



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Návrh plánu evakuace vybraného zdravotnického zařízení při
vzniku mimořádné události s únikem radioaktivních látek**

**The Outline of the Evacuation of the Selected Health Service Facility
upon the Occurrence of an Emergency Situation with the Release of
Radioactive Substances**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní a nouzová připravenost

Vedoucí práce: Ing. Petra Kadlec Linhartová

Bc. Petr Pavlát

Kladno, květen 2017

Z a d á n í d i p l o m o v é p r á c e

Student: **Bc. Petr Pavlát**
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Téma: **Návrh plánu evakuace vybraného zdravotnického zařízení při vzniku mimořádné události s únikem radioaktivních látek**
Téma anglicky: The Outline of the Evacuation Plan of the Selected Health Service Facility upon the Occurrence of an Emergency Situation with the Release of Radioactive Substances

Zásady pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude popis zhodnocení současného plánu evakuace ve vybraném zdravotnickém zařízení, konkrétně na Klinice nukleární medicíny FNO a LF OU. V teoretické části budou uvedeny základní parametry kliniky, popis všech pracovišť a bude zde rozebrán stávající evakuační plán. Dále v teoretické části autor popíše činnost jednotek IZS při vzniku MU s únikem radioaktivních látek. V praktické části bude navržen zcela nový a modernizovaný evakuační plán Kliniky nukleární medicíny FNO a LF OU, který bude vytvořen dle platné legislativy a dále dle provedeného praktického cvičení složek IZS. Student namodeluje teoreticky i prakticky konkrétní případ taktického cvičení složek IZS s výstupem, který bude možno použít v praxi při možném zásahu v tomto zdravotnickém zařízení.

Seznam odborné literatury:

- [1] MIKA, Otakar, POLÍVKA, Lubomír, Radiační a chemické havárie, ed. 1., Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010, ISBN 978-80-7251-321-5
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ, Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření, ed. 1., Ostrava: Dům techniky Ostrava, 2003, ISBN 80-02-01529-0
- [3] KLENER, Vladislav, Principy a praxe radiační ochrany, ed. 1., Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000, ISBN 80-238-3703-6

Vedoucí: Ing. Petra Kadlec Linhartová

Zadání platné do: 20.08.2018

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 12.12.2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Návrh plánu evakuace vybraného zdravotnického zařízení při vzniku mimořádné události s únikem radioaktivních látek vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona

č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Ve Frýdku-Místku 08.05.2017

.....
podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce Ing. Petře Kadlec Linhartové za odbornou pomoc při vedení diplomové práce. Rovněž děkuji Mgr. Danielu Škapovi a Ing. Jaroslavu Chovancovi za konzultace a materiály, poskytnuté při vypracování diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou ionizujícího záření, včetně jednotek a veličin, systémem radiační ochrany a popisem taktiky zásahu JPO při mimořádné radiační události na Klinice nukleární medicíny.

Teoretická část je právě zaměřena na popis druhů ionizujícího záření, používaných jednotek a veličin a principů radiační ochrany.

Další část diplomové práce vysvětluje a popisuje metodiku a taktickou část při zásahu s únikem radioaktivních látek na pracovišti Kliniky nukleární medicíny.

V praktické části diplomové práce srovnáváme stávající plán evakuace vybraného zdravotnického zařízení při vzniku mimořádné události s únikem radioaktivních látek, konkrétně Kliniky nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Ostravě. Cílem je navrhnout efektivnější řešení vzhledem k již danému evakuačnímu plánu, a vylepšit tak řešení situace při zásahu s touto problematikou.

Klíčová slova

Nukleární medicína, evakuace, dekontaminace, radioaktivita, biologické účinky, ionizující záření, radiační událost, radiační ochrana

Abstract

This thesis addresses the issues of ionizing radiation, including its units and quantities, the system of radiation protection and the description of fire-rescue unit intervention at an emergency radiation incident at Klinika nukleární medicíny (the Clinic of Nuclear Medicine, Ostrava).

The theoretical part of the thesis is focused, in particular, on the description of ionizing radiation types, units and quantities used and the principles of radiation protection.

The next part of the thesis explains and describes the methods and tactics of the intervention accompanied by a leak of radioactive substances at the workplace of the Clinic of Nuclear Medicine.

