kdy byla struktura našeho zdravotnictví přizpůsobena sovětskému organizačnímu uspořádání, byly ústavy pracovního lékařství zrušeny a nahrazeny oborem hygiena práce a choroby z povolání. Péči o zdraví při práci v té době vykonávaly tři typy zdravotnických zařízení - závodní a obvodní lékaři, oddělení a kliniky chorob z povolání a hygienické stanice. Periodické preventivní prohlídky pracujících se zdroji záření byly prováděny závodními zdravotními středisky, která byla metodicky vedena odděleními chorob z povolání při krajských ústavech národního zdraví. Složitější případy byly vyšetřovány přímo v těchto odděleních, resp. na klinikách chorob z povolání v Praze a v Bratislavě. Závodní a obvodní lékaři vykonávali dohled nad pracovním prostředím a sledovali zdraví pracovníků ve vztahu k práci, převážně však léčili nemocné pracovníky. Ve Zprávě o ochraně zdraví rentgenologů a osob pracujících na rentgenologických a radioterapeutických pracovištích, předložené 22. prosince 1960, se mimo jiné konstatovalo, že z celkem zhruba 6 000 provozovaných diagnostických rentgenových přístrojů asi tři čtvrtiny nevyhovují požadavkům radiační hygieny. Zpráva uvádí zároveň následující data o ohlášených poškozeních ionizujícím zářením v letech 1956-1960: 1956 (142 případů), 1957 (98 případů), 1958 (86 případů), 1959 (78 případů), první polovina roku 1960 (25 případů). Z toho více než 90 % poškození připadalo údajně na zdravotnické pracovníky (z nichž pak se ve > 70 % jednalo o lékaře). Všeobecně technické parametry většiny přístrojů v té době byly z hlediska radiační ochrany personálu i pacientů nedostatečné. Navíc, pro nedostatek rentgenujících lékařů docházelo mnohdy k překračování zkrácené, tj. 36hodinové týdenní pracovní doby, upravené pro pracoviště s vlivem ionizujícího záření zmíněným vládním nařízením ze 7. října 1952.

V 60. a 70. letech, po vzniku nové organizační koncepce hygienické a protiepidemické péče, došlo k vytýčení hlavních úseků hygienicko-epidemiologické služby. Mezi ně patřil i úsek hygieny práce, který se specializoval na působení škodlivých faktorů v pracovním prostředí, dále studium chorob z povolání a ochranný i běžný hygienický dozor na pracovištích. V té době došlo k řadě podstatných úprav hygienických předpisů v oblasti ionizujícího záření (vyhláška MZ a chemického průmyslu ze dne 21. března 1963 o hygienické ochraně před ionizujícím zářením a o hospodaření se zdroji ionizujícího záření; pravidla pro práci s radioaktivními látkami; normy ochrany před ionizujícím zářením;

vyhláška MZ ČSSR ze dne 30. června 1972 o ochraně zdraví před ionizujícím zářením). V rámci přijaté legislativy byly stanoveny základní požadavky při práci s radioaktivními látkami, zásady pro rozmisťování a vybavení laboratoří, ústavů a budov a požadavky na likvidaci radioaktivních odpadů, požadavky na ochranu před ionizujícím zářením včetně stanovení nejvyšších přípustných dávek při vnějším a vnitřním ozáření a nejvyšších přípustných koncentrací radioaktivních látek ve vodě a ve vzduchu. Rovněž byla vypracována řada dozimetrických metod, zejména pro určení velmi malých dávek záření a malých koncentrací radioaktivních látek v životním prostředí a pokračoval výzkum vlivu ionizujícího záření na lidský organismus.

Změny v politickém a hospodářském systému, ke kterým došlo po roce 1989 v České republice, iniciovaly zrušení řady pracovišť závodních lékařů. Tím, že pacientům byla umožněna volba lékaře, byla zrušena povinnost obracet se při onemocnění na závodní lékaře vybrané zaměstnavatelem. Činnost závodních lékařů byla formálně ukončena v roce 1992 a nahrazena závodní preventivní péčí, resp. pracovně lékařskou péčí, která je součástí komplexu služeb ochrany zdraví při práci (occupational health services). Hygienické stanice zajišťovaly zprvu odbornou činnost v hygieně práce, včetně oblasti radiační hygieny. Celosvětový vývoj v oblasti radiační ochrany a nové požadavky na žadatele či držitele povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření související i se změnou ekonomických podmínek ve státě, si vynutily novou organizační i legislativní úpravu. Prakticky to znamenalo vynětí radiační hygieny z kompetencí hygienické služby. V rámci transformace státní správy došlo k vyčlenění složky hygieny záření z resortu zdravotnictví a její začlenění do Státního úřadu jaderné bezpečnosti v Praze, zřízeného v roce 1993. Z bývalých odborů hygieny záření byla vytvořena Regionální centra SÚJB. Rovněž byl zřízen Státní ústav radiační ochrany, který tvoří odbornou a výzkumnou základnu systému radiační ochrany ve státě.^[19]

3.3 Ionizující záření jako rizikový faktor poškození zdraví

Ionizující záření (IZ) je takové záření, které je schopné při průchodu prostředím způsobit jeho ionizaci, tj. vytvořit z původně elektricky neutrálních atomů kladné a záporné ionty (iontové páry). S ohledem na charakter ionizačního procesu lze ionizující záření rozdělit

¹⁹ *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

na přímo ionizující a nepřímo ionizující. Přímo ionizující záření je tvořeno nabitými částicemi (elektrony, pozitrony, protony, částice alfa a beta ap.), které mají dostatečnou kinetickou energii k tomu, aby mohly vyvolat ionizaci. Nepřímo ionizující záření zahrnuje nenabité částice (fotony, neutrony apod.), které samy prostředí neionizují, ale při interakcích s prostředím uvolňují sekundární, přímo ionizující nabitě částice, které pak způsobují ionizaci prostředí. Podle způsobu radioaktivního rozpadu vznikají různé druhy záření: alfa, beta, gama, neutronové záření a rentgenovo záření.^[20] Navzájem se odlišují fyzikálními vlastnostmi, které charakterizují zdroje záření, pole záření, působení záření na látky a vliv záření na člověka. Pro měření a hodnocení IZ z pohledu faktoru ovlivňujícího zdraví a pro účely radiační ochrany jsou důležité charakteristiky působení záření na člověka - expozice, absorbovaná dávka, ekvivalentní dávka a efektivní dávka.^[21] Přehled veličin a jejich charakteristik je uveden v příloze 1.

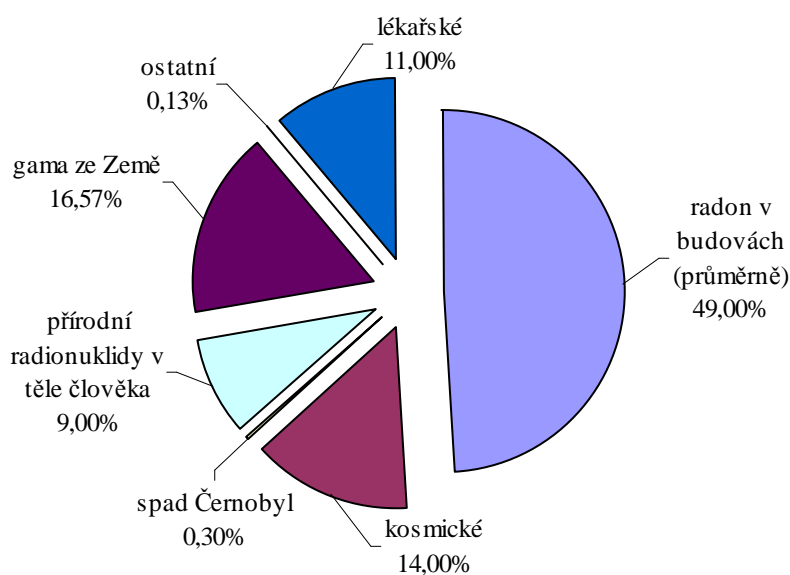
Na ozáření člověka IZ se podílejí jak zdroje přírodní (radon a jeho rozpadové produkty, zemské záření, radionuklidy v těle, kosmické záření), tak zdroje umělé (lékařské ozáření, profesní ozáření, technické a spotřební předměty, jaderná energetika, radioaktivní spad), které různou měrou přispívají k celkovému radiačnímu zatížení každého jedince (graf 3.1).^[22]

²⁰ ULLMANN, V. *Jaderná a radiační fyzika*. 1. vyd. Ostrava : Ostravská univerzita, 2009. 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.

²¹ ŠVEC, J. *Radioaktivita a ionizující záření*. 1. vyd. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 2005. 36 s. ISBN 80-86634-62-0.

²² ULLMANN, V. *Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření*. In *Astro Nukl Fyzika* [online]. [cit. 2010-12-12]. Dostupné z [www: <http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>](http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm).

Graf 3.1 Přehled zdrojů IZ - rozdělení dávek obyvatelstvu



Podle UNESCEAR (2000) se celkový odhad radiační zátěže ze všech zdrojů odhaduje na obyvatele 5,0 mSv/rok. Průměrná celosvětová efektivní dávka na jednoho obyvatele z lékařského ozáření se odhaduje na 0,4 mSv/rok v rozpětí od 0,04 mSv/rok až 1 mSv/rok. U jednoho obyvatele ČR je to 1,3 mSv/rok (lékařské ozáření z výkonů na radiodiagnostice – 0,92 mSv/rok, radioterapie – 0,3 mSv/rok a nukleární medicína 0,1 mSv/rok). Pro srovnání průměrné celosvětové roční ozáření jednotlivce z obyvatelstva z přírodního pozadí činí zhruba 2,4 mSv (od 1 mSv do 10 mSv, pro značnou část populace i 10 - 20 mSv), v ČR potom činí 3,4 mSv.

Literární zdroje uvádějí více pohledů na zařazení rizika záření do systematických skupin. Doporučení ICRP č. 60 přineslo základní rozlišení z pohledu lidských aktivit na tři druhy ozáření. Ozáření při práci - profesionální expozice, zahrnující zásadně všechna ozáření, k nimž došlo při práci a zásadně jako důsledek práce; ozáření lékařské - lékařská expozice, jež je především ozáření osob jako součástí vyšetřovacích a léčebných postupů na nich prováděných, včetně ozáření dobrovolníků neprofesionálů při pomoci při vyšetřeních, návštěvníků pacientů a ozáření při lékařských výzkumech; ozáření obyvatel (obecné), kam

spadají veškerá ostatní ozáření.^[23] Pro potřebu této studie lze chápat radiační riziko na třech úrovních. Úroveň přírodního pozadí, kterému je vystaven každý člověk v běžném životě, úroveň profesionální, kdy je vystaven záření při práci a možné nadměrné nekontrolované ozáření při radiačních nehodách a haváriích.

3.3.1 Podstata účinku ionizujícího záření na lidský organismus

Poznatky o biologických účincích ionizujícího záření jsou sice rozsáhlé, ale dosud ne úplné. Snaha o vysvětlení účinků záření na živou tkáň vedla k vyslovení několika v současné době platných teorií (zásahová teorie, radikálová teorie a teorie duální radiační akce - molekulárně-biologická teorie).^[24] Vlastní proces účinku ionizujícího záření na živou tkáň probíhá ve čtyřech význačných etapách lišících se svou rychlostí a druhem probíhajících procesů (obr. 3.1).

Ve většině případů interakce ionizujícího záření s živou tkání nedochází k negativnímu účinku. Reparační mechanismy na úrovni buňky úspěšně opraví poškození DNA či jiných látek a buňky usmrcené zářením jsou rychle nahrazeny dělením zdravých buněk nebo imunitní mechanismy organismu rozpoznají a zlikvidují geneticky zmutované buňky.

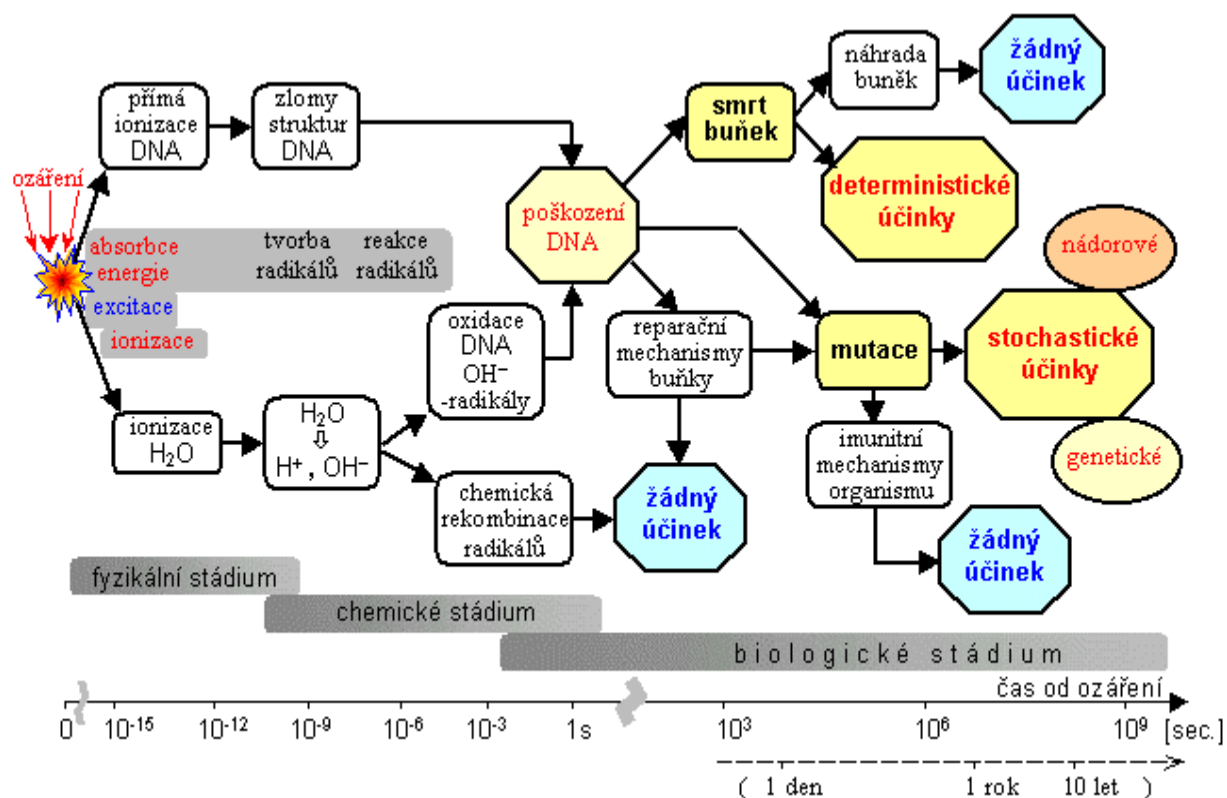
První etapou je **fyzikální stádium**, ve kterém při interakci kvanta ionizujícího záření s hmotou je energie záření předávána elektronům v atomech za vzniku ionizace a excitace. Tento primární proces je velmi rychlý, prakticky okamžitý, trvá jen cca 10^{-16} - 10^{-14} sekundy. Ve druhé etapě, **fyzikálně-chemické**, nastávají sekundární fyzikálně-chemické procesy interakce iontů s molekulami, při nichž dochází k disociaci molekul a vzniku volných radikálů. I tento proces je velmi rychlý, netrvá déle než 10^{-14} - 10^{-10} sec. Ve třetí etapě – **chemické**, vzniklé ionty, radikály, excitované atomy a další produkty reagují s biologicky důležitými organickými molekulami a mění jejich složení a funkci. Typickou poruchou na molekulární úrovni jsou zlomy vláknů v molekule DNA. Dále mohou vznikat poškození purinových a pyrimidinových bazí, atypické vazbové můstky (cross-linky) uvnitř dvouvlákna

²³ *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření : sborník učebních textů.* Ostrava : Dům techniky Ostrava, 2003. 255 s. ISBN 80-02-01529-0.

²⁴ *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření : sborník učebních textů.* Ostrava : Dům techniky Ostrava, 2003. 255 s. ISBN 80-02-01529-0.

DNA, lokální denaturace a další chemické změny. Jednotlivé genotoxické procesy chemického stádia trvají různě dlouhou dobu - od tisícín sekundy do řádově jednotek sekundy. V poslední **biologické etapě** molekulární změny v biologicky důležitých látkách, v DNA, enzymech, proteinech, mohou vyústit ve funkční a morfologické změny v buňkách, orgánech i v organismu jako celku. Biologické stádium se při vysokých dávkách záření může projevit již po několika desítkách minut, při středních dávkách během několika dní - akutní poškození či nemoc z ozáření v důsledku zničení velkého počtu buněk. Při nízkých dávkách může však zahrnovat dobu latence několika let nebo i desítek let.

Obr. 3.1 Schématické znázornění význačných procesů a jejich časové posloupnosti při účincích ionizujícího záření na živou tkáň



Pozn.: Měřítko na časové ose je v zásadě logaritmické, avšak v některých úsecích je poněkud upraveno tak, aby bylo možno přehledně zakreslit jednotlivé děje.

K negativním radiačním účinkům na organismus dochází především, když je organismus ozářen vysokou dávkou záření a zanikne příliš mnoho buněk, které organismus není schopen včas nahradit nebo když reparační mechanismy na úrovni buněk neopraví

úspěšně a správně všechna poškození a imunitní systém organismu včas nerozpozná a neeliminuje mutované buňky, které se dále dělí.^[25]

Proces působení ionizujícího záření na úrovni buňky je tedy mnohostranný, složitý a ovlivňovaný mnoha dalšími faktory.^[26] Navíc rozvoj radiobiologie přináší stále nové poznatky, které mohou ovlivnit pohled na účinky záření např. bystander-efekt indukovaného radiačního účinku v tkáních (efekt přihlížejícího účastníka, kdy jde o průkaz poškození buněk v buněčné populaci, které nebyly ozářením zasaženy, ale poškození se na ně přenáší ze sousedních buněk zasažených zářením) a hyper-radiosenzitivita buněk v oblasti nízkých dávek.^[27]

3.3.2 Poškození lidského organismu ionizujícím zářením

Poškození organismu člověka, klinický a laboratorní obraz jsou obecně závislé na mnoha činitelích, jako na celkové obdržené dávce, druhu a energii ionizujícího záření, dávkovém příkonu, celotělovém nebo lokálním ozáření a vlastnostech ozářené tkáně nebo orgánů.^[28, 29]

Účinky ionizujícího záření na organismus se třídí podle mnoha hledisek na účinky přímé a nepřímé, somatické a genetické, časné a pozdní, prahové a bezprahové, stochastické a deterministické (tab. 3.1).^[30]

²⁵ ULLMANN, V. *Jaderná a radiační fyzika*. 1. vyd. Ostrava : Ostravská univerzita, 2009. 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.

²⁶ FELTL, D.; CVEK, J. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Havlíčkův Brod : Tobiaš, 2008. 105 s. ISBN 978-80-7311-103-8.

²⁷ ULLMANN, V. Biologické účinky ionizujícího záření: LQ model a nové radiobiologické poznatky. In *XLVII. Dny nukleární medicíny : Kongres s mezinárodní účastí*. Havlíčkův Brod : [s.n.], 2010, s. 38-39. ISBN 978-80-254-7819-6.

²⁸ BUREŠ, J.; HORÁČEK, J. *Základy vnitřního lékařství*. Praha : Galén : Karolinum, 2003. 870 s. ISBN 80-7262-208-0 (Galén), ISBN 80-246-0673-9 (Karolinum).

²⁹ KUMAR,P.J.; CLARK,M.L. *Kumar & Clark clinical medicine*. 5th ed. Edinburgh : Saunders, 2002. 1446 s. ISBN 9780702025792.

³⁰ *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření : sborník učebních textů*. Ostrava : Dům techniky Ostrava, 2003. 255 s. ISBN 80-02-01529-0.

Tab. 3.1 Účinky ionizujícího záření na organismus podle třídicích hledisek

ČASNÉ	POZDNÍ		
	somatické		genetické
akutní nemoc z ozáření akutní lokální změny • akutní radiodermatitis • poškození fertility	nenádorová pozdní poškození • chronická radiodermatitis • zákal oční čočky	zhoubné nádory	genetické účinky u potomstva
poškození vývoje plodu			
DETERMINISTICKÉ		STOCHASTICKÉ	

Nejčastěji používaným hlediskem pro třídění radiobiologických účinků záření na lidský organismus je závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření.^[31]

Mezi základní rozdělení z tohoto pohledu patří účinky deterministické a stochastické.^[32] Vzájemně se liší vlastnostmi patogeneze, specifičnosti, závislosti na dávce a čase (tab. 3.2).^[33]

Tab. 3.2 Porovnání charakteru deterministických a stochastických účinků záření

Vlastnosti	Deterministické účinky	Stochastické účinky
patogeneze	smrt buněk - snížení jejich počtu	změna cytogenetické informace - mutace
specifičnost	specifický klinický obraz, typický pro účinky ionizujícího záření	nespecifický obraz, neodlišitelný od spontánních případů
závislost na dávce	účinek se projeví až od určité prahové dávky, pak roste s dávkou	pravděpodobnost výskytu roste s dávkou od nuly (bezprahová závislost)
časová závislost	většinou poměrně rychlý nástup	pozdní účinky, dlouhá doba latence

³¹ ULLMANN, V. *Jaderná a radiační fyzika*. 1. vyd. Ostrava : Ostravská univerzita, 2009. 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.

³² KLENER, Pavel. *Vnitřní lékařství*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha : Karolinum, 2006. 1158 s. ISBN 80-246-1252-6.

³³ ULLMANN, V. *Jaderná a radiační fyzika*. 1. vyd. Ostrava : Ostravská univerzita, 2009. 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.

U deterministických (nestochastických) účinků roste poškození s růstem obdržené dávky záření. Tyto účinky lze vyloučit, není-li u daného organismu překročena určitá (pro daný účinek specifická) prahová hodnota. Do této skupiny patří akutní nemoc z ozáření, akutní a chronické poškození kůže, poškození gonád, poškození plodu v těle matky a katarakta (obr. 3.2 a, b). S ohledem na existenci dávkového prahu jsou tyto účinky z hlediska času zpravidla akutní, výjimkou je například katarakta. Pokles počtu buněk se stoupající dávkou zpočátku nezpůsobuje v ozařované tkáni žádné funkční potíže, teprve při vyšších dávkách vede deficit buněk k somatickým projevům. Každá tkáň má obecně jinou prahovou dávku projevu deterministických účinků, závislou na radiosenzitivitě buněk a funkční rezervě v tkáni (kůže 3 Gy, plíce 5 Gy, spermie 0,3 Gy, oční čočka 1,5 Gy, vyvíjející se zárodek in utero 0,1 Gy).^[34]

Obr. 3.2 a), b) Deterministické účinky

a) radiační katarakta



b) radiační dermatitida



Stochastické účinky jsou druhým typem významných biologických změn v důsledku ozáření, jakákoli míra ozáření má nenulovou pravděpodobnost vzniku biologických změn. Příkladem jsou nádory indukované ozářením a genetické změny (obr. 3.3 a, b, c) projevující se u následujících generací. Pro tyto účinky platí, že s rostoucí efektivní dávkou neroste závažnost poškození, ale roste pravděpodobnost výskytu poškození. Tyto účinky nemají charakteristický klinický obraz (tj. nelze rozeznat, zda účinek vznikl ozářením nebo jiným

³⁴ BUCHANCOVÁ, J. a kol. *Pracovní lékařstvo a toxikologie*. Martin : Osveta, 2003. 1133 s. ISBN 80-8063-113-1.

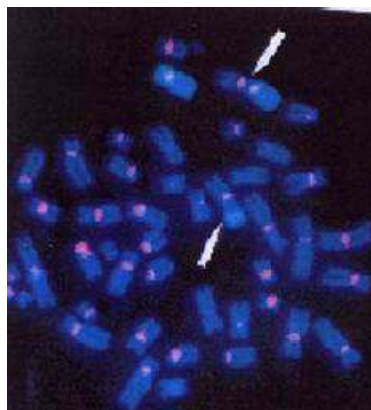
vlivem). U těchto účinků nezáleží na tom, zda byl organismus ozářen jednorázově či protražovaně.

Obr. 3.3 Stochastické účinky a), b), c)

a) nádorové onemocnění

b) translokace chromozomů

c) aberace chromozomů



Nejrozsáhlejším zdrojem údajů o biologických účincích záření jsou zneužití jaderných sil v Hirošimě (1945) a Nagasaki (1945), radiační havárie v Černobylu (1986) a Tokai Muře (1999). Při těchto událostech bylo mnoho osob ozářeno různými dávkami záření, včetně velmi vysokých a letálních dávek. Úplný kritický přehled uvádí v dokumentech Vědecký výbor Spojených národů pro účinky atomového záření (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR). Další údaje byly získány sledováním rozsáhlých souborů pacientů ozářených při medicínských terapeutických a diagnostických aplikacích, skupiny profesionálně ozářených radiologů a skupiny profesionálně ozářených horníků uranových dolů. Společným znakem většiny studií o biologických účincích ionizujícího záření je to, že se jedná o střední a vysoké dávky záření (od několika desetin Sv až do mnoha desítek Sv). Pro tyto hodnoty lze sestavit vcelku objektivní závislost mezi hodnotou dávky a biologickými účinky.^[35]

V oblasti malých dávek byly provedeny experimentální studie na buněčných kulturách, nižších organismech a pokusných zvířatech (krysách). Na základě těchto experimentálních studií vznikl názor, že přiměřené množství poruch vyvolaných malou dávkou záření může v organismu iniciovat a stimulovat reparační mechanismy na úrovni chromozomů, které nejenže opraví radiační poruchy, ale i jiné defekty. Podle těchto názorů

³⁵ *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

(dosud však též spolehlivě neprokázaných) by malé dávky záření mohly být pro organismus dokonce prospěšné. Co se týká dávek na úrovni desítek mSv, chybí spolehlivé údaje.^[36] Schází zde průkaz kauzální zákonitosti a možnost nezvratného důkazu zastírá expozice malými dávkami v občanském prostředí. U stochastických bezprahových účinků (nádory a genetické změny) je průkaz souvislosti s ozářením ještě složitější. Nádory a geneticky podmíněné odchylky se vyskytují i u osob a populačních skupin, které nebyly nadměrně ozářeny. I když dnes víme o schopnosti ionizujícího záření nádor vyvolat, nemůžeme u žádné jednotlivé nadměrně ozářené a nádorem postižené osoby s určitostí konstatovat, že právě v jejím případě jde o následek ozářením a nikoli o onemocnění spontánně vzniklé. Studie Radiation report on Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation 2006 uvádí, že neexistuje tak nízká dávka radioaktivního záření, aby mohla být považována za bezpečnou.^[37] S prohlubujícími se znalostmi o účincích ionizujícího záření, „bezpečné“ úrovně ozářením se postupně snižují a vedou k diskusím o efektu velmi malých dávek vzhledem k stochastickým účinkům.

Z poznatků o radiační kancerogenezi a genetických změnách v důsledku ozářením osob byly odvozeny koeficienty rizika vztažené k újmě, a to jak pro obecnou populaci, tak pro radiační pracovníky. Koeficienty rizika jsou uvedeny v mezinárodním doporučení ICRP, publikaci 103.^[38, 39] Průměrný koeficient rizika vzniku radiačně indukovaného maligního onemocnění se odhaduje na $0,005 \text{ Sv}^{-1}$ (tj. pokud 1000 osob obdrží dávku 1 Sv, lze očekávat, že u 5 z nich to vyvolá fatální zhoubný nádor). Tento koeficient byl pro pracovníky se zdroji ionizujícího záření stanoven na $400 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$. To znamená, že při ozářením 10 000 osob (tj. každé z nich) efektivní dávkou 1 Sv, zemře pravděpodobně 400 z nich na rakovinu z ozářením.

³⁶ ŽÁČKOVÁ, Hana. Ionizující záření a míra rizika. *Rentgen Bulletin*. Zář 2009. s. 3-4, 4-5.

³⁷ *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation : BEIR VII-Phase 2* [online]. Washington : The National Academic Press, 2006 [cit. 2010-01-15]. 385 s. Dostupné z www: <http://http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=11340>. ISBN: 978-0-309-09156-5.

³⁸ *Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007* : publikace 103. Praha : Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2009. 276 s. Publikace ICRP ; vol. 37, no. 2-4/2007. ISBN 978-80-254-5829-7.

³⁹ PROUZA, Z. *Principy radiační ochrany – bezpečnost a ochrana zdraví při práci*. In BOZPinfo [online]. 25.02.2008 [cit. 2010-06-012]. Dostupné z www: <<http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tema-tydne/robozp08.html>>.

Pokud je tedy osoba ozářena efektivní dávkou 1 Sv, má 4% pravděpodobnost, že zemře na maligní onemocnění vyvolané ionizujícím zářením.

3.4. Systém péče o pracovníky v riziku ionizujícího záření

Péče o pracovníky v riziku ionizujícího záření zahrnuje komplex prvků, jejichž hlavním cílem je ochrana zdraví s důrazem na prevenci v souvislosti s ekonomickými a sociálními hledisky.^[40] Zahrnuje prvky obligatorní a neobligatorní ve smyslu zákonného plnění.