In the practical part of the thesis, the existing evacuation plan of the selected health facility at the occurrence of an emergency incident accompanied by a leak of radioactive substances, specifically at the Clinic of Nuclear Medicine, University Hospital of Ostrava, is subject to assessment. The objective consists in proposing a more efficient solution to the given evacuation plan, thus improving the solution to the situation at the intervention of this kind.

Keywords

Nuclear medicine; evacuation; decontamination; radioactivity; biological effects, ionizing radiation, radiation incident, radiation protection

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Současný stav	14
2.1	Radioaktivita	14
2.1.1	Typy radioaktivních záření.....	15
2.1.2	Radioaktivní rozpadové řady.....	19
2.1.3	Transurany	20
2.1.4	Jednotky radioaktivity	20
2.1.5	Symbol radioaktivity	21
2.2	Ionizující záření.....	22
2.2.1	Zdroje ionizujícího záření	22
2.2.2	Účinky ionizujícího záření	24
2.2.3	Ochrana před ionizujícím zářením	27
2.2.4	Možnost výskytu zdrojů ionizujícího záření.....	27
2.3	Jaderná reakce	28
2.3.1	Energetika jaderné reakce	29
2.4	Využití radioaktivity	30
2.4.1	Využití v průmyslu	30
2.4.2	Využití ve zdravotnictví	33
2.4.3	Využití v zemědělství	33
2.4.4	Využití v dalších oblastech	33
2.5	Zneužití radioaktivity	34
2.6	Radiační ochrana	35
2.6.1	Principy radiační ochrany.....	36

2.6.2	Způsoby ochrany před ozářením	36
2.6.3	Biologické účinky ionizujícího záření	37
2.6.4	Vztah dávky a biologického účinku záření	37
2.6.5	Vnější a vnitřní kontaminace	38
2.6.6	Radiační zátěž	39
2.7	Nukleární medicína a její prostředky a metody	41
2.7.1	Radiofarmaka	41
2.7.2	Scintigrafie	42
2.7.3	Počítačová tomografie	43
2.7.4	Radiochirurgie	45
2.7.5	Radioaktivní koupele	45
2.7.6	Radiační sterilizace	46
2.8	Klinika nukleární medicíny	47
2.8.1	Ambulantní část	47
2.8.2	Lůžková část	48
2.8.3	Fyzikálně technický úsek	48
2.8.4	Úsek přípravy radiofarmak	49
2.9	Legislativa	50
2.9.1	Zákony a vyhlášky	50
2.9.2	Řád chemické služby	51
2.9.3	Bojový řád jednotek požární ochrany	51
3	Cíl práce	53
4	Metodika	54
4.1	Taktika zásahu jednotek požární ochrany	54

4.2	Typy zasahujících jednotek požární ochrany	54
4.2.1	Základní jednotka požární ochrany	54
4.2.2	Střední jednotka požární ochrany	55
4.2.3	Opěrná jednotka požární ochrany	55
4.3	Technické prostředky pro detekci ionizujícího záření	56
4.3.1	Osobní dozimetr SOR/R – 20 verze DMC.....	56
4.3.2	Zásahový dozimetr ULTRA-RAD 115	57
4.3.3	Zásahový radiometr DC-3H-08 model K0733-01	58
4.3.4	Zásahový radiometr DC-3E-98.....	59
4.4	Vymezení zón v místě mimořádné události	61
4.4.1	Dekontaminace	62
4.4.2	Dezaktivace zasahujících jednotek	62
4.4.3	Dezaktivace osob	63
4.4.4	Dezaktivace věcných prostředků a techniky.....	64
4.4.5	Dezaktivace místa mimořádné události	64
4.5	Taktické cvičení k prověření evakuačního plánu.....	65
4.6	Prověření stávajícího evakuačního plánu	71
4.6.1	Místo, ze kterého bude evakuace řízená a zaměstnanec, který bude evakuaci řídit	71
4.6.2	Určení zaměstnanců a prostředků, s jejichž pomocí bude evakuace prováděna.....	73
4.6.3	Určení cest a způsobů evakuace, zejména u osob s omezenou schopností pohybu.....	75
4.6.4	Místo, kde se evakuované osoby budou soustřeďovat a určení zaměstnance, který provede kontrolu počtu osob	77

4.6.5	Způsob poskytnutí první pomoci evakuovaným osobám. Uložení evakuovaného materiálu.....	79
5	Výsledky.....	81
5.1	Návrh evakuačního plánu.....	81
6	Diskuze.....	86
7	Závěr.....	106
8	Seznam použitých zkratk.....	108
9	Seznam použité literatury.....	110
10	Seznam použitých obrázků	113

1 ÚVOD

Moderní doba, kterou 21. století bez pochyby je, nám umožňuje využívat veškerých dostupných informačních technologií, aby nám pomohly vyřešit jakýkoli problém. Ale mnohdy se neobejdeme bez pomocníků, kteří jsou starší než lidstvo samo. Jedním z nich je právě radioaktivita. Její vznik se datuje na prvopočátek vzniku života na planetě. Jako přírodní fenomén vše utvářela, a její účinky mnohé ovlivnilo.

Až s příchodem lidské inteligence se rozšířila přírodní radioaktivita na další druh, a to na mladší sestru „umělou“ radioaktivitu. A v téhle chvíli už záleželo pouze na člověku, jak s ní naloží. Bude pomáhat, nebo škodit? Tuto otázku si jistě kladli stále dokola všichni objevitelé umělé radioaktivity. A záleželo také na době, ve které byla objevována. A tak vznikly bohužel zárodky jaderných bomb, které jistě nikomu nikdy nepomohly.

A když se překlátilo další století, byl tady další pojem, a tím je terorismus. Strůjci tohoto zla dali název další hrozbě lidstva, která je bohužel dostupnější než jaderná zbraň. A tou je zneužití špinavé bomby vůči nevinnému člověku. Takže v tomto případě má radioaktivita vyvolat dojem paniky, zapůsobit negativně na psychiku a ekonomiku obyvatel, a také způsobit následky na zdraví. Ty nebudou ovšem primární, ale druhotné, zato však mohou být trvalé.

Ale pojďme se na radioaktivitu podívat z té lepší stránky. Pokud se její účinky nezneužijí, a bude s ní nakládáno lidmi, kterým záleží na životě, může život i zachránit. Při správném použití v různých oborech přináší člověku mnoho dobrého. Například v potravinářství, v průmyslu nebo v restaurátorství.

Asi nejhlavnější a nejdůležitější zastoupení má ale zcela jistě v lékařství. Radioaktivní látky ve formě kapalin mohou diagnostikovat u pacienta včas nález, který při včasném záchytu nemusí být fatální. Rentgenové přístroje všeobecně ukážou zdravotní problém. A také další léčebné postupy ozařováním onkologických pacientů mají v dnešní době vynikající výsledky.

Ikdyž bezpečnost těchto pracovišť se řadí v naší zemi na první místo, přesto se může stát mimořádná událost, která vede k tomu, že osoby pověřené vyřešením tohoto havarijního stavu musí zajistit bezpečnost pacientů, obzvláště těch nepohyblivých. A proto se mnoho lidí zabývá zlepšením bezpečnostních pravidel, která se pak aplikují do praxe tím, že se zkouší na různých modelových situacích.

Kladme důraz na bezpečnost, a snažme se využít radioaktivitu tak, aby nám sloužila jen v tom dobrém slova smyslu.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Radioaktivita

Radioaktivita je schopnost některých atomových jader přeměňovat se na jádra stabilnějších prvků. Při jaderné přeměně se mění struktura jádra a dochází k vysílání neviditelného záření.