3.4.1 Obligatorní péče

Obligatorní prvky péče (zákonné, povinné) mají zajistit optimální úroveň bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci s ohledem na rizika možného ohrožení jejich života a zdraví. Z všeobecného pohledu jde o oblast bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, která tvoří základní prvky k omezení rizik a prevenci úrazů. Konkrétně se jedná o radiační ochranu, lékařskou preventivní péči a některé prvky z oblasti personální a mzdové politiky.

Radiační ochrana představuje především systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně životního prostředí a k zabezpečení dostatečné úrovně ochrany při pozitivním přínosu plynoucím z využití zdrojů IZ. Cílem je vyloučení deterministických účinků a snížení pravděpodobnosti vzniku stochastickým účinků na míru přijatelnou pro jednotlivce a společnost. K naplňování cílů radiační ochrany slouží základní principy: princip zdůvodnění, princip optimalizace, princip limitování a princip zajištění zdrojů.

Konkrétní nástroje představují ochranné prostředky, systém monitorování a režimová opatření.^[41] K ochraně radiačních pracovníků před zářením slouží celá škála ochranných prostředků. Výběr a použití je dáno druhem záření a jeho fyzikálními charakteristikami. K základním patří obecné osobní ochranné prostředky jako je ochranný oděv a gumové

⁴⁰ HRNČÍŘ, E. 27. mezinárodní kongres o zdraví pracujících Brazílie, Foz do Iguassu 23.-28. února 2003.

Pracovní lékařství, 2003, roč. 55, č. 3, 131-132 s. ISSN 0032-6291.

⁴¹ *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

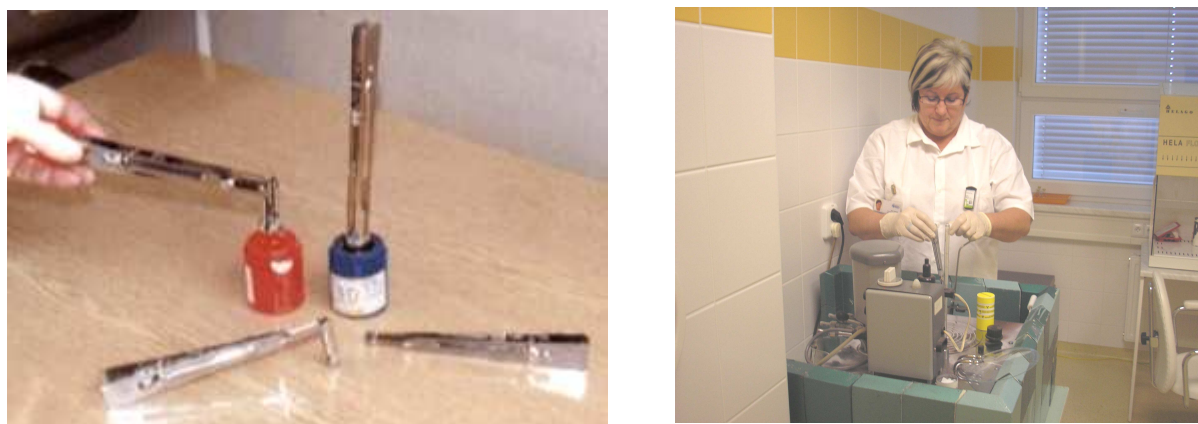
rukavice. Speciální ochranu poskytují prostředky se stínící schopností jako jsou zástěry, límce, brýle a rukavice (obr. 3.4).

Obr. 3.4 Osobní ochranné prostředky se stínící schopností



Dalšími používanými ochrannými prostředky jsou pinzety a kleště (obr. 3.5) k oddálení od zdroje záření a stínící ochranné obaly a kontejnery (obr. 3.6).

Obr. 3.5 Nástroje k oddálení od zdroje záření



Obr. 3.6 Stínící ochranné obaly a kontejnery





Komplexnost ochrany je dosažena kombinací různých druhů ochranných prostředků s využitím digestoří s laminárním prouděním vzduchu, závěsů rentgenových souprav, mobilních zástěn, stoliček, pomůcek z olovnaté gummy a stavebních materiálů jako jsou stěny s barytovou omítkou, betonem, železobetonem, barytobetonem, olověná skla, dveře a bariéry se stínícím ekvivalentem (obr. 3.7).

Obr. 3.7 Ostatní ochranné prostředky a) zařízení pro generátory záření, b) digestoř s laminárním prouděním vzduchu, c) olověná skla, d) závěsy rentgenových souprav, e) mobilní zástěna

a)



b)



c)



d)



e)



Podstatným předpokladem radiační ochrany je monitorování, registrování a hodnocení expozičních radiačních pracovníků. Slouží jednak ke kontrole účinnosti ochranné soustavy a s tím spojené kontrole ozáření pracovníků a dále k odkrývání mimořádných situací na pracovišti. Každé pracoviště se zdroji ionizujícího záření má vypracovaný program monitorování, který je podmínkou schválení nakládání se zdroji IZ, zahrnující jak program vlastního měření, tak způsoby vyhodnocování výsledků měření a opatření při překročení limitů (tab. 3.3).

Tab. 3.3 Limity stanovené vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů

Sledovaný parametr (v mSv)	Limity (v mSv)		
	Obecné	Pro radiační pracovníky	Pro učně a studenty
Efektivní dávka za rok	1	50	6
Efektivní dávka za 5 za sebou následujících let	-	100	-
Ekvivalentní dávka v oční čočce za rok	15	150	50
Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže za rok	50	500	150
Ekvivalentní dávka na ruce od prstů po předloktí a na nohy od chodidel po kotníky za rok	-	500	150

Režimová opatření spočívají v kategorizaci pracovišť, tj. ve vymezení sledovaných a kontrolovaných pásem a kategorizaci pracovníků, tj. zařazení radiačních pracovníků do kategorie A a kategorie B. K dalším režimovým opatřením patří: organizace práce, stavební a provozní uspořádání, povolení k nakládání se ZIZ, vybavení dálkovými dorozumívacími

zařízeními (kamery, mikrofony, monitory), bezpečnostní zajišťovací prvky (centrální vypínače, symboly, světla, nápisy, automatické zavírání dveří) a další (obr. 3.8).

Obr. 3.8 Ochranné zabezpečovací prvky



Zdravotní péče ve smyslu pracovně lékařské péče spočívá v preventivních prohlídkách, hodnocení podkladů při poškození zdraví, poskytování pomoci při radiačních nehodách a poskytování poradenské činnosti. Preventivní program je založen na všeobecných principech pracovního lékařství, kterými se obecně řídí ochrana zdraví při práci. Pracovně lékařskou preventivní péči pro zaměstnance je povinen zajistit podle zákona č. 20/1966 Sb. o péči o zdraví lidu, v platném znění a zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce, v platném znění, každý zaměstnavatel. Zásady jejího poskytování vyplývají z Úmluvy Mezinárodní organizace práce, MOP č. 155/1981, o bezpečnosti a zdraví pracovníků a o pracovním prostředí (vyhláška č. 20/1989 Sb.), Úmluvy MOP č. 161/1985, o závodních zdravotních službách (vyhláška č. 145/1988 Sb.) a řídí se Směrnicí Rady ES č. 89/391/EHS, o provádění opatření ke zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Provozovatel ZIZ je tedy povinen zajistit u radiačních pracovníků preventivní lékařské prohlídky (vstupní, periodické a výstupní, popř. mimořádné a následné). Odborná náplň prohlídek se řídí jejich účelem, povahou práce a pracovního prostředí. Četnost preventivních prohlídek a posuzování zdravotní způsobilosti stanovují další právní předpisy. Přestože skutečná úroveň ozáření pracovníků z kontrolovaných zdrojů je velmi nízká, dochází ročně k posouzení několika případů onemocnění, o kterých se postižený nebo jeho ošetřující lékař domnívá, že jsou důsledkem působení IZ v pracovním prostředí. I když podle závěrů řízení je jen malá část klasifikována jako nemoc z povolání, rozvíjí se rozsáhlá agenda, zejména když se navrhovatelé domáhají posouzení návrhu u soudu a při neúspěchu se odvolávají k vyšší instanci. Podle SÚJB výskyt nemocí z povolání způsobených ionizujícím zářením je sporadický, od roku 1991 – 2009 se

jednalo o 17 případů (15 případů radiační dermatitidy, 1 případ rakoviny kůže a 1 případ radiační katarakty).^[42, 43]

Nakládání se ZIZ patří v současnosti k jedné z nejlépe zabezpečených lidských činností, nelze však vyloučit vznik nehody nebo dokonce havárie, spojené s neplánovaným ozářením lidí.^[44] Podle Turaia a Veresa (2001) každá osmá akutní registrovaná radiační nehoda souvisí s aplikací IZ v medicíně.^[45]

Na zajišťování úkolů spojených s neplánovaným ozářením se podílí složky Ministerstva zdravotnictví, které udržují personální a materiální připravenost vybraných subjektů k této speciální činnosti ve smyslu zákona č. 18/1997 Sb., atomový zákon, v platném znění a Směrnice Rady č. 96/29/EURATOM, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy na ochranu zdraví pracovníků a obyvatelstva před riziky vyplývajícími z ionizujícího záření. Koordinaci zajišťuje SÚJB ve smyslu zprostředkování signálu o nehodě s návazností na organizaci a koordinaci zdravotnické pomoci.^[46] Lékařské ošetření na základní úrovni poskytuje pracovně lékařská služba, popřípadě jiný přivolaný lékař. Ve všech případech, kde se podle dávkových odhadů očekává rozvoj akutních projevů poškození záření, je třeba konzultovat specializovaná pracoviště a postižené hospitalizovat. V současné době mají Střediska speciální zdravotní péče o osoby ozářené při radiačních nehodách přesně vymezené indikace i kapacitu pro příjem a poskytování specializované péče ozářeným osobám (Klinika popálenin FN na Královských Vinohradech, Kliniky nemocí z povolání Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, Oddělení klinické hematologie Fakultní nemocnice v Hradci Králové a Oddělení lékařské genetiky Fakultní Thomayerovy nemocnice

⁴² FENCLOVÁ, Z.; URBAN, P.; PETROVÁ, K. Nemoci u povolání způsobené ionizujícím zářením u zdravotníků v České republice v letech 1974-1997. *Pracovní lékařství*, 1999, roč. 51, č. 4, s. 172-175. ISSN 0032-6291.

⁴³ *Výroční správy SÚJB 1992 -2009* [online]. Praha : SÚJB, 1992 – 2009. [cit. 2010-12-05] Dostupné z [www: <http://www.sujb.cz/?c_id=215>](http://www.sujb.cz/?c_id=215).

⁴⁴ *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření : sborník učebních textů*. Ostrava : Dům techniky Ostrava, 2003. 255 s. ISBN 80-02-01529-0.

⁴⁵ TURAI, I.; VERESS, K. Radiation accidents: occurrence, types, consequences, medical management, and the lessons to be learned. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2001, vol. 7, no. 1. s. 3-14.

⁴⁶ *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

s poliklinikou v Praze).^[47, 48, 49] V rámci oboru své působnosti jsou metodickými centry pro problematiku zdravotní péče o ozářené a poskytují konzultační a přednáškovou činnost pro ostatní zdravotnická zařízení a organizace využívající při své činnosti jadernou energii nebo ionizující záření. Česká republika má možnost využít i služeb Mezinárodního konzultačního centra WHO v Ženevě a IAEA ve Vídni, popřípadě požádat o pomoc další pracoviště.^[50, 51]

Předpokladem k správnému provozování zdrojů IZ je odborná kompetence všech pracovníků, kteří nakládají se zdroji IZ, tj. potřebné znalosti a odpovídající výcvik v radiační ochraně. Jejich počet a struktura se odvíjí od druhů a počtu provozovaných zdrojů IZ a popisu pracovních míst. Kvalifikace zaměstnanců je dána legislativně zákonem č. 95/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání odborné způsobilosti a specializované způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání lékaře, zubního lékaře a farmaceuta a zákonem č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních) a zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany musí být vykonávány osobami, které získaly zvláštní odbornou způsobilost. Podmínky získání této zvláštní odborné způsobilosti a výčet činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany jsou uvedeny ve vyhlášce č. 146/1997 Sb., kterou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované

⁴⁷ Česko. Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Zřízení středisek speciální zdravotní péče o osoby ozářené při radiačních nehodách. In *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*. Prosinec 2003, částka 12, s. 2. ISSN 1211-0868.

⁴⁸ *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření : sborník učebních textů*. Ostrava : Dům techniky Ostrava, 2003. 255 s. ISBN 80-02-01529-0.

⁴⁹ FENCLOVÁ, Z.; PELCLOVÁ, D.; LEBEDOVÁ, J. Systém zajištění lékařské péče o ozářené osoby v České republice. *Praktický Lékař*. 2002, roč. 82, č. 9, s. 548-551. ISSN 0032-6739.

⁵⁰ *Diagnosis and Treatment of radiation Injuries* [online]. Vienna : International Atomic Energy Agency, 1998. [cit. 2009-05-05]. 49 s. Safety Reports Series No 2. Dostupné z www: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P040_scr.pdf> ISBN 92-0-100498-2.

⁵¹ *Planning the Medical Response to Radiological Accidents*. Vienna : International Atomic Energy Agency , 1998. 31 s. Safety reports series, ISSN 0020-6450; no.4. ISBN 92-0-102598-X.

dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků, která je jedním z prováděcích předpisů AZ. Rovněž jsou v ní držitelé povolení k nakládání se ZIZ stanoveny základní povinnosti v zajištění vnitřní kontroly. Držitel povolení k nakládání se ZIZ smí provádět stanovené činnosti pouze prostřednictvím osob se zvláštní odbornou způsobilostí (jedná se o osoby dohlížející nad zdroji IZ a osoby s přímou odpovědností za radiační ochranu). Všichni radiační pracovníci musí prokazovat způsobilost pro práci v riziku záření absolvováním pravidelných odborných školení s ověřením znalostí o radiační ochraně, vnitřních předpisech pracoviště a havarijní připravenosti. Školení je prováděno vždy před zahájením práce na pracovišti a opakovaně 1x ročně.^[52]

Radiačním pracovníkům kategorie A a B přísluší dodatková dovolená v délce jednoho týdne za kalendářní rok. Práce v riziku ionizujícího záření je uznána jako práce v prostředí, kde jsou zaměstnanci vystaveni účinkům ztěžujících vlivů. To je rozhodujícím důvodem pro platovou kompenzaci se záměrem snížit účinky ztěžujících vlivů např. používáním příslušných ochranných pomůcek, podřízením se režimu bezpečnostních přestávek nebo respektováním mimořádných požadavků na osobní hygienu. Zaměstnancům náleží příplatek za ztížené pracovní prostředí podle zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce, v platném znění. Ztížené pracovní podmínky definuje nařízení vlády č. 567/2006 Sb., o minimální mzdě, o nejnižších úrovních zaručené mzdy, o vymezení ztíženého pracovního prostředí a o výši příplatku ke mzdě za práci ve ztíženém pracovním prostředí, v platném znění (§ 6, ods. 2, písm. j), za radiační činnosti vykonávané v kontrolovaném pásmu pracovníky kategorie A). Výše příplatků za práci ve ztíženém pracovním prostředí stanoví nařízení vlády č. 564/2006 Sb., o platových poměrech zaměstnanců ve veřejných službách a správě, v rozpětí 400 až 1 400 Kč měsíčně. O konkrétní výši rozhoduje zaměstnavatel podle míry rizika, intenzity a doby působení ztěžujících vlivů.

3.4.2 Neobligatorní péče

Nadstandardní prvky jsou nepovinné, hrazené zaměstnavatelem, mají charakter zaměstnaneckých výhod (zaměstnanecké výhody – employee benefits) a jsou v rámci sociální politiky instituce zařazovány do programů péče o zaměstnance. Ve prospěch péče o pracovníky hovoří argumenty společenské i ekonomické, především pozitivní ovlivnění

⁵² *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

zdraví, postojů a vztahů mezi zaměstnavatelem a zaměstnanci, motivace k práci, zlepšování loajality a pověsti firmy, růst produktivity, oddanost pracovníků, udržení klíčových zaměstnanců.^[53] Uplatnění zaměstnaneckých výhod je výrazem prosperity, stability a kultury instituce, zájmu managementu a vyjednávací síly odborových organizací. Existuje široká škála výhod, které se mohou různě kombinovat, aby vytvářely optimální pracovní a sociální podmínky. Mezi ně patří vzdělávání, nadstandardní zdravotní péče, finanční benefity, rekreace, sport, kultura, stravování, doprava, sladování profesního a rodinného života, bydlení, prodej výrobků a služeb, dovolená, odměny, dary a sociální výpomoci, pracovní podmínky a další.^[54]

3.4.3 Ekonomické hledisko

Z pohledu úhrad můžeme péči o zdraví zaměstnanců rozdělit do dvou skupin. Jedná se o péči hrazenou ze všeobecného zdravotního pojištění a péči hrazenou zaměstnavatelem.

Ze všeobecného zdravotního pojištění podle zákona č. 48/1997 Sb., o veřejném zdravotním pojištění a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, v platném znění, je hrazen okruh výkonů závodní preventivní péče, která zahrnuje: zdravotní výkony provedené v rámci první pomoci; periodické preventivní prohlídky zaměstnanců vykonávajících činnosti epidemiologicky závažné; zaměstnanců na rizikových pracovištích; zaměstnanců jejichž činnost může ohrozit zdraví ostatních zaměstnanců nebo jiných osob; a zaměstnanců, u nichž je vyžadována zvláštní zdravotní způsobilost; mimořádné prohlídky nařízené ze zdravotních důvodů; dispenzární prohlídky osob s hlášenou nemocí z povolání a osob, u kterých vlivy pracovních rizik působí i po ukončení expozice riziku a odborná vyšetření a diagnostické zkoušky provedené v rámci preventivních prohlídek. Součástí úhrady jsou rovněž náklady na odborná vyšetření a diagnostické zkoušky v rámci preventivních prohlídek prováděné v rámci opatření proti přenosným nemocem, posuzování dočasné neschopnosti k práci a očkování podle vyhlášky č. 537/2006 Sb., o očkování proti přenosným nemocem.^[55]

⁵³ ARMSTRONG, M. *Personální management*. Praha : Grada Publishing,, 1999. 963 s. ISBN 80-7169-614-5.

⁵⁴ AMBROSOVÁ, H.; ČORNEJOVÁ, H.; LEŠTINSKÁ, V. *Abeceda personalisty*. 1. vyd. Praha : ANAG, 2007. 287 s. ISBN 978-80-7263-395-1.

⁵⁵ KUKLOVÁ, D.; ŠUBRT, B. *Povinnosti zaměstnavatele v oblasti zdravotní péče o zaměstnance*. 2., podstatně přeprac. vyd. Praha : Anag, 2002. 351 s. ISBN 80-7263-127-6.

Zaměstnavatelem jsou hrazeny v rámci závodní preventivní péče vstupní prohlídky, řadové prohlídky, výstupní prohlídky, prohlídky zaměstnanců pracujících v noci a prohlídky mladistvých zaměstnanců. Zaměstnavatel rovněž hradí vystavení lékařského posudku o zdravotní způsobilosti k práci. Služby zařízení závodní preventivní péče a lékařské prohlídky, které patří do rozsahu této péče a nejsou hrazeny ze všeobecného zdravotního pojištění, jsou zahrnovány do daňových výdajů (nákladů) zaměstnavatele.^[56]

V rámci zajištění bezpečnosti práce a pracovních podmínek hradí zaměstnavatel veškeré prostředky, aby splnil zákonnou povinnost a zajistil bezpečné a zdravé neohrožující pracovní prostředí a pracovní podmínky. V praxi to představuje investice do školení a výcviku zaměstnanců, do osobních a ostatních ochranných prostředků, vybavení pracovišť ve smyslu hygienických požadavků např. požadavky na tepelnou, světelnou a prostorovou pohodu a další. Tyto prostředky jsou provozním nákladem a jsou zahrnuty do daňových výdajů (nákladů) zaměstnavatele.

Investice do zaměstnaneckých výhod (benefitů) může zaměstnavatel hradit třemi způsoby, ze zisku po zdanění, z nedaňových výdajů (náklady) nebo z prostředků fondu kulturních a sociálních potřeb (FKSP)^[57] v souladu s vyhláškou č. 114/2002 o fondu kulturních a sociálních potřeb.^[58]

Investice do péče o zdraví zaměstnanců jsou z dlouhodobého hlediska jednoznačně ekonomickým přínosem. Zlepšení pracovních podmínek podporuje zdravotní potenciál pracující populace, a tak náklady na tuto péči postupně klesají. Naopak dlouhodobé nevhodné pracovní podmínky se časem projeví zvýšenou nemocností a ekonomickými ztrátami tam, kde není věnována dostatečná pozornost péči o zdraví. Vynaložené prostředky mají přitom jasnou

⁵⁶ KUKLOVÁ, D.; ŠUBRT, B. *Povinnosti zaměstnavatele v oblasti zdravotní péče o zaměstnance*. 2., podstatně přeprac. vyd. Praha : Anag, 2002. 351 s. ISBN 80-7263-127-6.

⁵⁷ AMBROSOVÁ, H.; ČORNEJOVÁ, H.; LEŠTINSKÁ, V. *Abeceda personalisty*. Anag : Praha, 2007. 129-134 s. ISBN 978-80-7263-395-1.

⁵⁸ Česko. Vyhláška Ministerstva financí ze dne 1.května 2002 o fondu kulturních a sociálních potřeb. In *Sbírka zákonů*. Česká republika. 2002, částka 51, s. 3014-3017.

návratnost v oblasti práce: schopnosti, spokojenosti a stabilizaci zaměstnanců, a tím i v produktivitě práce.

3.5 Mezinárodní a národní infrastruktura v oblasti ochrany zdraví při využívání zdrojů ionizujícího záření

V utváření koncepce v oblasti ochrany před ionizujícím zářením sehrála významnou roli celá řada organizací s mezinárodní působností, které různými formami základních dokumentů a mezinárodních doporučení ovlivňují a usměrňují ochranu před zářením. **Organizace spojených národů (OSN)** prostřednictvím **Vědeckého výboru pro účinky atomárního záření (UNSCEAR)** vydává zprávy s hodnocením aktuálních informací o stavu ozáření obyvatelstva z různých zdrojů a o biologických účincích ionizujícího záření. **Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu (ICRP)** na základě analýzy aktuálních poznatků o působení záření na člověka a zobecnění poznatků z praxe hodnotí riziko ozáření a realizaci radiační ochrany.

Problematice se postupně věnovaly i další světové či regionální vládní organizace: Světová zdravotnické organizace (WHO), Mezinárodní organizace práce (ILO) Organizace pro potraviny a zemědělství (FAO), Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA), Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD), kterých se problematika ionizujícího záření dotýkala.^[59] Jejich činnost a publikace představují významnou pomoc jednotlivým státům. V současné době je takovým dokumentem Mezinárodní základní standard ochrany před zářením a bezpečnosti zdrojů záření (International Basic Safety Standards 1996).^[60] Obsah dokumentu slouží jako základ pro tvorbu národních a regionálních předpisů. Je závazný pro členské státy a jen pro činnosti vykonávané ve spolupráci s mezinárodními organizacemi. Daleko vyšší stupeň závaznosti pro legislativu i praxi v dané oblasti v členských státech nesou dekrety Evropské unie, jež v podstatné míře respektují Doporučení ICRP i mezinárodní standardy, a které vycházejí i z dlouhodobé činnosti organizace Euratom (Evropské společenství pro atomovou energii).^[61] V základních

⁵⁹ HRNČÍŘ, E. 27. mezinárodní kongres o zdraví pracujících Brazílie, Foz do Iguassu 23.-28. února 2003. *Pracovní lékařství*, 2003, roč. 55, č. 3, 131-132 s. ISSN 0032-6291.

⁶⁰ *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*. [Vienna], International Atomic Energy Agency, 1996. 553 s. ISBN 978-9201042958.

⁶¹ *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

dokumentech mezinárodních organizací je vedle filosofie a principů radiační hygieny zdůrazněna povinnost států vybudovat nezbytnou infrastrukturu pro zajištění bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření.^[62]

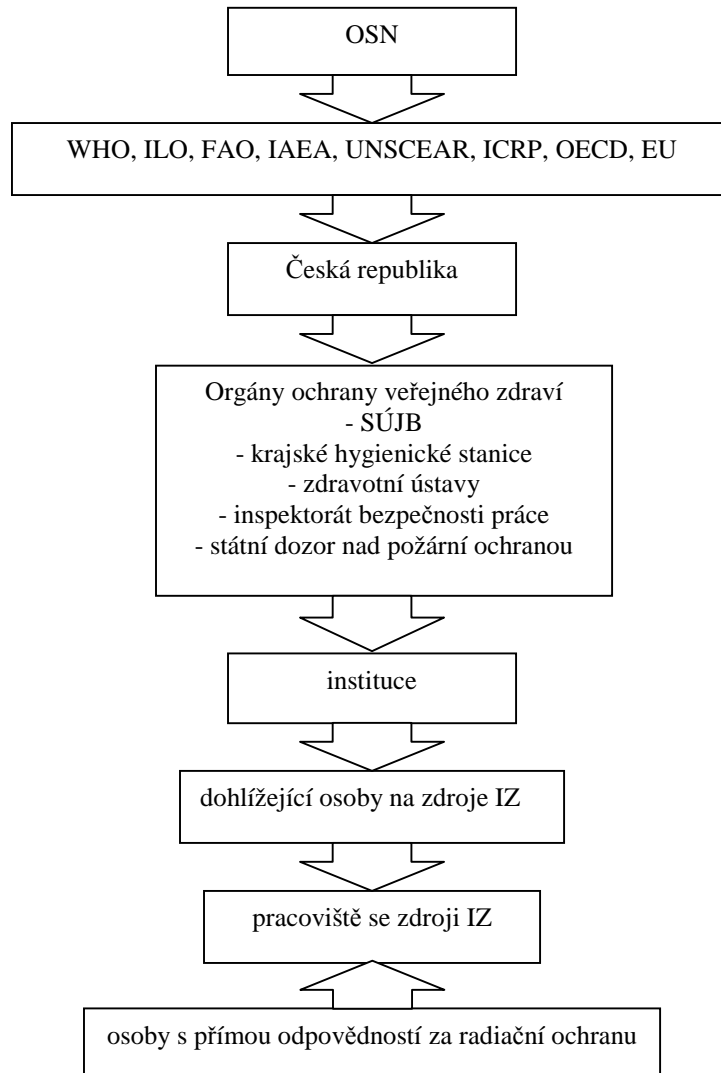
Národní infrastruktura ČR respektuje doporučení mezinárodních organizací a je tvořena v souladu s legislativou EU (obr. 3.9). Legislativní základ tvoří zákon č.18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), ve znění pozdějších předpisů a jeho prováděcích vyhlášek.^[63] Právní podstata ochrany zdraví lidí v zaměstnání vychází ze základních dokumentů - zákona č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce ve znění pozdějších právních předpisů. Systém představuje řadu složek, které se podílejí na vykonávání státního dozoru, řízení, zajištění a kontroly zdrojů IZ a zároveň zajištění ochrany zdraví osob i prostředí. Systém je hierarchicky uspořádán od kompetencí a odpovědností státu až k provozovatelům zdrojů ionizujícího záření. Eminentní postavení zaujímá stát reprezentovaný Státním úřadem pro jadernou bezpečnost a dalšími složkami, které se podílejí různou měrou na řízení a plnění úkolů v této oblasti. Každý provozovatel zdrojů ionizujícího záření si podle kvalifikace ZIZ a povahy práce zřizuje soustavný dohled nad radiační ochranou pověřením osob dohlížejících na zdroje ionizujícího záření a osob s přímou odpovědností za dodržování radiační ochrany, které zajišťují a plní povinnosti směrem k radiačním pracovníkům.^[64]

⁶² DRÁBOVÁ, D. *Historie radiační ochrany ČR*. Praha : Státní ústav radiační ochrany, 2006. 83 s. ISBN 80-239-6594-8.

⁶³ Česko. Zákon č.18 ze dne 26. února 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, částka 5, s. 82-106. ISSN 1211-1244.

⁶⁴ Česko. Vyhláška č.307 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 12. července 2002 o radiační ochraně. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2002, částka 113, s. 6362-6540. ISSN 1211-1244.

Obr. 3.9 Schéma infrastruktury řízení v oblasti využívání jaderné energie



4 Metodika zpracování

Studie je obsahově členěna na dvě části, teoretickou a empirickou. Teoretická část shrnuje základní vědecké poznatky, vztahující se k tématu práce, aby poskytly vypovídajícím způsobem obraz o současném stavu problematiky. Vycházejí z aktuálních vědeckých pramenů, odborné literatury a rešerší a jsou přehledně zpracovány do tématických celků, které vystihují značnou odbornou členitost. V dalších kapitolách jsou uvedeny charakteristické základní pojmy, vývoj a současný stav péče o zdraví zaměstnanců, účinky záření na člověka a systém řízení a organizace v kontextu s rizikovým faktorem ionizující záření.