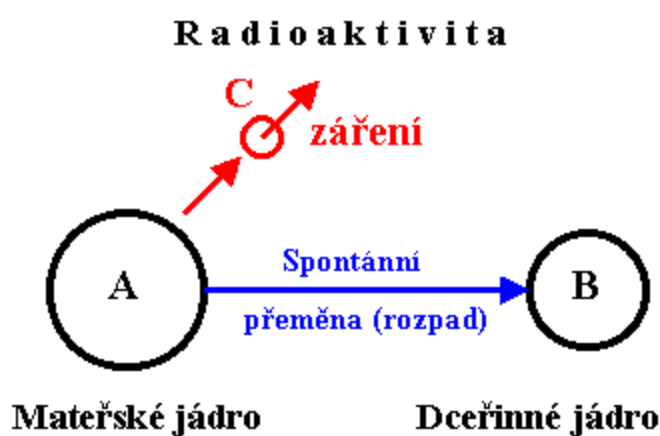
Bylo zjištěno, že jádra jsou stálá, nepodléhají radioaktivní přeměně, jen při určitém poměru protonů a neutronů v jádře. U prvků s protonovým číslem $Z \leq 20$ jsou stabilní ta jádra, u kterých je poměr protonů a neutronů rovný jedné. U jader těžších se tento poměr dále zvětšuje až do hodnoty 1,5. Pro zachování stability jádra při rostoucím protonovém čísle musí v jádře přibývat neutronů více než protonů. Větší počet neutronů zmenšuje vzájemné odpuzování protonů a jádro se stává stabilnějším. Některé prvky mají jeden stabilní izotop (např. fluor ^{19}F , sodík ^{23}Na), většina prvků má dva nebo více stabilních izotopů (kyslík ^{16}O , ^{17}O). Pokud však složení jádra vybočí z optimálního rozmezí, stává se jádro nestabilním - radioaktivním. Závislost počtu neutronů vyskytujících se ve stabilních jádrech přírodních nuklidů na protonovém čísle bývá označována jako řeka stability. Při radioaktivní přeměně se energie uvolňuje, jde o exotermický děj. Toto je možné jen tehdy, má-li původní jádro větší klidovou energii, než činí součet klidových energií produktů přeměny.

Radioaktivitu rozdělujeme na radioaktivitu přirozenou a umělou. Vlastností nestabilních nuklidů vyskytujících se v přírodě je přirozená radioaktivita. Umělou radioaktivitou se rozumí samovolný rozpad uměle připravených nuklidů, které se v přírodě nevyskytují.

Základní charakteristikou radioaktivního izotopu je poločas rozpadu. Je to doba, za kterou se rozpadne polovina přítomných jader radioaktivního

nuklidu. Poločasy rozpadu jednotlivých nuklidů jsou různé. Poločasy rozpadu radionuklidů mohou nabývat hodnot od zlomku sekundy až po miliardy let. Je samozřejmé, že v přírodě se lze setkat jen s takovými radionuklidy, které mají buďto velmi dlouhý poločas rozpadu, anebo takové nuklidy, které v přírodě neustále vznikají. Prvky s dlouhým poločasem rozpadu jsou např. uran ^{235}U , ^{238}U , thorium ^{232}Th nebo draslík ^{40}K .

Prvek, z něhož vzniká přímo jiný, se označuje jako prvek mateřský a jeho přímý produkt rozpadu jako prvek dceřinný.[1,2,3]



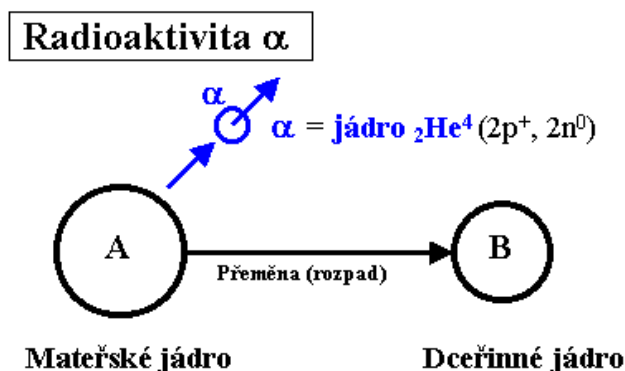
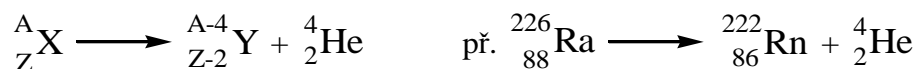
Obr.1 - Základní obecné schéma radioaktivní přeměny[2]

2.1.1 Typy radioaktivních záření

Rozpad nestabilních jader bývá doprovázen eliminací některých částic z prostoru jádra. Bylo zjištěno, že existuje několik druhů radioaktivního záření, lišící se svou povahou a vlastnostmi. Tyto druhy radioaktivity se označují prvními třemi písmeny řecké abecedy – alfa α , beta β a gama γ .