Empirická část je primárně zaměřena na zhodnocení stavu péče o zdraví zaměstnanců v riziku ionizujícího záření a vymezení konfliktů v běžné praxi, které jsou dále analyzovány. Rozsah empirického zkoumání je vymezen oblastí zájmu, která se vztahuje k pracovníkům v riziku ionizujícího záření ve specifickém prostředí velké zdravotnické instituce (fakultní nemocnice) s širokým rozsahem poskytované péče.

V rámci formulace výzkumného problému a stanovení cílů práce proběhla přípravná fáze předvýzkumu. Cílenými rozhovory s odbornými pracovníky a zkušebním měřením byla ověřena vhodnost zamýšlených nástrojů, realizační schopnost a využitelnost výsledků v praxi. Na základě výstupů, které realizační schopnost potvrdily, byla vypracována strategie vlastního výzkumu. K dosažení stanovených cílů byla použita kombinovaná forma kvantitativního a kvalitativního výzkumu^[65, 66] Metodou volby se stala situační SWOT analýza, kterou doplňuje analýza radiační zátěže při radiačně navigované chirurgii a analýza radiační události se záměrem získání detailních informací o tomto fenoménu. Pro analýzu radiační zátěže byla zvolena technika fyzikálního měření, v případě analýzy konkrétní radiační události byla zvolena forma případové studie.

Pro zhodnocení aktuálního stavu řešené problematiky a formulování strategie rozvoje byla zvolena metoda SWOT analýzy (obr. 4.1).^[67] Podle okruhu zkoumání a významnosti

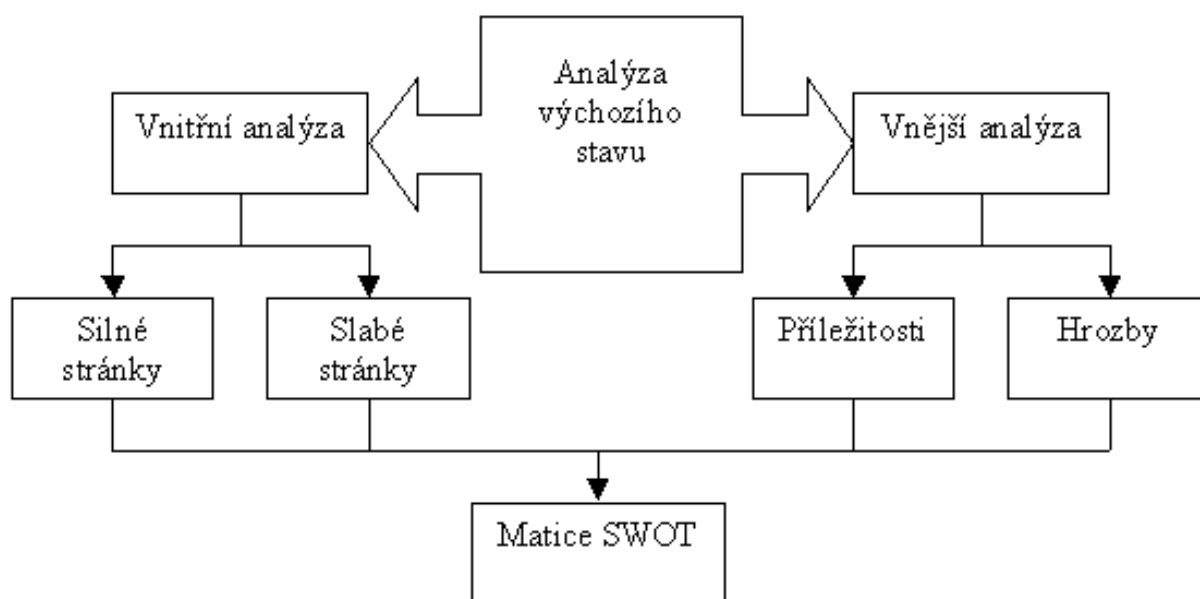
⁶⁵ PUNCH, K. F. *Úspěšný návrh výzkumu*. 1. vyd. Praha : Portál, 2008. 230 s. ISBN 978-80 7367-468-7.

⁶⁶ STRAUSS, A.; CORBINOVÁ, J. *Základy kvalitativního výzkumu*. Brno : Sdružení podané ruce, 1999. 194 s. ISBN 80-85834-60-X.

⁶⁷ GRASSEOVÁ, M. Využití SWOT analýzy pro dlouhodobé plánování. *Obrana a strategie*. 2006, roč. 6, č. 2, s. 48 – 55. ISSN 1214-6463.

jednotlivých faktorů jsou systematicky seřazeny a přeneseny do matice čtyř základních skupin silných (Strengths) a slabých (Weaknesses) stránek, které představují analýzu vnitřních faktorů, příležitostí (Opportunities) a ohrožení (Threats), které představují analýzu faktorů vnějších.^[68, 69, 70] Konfrontace vzájemné interakce jednotlivých faktorů silných a slabých stránek vůči příležitostem a nebezpečím umožní získání kvalitativních informací, které přispějí k posouzení současného stavu.

Obr. 4.1 Základní rámec SWOT analýzy



Východiskem byl aktuální stav poskytované péče o zdraví zaměstnanců pracujících v riziku ionizujícího záření ve zdravotnické instituci. Předmětem analýzy je oblast péče o zdraví, tj. radiační ochrana, zdravotní péče a ostatní péče včetně nadstandardní péče, personální a mzdové politiky. Vlastní analýza spočívá ve výběru faktorů, které významně ovlivňují nebo mohou ovlivnit zdraví zaměstnanců. Každý faktor je ohodnocen z hlediska jeho pozitivního, respektive negativního vlivu a zařazen z hlediska závažnosti.

Pro konkretizaci jsou záměrným výběrem zvoleny dva faktory (radiační události a radiačně navigovaná chirurgie), které jsou dále detailně analyzovány. Výstupem je

⁶⁸ POŠVÁŘ, Z. *Management. (Learning Package)*. Brno : B.I.B.S., 2006. 92 s.

⁶⁹ KEŘKOVSKÝ, M.; VYKYPĚL, O. *Strategické řízení. Teorie pro prax : teorie pro praxi*. 1. vyd. Praha : C.H.Beck, 2002. 172 s. ISBN 80-7179-578-X.

⁷⁰ PADĚRA, J.; VITOUŠ, M. *Úvod do problematiky strategické analýzy, tvorby strategie a její implementace ve specifickém prostředí nemocnice*. Brno : B.I.B.S., 2007, 80 s.

formulování získaných poznatků, které přispějí k formulování strategie péče o zdraví zaměstnanců v riziku ionizujícího záření. Schéma výzkumného designu zachycuje konceptuální rámec, návaznost jednotlivých kroků a časový faktor (obr. 4.2).

Radiačně navigovaná chirurgie je relativně nová metoda práce, která využívá ionizující záření z radioindikátoru k přesnému vyhledání tkáně nebo orgánu z důvodu jejich chirurgického odstranění.^[71, 72] Využívá se především k vyhledávání sentinelové uzliny (uzliny strážní, předsunuté), která je podle Cabanase první uzlinou, která drénuje lymfatický tok z primárního nádoru a je proto jako první častěji postižena metastázami.^[73] Intervence na sentinelové uzlině zahrnuje soubor postupů důležitých pro diagnostiku i stanovení komplexní léčebné strategie některých onkologických onemocnění.^[74, 75, 76, 77, 78, 79, 80] Na této metodě participují zdravotníci různých pracovišť, především onkologie, nukleární medicíny,

⁷¹ KUPKA, K.; KUBINYI, J.; ŠÁMAL, M. a kol. *Nukleární medicína: [učební text]*. Praha : P3K, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2.

⁷² BOURGEOIS, P. The sentinel LN technique. In *XLVII. Dny nukleární medicíny : kongres s mezinárodní účastí*. Havlíčkův Brod : [s.n.], 2010. s. 30-31. ISBN 978-80-254-7819-6.

⁷³ CABANAS, R. M. An approach for the treatment of penile carcinoma. *Cancer*. 1997, vol. 39, s. 456-466. ISSN 0008-543X.

⁷⁴ BETTELHEIM, R.; PRICE, K. N.; GELBER, R.D. Prognostic importance of occult axillary lymph node micrometastases from breast cancers : International (Ludwig) Breast Cancer Study Group. *Lancet*. 1990, vol. 335, s. 1565-1568. ISSN 0140-6736.

⁷⁵ BOWLES, J.; TERADA, K. Y.; COEL, M. N. Preoperative Lymphoscintigraphy in the Evaluation of Squamous Cell Cancer of the Vulva. *Clinical Nuclear Medicine*. 1999, vol 24, no. 4, s. 235-23. ISSN 0363-9762.

⁷⁶ FAIT, V.; CHRENKO, V.; PAPÍRKOVÁ, D. Biopsie sentinelové uzliny v diagnostice a léčbě zhoubných nádorů. *Zdravotnické noviny*. 2001, roč. 50, příl. Lék. Listy č. 46, s. 23-26. ISSN 0044-1996.

⁷⁷ GULEC, S. A.; ECKERT, M.; WOLTERING, E. A. Gamma Probe-Guided Lymph Node Dissection (‘Gamma Picking’) in Differentiated Thyroid Carcinoma. *Clinical Nuclear Medicine*. 2002, vol. 27, s. 859-861. ISSN 0363-9762.

⁷⁸ ELSTON, C. W.; ELLIS, I. O. Pathological prognostic factors in breast cancer. I. The value of histological grade in breast cancer: experience from a large study with long-term follow-up. *Histopathology*. 1991, vol. 19, no. 5, s. 403-410. ISSN 0309-0167.

⁷⁹ GILL, P. G.; HALL, V. E.; KIRKWOOD, I. Lymphoscintigraphy for locating the sentinel lymph node in patients with breast cancer. *Breast*. 1997, vol. 6, no. 4, s. 225. ISSN 0960-9776.

⁸⁰ NOGUCHI, M. Sentinel Lymph Node Biopsy as an Alternative to Routine Axillary Lymph Node Dissection in Breast Cancer Patients. *Journal of Surgical Oncology*. 2001, vol. 76, no. 2. s. 144-156. ISSN 0022-4790.

chirurgických oborů, patologie a další. Tito zaměstnanci, kteří většinou nejsou radiačními pracovníky a nepodléhají tedy dozimetrickému sledování, jsou vystaveni ionizujícímu záření při styku se samotným radiofarmakem, pacientem nebo tkání odebranou k histologickému vyšetření. Zavedení této metody do praxe podnítilo diskuse týkající se zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Průkaz radiační zátěže při intervencích na sentinelové uzlině byl proveden dozimetrickým měřením na záměrně vybraných pracovištích s participací na metodě sentinelové uzliny, tj. na oddělení nukleární medicíny, na operačních sálech a v ústavu patologické anatomie.

Soubor tvořilo 100 zdravotnických pracovníků, 40 lékařů, 40 všeobecných sester - instrumentářek, 10 zaměstnanců patologie a 10 radiologických asistentů.

Z prováděných výkonů se jednalo o scintigrafii lymfatické uzliny, chirurgickou intervenci s odstraněním sentinelové uzliny a její histologické vyšetření včetně zpracování vzorku tkáně. Pro měření radiační zátěže pracovníků bylo vybráno diagnostické řešení těchto diagnóz: karcinom prsu, karcinom děložního čípku a zhoubný melanom kůže, u nichž se v současné době nejvíce využívá metoda lymfatického mapování.

Zdrojem ionizujícího záření je v těchto případech otevřený zářič ^{99m}Tc - (technecistan sodný) s fyzikálním poločasem přeměny 6 hodin, aplikovaný pacientovi ve směsi s lymfotropními látkami (sulfid rhenistý, albuminum humanum, seroalbuminum humanum agregatum nebo seroalbuminum humanum colloidalis) do periferní části nádorového ložiska o malém objemu (0,1 - 0,2 ml) a aktivitě v jednom vpichu 15 - 25 MBq, celkem 60 - 100 MBq radiokoloidu.

Pro praktické provedení měření radiační zátěže byl zvolen elektronický dozimetr značky Isotrak (výrobce EMPOS^R s.r.o.), který je běžně používán pro monitorování aktuálních dávkových ekvivalentů gama záření a dávkových ekvivalentů příkonů při radiačních pracích. Fyzikální měření na principu ionizační komory a digitálního displeje, umožnilo číslicové zobrazení v reálném čase v rozsahu 1,00 μSv - 9,99 mSv.

Referenční místo pro měření radiační zátěže bylo zvoleno tak, aby dozimetr u měřené osoby dosahoval úrovně operačního nebo vyšetřovacího stolu, tj. cca 1 m nad zemí.

Radiační zátěž byla sledována za 2 - 6 hodin po aplikaci radiofarmaka (tzv. jednodenní protokol) u dvaceti chirurgů a dvaceti zdravotních sester při operační intervenci pro diagnózu zhoubný melanom kůže a karcinom děložního čípku.

Radiační zátěž byla dále měřena u dvaceti dalších chirurgů a dvaceti zdravotních sester při operační intervenci prováděné následující den za 22 hodin po aplikaci radiokoloidu (v tzv. dvoudenním protokolu) pro diagnózu karcinom prsu.

Na oddělení nukleární medicíny byla měřena radiační zátěž deseti radiologických asistentů po aplikaci radiokoloidu po dobu lymfoscintigrafie.

Na oddělení patologické anatomie bylo prováděno měření u deseti pracovníků při histopatologickém zpracování sentinelové uzliny přibližně po uplynutí 72 hodin od aplikace radiofarmaka. Výsledky měření byly porovnány s publikovanými empirickými nálezy.

Pro podrobné zachycení záměrně zvolených reprezentativních případů radiačních událostí byla zvolena metoda případové studie. Účelem je porozumět radiační události a získat o ní detailní informace. Cílem je komplexně zachytit konkrétní situaci při radiační události v kontextu pracovní reality a formou analýzy specifického jevu odkrýt teoretické vazby a pohledy, vztahy a vysvětlení. Případová studie podá podrobnou analýzu radiační události včetně okolností a příčin vzniku, jejího průběhu a zásahu při ní. Očekávaným výsledkem je vytvoření přehledného obrazu zkoumané reality, definování hlavních kritických bodů průběhu, kritické zhodnocení příčin a získání znalostí pro formulování návrhu řešení k zamezení nebo zmírnění rizika ozáření.

Pro sběr kvalitativních a kvantitativních dat je použita kombinace několika metod. Hlavní metodou bylo fyzikální měření s přímým pozorováním a studium základních dokumentů, které bylo doplněno nestrukturovanými hloubkovými rozhovory s pracovníky v riziku ionizujícího záření, odbornými pracovníky, přímými účastníky radiačních událostí a experty s praktickými zkušenostmi v analyzované oblasti. Získaná data byla systematicky

zaznamenána v deníku. V případě analýzy radiační zátěže byly měřené hodnoty přímo odečteny a zapsány do protokolu měření.

Ke statistickému hodnocení byl použit t-test na shodu střední hodnoty dvou výběrů. Pro volbu jeho odpovídající varianty byla porovnána shoda rozptylů Fischer-Snedecorovým F-testem při zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pro zpracování byl použit tabulkový procesor Excel.

Kvalita výzkumu, jeho správnost a spolehlivost byla podpořena použitím metodologického nástroje triangulace.^[81, 82] K dosažení maximální objektivity zkoumané problematiky byly kombinovány různé datové zdroje a techniky sběru dat. V rámci předvýzkumu, formou rozhovoru s experty na problematiku ionizujícího záření a zástupci managementu zdravotnické instituce, byla ověřena výpovědní hodnota zamýšlené studie a schopnost její realizace včetně zkušebního dozimetrického měření osobní radiační zátěže. Platnost a spolehlivost vlastního výzkumu je garantována podrobným popisem metodologie, použitím techniky vícezdrojových dat, záměrným výběrem souboru a zdokumentováním celého výzkumného procesu. Parametrem kontroly je pohyb výzkumníka v terénu, pravidelný kontakt s účastníky výzkumu, diskuse s externími konzultanty, kontrola výstupů analýzy dat odbornými pracovníky a porovnání výsledků kvantitativního měření s údaji v literatuře.

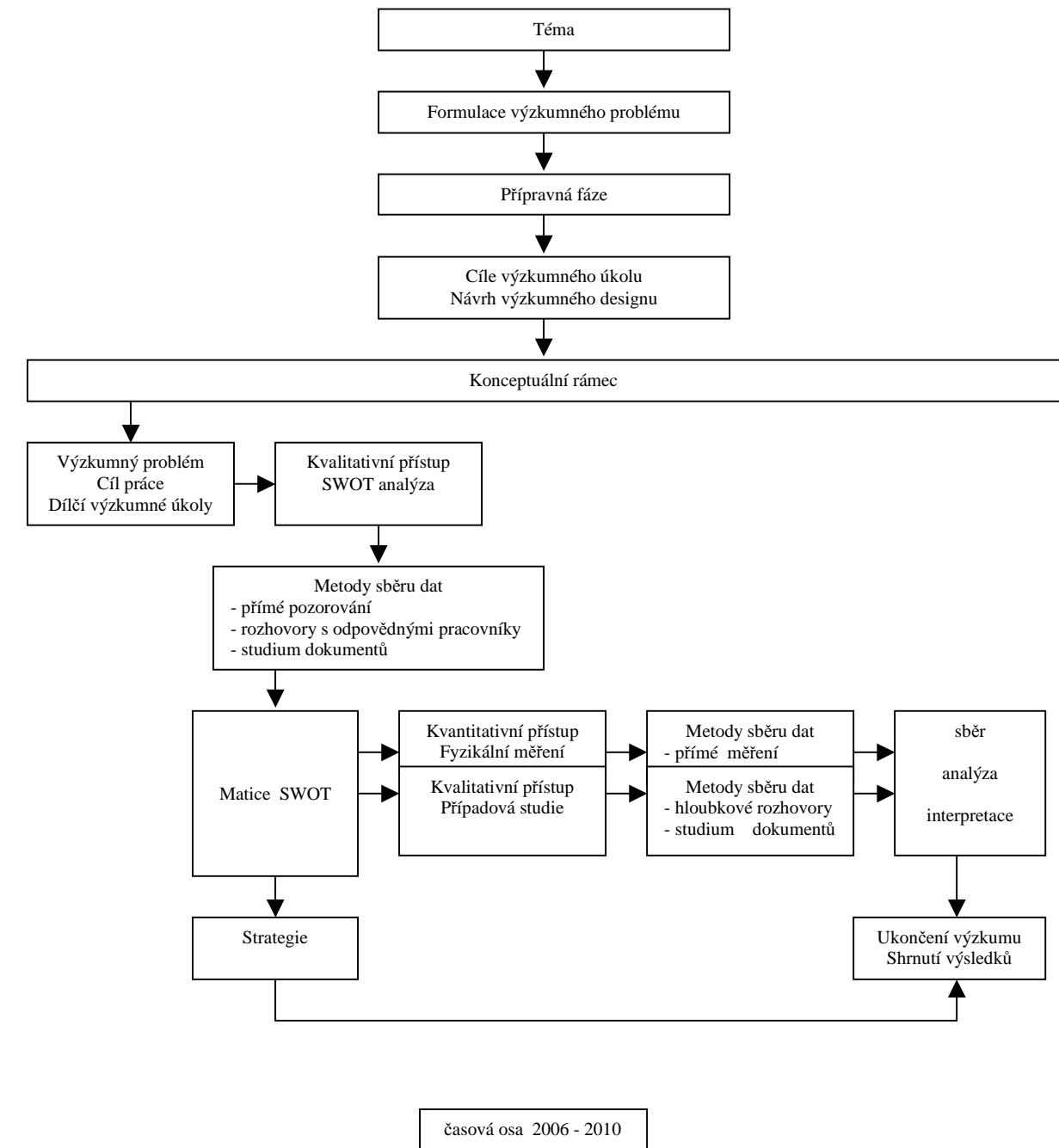
Před zahájením výzkumu byly formulovány hlavní **etické otázky** a zásady a spolu s návrhem výzkumu předloženy vedení zdravotnické instituce, jako účastníka, k posouzení a schválení. Po prošetření vydalo vedení zdravotnické instituce souhlasné stanovisko s praktickým provedením výzkumu. Konkrétní dotčené osoby, byly řádně ústně seznámeny se všemi podstatnými aspekty výzkumu včetně respektování dobrovolnosti a anonymity. Vzhledem k citlivé povaze některých zjišťovaných údajů byl uplatněn individuální diskrétní přístup, aby nedošlo k jakýmkoli negativním dopadům. Po celý proces výzkumu byla respektována základní pravidla etického přístupu.^[83]

⁸¹ DISMAN, M. *Jak se vyrábí sociologická znalost*. 3. vyd. Praha : Karolinum, 2007. 374 s. ISBN 978-80-246-0139-7.

⁸² HUDEČKOVÁ, E.; KUČEROVÁ, E.; KŘÍŽ, L. *Metodologie sociologického výzkumu pro nesociology*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. 116 s. ISBN 978-80-213-0791-4.

⁸³ MIOVSKÝ, M. *Kvalitativní přístup a metody v psychologickém výzkumu*. Praha : Grada Publishing, 2006. 332 s. ISBN 80-247-1362-4.

Obr. 4.2 Grafické znázornění designu výzkumné práce



5 Charakteristika systému péče o zaměstnance v riziku ionizujícího záření ve Fakultní nemocnici Ostrava

5.1 Fakultní nemocnice Ostrava

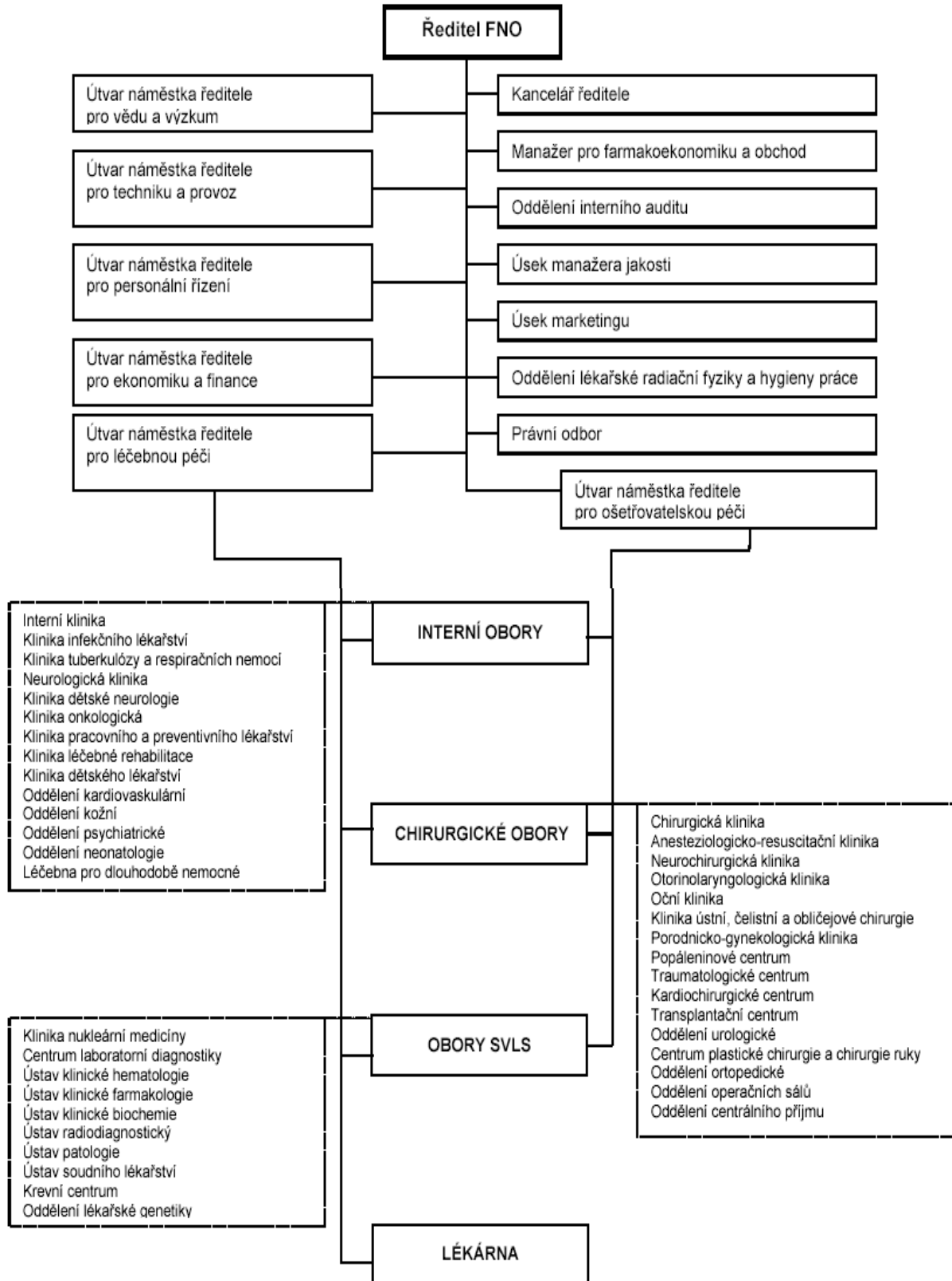
Fakultní nemocnice Ostrava je samostatnou příspěvkovou organizací v přímé řídicí působnosti Ministerstva zdravotnictví České republiky. Je zdravotnickou institucí s ročním obratem cca 4 miliardy Kč. V roce 2007 získala národní akreditaci a v roce 2010 byla reakreditována Spojenou akreditační komisí České republiky SAK ČR a akreditována podle mezinárodních akreditačních standardů Joint Commission International JCI.

Hlavní činností je poskytování základní, specializované a zvláště specializované léčebné a diagnostické péče, jejíž součástí jsou i nezbytná preventivní opatření. Mezi další odborné činnosti patří provádění základního a klinického výzkumu, komplexní lékařská péče a transfúzní služby. Významnou činností je poskytování výukové základny, personální i praktické, pro pregraduální a postgraduální vzdělávání zdravotnických pracovníků v návaznosti na Lékařskou fakultu Ostravské univerzity. Pro naplnění účelu svého zřízení zajišťuje ekonomické, provozní, technické, investiční, administrativní a další pomocné a obslužné činnosti.

Fakultní nemocnice zajišťuje zdravotní péči pro 1,2 mil. obyvatel. Ročně je na 1 218 lůžkách hospitalizováno průměrně 42 000 pacientů. Ambulantně je v nemocnici provedeno ročně téměř 600 000 ambulantních ošetření. Zařízení poskytuje služby pacientům v širokém spektru medicínských oborů a zajišťuje komplexní zdravotní péči společnými týmy specialistů mnoha odborností. Ta spočívá v šíři a hloubce postupu od primární diagnostiky přes léčbu až k následné ambulantní či doléčovací péči. Základní, specializovanou i vysoce specializovanou zdravotní péči zajišťuje 40 klinik, oddělení, center, laboratoří, ústavů a nemocniční lékárna (obr. 5.1). Ve Fakultní nemocnici Ostrava pracuje 3 024 zaměstnanců různých profesí a odborností z toho 2 513 zdravotnických pracovníků a 511 nezdravotnických pracovníků. Některé vybrané činnosti jsou saturovány formou outsourcingu.

Obr. 5.1 Organizační schéma Fakultní nemocnice Ostrava

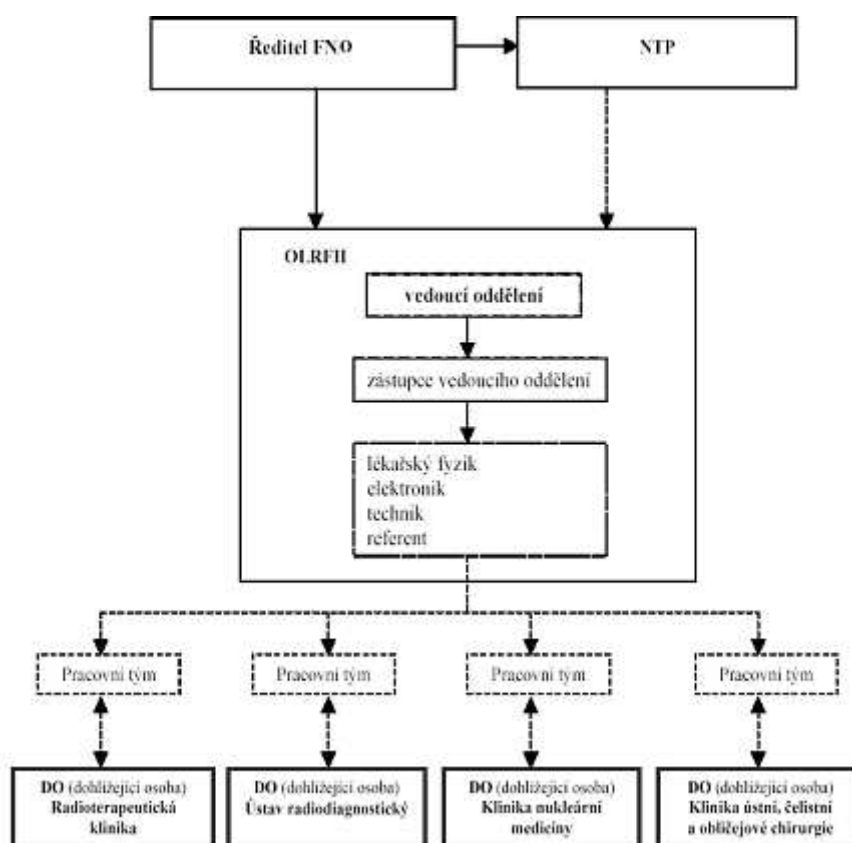
Schéma základního organizačního členění FN Ostrava



5.1.1 Management nakládání se zdroji ionizujícího záření

Odpovědnost za veškeré zdroje ionizujícího záření ve FN Ostrava má statutární orgán instituce. Dalším řízením a kontrolou zdrojů IZ je pověřen náměstek pro techniku a provoz a oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny (obr. 5.2).

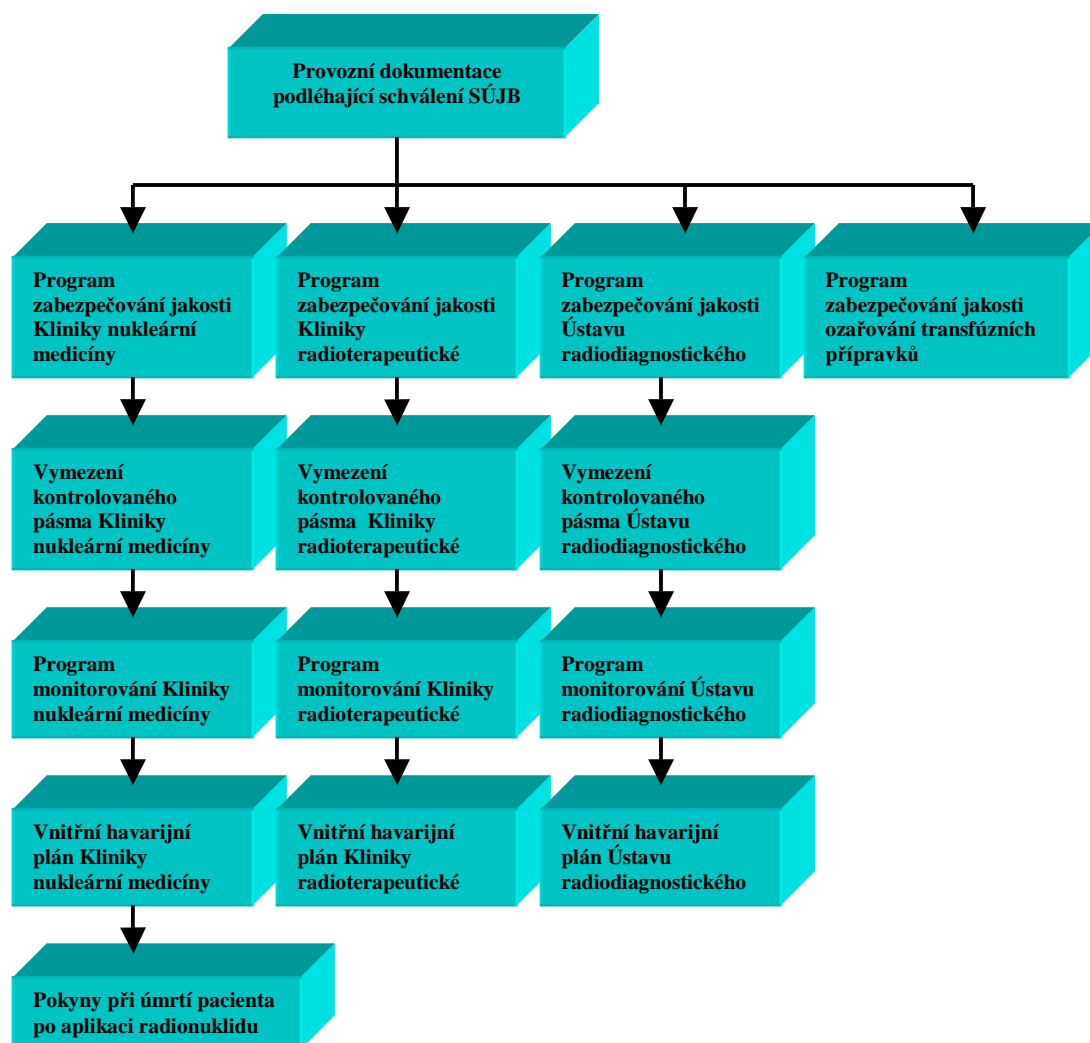
Obr. 5.2 Základní organizační schéma Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny



Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny je specializovaným pracovištěm FN Ostrava, které je zřízeno za účelem zajištění a udržování co nejvyšší kvality a efektivity fyzikálně-technické podpory léčebné a diagnostické péče v oborech radiodiagnostika, radioterapie a nukleární medicína při plnění všech platných právních a odborných předpisů, technických a legislativních norem a požadavků na radiační ochranu osob a životního prostředí. Toto oddělení plní i lékařskou specializační činnost v oboru hygieny práce. Řízení na jednotlivých pracovištích je zajištěno systémem pracovníků s odpovídající kvalifikací dle platných právních předpisů ČR (odborná způsobilost a zvláštní odborná způsobilost k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany). Činnosti zvláště

důležité z hlediska radiační ochrany jsou dozorovány radiačními pracovníky se zvláštní odbornou způsobilostí.^[84] Funkční systém vyžaduje týmovou, konzultační a poradenskou spolupráci s dalšími složkami, např. lékaři pracovně lékařské péče, bezpečnostními techniky, odborníky ochrany veřejného zdraví, personalisty, managementem kvality, právníky a dalšími. Systém upravuje soubor řídicích předpisů, které jsou závazné pro všechna pracoviště se zdroji IZ. Řídicí dokumenty jsou tvořeny dvěma druhy dokumentů - provozní dokumentace a vnitřní řídicí akty, které jsou součástí centrálního komplexu systému řízení jakosti.

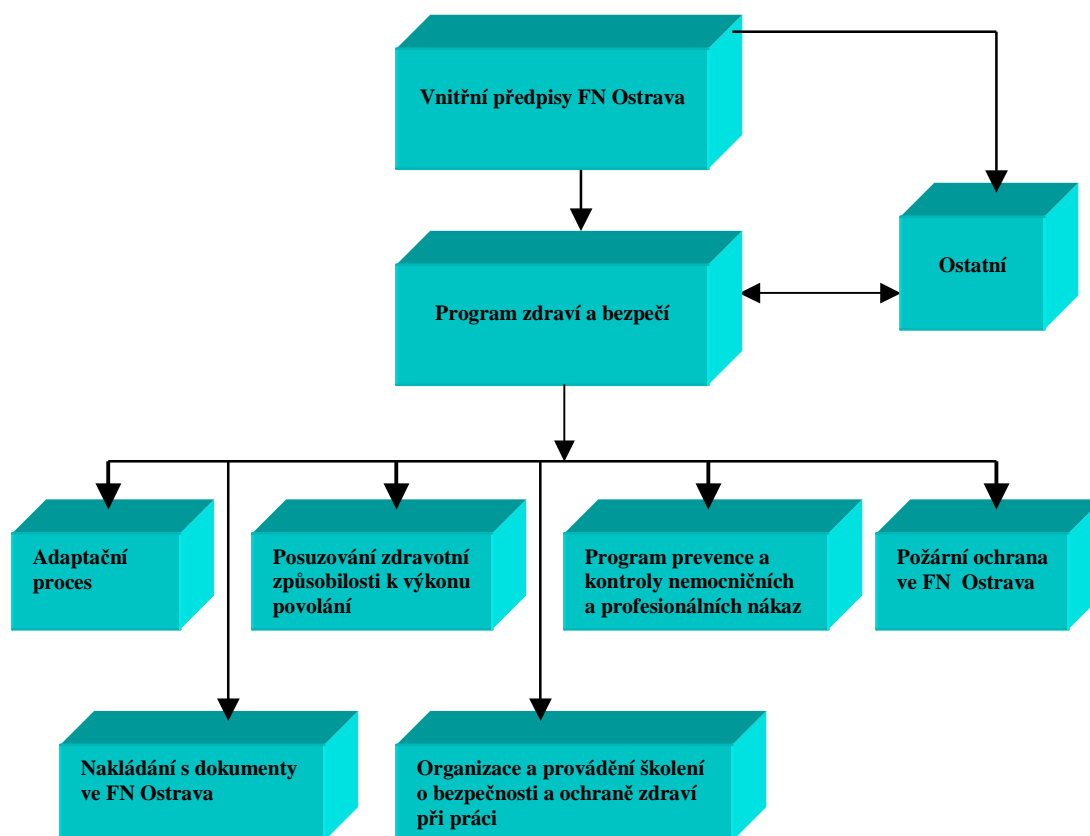
Obr. 5.3 Přehled základní provozní dokumentace ve FN Ostrava



⁸⁴ Česko. Vyhláška č. 146 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 7. července 1997 kterou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, částka 52, s. 2785-2789. ISSN 1211-1244.

Provozní dokumentace (obr. 5.3) se týká zdrojů IZ, její obsah vyplývá z atomového zákona, podléhá schválení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Je přímo vázána na udělení povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření. Vnitřní řídicí akty (obr. 5.4) upravují další činnosti vztažené k péči o zdraví zaměstnanců, poskytují návody pro správnou činnost.

Obr. 5.4 Přehled základních vnitřních řídicích aktů



5.1.2 Zdroje ionizujícího záření

Fakultní nemocnice Ostrava nakládá se 72 ZIZ. Jsou charakterizovány umístěním na pracovišti, počtem, způsobem ozařování a druhem emitovaného záření (tab. 5.1). Z celkového počtu je 70 klasifikováno z hlediska radiační ochrany jako zdroje významné a dva jako zdroje jednoduché. 18 ZIZ patří mezi otevřené zářiče (příloha 2), 54 mezi zářiče uzavřené.

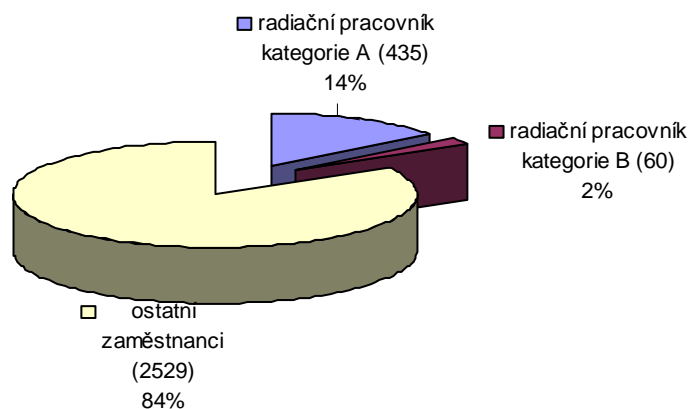
Tab. 5.1 Přehled významných zdrojů ionizujícího záření ve FN Ostrava k 1.1. 2010

Pracoviště	Způsob ozařování	Počet	Druh záření
radioterapie	lineární urychlovač kybernetický	1	brzdné záření gama
	lineární urychlovač 6MeV, 18MeV	2	brzdné záření gama + elektrony
	brachyterapie	1	gama záření
	počítačová tomografie	1	X záření
	ozařovač ⁶⁰ Co	1	gama záření
	rtg ozařovač	1	X záření
radiodiagnostika	skiaskop	18	X záření
	skiagraf	17	X záření
	počítačová tomografie	2	X záření
	mammograf	1	X záření
krevní centrum	ozařovač	1	gama záření
nukleární medicína	počítačová tomografie	1	X záření
	otevřené radionuklidy	18	X záření
	uzavřené radionuklidy	4	X záření
soudní lékařství	skiaskop	1	X záření

5.1.3 Zaměstnanci v riziku ionizujícího záření

V riziku ionizujícího záření pracuje celkem 495 zdravotnických a nezdravotnických pracovníků (radiační pracovníci) ve dvou kategoriích A a B. Z celkového počtu 3 024 zaměstnanců je 435 radiačních pracovníků v kategorii A a 60 radiačních pracovníků v kategorii B (graf 5.1). Profesní strukturu tvoří lékař, farmaceut, fyzik, elektronik, jiný odborný pracovník, radiologický asistent, zdravotní sestra, zdravotní laborantka, farmaceutický asistent, zdravotní laborant, ošetřovatel, sanitář, referent, řidič a dělník. Odborné kompetence jsou zajištěny odpovídající kvalifikací, výcvikem v technice používané při pracích se zdroji záření a znalostmi radiační ochrany.

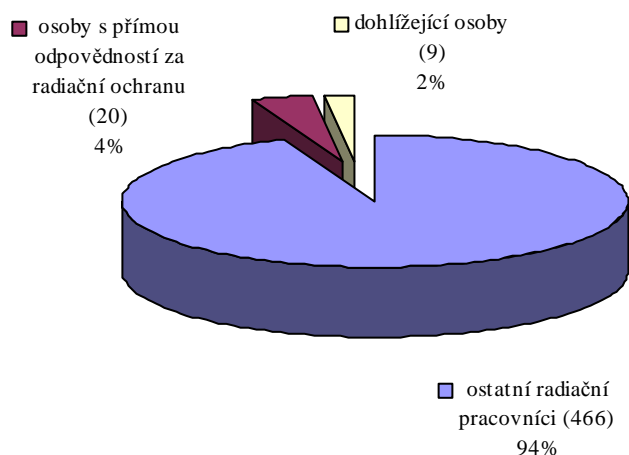
Graf 5.1 Počet zaměstnanců v riziku ionizujícího záření ve FN Ostrava k 1.1. 2010



Radiační pracovníci vykonávají činnosti v oblasti práce se zdroji záření na mnoha pracovištích FN Ostrava: Radioterapeutické klinice, Klinice nukleární medicíny, Interní klinice, Chirurgické klinice, Neurochirurgické klinice, Klinice ústní, čelistní a obličejové chirurgie, Klinice chorob ušních, nosních a krčních, Porodnicko-gynekologické klinice, Traumatologického centra, Kardiochirurgického centra, Oddělení ortopedickém, Oddělení urologickém, Oddělení centrálních laboratoří, Krevního centra, Ústavu radiodiagnostickém, Ústavu patologického a úseku technicko - provozních služeb.

Z celkového počtu 495 radiačních pracovníků 29 splňuje podmínky zvláštní odborné způsobilosti a může vykonávat činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, tj. vykonávání soustavného dohledu nad dodržováním požadavků radiační ochrany z toho 20 radiačních pracovníků je kvalifikováno jako osoby s přímou odpovědností, 7 radiačních pracovníků jako dohlížejší osoby a zároveň jako osoby s přímou odpovědností a 2 radiační pracovníci jako osoby dohlížejší (graf 5.2).

Graf 5.2 Počet radiačních pracovníků se zvláštní odbornou způsobilostí pro činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany ve FN Ostrava k 1.1. 2010



3.1.4 Radiační zátěž

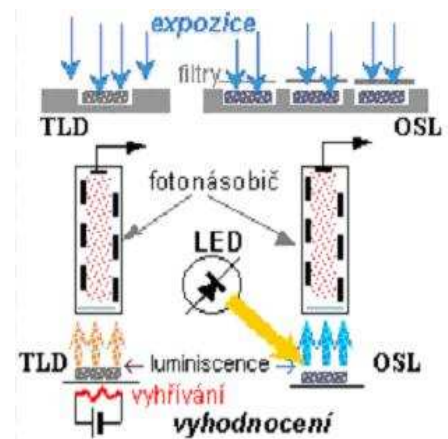
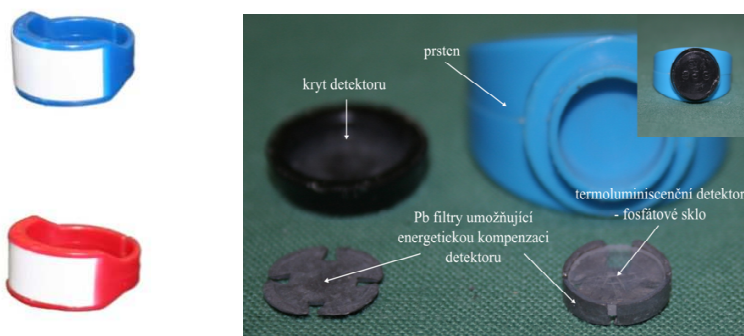
Všichni radiační pracovníci kategorie A jsou vybaveni osobními opticky stimulovanými luminiscenčními (OSL) dozimetry (obr. 5.5). Monitorovací interval je jeden měsíc. Monitorovanou veličinou je osobní dávkový ekvivalent H_p v hloubce 10 mm.

Pravidelné vyhodnocování osobních OSL dávek je zajištěno smluvně službou osobní dozimetrie VF, a.s. Černá Hora. Pomocí veličiny osobního dávkového ekvivalentu v hloubce 10 mm Hp(10) a s uvážením energie záření je službou osobní dozimetrie VF, a.s. Černá Hora stanovena efektivní dávka E. Vyhodnocené dávky jsou porovnány se stanovenými referenčními úrovněmi v jednotlivých programech monitorování FN Ostrava. Výsledky osobního monitorování všech radiačních pracovníků jsou vedeny na OLRFH ve formě počítačové databáze. Radiační pracovníci, u kterých je předpokládána vyšší radiační zátěž na ruce, jsou vybaveni prstovými termoluminiscenčními dozimetry TLD (obr. 5.6).

Obr. 5.5 Opticky stimulovaný luminiscenční dozimetr (OSL)



Obr. 5.6 Termoluminiscenční dozimetr (TLD)



Pro ostatní osoby vcházející do kontrolovaného pásma nebo pro okamžitý odečet dávkového příkonu jsou k dispozici operativní dozimetry (obr. 5.7). Operativními přímoodečítacími dozimetry jsou vybavováni návštěvníci a pracovníci zasahující v případě mimořádné události na pracovištích. Nakumulované odečtené dávky z operativních dozimetrů v kontrolovaném pásmu jsou zaznamenávány a uchovávány.

Obr. 5.7 Operativní dozimetry a) Isotrak DoseGuard™, b) Isotrak AB/100, c) detekční sonda MS-GM53-D, d) Isotrak PM 1401M Polimaster, e) Isotrak PM 1405 Polimaster, f) Isotrak 6150 AD 6

a)



b)



c)



d)



e)

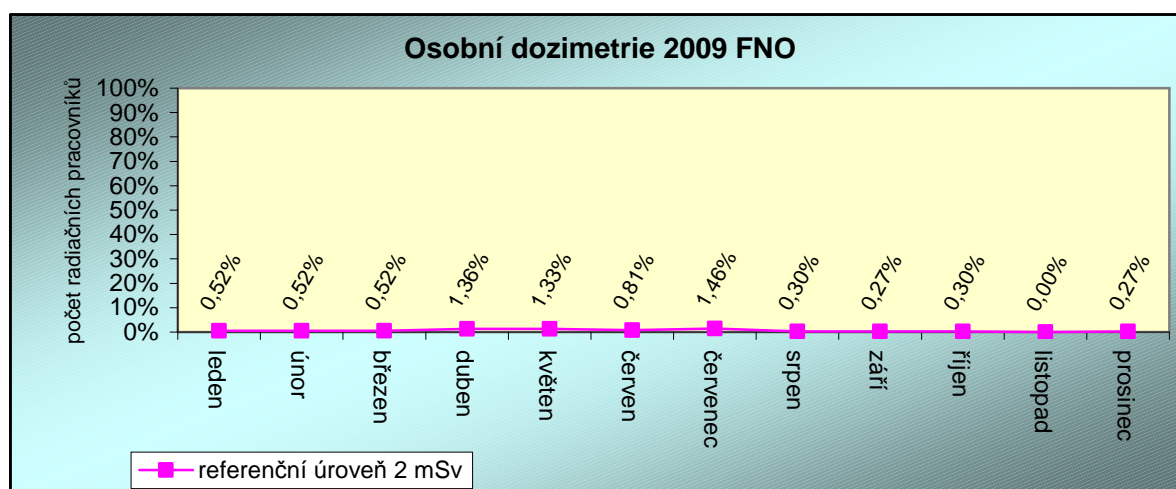


f)

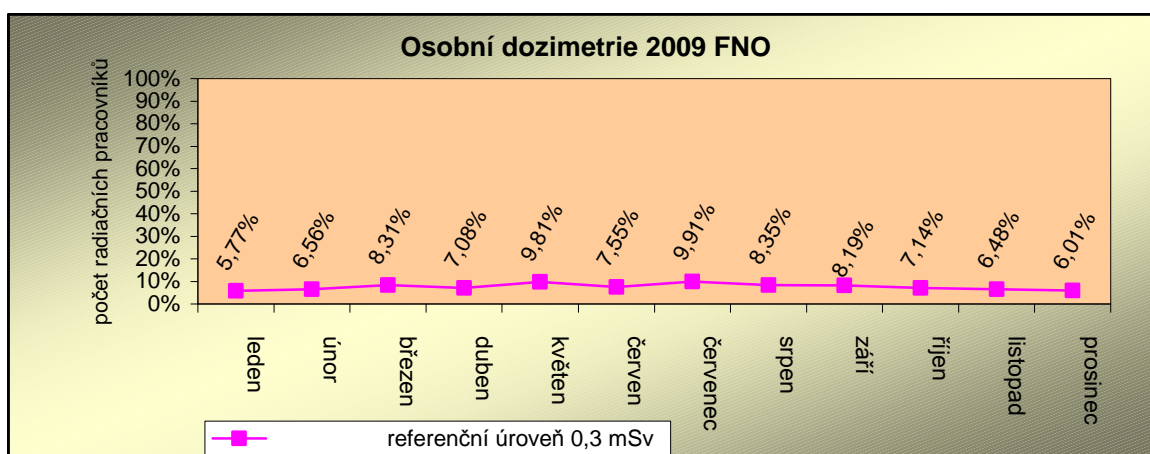


Naměřené hodnoty radiační zátěže radiačních pracovníků fakultní nemocnice Ostrava jsou pravidelně vyhodnocovány v protokolech osobních dávkových ekvivalentů filmové a prstové dozimetrie. Přehled výsledků osobní dozimetrie radiačních pracovníků v roce 2009 je uveden v grafu 5.3 a 5.4, ve dvou referenčních úrovních - 2 mSv zásahová a 0,3 mSv vyšetřovací.

Graf 5.3 Výsledky osobní dozimetrie radiačních pracovníků FN Ostrava v roce 2009 (referenční pásmo 2 mSv)

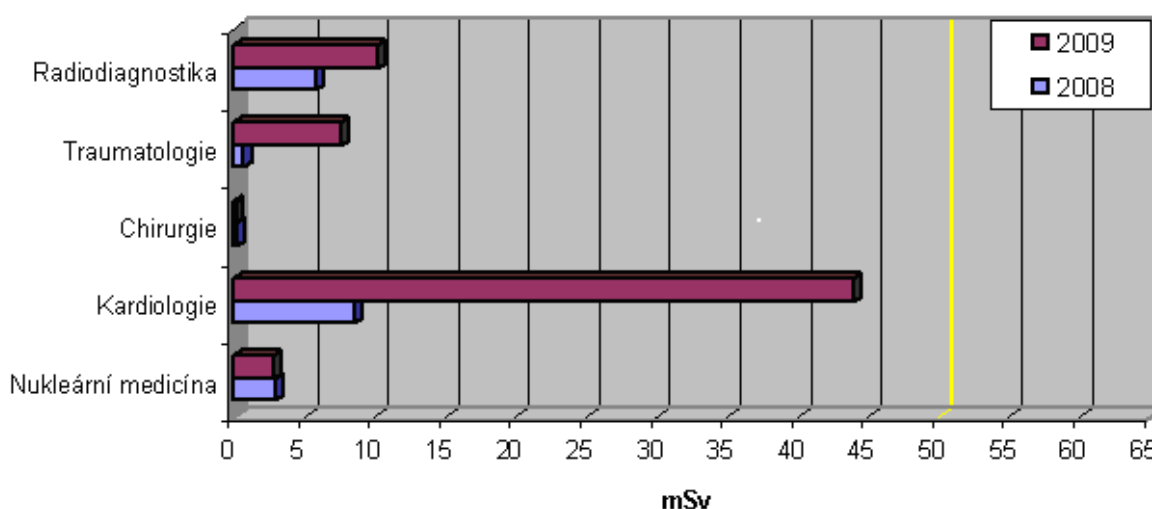


Graf 5.4 Výsledky osobní dozimetrie radiačních pracovníků FN Ostrava v roce 2009 (referenční pásmo 0,3 mSv)



Skupiny radiačních pracovníků kategorie A na některých pracovištích dosahují vyšší míry radiační zátěže. Patří sem radiační pracovníci, kteří participují na intervenční radiodiagnostice, traumatologii, chirurgii, kardiologii a nukleární medicíně při zobrazovací diagnostice, terapii pacientů a přípravě radiofarmak. Hodnoty celotělové radiační zátěže jsou nejvyšší u zaměstnanců intervenční kardiologie, ojedinělá nejvyšší dosažená efektivní dávka E v roce 2009 dosáhla 44 mSv, nepřesáhla však stanovený roční limit 50 mSv efektivní dávky E (graf 5.5).

Graf č. 5.5 Hodnoty celotělové radiační zátěže zaměstnanců vybraných oborů ve FN Ostrava v roce 2008 a 2009

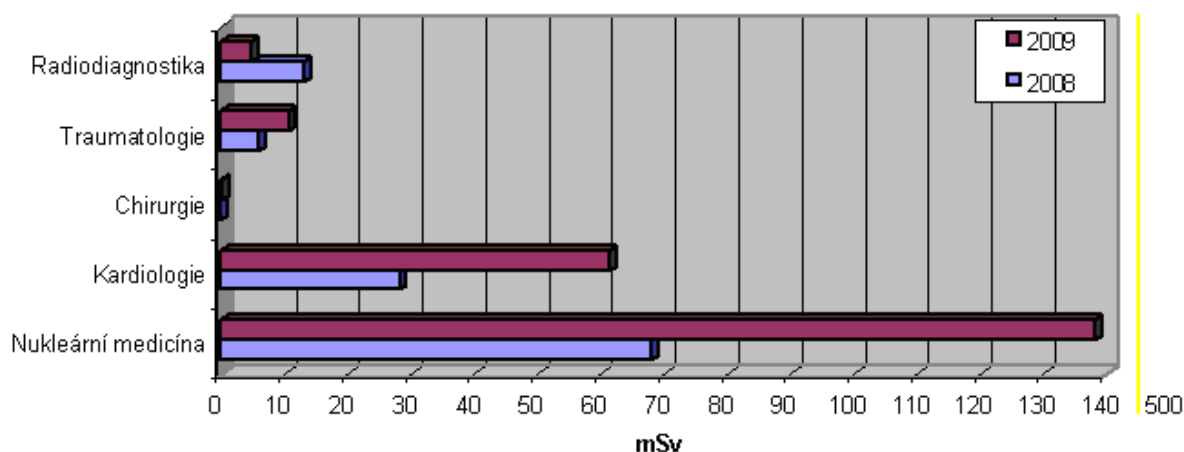


Hodnoty radiační zátěže na prsty měřené prstovými TLD dozimetry, vyjádřeny ekvivalentní dávkou H_T v jednotkách mSv, jsou nejvyšší u radiačních pracovníků nukleární medicíny, kteří zacházejí s otevřenými zdroji ionizujícího záření při přípravě radiofarmak (graf 5.6). Roční limitní hodnota na ruce od prstů po předloktí, která je 500 mSv, nebyla v roce 2009 překročena.

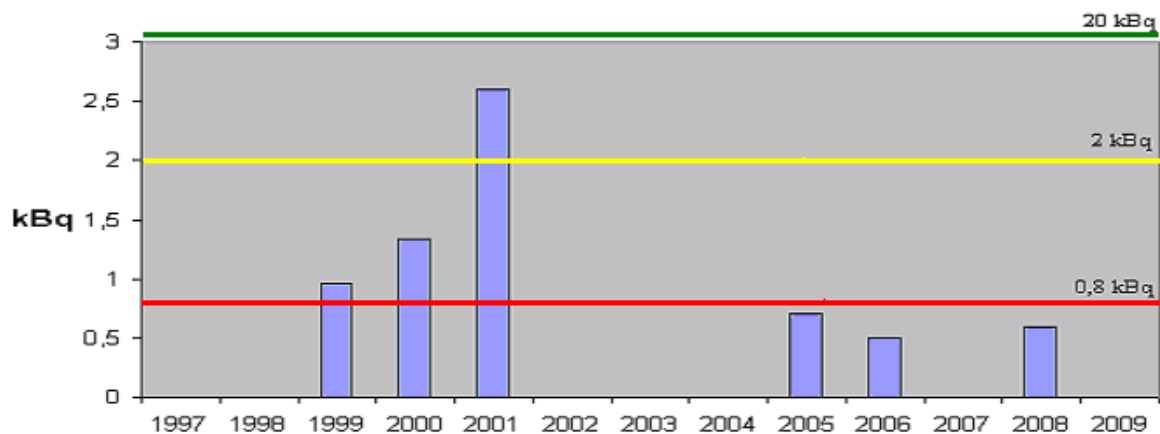
Hodnoty radiační zátěže z vnitřní kontaminace radionuklidů (graf 5.7) jsou sledovány zevním měřením štítné žlázy u každého radiačního pracovníka, který přichází do styku s ^{131}I (^{131}Jod) při jeho přípravě, aplikaci a při ošetřování pacientů po jeho terapeutické aplikaci. Měření je prováděno kolimovanou scintilační sondou připojenou ke spektrometrickému přístroji s nastavením na měření impulsů ^{131}I ve vzdálenosti 10 cm od krku tak, aby osa kolimátoru procházela 5 cm nad jugulární jamkou. Výsledné hodnoty jsou vyjádřeny

jednotkou kBq (kilobecquerel) a hodnoceny podle stanovených referenčních úrovní ve schváleném monitorovacím programu (0,8 kBq, 2 kBq a 20 kBq).