Záření alfa tvoří částice α . Je to kladně nabitě jádro helia, které je tvořeno dvěma protony a dvěma neutrony (tedy celkem čtyřmi nukleony), a proto bývá značeno v souladu se značením prvků jako $^4_2\alpha$ nebo ^4_2He . Záření α má velmi malý dosah. Zachytí jej i list papíru nebo tenká hliníková fólie. Vyzáří-li jádro částici α , ztratí dva protony a přemění se v jádro jiného prvku, který leží

v periodické soustavě prvků o dvě místa vlevo oproti původnímu nuklidu. Současně se mění nukleonové i protonové číslo. Následující rovnice vyjadřuje celý děj:

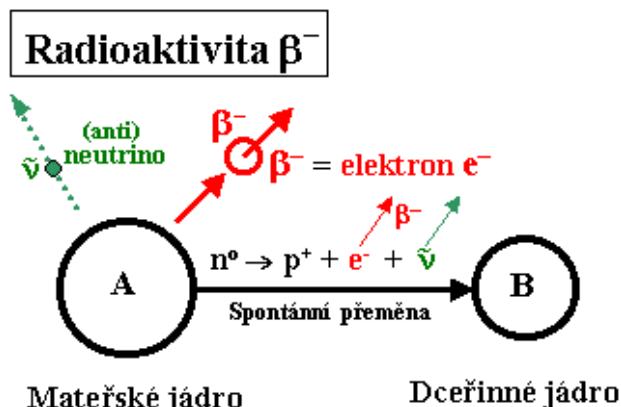
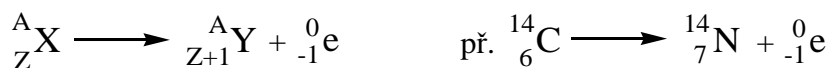


Obr.2 - Základní schéma přeměny α [2]

Záření beta dělíme na β^+ a β^- . Záření β^+ je tvořeno kladně nabitými pozitrony ${}^0_1e^+$. Záření β^- je proud záporně nabitých elektronů ${}^0_{-1}e^-$. Má větší pronikavost než záření alfa.

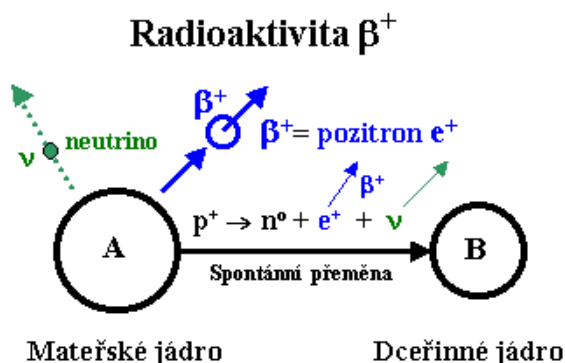
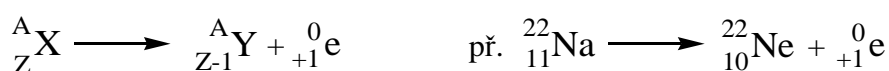
Lehce proniká materiálem s nízkou hustotou nebo malou tloušťkou. K odstínění postačí vrstva vzduchu silná jeden metr, olovo o šířce 1 mm nebo 1 cm silná vrstva plexiskla.

Přeměna β^- je charakteristická pro jádra nuklidů, která vybočují z tzv. řeky stability svým počtem neutronů. K rozpadu β^- dochází u jader, která mají nadbytek neutronů oproti optimálnímu poměru protonů a neutronů. Nadbytečný neutron se v radioaktivním jádře může přeměnit na proton a elektron. Proton zůstává v jádře, zatímco elektron jádro opouští. Jádro vzniklé rozpadem β^- má o jeden proton více. Vzniklý nuklid je v periodické soustavě prvků posunut o jedno místo vpravo vzhledem k původnímu prvku. Schematicky můžeme tuto přeměnu zapsat takto:



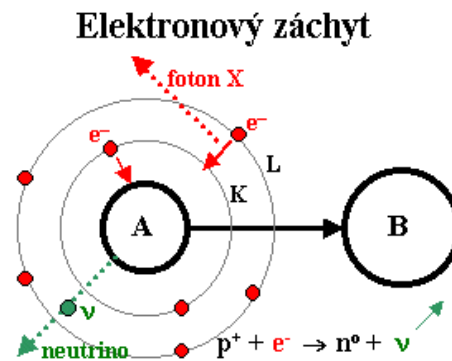
Obr.3 - Základní schéma přeměny β^- [2]