Graf 5.6 Radiační zátěž zaměstnanců FN Ostrava měřena prstovými dozimetry (TLD) v roce 2008 a 2009



Graf 5.7 Radiační zátěž zaměstnanců FN Ostrava z vnitřní kontaminace radionuklidů v roce 2009



5.1.5 Radiační události

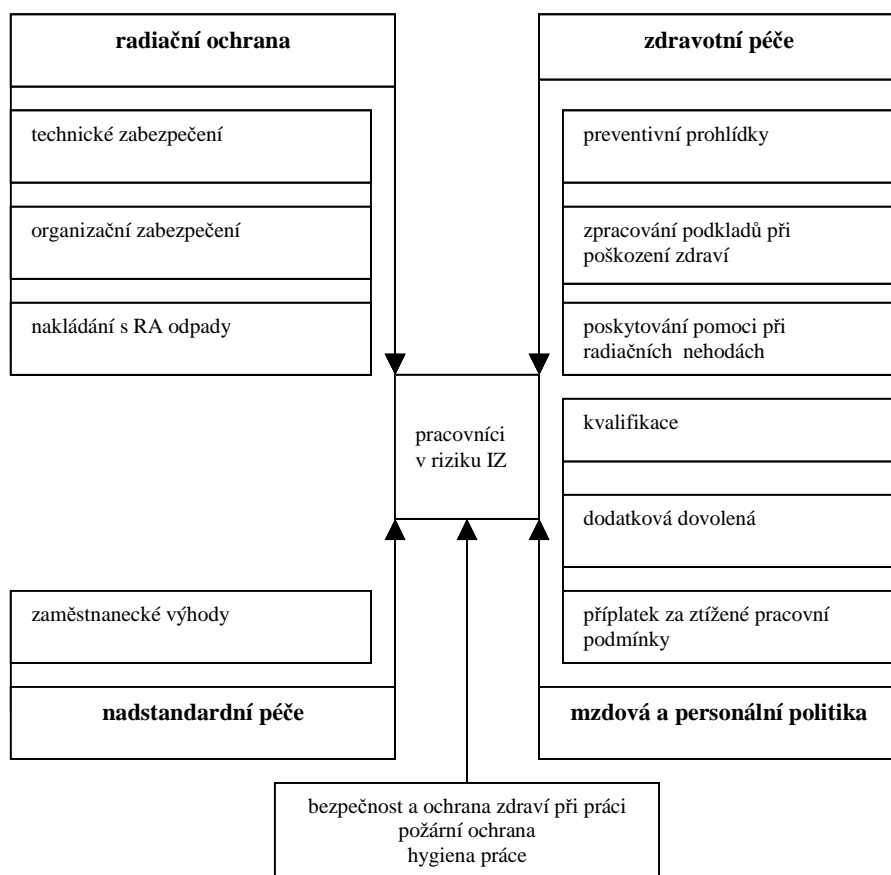
Radiační události jsou jedním z nebezpečných faktorů v oblasti práce se zdroji ionizujícího záření. Patří mezi skutečnosti, které mohou způsobit neplánované ozáření pacientů, zaměstnanců, obyvatelstva i životního prostředí se závažnými dopady na zdraví. Proto patří mezi nejsledovanější parametry v oblasti práce se zdroji ionizujícího záření. Jejich evidence ve FN Ostrava vykazuje nízký počet případů, to však bezprostředně souvisí s připraveností k zásahům při jejich vzniku a s realizací zásadních preventivních řešení.

Přestože práce se ZIZ podléhá přísným bezpečnostním opatřením, nelze možnosti vzniku radiační události zcela zabránit. Během 14ti let od roku 1997 do roku 2010 bylo registrováno ve FN Ostrava celkem 25 radiačních událostí. Tyto radiační události byly klasifikovány podle vyhlášky č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu, v platném znění, jako mimořádné události I. stupně (jaderné události zařazuje mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí INES (The International Nuclear Event Scale), (příloha 3).

5.2 Nástroje péče o pracovníky v riziku ionizujícího záření

Nástroje péče o zaměstnance v riziku IZ mají povahu organizačních a praktických opatření, která vycházejí z platné legislativy a jejich uplatňování je pro zaměstnavatele i zaměstnance závazné. Vedle povinných opatření vytváří zaměstnavatel soubor nadstandardních prvků péče, které dotváří sociální stránku a kulturu instituce.

Obr. 5.8 Model péče o pracovníky v riziku ionizujícího záření



Společně tak tvoří ucelený systém nástrojů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců (obr. 5.8). Vnitřní struktura nástrojů je výsledkem trvalého procesu, který je aktualizován podle vývoje nových poznatků.

5.2.1 Radiační ochrana

Radiační ochrana je zajištěna komplexem technických, provozních a organizačních opatření, které jsou podrobně zpracovány v závazných provozních dokumentech každého pracoviště se ZIZ v Programu zabezpečování jakosti (příloha 4), Vnitřním havarijním plánu (příloha 5), Programu monitorování (příloha 6) a Vymezení kontrolovaného pásma (příloha 7). Dodržování pravidel uvedených v těchto dokumentech je pravidelně kontrolováno jak vnitřními audity, které provádějí odborní pracovníci oddělení lékařské fyziky a hygieny, dohlížející osoby a osoby s přímou odpovědností za radiační ochranu, tak externími audity Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

K zajištění co nejnižších optimálních osobních dávek personálu slouží technické a organizační postupy pro nakládání se ZIZ. Týkají se provádění zkoušek přejímacích, zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti diagnostických přístrojů a jednotlivých kompatibilních systémů, zda vyhovují podmínkám stanoveným prováděcími předpisy včetně kontrol kvality přístrojové měřicí techniky. Správný a jednotný postup při aplikacích záření zajišťují metodické standardy, např. radiologické standardy, expoziční tabulky a tabulky směrných hodnot.

Ochranu pracovníkům poskytují osobní a ostatní ochranné prostředky. Jejich výběr je určen charakterem záření a druhem prováděných diagnostických a terapeutických výkonů na pracovištích se ZIZ. K dispozici jsou např. ochranné zástěry, límce, rukavice, brýle, závěsy rentgenových souprav, pojízdné zástěny, které jsou pro tyto účely typově schváleny. Mezi specifické ochranné prostředky patří digestoře s laminárním prouděním, olověné kontejnery, olověná skla, stínící bariéry ve stěnách místností a další.

Na pracovištích se ZIZ jsou vymezena kontrolovaná a sledovaná pásma, v návaznosti na kategorizaci pracovišť,^[85] opatřena ochrannými výstražnými znaky, světelnými signály, nápisy kontrolované (sledované pásmo) a dalšími zabezpečovacími prvky tak, aby nedošlo k nežádoucímu ozáření osob. V kontrolovaném pásmu je vyžadován specifický režim a chování osob, např. osobní monitorování radiačních pracovníků, monitorování pracovišť nebo lékařské preventivní prohlídky.

Zvláštní režim z hlediska radiační ochrany se vztahuje k nebezpečným odpadům, které jsou produkovány především pracovištěm s otevřenými zářiči (nukleární medicína), a které jsou nebo mohou být kontaminovány radionuklidy. Nakládání s kontaminovanými odpady a jejich likvidace je zajištěna technickým a režimovým opatřením a podléhá radiačnímu monitorování.

Nedílnou součástí radiační ochrany je havarijní připravenost k zásahům v případě radiačních událostí. Havarijní připravenost je zajišťována pohotovostními prostředky, které jsou k dispozici na každém pracovišti se ZIZ včetně písemného postupu a pravidelným ověřováním znalostí radiačních pracovníků v rámci školení radiační ochrany.

5.2.2 Zdravotní péče

Komplexní preventivní pracovně lékařskou péči zajišťuje Klinika pracovního a preventivního lékařství FN Ostrava. Pracoviště komunikuje se zástupci zaměstnavatele i se zaměstnanci, poskytuje poradenskou a konzultační činnost v oblasti týkající se péče o zdraví zaměstnanců. Lékaři této kliniky jsou kompetentní k posuzování zdravotní způsobilosti k práci na základě preventivních lékařských prohlídek, poskytují lékařskou první pomoc, účastní se hodnocení pracovních podmínek na pracovištích. Obsahem každé preventivní lékařské prohlídky je základní vyšetření, které představuje anamnézu s důrazem na anamnézu pracovní, fyzikální interní vyšetření, orientační vyšetření sluchu, zraku a barvocitu a chemické vyšetření moče. Nedílnou součástí každé preventivní lékařské prohlídky je

⁸⁵ Česko. Vyhláška č.307 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 12. července 2002 o radiační ochraně.

In *Sbírka zákonů České republiky*. 2002, částka 113, s. 6362-6540. ISSN 1211-1244.

prostudování zdravotnické dokumentace registrujícího praktického lékaře, eventuálně výpisu z ní.

U preventivních prohlídek pracovníků zařazených v kategoriích 2R, 3 a 4 bývá rozhodnutím Orgánu ochrany veřejného zdraví stanovena jednak minimální náplň prohlídky včetně laboratorních a dalších vyšetření a jednak je stanovena periodicita těchto prohlídek. Pro pracovníky zařazené v kategoriích A a B s ohledem na faktor ionizující záření platí periodicita a náplň preventivních lékařských prohlídek, která je uvedena ve vnitřním předpisu organizace - Posuzování zdravotní způsobilosti k výkonu povolání (tab. 5.2).

Tab. 5.2 Lékařské preventivní prohlídky

druh prohlídky	frekvence	náplň
vstupní	před nástupem do pracovního poměru, při změně pracovního zařazení, přerušení delší než 1 rok	základní vyšetření, KO + diff., odborné oční a kožní vyšetření, zdravotničtí pracovníci očkování proti hepatitidě B
periodická	kategorie A - 1x ročně kategorie B - 1x za 5 let	základní vyšetření, KO + diff., odborné oční a kožní vyš. v případě klinických změn
mimořádná	při podezření na změnu zdravotní způsobilosti, při překročení limitů ozáření, při přerušení z důvodu nemoci delší než 6 měsíců	základní vyšetření, KO +diff., v případě klinických změn odborné oční a kožní vyš.
výstupní	při ukončení pracovního poměru	základní vyšetření, KO + diff., v případě klinických změn odborné oční a kožní vyš.
následná	co 2 roky po dobu 20 let od ukončení expozice	základní vyšetření, KO + diff., v případě klinických změn odborné oční a kožní vyšetření

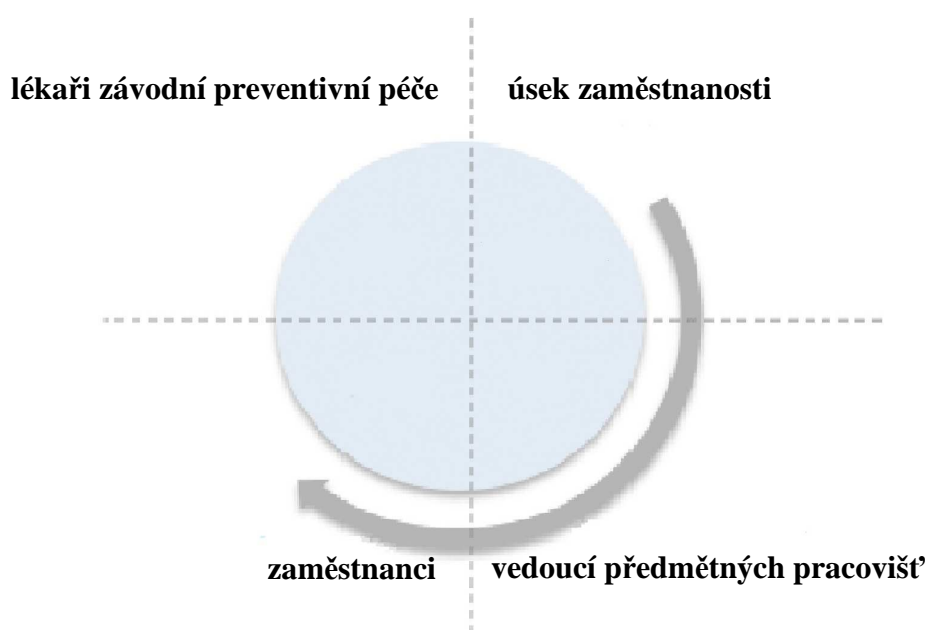
Organizace lékařských preventivních prohlídek je založena na spolupráci několika subjektů - úseku zaměstnanosti, vedoucích předmětných pracovišť, lékařů pracovně lékařské péče a zaměstnanců (obr. 5.9).

Personalista vede databázi zaměstnanců a sleduje termíny lékařských preventivních prohlídek. Na základě informací v databázi měsíčně zpracovává seznamy zaměstnanců, kteří mají absolvovat lékařskou prohlídku. Rovněž zpracovává seznamy zaměstnanců, ke každému pololetí kalendářního roku, kteří neabsolvovali lékařskou prohlídku v daném termínu. Tyto

seznamy spolu s tiskopisy „Žádost o povinné posouzení zdravotní způsobilosti“ zasílá příslušným vedoucím zaměstnancům, tj. primářům a vrchním sestřám.

Vedoucí zaměstnanec ověřuje správnost údajů v seznamu, zajišťuje předání formuláře „Žádost o povinné posouzení zdravotní způsobilosti“ příslušným zaměstnancům pro Klinikou pracovního a preventivního lékařství. Bezdůvodné neabsolvování lékařské prohlídky je považováno za porušení pracovních povinností zaměstnance.

Obr. 5.9 Organizační cyklus zajištění preventivních prohlídek



Lékař pracovně lékařské péče zaznamenává výsledek lékařské prohlídky do zdravotnické dokumentace zaměstnance a vystavuje posudek o zdravotní způsobilosti k práci.

Posudek musí splňovat požadavky uvedené ve vyhlášce 385/2006 Sb. v platném znění. Z posudku musí být zřejmé, zda posuzovaná osoba je pro výkon konkrétní pracovní činnosti a) způsobilá, b) zdravotně způsobilá s podmínkou, c) je zdravotně nezpůsobilá, nebo d) pozbyla dlouhodobě zdravotní způsobilost. Lékařský posudek musí rovněž obsahovat poučení o možnosti podání návrhu na přezkoumání posudku. Posuzující lékař s obsahem lékařského posudku seznámí posuzovanou osobu a lékařský posudek jí prokazatelně předá. Lékařský posudek Kliniky pracovního a preventivního lékařství také prokazatelně předá referentovi úseku zaměstnanosti k založení do osobního spisu. V případě, že zaměstnanec není způsobilý

k výkonu povolání popř. je schopen práce s omezením, neprodleně to posuzující lékař oznámí personalistovi, po té následuje další řízení ve spolupráci s oddělením lékařské radiační fyziky a hygieny práce a nadřízeným zaměstnancem posuzovaného o jeho dalším pracovním zařazení eventuálně jiném postupu.

5.2.3 Personální a mzdová politika

Personální politika se orientuje na zachování odborné způsobilosti radiačních pracovníků, podporu vzdělávání a růst osobního rozvoje v rovině všeobecné i odborné. V rámci prohlubování kvalifikace je zaměstnancům umožňováno absolvování specializačních kurzů zaměřených na získání odborných, manažerských, psychologických, komunikačních a dalších dovedností. Podpora je rovněž zaměřena na publikační činnost a prezentaci zaměstnanců na kongresech a odborných seminářích.

Pracovníci kategorie A a B jsou pravidelně v ročních intervalech proškolení v oblasti radiační hygieny s ověřením znalostí vnitřních předpisů pracoviště, znalostí radiační ochrany a bezpečnosti a havarijní připravenosti.

V oblasti mzdové politiky a odměňování je zachován nárok zaměstnanců v riziku ionizujícího záření na dodatkovou dovolenou a mzdové zvýhodnění za práci ve ztížených pracovních podmínkách.

5.2.4 Nadstandardní péče

Nadstandardní péče je poskytována bez rozdílů všem zaměstnancům instituce. Jedná se především o poskytování finančních prostředků z fondu kulturních a sociálních potřeb (FKSP). Část prostředků je využívána zaměstnanci k různým formám relaxace a podpory zdraví. Fond umožňuje čerpání finančních prostředků např. na rekreaci prostřednictvím tuzemských dodavatelů nebo ve dvou rekreačních zařízeních FN Ostrava, na kulturní, tělovýchovné a sportovní akce, včetně tělovýchovných služeb, fit center, bazénů, saun, masáží, posiloven apod. a na rekondiční a rehabilitační úkony kliniky léčebné rehabilitace FN Ostrava. Dalším využitím je čerpání vitamínových prostředků a očkování, které není hrazeno ze zdravotního pojištění - proti chřipce, klíšťové encefalitidě a hepatitidě typu A a možnost penzijního připojištění. Druhá část prostředků tvoří příspěvek na stravování a finanční

ocenění zaměstnanců při životním jubileu 50 let, při prvním odchodu do starobního nebo invalidního důchodu a bezpříspěvkovým dárcům krve.

V rámci sociálního rozvoje jsou zaměstnancům poskytovány služby jako jsou fotografické práce za úhradu dle ceníku FN Ostrava, bezplatná právní poradna ve věcech pracovněprávních, bezplatná poradna v otázkách sociálního a zdravotního pojištění, v otázkách daně z příjmu, sociálních dávek a pracovněprávních vztahů, bezplatné pracovně profesní poradenství k volbě či změně povolání, přednostní nákup předmětů vyřazených z evidence hmotného majetku FN Ostrava a využití nemocničních pokojů s nadstandardním vybavením bez poplatku podle možnosti volných kapacit. Konkrétní podoba zaměstnaneckých benefitů a pravidla jejich poskytování jsou výsledkem kolektivních vyjednávání mezi managementem instituce a zaměstnanci (odborovou organizací) a jsou uvedeny v platné Kolektivní smlouvě (příloha 8).

6 Výsledky

6.1 SWOT analýza podmínek pro práci se zdroji ionizujícího záření ve FN Ostrava

Silné stránky

Vysoká technická a morální vyspělost zařízení pro práci se zdroji ionizujícího záření (rentgenové přístroje, počítačová tomografie, ozařovače, lineární urychlovače, laminární boxy, komplexní digitalizace všech pracovišť ve formátu DICOM 3.0, PACS systém (Picture archiving and communication system) umožňující flexibilní archivaci a zasílání diagnostických výsledků mezi všemi pracovišti v rámci FN Ostrava i externími zdravotnickými pracovišti.

Saturování pracovišť a zaměstnanců osobními a ostatními ochrannými prostředky.

Funkční institucionální systém řízení nakládání se zdroji ionizujícího záření - oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny, držení povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření pro každý zdroj včetně schválených programů zajištění jakosti, monitorování a vnitřních havarijních plánů.

Personální saturace pracovišť erudovanými lékaři a nelékařskými zdravotnickými pracovníky.

Organizační (smlouva se službou osobní dozimetrie VF, a.s. Černá Hora) a praktické (pravidelná výměna všech dozimetrů a s tím spojená agenda) zajištění funkčního osobního dozimetrického monitoringu s pravidelným vyhodnocováním, informováním dohlížející osoby, radiačních pracovníků a lékařů závodní preventivní péče.

Dlouhodobě podlimitní hodnoty radiační zátěže radiačních pracovníků vykazované osobní dozimetrií.

Pracovně lékařská péče o zaměstnance je zajištěna v rámci vlastní zaměstnavatelské instituce s možností využití služeb odborných ambulancí FN Ostrava.

Poškození zdraví ionizujícím zářením se nevyskytlo řadu let (nemoci z povolání a ohrožení nemoci z povolání nejsou dlouhodobě hlášeny).

Systém lékařské preventivní péče s organizační návazností na personální odbor, vedoucí pracovníky pracovišť se ZIZ a oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny.

Péče o zdraví zaměstnanců v kooperaci managementu instituce a odborové organizace s garancí kolektivní smlouvy.

Mzdové zvýhodnění za ztížené pracovní podmínky.

Dodatková dovolená poskytovaná dle podmínek uvedených v zákoníku práce.

Akreditace podle mezinárodních akreditačních standardů JCI (Joint Commission International) a reakreditace instituce podle SAK (Spojené akreditační komise ministerstva zdravotnictví ČR).

Slabé stránky

Výskyt radiačních událostí, převážně u otevřených záříčů.

Opakovaný výskyt radiačních událostí s nekontrolovaným únikem radioaktivních látek do kanalizace.

Morálně zastaralé prostory, kde jsou umístěny ZIZ, které vzhledem ke stavebním dispozicím neposkytují účinné ochranné bariéry z hlediska radiační ochrany, a ani neumožňují jejich úpravy.

Práce s otevřenými zdroji záření (v rámci nových metod) na pracovištích, kde nejsou uzpůsobené pracovní podmínky (kategorizace z hlediska rizika IZ, proškolení zaměstnanců, ochranné prostředky, havarijní připravenost). Jedná se především o ústav patologie, operační provoz gynekologie, chirurgie a plastické chirurgie.

Nestejná úroveň znalostí a vědomostí problematiky ionizujícího záření u zaměstnanců, která vychází z její náročnosti.

Nedostatek radiačních pracovníků se zvláští odbornou způsobilostí pro činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany (osob s přímou odpovědností za radiační ochranu).

Radiační pracovníci, kteří participují na intervenční kardiologii, vykazují nejvyšší radiační zátěž (nepřesahující limity) v porovnání s ostatními obory.

Podceňování, přeceňování nebo nedisciplinovanost radiačních pracovníků v dodržování pravidel radiační ochrany.

Nedostatky v hlásné disciplíně radiačních událostí.

Nedostatečná orientovanost lékařů závodní preventivní péče v problematice záření a pracovních podmínkách zaměstnanců v riziku IZ.

Malá odpovědnost zaměstnanců za své zdraví.

Problematická diagnostika poškození zdraví v souvislosti se stochastickými účinky záření.

Zrušení zkrácené pracovní doby pro radiační pracovníky.

Příležitosti

Široké uplatnění medicínských metod a technologií bez ionizujícího záření.

Spolupráce se Státním ústavem pro jadernou bezpečnost.

Investice do výstavby nových pracovišť a rekonstrukce stávajících.

Získání financí z grantových projektů k prosazení záměrů spojených s ochranou zdraví zaměstnanců, pracovních podmínek a prostředí.

Mezinárodní spolupráce v oblasti zdrojů záření, radiační ochrany a osobní dozimetrie.

Vývoj nových technologií s účinnějšími systémy radiační ochrany pracovníků.

Zapojení FN Ostrava do výzkumné aktivity v oblasti snižování radiační zátěže rukou radiačních pracovníků při manipulaci s otevřenými zářiči.

Zapojení zdravotních pojišťoven do projektů podpory zdraví.

Možnost rozšíření náplně preventivních prohlídek.

Udržení dobré spolupráce mezi ministerstvem zdravotnictví, odbornými společnostmi (Česká radiologická společnost, Česká onkologická společnost, Společnost pro nukleární medicínu) a SÚJB, by měla vést k udržení vysokého standardu dobré praxe, radiační ochrany a zachování zdraví pracovníků v záření.

Možnost získání kvalitních kvalifikovaných lidských zdrojů v rámci návaznosti na studijní obory Ostravské univerzity.

Hrozby

Zvyšující se požadavky na provádění diagnostických a terapeutických výkonů s aplikací ionizujícího záření, růst počtu výkonů např. CT vyšetření.

Rychlé zavádění nových technologií a metod s využitím ionizujícího záření bez prvotního zajištění radiační ochrany a pracovních podmínek.

Podceňování významu lékařských preventivních prohlídek, špatný záchyt prvotních příznaků poškození zdraví vlivem ionizujícího záření.

Ekonomická krize, která se může odrazit v omezování investic do ochrany a podpory zdraví zaměstnanců.

Nedostatek pocitu odpovědnosti zaměstnavatelů za zdraví zaměstnanců.

Schází motivace zaměstnavatelů.

Preference zisku před investicemi do zdraví zaměstnanců.

Potenciální možnost radiačních událostí s nekontrolovaným ozářením osob a kontaminací osob, zařízení a prostředí.

Ze SWOT analýzy je zřejmé, že fakultní nemocnice disponuje v oblasti využívání ionizujícího záření celou řadou silných stránek. Základ tvoří moderní, technicky vyspělé přístrojové vybavení, silná personální základna s kvalifikovanými zaměstnanci, jasné a průhledné organizační řízení včetně rozdělení pravomocí a odpovědností. Formálně, organizačně i prakticky jsou plněny požadavky na zajištění zdravotní preventivní péče o předmětnou skupinu zaměstnanců. Ukazatel počtu nemocí z povolání nebo poškození zdraví z práce z ionizujícího záření vykazuje absenci záhytu poškození zdraví.

Snaha o kvalitní diagnostiku a komplexní přístupy v medicíně vede k rozšiřování technické základny a zavádění nových metod práce včetně těch, které využívají zdroje ionizujícího záření. V rámci rozvoje však dochází k rozšiřování ionizujícího záření na různá pracoviště, která nejsou ve vztahu k rizikovému faktoru ionizujícího záření kategorizována. Slabou stránku představuje nerovnost v pracovních podmínkách, především při radiačně navigované chirurgii, kde zaměstnanci nejsou poučeni o bezpečnosti práce, radiační ochraně a použití osobních a ostatních ochranných prostředků. Další slabou stránkou je existence radiačních nehod v oblasti používání otevřených zdrojů ionizujícího záření, které mohou způsobit nekontrolované ozáření osob. Poměrně závažným problémem je opakovaný druh radiační události s uvolněním radioaktivních odpadů.

Mezi příležitostmi se jednoznačně řadí legislativní opora, konkrétně atomový zákon a jeho prováděcí vyhlášky, které tvoří rámec pro radiační ochranu, zdravotní preventivní péči, kvalifikaci a vzdělávání radiačních pracovníků v ČR. Konkrétní příležitostí je kvalitní dlouhodobá aktivní spolupráce se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, jejímž výsledkem je absence neshod při externích auditech. Na mezinárodním poli je to existence sítě organizací na podporu zajištění ZIZ a centralizace osobní dozimetrie na podporu ochrany osob před škodlivými účinky radiace. K vyjednávací schopnosti přispívá nemalou měrou získaná

akreditace Spojené akreditační komise při MZ ČR a mezinárodní akreditace podle mezinárodních akreditačních standardů Joint Commission International. V neposlední řadě skýtají příležitosti grantové projekty včetně evropských fondů, které znamenají přísun finančních prostředků pro zlepšování pracovního prostředí nebo výzkumné aktivity se zaměřením na osobní radiační zátěž především v oblasti nízkých dávek záření.

Hrozbou zůstávají zvyšující se počty výkonů s ionizujícím zářením, rychlé zavádění nových metod, které preferují medicínskou efektivitu před zhodnocením negativních dopadů na zdraví zaměstnanců a preference zisku před investicemi do zdraví a pracovní pohody.

Na základě výsledků SWOT analýzy, která identifikovala hlavní nedostatky v oblasti zabezpečení ochrany zaměstnanců při provádění radiačně navigované chirurgie - metodě sentinelové uzliny a v oblasti radiačních událostí, byla provedena dozimetrická měření osobní radiační zátěže zaměstnanců při participaci na této metodě a analýza proběhlých radiačních událostí se zaměřením na nekontrolované uvolnění radioaktivních odpadů.

6.2 Studie radiační zátěže zaměstnanců při radiačně navigované chirurgii

Aplikované radiofarmakum je zdrojem ionizujícího záření, jehož působení by mohlo představovat zdravotní riziko pro zdravotníky. Cílem práce bylo změřit a zhodnotit reálnou míru jejich radiační zátěže při výkonech na sentinelové uzlině.

Radiační zátěž byla měřena u dvaceti chirurgů a dvaceti zdravotních sester při operační intervenci prováděné do 6 hodin po aplikaci radiokoloidu (v tzv. jednodenním protokolu) pro diagnózu zhoubný karcinom kůže a karcinom děložního čípku a u dalších dvaceti chirurgů a dvaceti zdravotních sester prováděné následující den za 22 hodin po aplikaci radiokoloidu (v tzv. dvoudenním protokolu) pro diagnózu karcinom prsu. Délka operační intervence činila rovněž přibližně 30 minut. Výsledky měření v jednodenním a dvoudenním protokolu byly statisticky srovnány. Na oddělení nukleární medicíny byla měřena radiační zátěž deseti radiologických asistentů po aplikaci radiokoloidu po dobu lymfoscintigrafie. Na oddělení patologické anatomie bylo prováděno měření u deseti osob při histopatologickém zpracování sentinelové uzliny, přibližně po uplynutí 72 hodin od aplikace radiofarmaka. Analyzován byl základní měřitelný parametr, který umožňuje posoudit radiační zátěž pomocí dávkového ekvivalentu Hp(10).

Úroveň přírodního pozadí v nepřítomnosti měřeného zdroje ionizujícího záření měřené kalibrovaným přístrojem Isotrak 6150 AD 6 se pohybovala od 0,14 $\mu\text{Sv/h}$ do 0,25 $\mu\text{Sv/h}$.

Pro statistické hodnocení byl použit t-test, pro volbu jeho odpovídající varianty byla porovnána shoda rozptylů Fischer-Snedecorovým F-testem při zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (tab. 6.1).

Tab. 6.1 Celková radiační zátěž při chirurgické intervenci (v μSv)

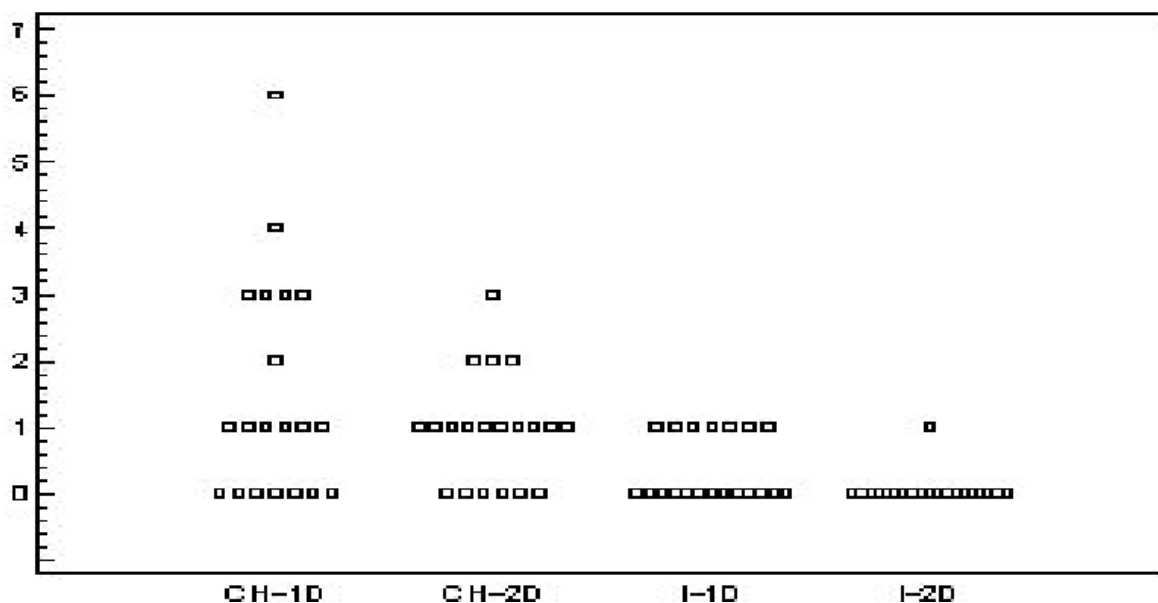
Měření	Chirurgové (CH)		Instrumentářky (I)	
	1D (n=20)	2D (n=20)	1D (n=20)	2D (=20)
medián	1	1	0	0
průměr	1,5	0,95	0,35	0,05
SD	1,59	0,78	0,47	0,21
max. hodnota	6	3	1	1
min. hodnota	0	0	0	0
P	0,197		0,019	

Vysvětlivky: 1D jednodenní protokol, 2D dvoudenní protokol, n = počet měření, CH chirurgové, I instrumentářky

Hodnoty jednotlivých měření radiační zátěže při provádění výkonů spojených s radiačně navigovanou chirurgií u chirurgů a instrumentářek v jednodenním a dvoudenním protokolu jsou vyjádřeny v grafu četnosti (graf 6.1).

Ve sledovaném souboru byly průměrné hodnoty radiační zátěže po aplikaci 60 – 100 MBq radiokoloidu při operační intervenci pro zhoubný melanom kůže nebo karcinom děložního čípku při jednodenním protokolu u chirurgů 1,5 μSv , u sester instrumentářek 0,35 μSv .

Graf 6.1. Rozdělení četnosti hodnot radiační zátěže chirurgů a instrumentářek (v μSv)



Poznámky: osa X: CH-1D chirurgové jednodenní protokol; CH-2D chirurgové dvoudenní protokol, I-1D instrumentářky jednodenní protokol, I-2D instrumentářky dvoudenní protokol; osa Y hodnoty radiační zátěže měřených osob v μSv .

Při dvoudenním protokolu činila průměrná radiační zátěž při operační intervenci na sentinelové uzlině při diagnóze karcinomu prsu u lékařů chirurgů $0,95 \mu\text{Sv}$, u sester instrumentářek $0,05 \mu\text{Sv}$.

Mezi skupinami chirurgů při použití jednodenního a dvoudenního protokolu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ($p = 0,197$). U instrumentářek byl rozdíl z hlediska radiační zátěže mezi jednodenním a dvoudenním protokolem statisticky významný ($p = 0,019$).

Rozdíl v radiační zátěži mezi skupinou chirurgů a instrumentářek byl při zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v případě obou protokolů statisticky významný (při jednodenním protokolu $p = 0,007$, při dvoudenním protokolu $p = 0,0001$).

Hodnoty radiační zátěže u všech radiologických asistentů a zaměstnanců patologie byly nulové.

Ve sledovaném souboru byly průměrné hodnoty radiační zátěže po aplikaci 60 - 100 MBq při třicetiminutové operační intervenci po 2 - 6 hodinách po aplikaci radiofarmaka u diagnóz zhoubný melanom kůže a karcinom děložního čípku 1,5 μSv . Při intervenci za 22 hodin po aplikaci téže dávky a téhož radiofarmaka u karcinomu prsu činila radiační zátěž 0,95 μSv . Ve skupině instrumentářek byly naměřeny průměrné hodnoty radiační zátěže při stejných zákrocích nižší, při jednodenním protokolu 0,35 μSv a při dvoudenním protokolu 0,05 μSv . Hodnoty radiační zátěže u radiologických asistentů a zaměstnanců patologie byly nulové.

Při hodnocení a srovnávání radiační zátěže je nutné vzít v úvahu, že výsledky mohou být ovlivněny například množstvím podané aktivity a typem podaného radiofarmaka, způsobem aplikace a dobou, která od aplikace uplynula, délkou operace, vzdáleností od operačního pole, přírodním pozadím. Rozdíl radiační zátěže mezi skupinami chirurgů a instrumentářek si vysvětlujeme různou vzdáleností od zdroje záření, tedy od sentinelové uzliny při operaci. Lze usuzovat, že faktor vzdálenosti (vzdálenost zaměstnance od zdroje při lymfoscintigrafii) rovněž ovlivnil hodnoty radiační zátěže u radiologických asistentů. Hodnoty měření radiační zátěže zaměstnanců patologie ovlivnil faktor fyzikální poločas přeměny radionuklidu. Vzhledem k jednoznačně nižším hodnotám radiační zátěže lékařů chirurgů i instrumentářek při dvoudenním protokolu oproti protokolu jednodennímu, je vhodné zvážit výběr typu protokolu, při zhodnocení dalších aspektů (např. reálnost, návaznost, organizace práce, orientace chirurga při extirpaci atd.).

Hoefnagel publikoval, že u karcinomu prsu při operaci za 4 hodiny po aplikaci 74 MBq radiokoloidu obdrží chirurg 1,16 μSv na tělo a při operaci za 24 hodin 0,11 μSv na tělo a že radiační dávka pro patologa na celé tělo je zanedbatelná - 0,0002 μSv .^[86] Podle Heidenreicha po aplikaci 80 MBq je radiační zátěž chirurga při operační intervenci na sentinelové uzlině u maligního melanomu 0,2 μSv , personálu patologie 0,3 μSv , u karcinomu prsu po aplikaci 160 MBq u chirurga 0,4 μSv a patologa 0,5 μSv .^[87] Sera zjistil u personálu na

⁸⁶ HOEFNAGEL, C. A.; SIVRO-PRNDELJ, F.; VALDÉS OLMOS, R. A. Lymphoscintigraphy and sentinel node procedures in breast carcinoma: role, techniques and safety aspects. *World Journal of Nuclear Medicine*, 2002, vol. 1, s. 45-54. ISSN 1450-1147.

⁸⁷ HEIDENREICH, P., BARES, R., BRENNER, W. et al. Verfahrensanweisung für die nuklearmedizinische Wachter-Lymphknoten (sentinel lymph node; SLN)-Diagnostik. *Nuklearmedizin*, 2001, vol. 40, no. 3, s. 98-101. ISSN 0029-5566.

operačním sále při intervenci sentinelové uzliny u melanomů efektivní dávku pod 1 $\mu\text{Sv}/\text{hod}$.^[88] Waddington popisuje průměrnou radiační dávku chirurga při operaci sentinelové uzliny v případě jedné pacientky s karcinomem prsu 0,34 μSv .^[89] Pejpers u karcinomu prsu za 22 hodin po aplikaci 40 MBq radiokoloиду zjistil radiační dávku pro chirurga 0,09 $\mu\text{Sv}/\text{hod}$, pro patologa 0,08 $\mu\text{Sv}/\text{hod}$.^[90] Perkins publikoval při aplikaci 111 MBq a při intervenci sentinelové uzliny u pacientů s karcinomem prsu následující den efektivní dávku 90 μSv .^[91] Z výsledků našich měření je patrná shoda s výše uvedenými citovanými pracemi, i když podmínky, za kterých byla měření prováděná, se mohou do určité míry lišit.

6.3 Analýza radiačních událostí

Během 14 let bylo evidováno ve sledované zdravotnické instituci celkem 25 radiačních událostí z toho se jeden případ týkal uzavřených zářičů a ostatních 24 případů zářičů otevřených. Jedna radiační událost proběhla na pracovišti radioterapie a 24 případů na pracovišti nukleární medicíny.

Proběhlé radiační události měly rozdílný charakter, příčiny i důsledky. Jedenáct radiačních událostí bylo zaznamenáno jako nekontrolovaný únik radioaktivních látek při aplikaci radiofarmak pacientovi. V osmi případech se jednalo o nekontrolovaný únik pevných a především kapalných radioaktivních odpadů. Ostatní případy měly zcela individuální charakter (tab. 6.2).

Největší počet radiačních událostí byl zaznamenán na pracovištích nukleární medicíny při práci s otevřenými zářiči ^{131}I Jódem (^{131}I) a metastabilním technecianem sodným ($^{99\text{m}}\text{Tc}$).

⁸⁸ SERA. T.; MOHOS. G.; PAPOS. M. et al. Sentinel node detection in malignant melanoma patients : radiation safety considerations. *Dermatologic Surgery*, 2003, vol. 29, no. 2, s. 141-145. ISSN 1076-0512.

⁸⁹ WADDINGTON, W. A.; KESHTGAR, M. R. S.; TAYLOR. I. et al. Radiation safety of the sentinel lymph node technique in breast cancer. *European Journal of Nuclear Medicine*. 2000, vol. 27, no. 4, s. 377-91. ISSN 0340-6997.

⁹⁰ PIJERS, R.; MEIJER, S.; DIGNUM, P. The sentinel node procedure. *Tijdschrift voor Nucleaire Geneeskundw*. 1997, vol. 19, s. 144-147.

⁹¹ PERKINS, A. C; BRITTEN. A. J. Specification and performance of intra-operative gamma probes for sentinel node detection. *Nuclear Medicine Communications*, vol. 20, no. 4, s. 309-315. ISSN 0143-3636.

Častou příčinou bylo rozlití nebo rozstříknutí radioaktivní látky radiačním pracovníkem nebo porušení režimových opatření pacientem s důsledkem kontaminace povrchů, předmětů, rukou nebo jiných částí těla radioaktivní látkou. Opakovaně se také vyskytly radiační události s nekontrolovaným únikem radioaktivních odpadů. Ojedinělý případ radiační události byl zaznamenán na radioterapii, kde došlo při ztrátě dozimetru k jeho ozáření, bez ozáření osoby.

Ve všech uvedených případech byly dodrženy postupy v souladu se schválenými havarijními plány. I přes realizovaná opatření represivního a preventivního charakteru byly opakovaně zaznamenány dva typy radiačních nehod.

Tab. 6.2 Přehled registrovaných radiačních událostí

počet	popis	příčina	důsledek
11	rozstříknutí radiofarmaka do prostoru při jeho aplikaci	ucpání jehly, oddělení stříkačky od jehly tlakem na píst	kontaminace povrchů, předmětů a rukou zdravotníka
7	záchyt zvýšené radioaktivity v měřeném vzorku odpadní vody při pravidelném měření	porušení režimových opatření pacienty, technické závady	únik radioaktivní látky do kanalizace
1	Únik pevných radioaktivních odpadů mimo kontrolované pásmo	porušení režimových opatření zaměstnanci	únik radioaktivní látky do spalovny odpadu
1	rozlití ¹³¹ J při pipetování, potřísnění prstů laborantky, poté následná kontaminace části krku	nepozornost, porušení bezpečnostních opatření	kontaminace povrchů, předmětů, zevní a vnitřní kontaminace laborantky
1	při léčbě pacienta radiojódem došlo ke zhoršení jeho zdravotního stavu, překlady na specializované pracoviště	kritické zhoršení zdravotního stavu	ohrožení pracovníků mimo kontrolované pásmo
1	při léčbě radiojódem došlo u pacienta k nevolnosti a zvracení	náhlá nevolnost	kontaminace povrchů a předmětů
1	při scintigrafickém vyšetření neudržela pacientka moč	neudržení moči, špatná komunikace	kontaminace povrchů a předmětů
1	osobní dozimetrie pracovníků údržby vykazuje nadlimitní hodnoty	trvalé zavěšení osobních dozimetrů ve vymíracích jímkách	překročení limitů
1	ztráta dozimetru	nepozornost	falešné překročení limitu

První typ představují mimořádné události spojené s aplikací radiofarmak pacientům (perorální, subkutánní, intradermální a intravenózní aplikace ^{99m}Tc a ^{131}I), které jsou většinou důsledkem spěchu a snížené pozornosti radiačních pracovníků. Všechny tyto případy znamenaly okrskovou kontaminaci povrchů eliminovatelnou běžnými dostupnými prostředky na pracovišti s ohledem na respektování rozpadové konstanty zářiče. V žádném jednotlivém případě nedošlo k rozšíření kontaminace a ohrožení osob. Tento typ radiačních událostí má frekvenci výskytu 1 až 2krát ročně a je klasifikován jako mimořádná událost I. stupně.

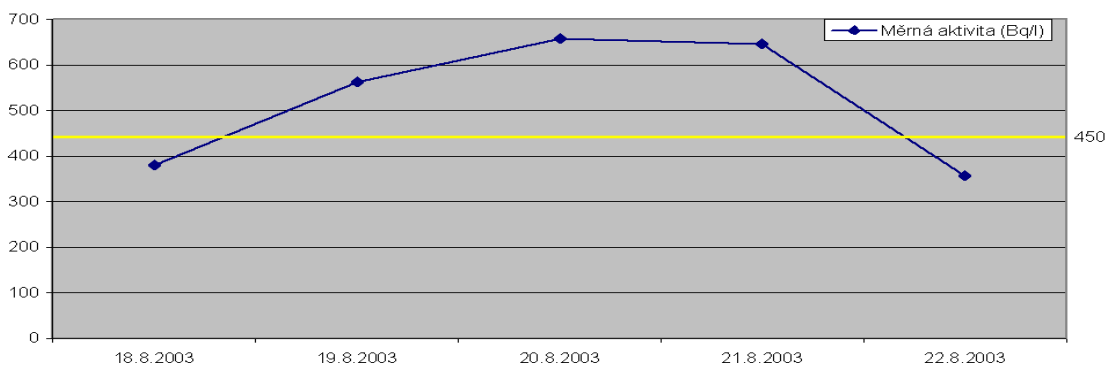
Druhým typem jsou radiační nehody spojené s radioaktivními odpady, především nekontrolovaný únik radiace ^{131}I do kanalizace a čističky odpadních vod a uvolnění pevného odpadu kontaminovaného ^{131}I , které ve svém důsledku představuje závažné ohrožení osob a životního prostředí.

Odpady kontaminované radionuklidy vznikají jako vedlejší produkt při diagnostickém a terapeutickém používání radionuklidů, jsou uchovávány do doby dosažení limitní hodnoty radiace a poté uvolňovány a likvidovány běžným způsobem. Odpadní vody z pracovišť s otevřenými zářiči jsou odváděny dvěma kanalizačními větvemi, větví (neaktivní) do čističky odpadních vod a větví (aktivní) do 4 komor vymíracích jímek o celkovém objemu 80 m^3 . V nádržích jsou zadržovány po dobu průběhu radioaktivního rozpadu do doby dosažení zprošťovací (uvolňovací) úrovně. Kapacita zaručuje dobu zdržení stávající produkce odpadních vod zatížených radionuklidy v komorách po dobu 60 dnů, neumožňuje ale napojení veškerých zařizovacích předmětů pracovišť ani zvýšení počtu výkonů. Po dosažení uvolňovací úrovně 450 Bq/l je přečerpán obsah jímky do čističky odpadních vod a posléze vypuštěn do veřejné kanalizace. Z hydrodynamického hlediska lze platný limit 450 Bq/l pro výtok z ČOV splnit kontinuálním nebo frakcionovaným vypouštěním vymřelé jímky rychlostí přibližně $1,2\text{ m}^3$ za den.

Radiační událost I. 19.8.2003 došlo ve vypouštěných odpadních vodách fakultní nemocnice - na výpusti z čističky odpadních vod - k mírnému zvýšení radioaktivity. Při pravidelné denní kontrole měření aktivity vzorkováním byla opakovaně naměřena kalibrovaným měřičem kontaminace (radiometrem AB/100 s velkoplošným proporcionalním detektorem) hodnota 563 Bq/l , což je překročení limitu o 113 Bq/l (limitní hodnota je 450 Bq/l). Následující měření za 24 hodin opět vykazovalo zvýšení radioaktivity na 653 Bq/l . 21.8.2003 dochází k prvnímu poklesu a následující den k poklesu pod limitní hodnotu

(graf 6.2). Při šetření příčiny úniku radioaktivního odpadu bylo zjištěno, že pacientka po terapeutické aplikaci ^{131}I , použila toaletu mimo kontrolované pásmo. Močí vyloučená radioaktivita se proto neodvedla aktivní kanalizací do vymíracích jímek pracoviště, ale běžnou cestou neaktivní kanalizace do odpadních vod, kde kontaminovala vody v čističce odpadních vod. Důvodem bylo scintigrafické vyšetření pacientky v části budovy, kde nejsou vytvořeny podmínky pro vyšetřování pacientů po terapii ^{131}I (schází kanalizační svod do vymíracích jímek). Rovněž zde sehrála roli nekázeň pacientky, která i přes poučení nedodržela režimové požadavky. V rámci preventivního opatření se na předmětném pracovišti provedlo jednorázové proškolení zaměstnanců s důrazem na provozní, režimová a edukační pravidla.

Graf 6.2 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 19.8.2003 – 22.8.2003 (limitní uvolňovací úroveň 450 Bq/l)

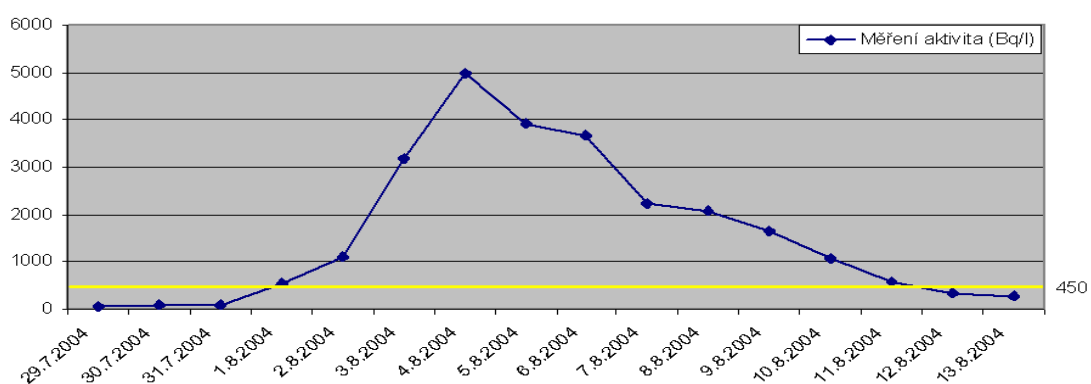


Radiační událost II. 1.8.2004 při pravidelném monitorování radioaktivity odpadních vod na výpusti z fakultní nemocnice byla zjištěna zvýšená aktivita ^{131}I . Následující dny se měřené hodnoty zvyšovaly s kulminací 4.8.2004, kdy hodnota dosáhla 5 000 Bq/l. Po postupném poklesu byla dosažena 12.8.2004 podlimitní hodnoty 336 Bq/l (graf 6.3). Průtok vody čističkou odpadních vod se pohyboval od 31 m³ do 68 m³ za den. Radiometrem AB/100 byly postupně proměřeny všechny potenciální zdroje úniku radioaktivity. V žádném odpadu napojeném na neaktivní větev kanalizace nebyla zjištěna kontaminace, rovněž nebyla zjištěna závada na provozu vymíracích jímek. Po proměření všech zařizovacích předmětů pracoviště se potvrdila kontaminace umývadla na pokoji pacientů, které by však podle stavební dokumentace mělo být napojeno na aktivní větev kanalizace a svedené do vymíracích jímek. Pomocí zkoušky fluorescenčním barevným značením bylo prokázáno, že umývadlo bylo vlivem technické chyby napojeno na neaktivní větev kanalizace a svedeno přímo do čističky

odpadních vod. Kontaminaci způsobila moč pacienta s aplikovanou aktivitou ^{131}I , který nesprávně použil umyvadlo. Aktivní odpad se tak přímým vedením dostal do čističky odpadních vod a vedl ke zvýšení radioaktivity.

Zvýšení aktivity odpadní vody způsobil pacient, kterému bylo aplikováno 3,7 GBq ^{131}I za účelem terapie karcinomu štítné žlázy. Při tomto druhu terapie se během 24 hodin vylučuje průměrně 80 % aplikované aktivity, a to právě močí. Pacient se v prvním dnu údajně dvakrát vymočil do umyvadla, které nebylo svedeno do aktivní kanalizace a vymíracích jímek, takže aktivita byla odvedena přímo do čističky odpadních vod. Zpoždění (transportní doba), se kterým se jednorázová dávka radioaktivity z pracoviště dostane přes přečerpávací šachtici do čističky odpadních vod, je asi 48 hodin. Pak se radioaktivita vody v čističce odpadních vod postupně zvyšuje, po dvou až třech dnech dosáhne maxima a v důsledku ředění neaktivní vodou klesá exponenciálně s poločasem rozpadu asi 3 dny. Celkové množství radioaktivity ^{131}I , které takto protéklo, činilo asi 1,21 GBq, což reálně odpovídá množství vyloučené aktivity pacientem (asi 2GBq v prvním dnu, což se vlivem poločasu rozpadu ^{131}I $T_{1/2} = 8$ dnů, sníží téměř na polovinu), kterému bylo aplikováno 3,7 GBq ^{131}I . Navržené opatření obsahovalo urychlené přepojení odpadního potrubí z dotyčného umyvadla do aktivní větve kanalizace, tj. náprava technické chyby vzniklé při rekonstrukci odpadního potrubí. Do doby realizace stavebních a řemeslných prací budou na předmětném pokoji hospitalizovány pouze ženy, u nichž se výše zmíněné nepatřičné použití umyvadla nepředpokládá.

Graf 6.3 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 29.7.2004 – 13.8.2004 (limitní uvolňovací úroveň 450 Bq/l)



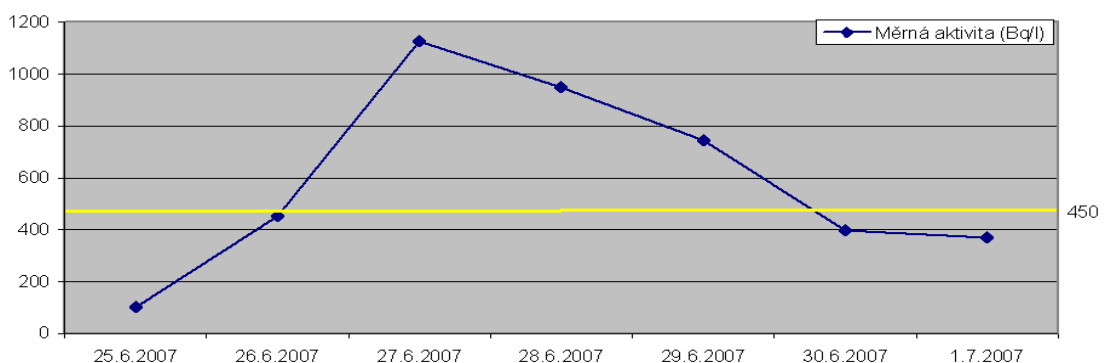
Radiační událost III. 27.6.2007 byla zjištěna při pravidelném měření vzorku odpadní vody na výpusti z fakultní nemocnice zvýšená aktivita ^{131}I na úrovni 1126 Bq/l. Následující

měření za 24 hodin vykázalo pokles s docílením podlimitních hodnot 30.6.2007 (graf 6.4). Pomocí měřiče kontaminace AB/100 byly prověřeny potenciální zdroje úniku radioaktivity. Nebyla zjištěna závada na provozu vymírací jímek, ale kontaminace umyvadla pokoje pacientů na lůžkové části pracoviště, kde na aktivní větev kanalizace je napojena pouze toaleta. Nekázní pacienta s aplikovanou aktivitou ^{131}I bylo umývadlo opět nepatřičně použito k vymočení. Aktivní moč přímou cestou neaktivní kanalizace kontaminovala vody v čističce odpadních vod a vedla k dočasnému zvýšení její aktivity. Příčinou byla nekázeň pacienta, který i přes poučení nedodržel režimová opatření.

Dočasné zvýšení aktivity odpadní vody způsobil pacient, kterému bylo aplikováno $3,7 \text{ GBq } ^{131}\text{I}$ za účelem terapie karcinomu štítné žlázy. Pacient byl uložen na předmětný typ pokoje, když docílil zbytkovou aktivitu 800 MBq . Údajně se ve druhém dnu po aplikaci dvakrát vymočil do umyvadla, které není svedeno do aktivní kanalizace a vymíracích jímek. Zpoždění (transportní doba), se kterou se jednorázová dávka radioaktivity dostala přes přečerpávací šachtici do čističky odpadních vod činí asi 48 hodin. Po dosažení maxima pak v důsledku ředění neaktivní vodou klesá aktivita exponenciálně s poločasem asi 3 dny. Při průtoku 28 m^3 až 93 m^3 čističkou odpadních vod ve dnech zvýšené aktivity, celkové množství radioaktivity ^{131}I , které takto protéklo, činilo asi 210 MBq , což může reálně odpovídat části aktivity 88 MBq vyloučené pacientem (dále se vlivem poločasu rozpadu ^{131}I $T_{1/2} = 8$ dnů během doby průtoku sníží téměř na polovinu). V rámci preventivních opatření byla vypracována písemná radiačně-hygienická pravidla pro pacienty, kteří budou v rámci dodržování režimu s nimi prokazatelně seznamováni.

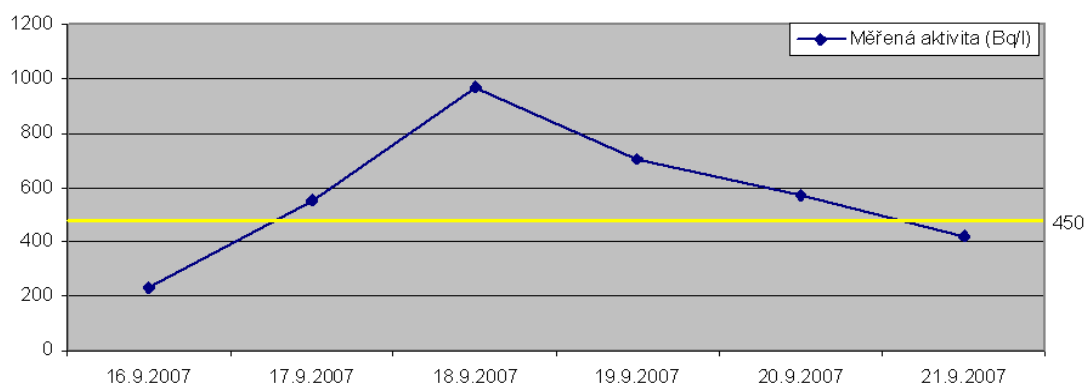
Graf 6.4 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 25.6.2007 – 1.7.2007 (limitní

uvolňovací úroveň 450 Bq/l)



Radiační událost IV. 17.9.2007 byla zjištěna zvýšená aktivita ^{131}I ve vzorku odpadní vody na výpusti z objektu fakultní nemocnice. Počáteční naměřená hodnota činila 556 Bq/l, kulminace dosáhla 18.9.2007 a to 966 Bq/l (graf 6.5). Průměrný průtok odpadní vody dosahoval od 28 m³/den do 84 m³/den. Pomocí měřiče kontaminace AB/100 byly proměřeny potenciální zdroje úniku radioaktivity. Nebyla zjištěna žádná závada na provozu vymírácích jímek. Šetřením bylo zjištěno, že došlo k nerespektování režimu pacientem, který s aplikovanou aktivitou ^{131}I při absolvování vyšetření celotělové scintigrafie použil toaletu, která není svedena aktivní kanalizací do vymírácích jímek. Tato aktivita se pak přímou cestou dostala do čističky odpadních vod a vedla k dočasnému zvýšení aktivity odpadní vody. Příčinou je porušení radiačně-hygienického režimu pacientem. Dočasné zvýšení aktivity odpadní vody způsobil pacient, kterému bylo aplikováno 3,7 GBq ^{131}I za účelem terapie karcinomu štítné žlázy. Celkové množství radioaktivity ^{131}I , které takto proteklo, činilo asi 217 MBq ^{131}I , což může reálně odpovídat části aktivity asi 600 MBq vyloučené pacientem (dále se vlivem poločasu rozpadu ^{131}I $T_{1/2} = 8$ dnů, během doby průtoku, sníží téměř na polovinu).