Přeměna β^+ je charakteristická pro jádra nuklidů, která vybočují z tzv. řeky stability svým počtem protonů. K rozpadu β^+ dochází u jader, která mají nadbytek protonů oproti optimálnímu poměru protonů a neutronů. Může dojít k přeměně některého z protonů na neutron a pozitron. Pozitron opouští jádro a velmi rychle zaniká rekombinací s elektronem za vzniku fotonů. Jádro vzniklé rozpadem β^+ má o jeden proton méně. Vzniklý nuklid je v periodické soustavě prvků posunut o jedno místo vlevo vzhledem k původnímu prvku. Schematicky můžeme tuto přeměnu zapsat takto:



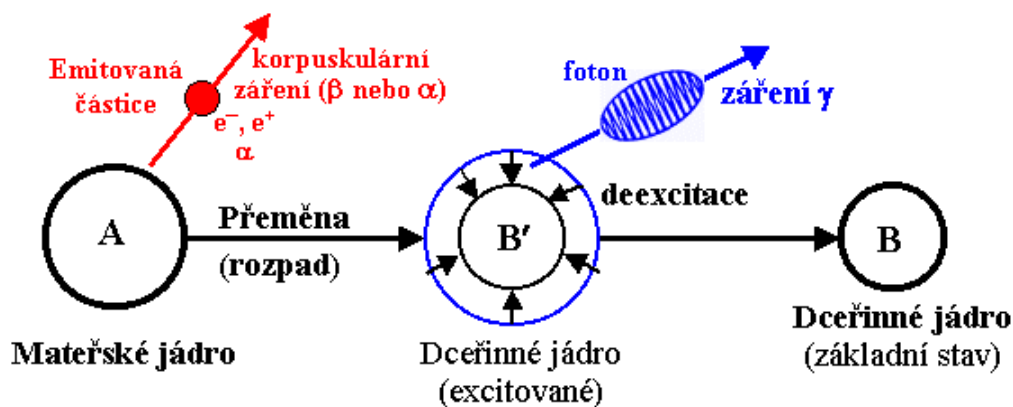
Obr.4 - Základní schéma přeměny β^+ [2]

Elektronový záchyt je další typ β přeměny, kterým se může jádro zbavovat nadbytku protonů. Odborníky je považováno za konkurenční proces k přeměně β^- . Proton v jádře zachytí některý elektron z elektronového obalu. Jednotlivé vrstvy obalu se označují velkými písmeny K, L, M, nejbližší jádru je vrstva K. Podle toho, ze které vrstvy byl elektron zachycen, označujeme záchyty velkými písmeny K, L, M apod. Nuklid vzniklý elektronovým záchytem je v periodické soustavě prvků posunut o jedno místo vlevo vzhledem k původnímu prvku. Proces přeměny jádra vyjadřuje následující obecná rovnice:



Obr.5 Základní schéma elektronového záchytu[2]

Záření gama γ je elektromagnetické záření s velmi krátkými vlnovými délkami a vysokou energií. Svými vlastnostmi se podobá rentgenovému záření. Z uvedených druhů záření je nejpronikavější. Lze jej zeslabit silnou vrstvou železobetonu nebo materiálem obsahujícím jádra těžkých kovů. Záření γ zpravidla doprovází záření α a β . Nově vzniklé jádro se tímto způsobem zbavuje přebytečné energie. Jádro se často zbavuje nadbytečné energie vyzářením elektromagnetického záření γ , přičemž nedochází ke změně protonového ani nukleonového čísla.[1,2,3]



Obr.6 - Základní schéma záření γ [2]

2.1.2 Radioaktivní rozpadové řady

Řada radionuklidů, ve které každý radionuklid s výjimkou prvního vzniká přeměnou předešlého radionuklidu v řadě, se nazývá radioaktivní rozpadová řada. Rozpadová řada končí vždy stabilním nuklidem. Radionuklidy řady se postupně přeměňují přeměnami α a β . Thorium, uran a polonium tvoří základy tří přírodních rozpadových řad. Rozpad každého z nich zahajuje řetězec přeměn, v jehož průběhu vzniká řada radioaktivních nuklidů s různě dlouhými poločasy rozpadu. Protože výchozí nuklidy mají podstatně delší poločas rozpadu než vznikající sekundární nuklidy, ustavila se mezi jednotlivými členy řad trvalá radioaktivní rovnováha. Všechny tři řady jsou zakončeny stabilními nuklidy olova. Existuje rovněž čtvrtá rozpadová řada. Tato řada je započata umělé vytvořeným neptuniem ^{237}Np a je ukončena stabilním izotopem bismutu ^{239}Bi .