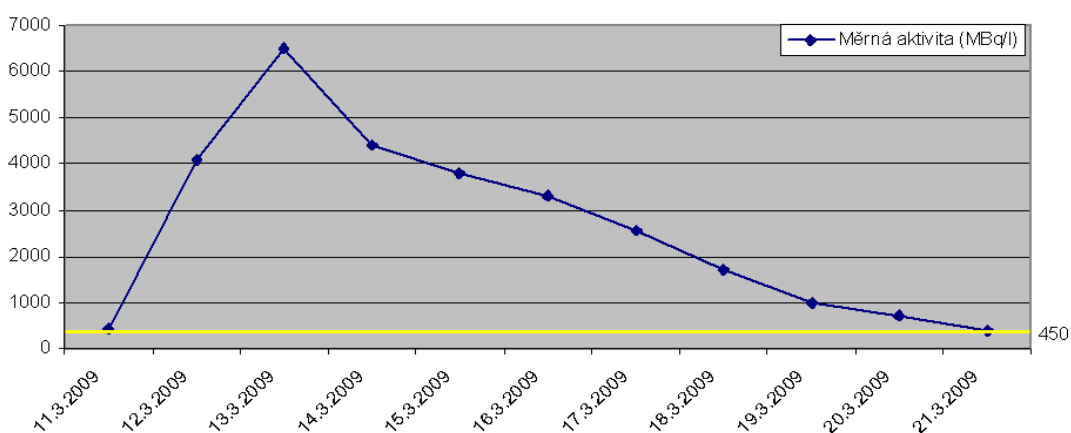
Graf 6.5 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 16.9.2007 – 21.9.2007 (limitní uvolňovací úroveň 450 Bq/l)



Radiační událost V. 12.3.2009 byla zjištěna v měřeném vzorku odpadní vody zvýšená aktivita ^{131}I a to ve výši 4093 Bq/l na výpusti z objektu fakultní nemocnice. Od 13.3.2009, kdy dosáhla hodnota aktivity vrcholu 6494 Bq/l, došlo postupně k jejímu poklesu a 21.3.2009 k návratu na podlimitní hodnoty (graf 6.6). Pomocí měřiče kontaminace AB/100 byly proměřeny všechny potenciální zdroje úniku radioaktivity. Nebyla zjištěna žádná závada na provozu vymírácích jímek. Příčinou dočasnému zvýšení aktivity odpadní vody byla

porucha na vodovodním potrubí, které v nočních hodinách prasklo a větší množství vody zaplavilo suterén pracoviště nukleární medicíny. Voda pronikla i do potrubí svádějícího aktivní vody do vymíracích jímek, čímž došlo k předčasnému naplnění a přetečení jímek. Jednalo se o technickou závadu, způsobenou korozí vodovodního potrubí. Porucha na vodovodním potrubí si následně vyžádala předčasné vypuštění vymírací jímky, a tím došlo v následujících dnech ke zvýšení měrné aktivity ^{131}I na výpusti. Zpoždění (transportní doba), doba za kterou se projeví zvýšené hodnoty měrné aktivity na konci výpustě z čističky odpadních vod do veřejné kanalizace, jsou způsobené průtokem odpadní vody přes přečerpávací stanici do čističky odpadních vod. Obsluha čističky odpadních vod byla včas seznámena se vzniklou situací a poučena o riziku. V době nejvyšší měrné aktivity bylo provedeno i kontrolní monitorování pracovního prostředí čističky odpadních vod včetně česla. V žádných místech nebyly naměřené hodnoty, které by překročily přírodní pozadí. Maximální měrná aktivita odebraného vzorku před výpustí z čističky odpadních vod do veřejné kanalizace byla 6 494 Bq/l. Datum a čas provedení byl řádně oznámen předběžně telefonicky a následně písemně SÚJB protokolem o předčasném vypuštění vymírací jímky z důvodu poruchy vodovodního potrubí včetně oznámení výsledků měrných aktivit. Preventivním opatřením bude během stavebních rekonstrukcí, které proběhnou v roce 2009, vodovodní potrubí nahrazeno novým, takže riziko podobné poruchy bude minimalizováno.

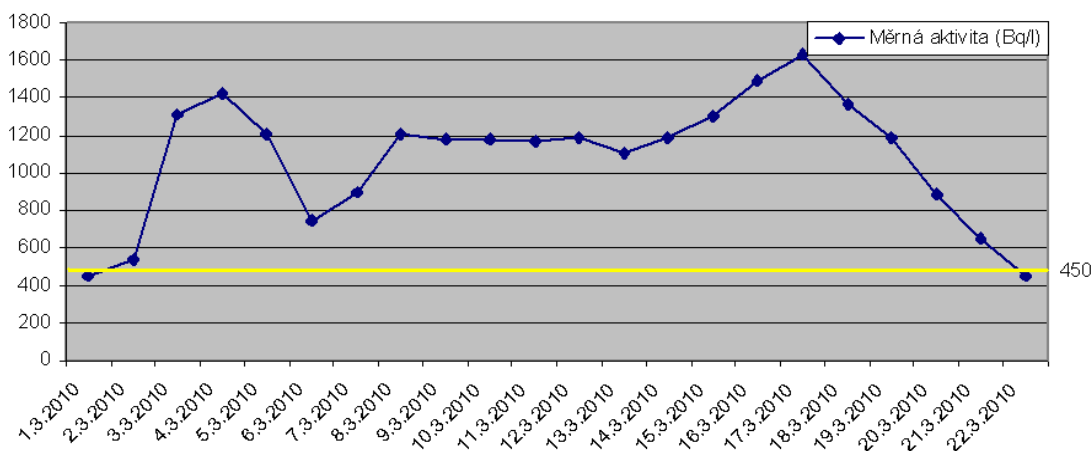
Graf 6.6 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 11.3.2009 – 21.3.2009 (limitní uvolňovací úroveň 450 Bq/l)



Radiační událost VI. 3.3.2010 byla zjištěna zvýšená aktivita ^{131}I v odpadní vodě na výpusti z fakultní nemocnice. Nejvyšší hodnota byla naměřena 4.3.2010 1422 Bq/l, poté

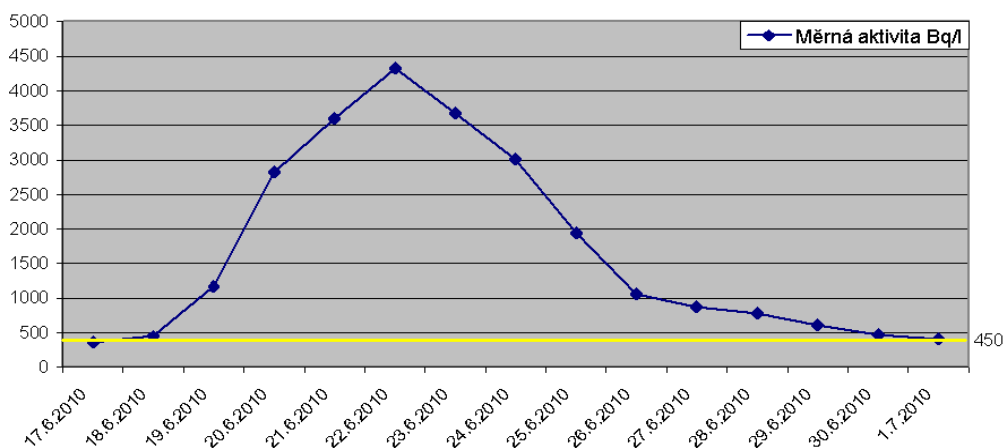
postupně došlo k jejímu poklesu s opětovným vzestupem 17.3.2010 až na 1632 Bq/l (graf 6.7). Pomocí měřiče kontaminace AB/100 byly proměřeny všechny potenciální zdroje úniku radioaktivity. Nebyla zjištěna žádná závada na provozu vymírácích jímek. Další šetření ukázalo, že pravděpodobnou příčinou dočasného zvýšení aktivity odpadní vody byla porucha na čerpadle přečerpávací jímky, které v důsledku rekonstrukce pracoviště nukleární medicíny bylo nedopatřením na několik dní odpojeno od napájení. Po opravě čerpadla byly nahromaděné aktivní vody přečerpány do čističky odpadních vod, což způsobilo dočasné zvýšení aktivity odpadní vody na výstupu z fakultní nemocnice. Situaci zkomplikovala radiační nehoda, kdy pacienti po vyšetření celotělové scintigrafie použili toaletu bez svedení do aktivní kanalizace a odpadních jímek. Příčinou byla technická závada, způsobená rekonstrukcí pracoviště a komplikovaná porušením radiačně-hygienického režimu pacienty. Během stavebních rekonstrukcí, probíhajících během roku 2010, bude elektrické napájení čerpadel zrevidováno, takže riziko podobné poruchy bude minimalizováno. Pacienti vyšetřovaní mimo kontrolované pásmo budou důsledně poučeni. Při radiační události byly překročeny směrné hodnoty výпустů kapalného radioaktivního odpadu s převahou ^{131}I do veřejné kanalizace. Překročení zprošřovací úrovně (měrná aktivita 1 300 Bq/l) bylo telefonicky oznámeno regionálnímu centru SÚJB Ostrava. Dohlížející osoba vydala nařízení ke zvýšené bdělosti a informovanosti a průběžnému monitorování dané situace tak, aby žádné osoby nebyly ohroženy touto událostí.

Graf 6.7 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 1.3.2010 – 22.3.2010 (limitní uvolňovací úroveň 450 Bq/l)



Radiační událost VII. 19.6.2010 byla zjištěna zvýšená aktivita ^{131}I v odpadní vodě na výpusti z fakultní nemocnice v hodnotě 1 160 Bq/l (graf 6.8). Pomocí měřiče kontaminace AB/100 byly proměřeny všechny potenciální zdroje úniku radioaktivity. Nebyla zjištěna žádná závada na provozu vymírácích jímek. Příčinou bylo zjištěno použití sprchy a WC s odvodem do neaktivní kanalizace pacientem s aplikovanou aktivitou ^{131}I . Tato aktivita se pak dostala přímou cestou do čističky odpadních vod a vedla k dočasnému zvýšení aktivity odpadní vody. Jedná se o selhání lidského faktoru na straně pacienta, který i přes řádné prokazatelné poučení o dodržování radiačně-hygienického režimu, porušil režimová nařízení.

Graf 6.8 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 17.6.2010 - 1.7.2010 (limitní uvolňovací úroveň 450 Bq/l)



Radiační událost VIII. 22.9.2010 byla zachycena radioaktivita pevných odpadů při opakovaném průjezdu bránovým portálovým detektorem na vjezdu do spalovny odpadů. Přivolaná služba osobní dozimetrie VF, a.s. Černá Hora, oprávněná k radiačním zásahům, dozimetricky prověřila náklad odpadů a po vytřídění našla několik plastových sáčků obsahujících kontaminované papírové ubrousky. Spektrometrickou analýzou byl detekován radionuklid ^{131}I , kterým byly kontaminovány ubrousky uložené v pěti kusech plastových sáčků. Podle označení odpadového materiálu bylo jako původce pevného komunálního odpadu identifikováno pracoviště nukleární medicíny fakultní nemocnice Ostrava. Dozimetrickým měřením se zjistilo překročení uvolňovací úrovně ^{131}I . Hmotnost kontaminovaných předmětů nepřekročila 50 g. Dávkový příkon kontaktně 0,98 $\mu\text{Gy/h}$. Vypočítaná aktivita v době záchytu asi 1,93 MBq. Záchyt radioaktivního odpadu byl fotodokumentován, hlášen regionálnímu centru SÚJB Brno a policii ČR. Zásah služby osobní dozimetrie VF, a.s. Černá Hora byl finančně vyčíslen a předán k úhradě původci odpadu.

Zachycený odpad byl uložen do plastického pytle a bezpečnostního boxu po dobu 80 dnů v areálu spalovny, dokud nedošlo k poklesu radiace a poté likvidován jako běžný odpad. Mimořádná událost byla dále oznámena regionálnímu centru SÚJB Ostrava a FN Ostrava. Přijatá nápravná opatření spočívají v dodržování každodenního proměřování všech odpadů pracoviště nukleární medicíny, jejich prokazatelném uvolnění, předání k odvozu a následné likvidaci. Rovněž došlo k proškolení úklidové firmy a všech osob, které manipulují nebo se dostávají do kontaktu s odpady.

Proběhlé radiační události byly odborně posuzovány dohlízející osobou na ZIZ ve FN Ostrava z hlediska radiační ochrany a klasifikovány jako mimořádné události I. stupně. Ve všech případech došlo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do prostor zařízení nebo pracovišť s omezeným lokálním charakterem, které byly včas rozpoznány a likvidovány vlastními silami tzn. držitelem povolení k nakládání se ZIZ nebo v případě uniku kontaminovaného pevného odpadu v místě záchytu, autorizovanou firmou oprávněnou k radiačním zásahům. Byla dodržena hlásná povinnost dohlízející osobě, držiteli povolení k nakládání se ZIZ a regionálnímu centru SÚJB, včetně nastavení represivních opatření k zamezení ozáření osob a úniku radiace do životního prostředí a preventivních opatření zaměřených k eliminaci radiačních událostí tohoto typu. Dotčené ani zasahující osoby nebyly ozářeny.

7 Diskuse

Cílem práce bylo proniknout do problematiky péče o zdraví zaměstnanců ve zdravotnictví, kteří pracují v prostředí ionizujícího záření ve specifickém prostředí zdravotnické instituce za účelem posouzení úrovně současného stavu, identifikace potřeb a vytvoření podkladů pro další rozvoj, který v praxi podpoří zkvalitnění a zefektivnění systému péče o zdraví.

Naplnění hlavního cíle je vyjádřeno prostřednictvím splnění jednotlivých dílčích cílů, které tvoří strukturu diskuse.

Cíl: Analýza současného stavu péče o zdraví zaměstnanců v riziku ionizujícího záření v prostředí zdravotnické instituce a identifikace problémových oblastí ve vztahu k péči o zdraví

Analýza současného stavu péče o zdraví zaměstnanců v riziku ionizujícího záření, provedena formou SWOT analýzy, zhodnotila současný stav ve zdravotnické instituci z hlediska pracovních podmínek, radiační ochrany a zdravotní péče a identifikovala dvě problémové oblasti. Výsledky ukazují na plnění všech základních obligatorních složek v péči o zdraví zaměstnanců, a to především zajištěním, organizováním a poskytováním kvalitní lékařské preventivní péče a dodržováním principů radiační ochrany. Podporu péče o zdraví zaměstnanců FN sledují projekty a investiční záměry provozovatele, především technického rázu s cílem primární prevence v oblasti radiační ochrany, jako je obnova (technická modernizace) přístrojového vybavení, rekonstrukce budov s dispoziční úvahou využívání ZIZ, výstavba vymíracích jímek v souladu se současnými principy odpadového hospodářství a aktivity i ve výzkumných projektech zaměřených např. na snižování osobní radiační zátěže, konkrétně zejména radiační zátěže rukou.

Určité rezervy se skrývají v tzv. neobligatorní složce péče o zdraví. Zaměstnancům jsou poskytovány zaměstnanecké výhody v podobě různých benefitů, které jsou určeny pro všechny zaměstnance instituce bez rozdílů, schází však motivační a podporující složka pro cílovou skupinu zaměstnanců pracujících v prostředí ionizujícího záření.

Problémovou oblastí byla vyhodnocena radiačně navigovaná chirurgie – metoda sentinelové uzliny, která jako relativně nová metoda v medicíně byla vědecky zkoumána a hodnocena jako přínosná pro diagnostiku a léčbu některých nádorových onemocnění, nebyla však dosud uspokojivě řešena z pohledu radiační ochrany, podmínek práce, zajištění ochrany zdraví a bezpečnosti zaměstnanců.

Další problémovou oblastí jsou radiační události s nekontrolovaným únikem radioaktivních látek, které představují jisté, i když relativní ohrožení zaměstnanců, eventuálně pacientů a prostředí.

Cíl: Posouzení radiační zátěže zaměstnanců v oblasti radiačně navigované chirurgie při metodě sentinelové uzliny

Výsledky měření radiační zátěže svědčí o velmi nízkých dávkách radiační zátěže a nepředstavují reálné zvýšené zdravotní riziko pro exponované zaměstnance. Dávky radiace jsou při každém z kroků, tzn. při detekci, extirpaci i histopatologickém zpracování sentinelové uzliny, pouze zlomkem povolené roční efektivní dávky, která vychází z obecných limitů pro zaměstnance, kteří nejsou radiačními pracovníky. Při hodnocení a srovnávání radiační zátěže je nutné vzít v úvahu, že výsledky mohou být ovlivněny například množstvím podané aktivity a typem podaného radiofarmaka, způsobem aplikace a dobou, která od aplikace uplynula, délkou operace, vzdáleností od operačního pole nebo přírodním pozadím. Rozdíl radiační zátěže mezi skupinami chirurgů a instrumentářek si vysvětlujeme různou vzdáleností od zdroje záření, tedy od sentinelové uzliny při operaci. Lze usuzovat, že faktor vzdálenosti (vzdálenost zaměstnance od zdroje při lymfoscintigrafii) rovněž ovlivnil hodnoty radiační zátěže u radiologických asistentů. Hodnoty měření radiační zátěže zaměstnanců patologie ovlivnil faktor fyzikální poločas přeměny radionuklidu. Ze statistického hodnocení radiační zátěže při jednodenním a dvoudenním protokolu vyplývá, že jednoznačně nižší radiační zátěž je při dvoudenním protokolu. Tyto výsledky se shodují s výsledky uváděnými v literatuře.

Cíl: Navržení opatření k optimalizaci radiační ochrany a ochrany zdraví zaměstnanců při intervencích na sentinelové uzlině

Přestože reálná míra expozice ionizujícímu záření je nízká, jedná se o rizikový faktor práce, a je proto nutné přijmout na pracovištích taková opatření, aby byly zajištěny bezpečné

podmínky a ochrana při práci a dodržování zásad radiační ochrany. Vzhledem k naměřeným hodnotám, které jsou minimální, není nutné, aby zaměstnanci (kromě zaměstnanců nukleární medicíny, kteří jsou dozimetry povinně vybaveni) používali osobní dozimetry, pokud se nezmění způsob detekce sentinelových uzlin, organizace práce, používaný druh radiofarmaka nebo se nevyskytne faktor, který by významně ovlivnil radiační zátěž při intervencích na sentinelové uzlině. Je však nutné, aby zaměstnanci byli seznámeni s radiační ochranou a dodržovali základní způsoby ochrany před ionizujícím zářením - stínění radiofarmaka, zkrácení času, po který se přichází do styku se zdroji záření (stříkačka, pacient, vzorky tkání) a pokud možno prodloužení vzdálenosti od zdrojů záření. Vzhledem k jednoznačně nižším hodnotám radiační zátěže lékařů chirurgů i instrumentárek při dvoudenním protokolu oproti protokolu jednodennímu, je vhodné zvážit výběr typu protokolu, při zhodnocení dalších aspektů (např. reálnost, návaznost, organizace práce, orientace chirurga při extirpaci atd.). Na pracovištích, kde dochází k aplikaci radioaktivních látek, kterou provádí přímo operující lékař (pracoviště gynekologie) je nezbytné, aby byli aplikující lékaři vybaveni prstovými termoluminiscenčními dozimetry s pravidelným, minimálně tříměsíčním, intervalem vyhodnocení. Dále je nutné, aby zaměstnanci byli pravidelně a prokazatelně (doporučený interval jeden kalendářní rok) proškolení v problematice s cílem zvládnutí teorie ionizujícího záření, postupu při výkonech s použitím radioaktivní látky, správného nakládání s kontaminovanými předměty a odpadem. Pro případ radiační události je nutné vybavit předmětná pracoviště dekontaminačními balíčky s pokyny, jak postupovat při dekontaminaci a radiačních událostech.

Cíl: Analýza mimořádných radiačních událostí na pracovišti nukleární medicíny

Všechny radiační události, kromě jednoho případu, jsou spojeny s únikem otevřených zářičů a lokalizovány na pracoviště nukleární medicíny. Z tohoto pohledu je nutno se zmínit, že záchyt mimořádných událostí vypovídá o odpovědném a důsledném plnění hlásné povinnosti, která je základním předpokladem k ochraně zdraví a hledání řešení. Z hlediska možnosti potenciálně závažného ohrožení osob a prostředí byly záměrným výběrem analyzovány proběhlé radiační události s nekontrolovaným únikem radioaktivních odpadů, které se vyskytovaly opakovaně. Tento druh událostí je svou povahou výjimečný jednak z pohledu vzniku, záchytu, délky trvání, eliminací a možnostmi ohrožení okolí. K úniku došlo selháním technických a organizačních izolujících bariér s podílem lidského činitele. Technologické a kapacitní parametry stávajícího zařízení kanalizace a vymíracích jímek je

fyzicky a morálně zastaralé s omezenou kapacitou a mohly by představovat reálné riziko úniku radionuklidů do hydrosféry se všemi negativními dopady ohrožení životního prostředí a veřejného zdraví. Uvedené radiační události byly včas zachyceny a eliminovány, a proto představovaly méně závažné úniky, které vedly k nízkým dávkovým ekvivalentům a jejich zdravotní důsledky na přítomné osoby jsou nepostižitelné. Cílem zůstává nalezení takových řešení, která by zabránila nebo minimalizovala únik radioaktivních látek, a tím předcházela kontaminaci a ohrožení osob a prostředí radiací.

Cíl: Navržení preventivních opatření k zamezení nebo snížení rizika ozáření při nekontrolovaném uvolnění radioaktivního odpadu

Vzhledem k faktu, že nelze vyloučit používání otevřených zářičů a vzhledem k charakteru radiačních událostí a opakovanému selhávání organizačních a režimových opatření a především insuficientnímu a zastaralému dispozičnímu řešení pracovišť s otevřenými ZIZ je ideálním řešením vybudování nových velkokapacitních vymíracích jímek, které pojmu veškeré kapalné odpady z pracovišť, kde se používají otevřené zářiče. Příležitostí pro získání příslibu finanční dotace jsou evropské fondy poskytované projektům na ochranu životního prostředí. Dalším účinným ochranným technickým opatřením je využití výstavby nových budov nebo jejich rekonstrukcí k implementaci moderních zařizovacích prvků typu barevného odlišení sanitární techniky, značení aktivní kanalizace, elektronické ovládání výpustí kanalizace s vysokou úrovní kontroly. V neposlední řadě je nutné klást důraz na edukaci pacientů i zaměstnanců a posilování odpovědnosti za režimové chování.

Cíl: Formulace podkladů pro zefektivnění prevence poškození zdraví vlivem práce s ionizujícím zářením, zlepšení pracovního prostředí a snížení pracovního rizika

Ke zefektivnění a zkvalitnění prevence poškození zdraví vlivem práce v prostředí ionizujícího záření lze přispět docílením vyšší úrovně zdravotní gramotnosti, ekonomickou podporou radiační ochrany, funkční závodní preventivní péčí a vhodným nastavením zaměstnaneckých benefitů. Zdravotní gramotnost spočívá v dosažení širšího povědomí a získání dostatečné úrovně vědomostí o teorii ionizujícího záření, jeho praktickém využití, míře ohrožení a adekvátní ochraně, aby zdůraznila význam primární a sekundární prevence v riziku IZ a zamezila vzniku falešných představ a šíření iracionálních stanovisek. Určitou

úroveň znalostí by měli dosáhnout nejen radiační pracovníci, ale i lékaři závodní preventivní péče a manažeři instituce, kteří jsou nositeli zásadních rozhodnutí.

Základním předpokladem v ochraně zdraví je účinná radiační ochrana, která plní roli primární preventivní a ochranné bariéry. Respektování principů a zásad radiační ochrany je úzce spjata s pracovními podmínkami, které jsou utvářeny již od počátku výstavby budov a prostor přes kvalitní technicky vyspělou vybavenost až po dostupnost adekvátních osobních a ostatních ochranných prostředků.

Nedílnou součástí je pracovně lékařská péče, která se formou jak primární tak sekundární prevence podílí na sledování a posuzování změn zdravotního stavu pracovníků, pracovních podmínek a prostředí.

V neposlední řadě ke zkvalitnění péče a spokojenosti pracovníků přispěje implementace neobligatorních prvků (zaměstnaneckých výhod) do programu péče o zaměstnance tak, aby plnily motivační funkci, podporovaly fyzickou, psychickou a sociální pohodu a posilovaly odpovědnost každého jedince za vlastní zdraví.

8 Závěr

Radiační ochrana je v České republice upravena atomovým zákonem a celou řadou prováděcích vyhlášek. Legislativa sleduje z hlediska radiační ochrany především podchycení, zajištění a snižování profesní radiační zátěže, tzn. její optimalizaci, aby byla tak nízká, jak lze rozumně dosáhnout z ohledem na hospodářská a společenská hlediska. Nicméně legislativa tvoří jenom zcela základní část nutných opatření, nad tento rámec je potřeba mít propracované vnitřní předpisy, odpovídající pracovní prostředí a pracovní postupy. Pravděpodobně nejdůležitější částí celého systému radiační ochrany jsou pak lidé – jednak samotní pracovníci se zdroji ionizujícího záření a jednak řídicí pracovníci na všech úrovních (vedení nemocnice, zdravotní rada kraje, ministerstvo zdravotnictví, Státní úřad pro jadernou bezpečnost).

Pro ochranu a podporu zdraví při práci v rizikovém prostředí ionizujícího záření jsou proto nejdůležitější zejména čtyři složky:

- zájem vrcholového managementu
- funkční systém radiační ochrany
- funkční systém závodní preventivní péče
- zájem samotných zaměstnanců.

Jednotlivé složky tvoří funkční celek, který spojuje stejný cíl, tj. co nejvíce chránit zdraví pracovníků. Celý systém musí být založený na vzájemné spolupráci a komunikativnosti, stejné úrovni informovanosti a znalosti problematiky.

Základem kvalitní péče o zaměstnance je pak dobře zpracovaná analýza současného stavu pracovních podmínek a monitoring na jednotlivých pracovištích, které jsou východiskem pro praktická manažerská rozhodnutí a tvorbu strategií.

Po analýze musí následovat opatření technického i organizačního rázu a hledání dalších možností ke snižování radiační zátěže. V oblasti nekontrolovaného úniku ionizujícího záření je nutná havarijní připravenost a disciplína v hlášení a evidenci radiačních událostí.

V závodní preventivní péči je nutná spolupráce lékařů závodní preventivní péče (na základě řádné a pečlivě propracované smlouvy o výkonu preventivní péče) na jedné straně a personalistů a vedoucích zaměstnanců na straně druhé.

V kontrolní činnosti je nutné maximální využití odborných pracovníků oddělení lékařské radiační fyziky. Podmínkou je volný vstup těchto odborných pracovníků na pracoviště se zdroji ionizujícího záření včetně dohledu na jednotlivých pracovištích, aby nedocházelo pouze k deklarativnímu výkonu, ale faktické znalosti pracovních podmínek na jednotlivých pracovních místech.

Klíčovou roli hraje úroveň znalostí problematiky v celé své šíři u jednotlivých partnerů pracovně právního vztahu tj. radiačních pracovníků, manažerů, zástupců odborů a poskytovatelů pracovně lékařské péče. Vzhledem k nevyrovnané úrovni je nutné hledat způsoby srovnávání vědomostí a zvýšení úrovně myšlení jako první krok pro dosažení výsledku, který má zajistit ochranu zdraví. Ve druhém kroku pak uvažovat o programech na podporu zdraví, případně nadstandardních programech k regeneraci nebo nápravě nesprávných návyků. Základem je kvalitní vzdělávání, získávání informací a vzájemná vazba na zdroje těchto informací. Přenášení informací musí být zajištěno v rámci kompetencí a na bázi vzájemné spolupráce k cílové skupině zaměstnanců – a to jak v horizontální tak ve vertikální rovině. Dosáhnout cíle je možné jen na základě vzájemné vazby a spolupráce s vedoucími pracovníky, za podpory pracovně lékařské služby, dohlížejících osob a osob s přímou odpovědností za radiační ochranu.

Na všech řídicích úrovních musí být vytvářeny podmínky, které budou znamenat zajištění co nejkvalitnějších podmínek práce zaměstnancům v rizikovém pracovním prostředí. Zaměstnavatelé si musí uvědomit, že prostředky vynaložené do ochrany a podpory zdraví zaměstnanců jsou investicí do zdraví, která se vrátí ve zvýšené produktivitě práce, kvalitě práce, ale i spokojenosti vlastních zaměstnanců.

Seznam grafů

Graf 3.1 Přehled zdrojů IZ - rozdělení dávek obyvatelstvu.....	24
Graf 5.1 Počet zaměstnanců v riziku ionizujícího záření ve FN Ostrava k 1.1.2010.....	57
Graf 5.2 Počet radiačních pracovníků se zvláštní odbornou způsobilostí pro činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany ve FN Ostrava k 1.1.2010.....	58
Graf 5.3 Výsledky osobní dozimetrie radiačních pracovníků FN Ostrava v roce 2009 (referenční pásmo 2 mSv).....	61
Graf 5.4 Výsledky osobní dozimetrie radiačních pracovníků FN Ostrava v roce 2009 (referenční pásmo 0,3 mSv).....	61
Graf 5.5 Hodnoty celotělové radiační zátěže zaměstnanců vybraných oborů ve FN Ostrava v roce 2008 a 2009.....	62
Graf 5.6 Radiační zátěž zaměstnanců FN Ostrava měřena prstovými dozimetry (TLD) v roce 2008 a 2009.....	63
Graf 5.7 Radiační zátěž zaměstnanců FN Ostrava z vnitřní kontaminace radionuklidů v roce 2009.....	63
Graf 6.1 Rozdělení četnosti hodnot radiační zátěže chirurgů a instrumentárek (v μSv).....	78
Graf 6.2 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 19.8.2003 – 22.8.2003.....	83
Graf 6.3 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 29.7.2004 – 13.8.2004.....	84
Graf 6.4 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 25.6.2007 – 1.7.2007.....	85
Graf 6.5 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 16.9.2007 – 21.9.2007.....	86
Graf 6.6 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 11.3.2009 – 21.3.2009.....	87
Graf 6.7 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 1.3.2010 – 22.3.2010.....	88
Graf 6.8 Hodnoty aktivity v čističce odpadních vod 17.6.2010 - 1.7.2010.....	89

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Hlavní sociální determinanty zdraví (Dahlgren a Whitehead, 1991).....	11
Obrázek 3.1 Schématické znázornění význačných procesů a jejich časové posloupnosti při účincích ionizujícího záření na živou tkáň.....	26
Obrázek 3.2 a), b) Deterministické účinky a) radiační katarakta, b) radiační dermatitida.....	29
Obrázek 3.3 a), b) c) Stochastické účinky a) nádorové onemocnění, b) translokace chromozomů, c) aberace chromozomů	30
Obrázek 3.4 Osobní ochranné prostředky se stínící schopností.....	33
Obrázek 3.5 Nástroje k oddálení od zdroje záření.....	33
Obrázek 3.6 Stínící ochranné obaly a kontejnery.....	33
Obrázek 3.7 Ostatní ochranné prostředky a) zařízení pro generátory záření, b) laminární box, c) olověná skla, d) závěsy rentgenových souprav, e) mobilní zástěna.....	34
Obrázek 3.8 Ochranné zabezpečovací prvky.....	36
Obrázek 3.9 Schéma infrastruktury řízení v oblasti využívání jaderné energie.....	44
Obrázek 4.1 Základní rámeček SWOT analýzy.....	46
Obrázek 4.2 Grafické znázornění výzkumného designu.....	51
Obrázek 5.1 Organizační schéma Fakultní nemocnice Ostrava.....	53
Obrázek 5.2 Základní organizační schéma Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny.....	54
Obrázek 5.3 Přehled základní provozní dokumentace ve FN Ostrava.....	55
Obrázek 5.4 Přehled základních vnitřních řídicích aktů.....	56
Obrázek 5.5 Opticky stimulovaný luminiscenčními dozimetr (OSL).....	59
Obrázek 5.6 Termoluminiscenční dozimetr (TLD).....	59
Obrázek 5.7 Operativní dozimetry a) Isotrak DoseGuard™, b) Isotrak AB/100, c) Isotrak 6150 AD 6, d) Isotrak PM 1405 Polimaster, e) detekční sonda MS-GM53-D.....	60
Obrázek 5.8 Model péče o pracovníky v riziku ionizujícího záření.....	64
Obrázek 5.9 Organizační cyklus zajištění preventivních prohlídek.....	68

Seznam příloh

Příloha 1 Přehled základních veličin a jejich charakteristik

Příloha 2 Přehled používaných otevřených zářičů

Příloha 3 Mezinárodní stupnice INES

Příloha 4 Programy zabezpečování jakosti

Příloha 5 Vnitřní havarijní plány

Příloha 6 Programy monitorování

Příloha 7 Vymezení kontrolovaných pásem

Příloha 8 Kolektivní smlouva FN Ostrava na roky 2008 až 2010

Příloha 9 Publikovaná práce - Radiační zátěž zdravotníků při vyšetřování sentinelové uzliny

Příloha 10 Publikovaná práce - Management péče o zaměstnance ve zdravotnických
pracovištích s ionizujícím zářením

Příloha 11 Publikovaná práce - Péče o zdraví zaměstnanců

Seznam publikovaných prací

GOLISOVÁ, J.; NAKLÁDALOVÁ, M. Radiační zátěž zdravotníků při vyšetřování sentinelové uzliny. *Pracovní lékařstv.* 2009, roč. 61, no. 3, s. 109-112. ISSN 0032-6291. (příloha 9)

GOLISOVÁ, J.; KRAFT, O. Management péče o zaměstnance ve zdravotnických pracovištích s ionizujícím zářením. *Cor et Vasa.* 2010, roč. 52, no. 9, s. 564-567. ISSN 0010-8650. (příloha 10)

GOLISOVÁ, J. Péče o zdraví zaměstnanců. *Florence.* 2010, roč.VI., no. 7-8, s. 24-25. ISSN 1801-464X. (příloha 11)

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Účinky ionizujícího záření na organismus podle třídících hledisek.....	28
Tabulka 3.2 Porovnání charakteru deterministických a stochastických účinků záření.....	28
Tabulka 3.3 Limity stanovené vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů.....	35
Tabulka 5.1 Přehled významných zdrojů ionizujícího záření ve FN Ostrava k 1.1.2010.....	57
Tabulka 5.2 Lékařské preventivní prohlídky.....	67
Tabulka 6.1 Celková radiační zátěž při chirurgické intervenci (v μSv).....	77
Tabulka 6.2 Přehled registrovaných radiačních událostí.....	81

Seznam zkratek

aj.	a jiné
a. s.	akciová společnost
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
AZ	atomový zákon
cca	přibližně
CT	počítačová tomografie
ČR	Česká republika
DNA	deoxyribonukleová kyselina
DO	dohlížející osoba
EHS	Evropské hospodářské společenství
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
FAO	Organizace pro potraviny a zemědělství
FKSP	fond kulturních a sociálních potřeb
FN	Fakultní nemocnice
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
ICRP	Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu
ILO	Mezinárodní organizace práce
INES	mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (The International Nuclear Event Scale)
IZ	ionizující záření
JCI	spojená mezinárodní komise (Joint Commission International)
KNM	klinika nukleární medicíny
KO + diff.	krvní obraz a diferenciální rozpočet leukocytů
MOP	Mezinárodní organizace práce
mil.	milion
MZ	ministerstvo zdravotnictví
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OLRFH	oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny
ONK	onkologická klinika
OSL	opticky stimulovaná luminiscenční dozimetrie

OSN	Organizace spojených národů
OZO s.r.o.	odvoz a zpracování odpadů, společnost s ručením omezeným
PACS	picture archiving and communication systém
popř.	popřípadě
pozn.	poznámka
RA	radioaktivní odpad
RDGU	Radiodiagnostický ústav
RNA	ribonukleová kyselina
resp.	respektive
rtg	rentgen
SAK	spojená akreditační komise
Sb.,	sbírka zákonů
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
SÚJB	Státní úřad pro atomovou energii
tj.	to je
TLD	termoluminiscenční dozimetrie
tzv.	takzvaný
UNSCEAR	vědecký výbor organizace pro účinky atomového záření (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)
VF, a. s.	VF, akciová společnost
WHO	Světová zdravotnické organizace
ZIZ	zdroj ionizujícího záření

Literatura

AMBROSOVÁ, H.; ČORNEJOVÁ, H.; LEŠTINSKÁ, V. *Abeceda personalisty*. 1. vyd. Praha : ANAG, 2007. 287 s. ISBN 978-80-7263-395-1. [54, 57]

ARMSTRONG, M. *Personální management*. Praha : Grada Publishing, 1999. 963 s. ISBN 80-7169-614-5. [53]

BETTELHEIM, R.; PRICE, K. N.; GELBER, R.D. Prognostic importance of occult axillary lymph node micrometastases from breast cancers : International (Ludwig) Breast Cancer Study Group. *Lancet*. 1990, vol.335, s. 1565-1568. ISSN 0140-6736. [74]

BOURGEOIS, P. The sentinel LN technique. In *XLVII. Dny nukleární medicíny : kongres s mezinárodní účastí*. Havlíčkův Brod : [s.n.], 2010, s. 30-31. ISBN 978-80-254-7819-6. [72]

BOWLES, J.; TERADA, K. Y.; COEL, M. N. Preoperative lymphoscintigraphy in the evaluation of squamous cell cancer of the vulva. *Clinical Nuclear Medicine*. 1999, vol. 24, no. 4, s. 235-23. ISSN 0363-9762. [75]

BUCHANCOVÁ, J. a kol. *Pracovní lékařstvo a toxikologie*. Martin : Osveta, 2003. 1133 s. ISBN 80-8063-113-1. [34]

BUREŠ, J.; HORÁČEK, J. *Základy vnitřního lékařství*. Praha : Galén : Karolinum, 2003. 870 s. ISBN 80-7262-208-0 (Galén), 80-246-0673-9 (Karolinum). [28]

CABANAS, R. M. An approach for the treatment of penile carcinoma. *Cancer*. 1997, vol. 39, s. 456-466. ISSN 0008-543X. [73]

Česko. Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Zřízení středisek speciální zdravotní péče o osoby ozářené při radiačních nehodách. In *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*. Prosinec 2003, částka 12, s. 2. ISSN 1211-0868. [47]

Česko. Vyhláška č. 114 Ministerstva financí ze dne 9.dubna 2002 o fondu kulturních a sociálních potřeb. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2002, částka 51, s. 3014-3017. ISSN 1211-1244. [58]

Česko. Vyhláška č. 146 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 7. července 1997 kterou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, částka 52, s. 2785-2789. ISSN 1211-1244. [84]

Česko. Vyhláška č.307 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 12. července 2002 o radiační ochraně. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2002, částka 113, s. 6362-6540. ISSN 1211-1244. [64, 85]

Česko. Zákon č.18 ze dne 26. února 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, částka 5, s. 82-106. ISSN 1211-1244. [63]

DISMAN, M. *Jak se vyrábí sociologická znalost*. 3. vydání. Praha : Karolinum, 2007. 374 s. ISBN 978-80-246-0139-7. [81]

Dlouhodobý program zlepšování zdravotního stavu obyvatelstva ČR - Zdraví pro všechny v 21. století. Praha . Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2003. 124 s. ISBN 80-85047-99-3. [5]

Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007 : publikace 103. Praha : Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2009. 276 s. Publikace ICRP ; vol. 37, nos. 2-4/2007. ISBN 978-80-254-5829-7. [38]

DRÁBOVÁ, D. *Historie radiační ochrany ČR*. Praha : Státní ústav radiační ochrany, 2006. 83 s. ISBN 80-239-6594-8. [62]

ELSTON, C. W.; ELLIS, I. O. Pathological prognostic factors in breast cancer. I. The value of histological grade in breast cancer: experience from a large study with long-term follow-up. *Histopathology*. 1991, vol.19, no. 5, s. 403-410. ISSN 0309-0167. [78]

FAIT, V.; CHRENKO, V.; PAPÍRKOVÁ, D. Biopsie sentinelové uzliny v diagnostice a léčbě zhoubných nádorů. *Zdravotnické noviny*. 2001, roč. 50, příl. Lék. Listy, č. 46, s. 23-26. ISSN 0044-1996. [76]

FELTL, D.; CVEK, J. *Klinická radiobiologie*. 1. vydání. Havlíčkův Brod : Tobiáš, 2008. 105 s. ISBN 978-80-7311-103-8. [26]

FENCLOVÁ, Z.; PELCLOVÁ, D.; LEBEDOVÁ, J. Systém zajištění lékařské péče o ozářené osoby v České republice. *Praktický Lékař*. 2002, roč. 82, č. 9, s. 548-551. ISSN 0032-6739. [49]

FENCLOVÁ, Z.; URBAN, P.; PETROVÁ, K. Nemoci u povolání způsobené ionizujícím zářením u zdravotníků v České republice v letech 1974-1997. *Pracovní lékařství*, 1999, roč. 51, č. 4, s. 172-175. ISSN 0032-6291. [42]

GAWALOWSKI, K. *Úvod do všeobecné roentgenoterapie a léčení chorob kožních roentgenem. Učebnice a příručka pro lékaře a mediky*. Praha : Mladá generace lékařů při Ú.J.Čs.L., 1931, 623 s. [12]

GILL, P. G.; HALL, V. E.; KIRKWOOD, I. Lymphoscintigraphy for locating the sentinel lymph node in patients with breast cancer. *Breast*. 1997, vol. 6, no. 4, s. 225. ISSN 0960-9776 [79]

GRASSEOVÁ, M. Využití SWOT analýzy pro dlouhodobé plánování. *Obrana a strategie*. 2006, roč. 6, č. 2, s. 48 – 55. ISSN 1214-6463. [67]

GULEC, S. A.; ECKERT, M.; WOLTERING, E. A. Gamma Probe-Guided Lymph Node Dissection (‘Gamma Picking’) in Differentiated Thyroid Carcinoma. *Clinical Nuclear Medicine*. 2002, vol.27, s. 859-861. ISSN 0363-9762. [77]

International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. [Vienna], International Atomic Energy Agency, 1996. 553 s. ISBN 978-9201042958. [60]

JANEČKOVÁ, H.; HNILICOVÁ, H. *Úvod do veřejného zdravotnictví.* Praha : Portál, 2009. 294 s. ISBN 978-80-7367-592-9. [1]

HEIDENREICH, P., BARES, R., BRENNER, W. et al. Verfahrensanweisung für die nuklearmedizinische Wachter-Lymphknoten (sentinel lymph node; SLN)-Diagnostik. *Nuklearmedizin*, 2001, vol. 40, no. 3, s. 98-101. ISSN 0029-5566. [87]

Historie radiační ochrany v ČR : 10 let Státního ústavu radiační ochrany 1995-2005. Praha : Státní ústav radiační ochrany, 2006 . 83 s. ISBN 80-239-6594-8. [15, 16]

HOEFNAGEL, C. A.; SIVRO-PRNDELJ, F.; VALDÉS OLMOS, R. A. Lymphoscintigraphy and sentinel node procedures in breast carcinoma: role, techniques and safety aspects. *World Journal of Nuclear Medicine*, 2002, vol. 1, s. 45-54. ISSN 1450-1147. [86]

HOLČÍK, J. *Zdravotní gramotnost a její role v péči o zdraví.* 1. vyd. Brno : MSD, 2009. 149 s. ISBN 978-80-7392-089-0. [2]

HOLČÍK, J.; KOUPILOVÁ, I. Sociální determinanty zdraví : základní fakta a doporučení pro práci v kontextu programu Zdravá města. *Časopis lékařů českých.* 2001, roč. 140, č. 1, s. 4-5. ISSN 0008-7335. [4]

HRNČÍŘ, E. 27. mezinárodní kongres o zdraví pracujících Brazílie, Foz do Iguassu 23.-28. února 2003. *Pracovní lékařství*, 2003, roč. 55, č. 3, s. 131-132. ISSN 0032-6291. [40, 59]

HUDEČKOVÁ, E.; KUČEROVÁ, E.; KŘÍŽ, L. *Metodologie sociologického výzkumu pro nesociology.* Praha : Česká zemědělská univerzita, 2009. 116 s. ISBN 978-80-213-0791-4. [82]

KEŘKOVSKÝ, M.; VYKYPĚL, O. *Strategické řízení : teorie pro praxi.* 1. vydání. Praha : C.H.Beck, 2002. 172 s. ISBN 80-7179-578-X. [69]

KLENER, Pavel. *Vnitřní lékařství*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha : Karolinum, 2006. 1158 s. ISBN 80-246-1252-6. [32]

KUKLOVÁ, D.; ŠUBRT, B. *Povinnosti zaměstnavatele v oblasti zdravotní péče o zaměstnance*. 2., podstatně přeprac. vyd. Praha : Anag, 2002. 351 s. ISBN 80-7263-127-6. [55, 56]

KUMAR,P.J.; CLARK,M.L. *Kumar & Clark clinical medicine*. 5th ed. Edinburgh : Saunders, 2002. 1446 s. ISBN 9780702025792. [29]

KUPKA, K.; KUBINYI, J.; ŠÁMAL, M. a kol. *Nukleární medicína: [učební text]*. Praha : P3K, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2. [71]

MEYER, H. *Ehrenbuch der Röntgenologen und Radiologen aller Nationen. Sonderbände zur Strahlentherapie*. Berlin – Wien : Urban & Schwarzenberg, 1937. 168 s. [9]

MIOVSKÝ, M. *Kvalitativní přístup a metody v psychologickém výzkumu*. Praha : Grada Publishing, 2006. 332 s. ISBN 80-247-1362-4. [83]

MÜLLER, J. a kol. *Vliv ionisujícího záření na vznik humorálních faktorů ve vyšších organismech, brzdících buněčné dělení*. Praha : SZdN, 1955. 141 s. [14]

NOGUCHI, M. Sentinel Lymph Node Biopsy as an Alternative to Routine Axillary Lymph Node Dissection in Breast Cancer Patients. *Jornal of Surgical Oncology*, 2001, vol.76, no. 2, s. 144-156. ISSN 0022-4790. [80]

NOVÁK, F. V. Vliv radia a radioaktivních látek na radiology a ochrana před ním. *Časopis lékařů českých*. 1926, roč. 65, s. 417-22, s. 461-471. [11]

Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření : sborník učebních textů. Ostrava : Dům techniky Ostrava, 2003. 255 s. ISBN 80-02-01529-0. [23, 24, 30, 44, 48]

PADĚRA, J.; VITOUŠ, M. *Úvod do problematiky strategické analýzy, tvorby strategie a její implementace ve specifickém prostředí nemocnice*. Brno : B.I.B.S., 2007. 80 s. [70]

PERKINS, A. C; BRITTEN. A. J. Specification and performance of intra-operative gamma probes for sentinel node detection. *Nuclear Medicine Communications*, vol. 20, no. 4, s. 309-315. ISSN 0143-3636. [91]

PIJPERS, R.; MEIJER, S.; DIGNUM, P. The sentinel node procedure. *Tijdschrift voor Nucleaire Geneeskundw*. 1997, vol. 19, s. 144-147. [90]

Planning the Medical Response to Radiological Accidents. Vienna : International Atomic Energy Agency , 1998. 31 s. Safety reports series, ISSN 0020-6450; no. 4. ISBN 92-0-102598-X. [51]

POŠVÁŘ, Z. *Management. (Learning Package)*. Brno : B.I.B.S., 2006. 92 s. [68]

Principy a praxe radiační ochrany. 1. vyd. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6. [19, 35, 41, 46, 52, 61]

PUNCH, K. F. *Úspěšný návrh výzkumu*. 1. vyd.. Praha : Portál, 2008. 230 s. ISBN 978-80-7367-468-7. [65]

SERA. T.; MOHOS. G.; PAPOS. M. et al. Sentinel node detection in malignant melanoma patients : radiation safety considerations. *Dermatologic Surgery*, 2003, vol. 29, no. 2, s. 141-145. ISSN 1076-0512. [88]

STRAUSS, A.; CORBINOVÁ, J. *Základy kvalitativního výzkumu*. Brno : Sdružení podané ruce, 1999. 194 s. ISBN 80-85834-60-X. [66]

ŠVEC, J. *Radioaktivita a ionizující záření*. 1. vyd. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 2005. 36 s. ISBN 80-86634-62-0. [21]

TEISINGER, J. Nebezpečí práce s roentgenem a ochranná opatření. *Časopis lékařů českých*. 1942, roč. 37, s.1015-1018. [13]

TEISINGER, J. O výsledcích výzkumu v oboru hygieny práce a nemocí z povolání v ČSR v posledních letech. *Pracovní lékařství*. 1959, roč.11, s. 23-24. [17]

TĚŠÍNSKÁ, E.; CUŘÍNOVÁ, L.; HLAVA, A. et al. The Beginning of Studies and Use of X-Rays in the Czech Lands. In *Medizinische Physik, 1995 : Röntgen-Gedächtnis-Kongress, 20.-23. September 1995*. Würzburg, Tagungsband, Würzburg, 1995. s. 24 - 25. [10]

TURAI, I.; VERESS, K. Radiation accidents: occurrence, types, consequences, medical management, and the lessons to be learned. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2001, vol. 7, no. 1. s. 3-14. [45]

ULLMANN, V. Biologické účinky ionizujícího záření: LQ model a nové radiobiologické poznatky. In *XLVII. Dny nukleární medicíny : kongres s mezinárodní účastí*. Havlíčkův Brod : [s.n.], 2010, s. 38-39. ISBN 978-80-254-7819-6. [27]

ULLMANN, V. *Jaderná a radiační fyzika*. 1. vyd. Ostrava : Ostravská univerzita, 2009. 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7. [20, 25, 31, 33]

WADDINGTON, W. A.; KESHTGAR, M. R. S.; TAYLOR, I. et al. Radiation safety of the sentinel lymph node technique in breast cancer. *European Journal of Nuclear Medicine*. 2000, vol. 27, no. 4, s.377-91. ISSN 0340-6997. [89]

ŽÁČKOVÁ, Hana. Ionizující záření a míra rizika. *Rentgen Bulletin*. Zář 2009. s. 3-4, 4-5. [7, 36]

Internetové zdroje

DAHLGREN; WHITEHEAD. *Social Model of Health*. 8.8.2005 [cit. 2010-04-04].

Dostupné z: <http://www.nwci.ie/download/pdf/determinants_health_diagram.pdf>. [6]

Determinanty zdraví. In *Prakticka-medicina*. [online]. 2008 [cit. 2009-12-30]. Dostupné z www: <<http://www.prakticka-medicina.cz/zdravi.html>>. [3]

Diagnosis and Treatment of radiation Injuries [online]. Vienna : International Atomic Energy Agency, 1998. [cit. 2009-05-05]. 49 s. Safety Reports Series No 2. Dostupné z www: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P040_scr.pdf> ISBN 92-0-100498-2 [50]

Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation : BEIR VII-Phase 2 [online]. Washington : The National Academic Press, 2006 [cit. 2010-01-15]. 385 s. Dostupné z www: <http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=11340>. ISBN: 978-0-309-09156-5. [37]

PROUZA, Z. *Principy radiační ochrany – bezpečnost a ochrana zdraví při práci*.

In *BOZPinfo* [online]. 25.02.2008 [cit. 2010-06-012]. Dostupné z www:

<<http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tema-tydne/robozp08.html>>. [18, 39]

Příručka bezpečnost a ochrana zdraví při práci [online]. Praha : Verlag Dashöfer, 1997 [cit. 2010-02-15]. Dostupné z: <<http://www.techportal.cz/.../historie-ochrany-zdravi-pri-praci-hygiena-prace-pracovni-lekarstvi>>. [8]

ULLMANN, V. *Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření*. In *Astro Nukl Fyzika* [online]. [cit. 2010-12-12]. Dostupné z www: <<http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>>. [22]

Výroční správy SÚJB 1992 -2009 [online]. Praha : SÚJB, 1992 – 2009. [cit. 2010-12-05]

Dostupné z www: <http://www.sujb.cz/?c_id=215>. [43]

Příloha 1 **Přehled základních veličin, jednotek a jejich charakteristik**

Veličina		Hlavní jednotka SI			Dřívější jednotka		
Název	Značka	Název	Značka	Rozměr	Název	Značka	Rozměr
Aktivita	A	becquerel	Bq	s^{-1}	curie	Ci	$Ci = 3,7 \cdot 10^{10} Bq$
Expozice	X	coulomb na kilogram	$C \cdot kg^{-1}$	$kg^{-1} \cdot C$	rentgen	R	$R = 2,58 \cdot 10^{-4} = C \cdot kg^{-1}$
Expoziční příkon	X	ampér na kilogram	$A \cdot kg^{-1}$	$kg^{-1} \cdot A$	rentgen za 1/s	$R \cdot s^{-1}$	$R \cdot s^{-1} = 2,58 \cdot 10^{-4} = A \cdot kg^{-1}$
Dávka	D	gray	Gy	$J \cdot kg^{-1}$	rad	rad	$rad = 10^{-2} Gy$
Dávkový příkon	D	gray za sekundu	$Gy \cdot s^{-1}$	$W \cdot kg^{-1}$	rad za 1/s	$rad \cdot s^{-1}$	$rad \cdot s^{-1} = 10^{-2} Gy \cdot s^{-1}$
Ekvivalentní dávka	H	sievert	Sv	$J \cdot kg^{-1}$	rem	rem	$rem = 10^{-2} Sv$
Příkon ekvivalentní dávky	H	sievert za sekundu	$Sv \cdot s^{-1}$	$W \cdot kg^{-1}$	$rem \cdot s^{-1}$	$rem \cdot s^{-1}$	$rem \cdot s^{-1} = 10^{-2} Sv \cdot s^{-1}$

Příloha 2 **Přehled používaných otevřených zářičů**

^{99m}Tc	Technecium
^{51}Cr	Chrom
^{57}Co	Cobalt
^{67}Ga	Galium
^{111}In	Indium
^{131}I	Jod
^{125}I	Jod
^{201}Tl	Thalium
^{89}Sr	Stroncium
^{90}Y	Ytrium
^{186}Re	Rhenium
^{153}Sm	Samarium
^{32}P	Pfosfor
^{223}Ra	Radium
^{81m}Kr	Krypton
^{166}Ho	Holmium
^{123}I	Jod
^{169}Er	Erbium

Příloha 3 **Mezinárodní stupnice INES**

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí INES – The International Nuclear Event Scale (dle Agentury pro jadernou energii (IAEA) a Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA). Stupnice zařazuje události do sedmi stupňů: stupně 1 až 3 se označují jako nehody, stupně 4 až 7 se označují jako havárie. Události, které nemají žádný bezpečnostní význam a jsou klasifikovány stupněm 0 (pod stupnicí), se nazývají odchylky. Události, které vůbec nesouvisejí s bezpečností se označují jako události mimo stupnici.

7	VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE
6	TĚŽKÁ HAVÁRIE
5	HAVÁRIE S RIZIKEM VNĚ ZAŘÍZENÍ
4	HAVÁRIE BEZ RIZIKA VNĚ ZAŘÍZENÍ
3	VÁŽNÁ NEHODA
2	NEHODA
1	ANOMÁLIE
0	ODCHYLKA

Stupnice hodnocení mimořádných událostí v oblasti radiační ochrany dle vyhlášky č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu, v platném znění. Stupnice zařazuje události do tří stupňů: stupeň 1 je drobná radiační nehoda, která má omezený a lokální dosah, stupeň 2 je závažnější ozáření nebo kontaminace pracoviště, které však nevyžaduje opatření k ochraně obyvatel a životního prostředí a stupeň 3, kdy se jedná o závažnou radiační nehodu (radiační havárie), která je spojena s nebezpečným uvolněním radioaktivních látek do životního prostředí.

1	DROBNÁ RADIAČNÍ NEHODA
2	ZÁVAŽNĚJŠÍ OZÁŘENÍ NEBO KONTAMINACE
3	RADIAČNÍ HAVÁRIE

Příloha 4 **Programy zabezpečování jakosti**

Příloha 5 **Vnitřní havarijní plány**

Příloha 6 **Programy monitorování**

Příloha 7 **Vymezení kontrolovaných pásem**

Příloha 8 **Kolektivní smlouva FN Ostrava na roky 2008 až 2010**

Příloha 9 **GOLISOVÁ, J.; NAKLÁDALOVÁ, M. Radiační zátěž zdravotníků při vyšetřování sentinelové uzliny. *Pracovní lékařství*. 2009, roč. 61, no. 3, s. 109-112. ISSN 0032-6291.**

Příloha 10 **GOLISOVÁ, J.; KRAFT, O. Management péče o zaměstnance ve zdravotnických pracovištích s ionizujícím zářením. *Cor et Vasa*. 2010, roč. 52, no. 9, s. 564-567. ISSN 0010-8650.**

Příloha 11 **GOLISOVÁ, J. Péče o zdraví zaměstnanců. *Florence*. 2010, roč. VI, no. 7-8, s. 24-25. ISSN 1801-464X.**