S radioaktivním rozpadem těžkých prvků je spojen buď úbytek nukleonového čísla o 4 jednotky – rozpad α , nebo s ním není spojena žádná změna nukleonového čísla – rozpad β, γ . Nukleonová čísla všech členů jedné rozpadové řady lze vyjádřit jedním společným vzorcem.[2,3]

2.1.3 Transurany

Transurany jsou prvky, jejichž protonové číslo je vyšší než 92. Jsou to prvky ležící v periodické soustavě prvků za uranem. Všechny jsou nestálé a byly vyrobeny jadernými přeměnami uměle. Během dalšího vývoje se ukázalo, že složitě uměle vyrobené prvky neptunium a plutonium se běžně vyskytují jako součást uranových rud v přírodě.

Důležitým prvkem z řady transuranů je plutonium. Jeho izotop s nejdelší dobou životamá poločas rozpadu asi $4 \cdot 10^5$ let. Země je však více než tisíckrát starší, a proto plutonium nemohlo zůstat v přírodě zachováno, i když se na zemi původně vyskytovalo.

Rozpadové řady transuranů ústí do radioaktivních řad prvků vyskytujících se v přírodě. Produkty radioaktivního rozpadu transuranů jsou po určitém počtu přeměn izotopy vyskytující se v přirozených radioaktivních řadách. Další rozpad postupuje stejným způsobem jako v přirozených radioaktivních řadách. Proto nelze určit výchozí prvek radioaktivních řad, neboť nemůžeme vědět, jaké umělé izotopy mohou být ještě v budoucnu vyrobeny. Je velmi pravděpodobné, že také jejich rozpad bude nakonec ústít do jedné ze čtyř radioaktivních řad. [1,3]

2.1.4 Jednotky radioaktivity

U radioaktivity stanovujeme veličiny a jednotky, ve kterých budeme měřit její sílu, intenzitu nebo velikost. Veličina se nazývá aktivita – je to počet jader, který se přemění za jednotku času. Aktivita radionuklidu není veličina konstantní, ale klesá s časem, jak se původní jádra postupně rozpadají. Radioaktivita je jev, kdy se v čase přeměňují atomová jádra jednoho prvku na jádra prvku jiného, přičemž čas měříme v sekundách. Jednotkou aktivity je 1 Bq.[3]

2.1.5 Symbol radioaktivity

Podle expertů nenese dlouholetý symbol radioaktivity jasnou informaci o hrozícím nebezpečí. Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) proto zavádí logo, které by mělo být srozumitelné i pro děti či negramotné. Nový symbol je černě orámovaný trojúhelník, ve kterém jsou tři obrázky na červeném podkladě. Logo nemá nahradit to stávající, pouze ho v nutných případech doplnit, protože je více vysvětlující.



Obr.7 - Starý a nový symbol radioaktivity[4]

Bude se umísťovat například na zařízení na ozařování potravin či léčbu rakoviny, protože mohou být v případě nesprávného použití životu nebezpečné.

Než MAAE podobu nového loga ukázala veřejnosti, dlouho ji testovala v mnoha zemích a na rozmanitém vzorku lidí (děti, různě vzdělaní dospělí, senioři). Chtěla si pečlivě ověřit, že zpráva "nebezpečí - drž se dál" je jasná vskutku pro všechny.[4]

2.2 Ionizující záření

Všechny typy radioaktivního záření patří mezi ionizující záření. Ionizující záření je schopno přímo nebo nepřímo ionizovat atomy nebo molekuly prostředí, které prochází. Ionizující záření je tvořeno nabitými částicemi, nenabitými částicemi nebo jejich kombinací. Záření vyskytující se okolo nás je svým charakterem částicové, případně vlnové.

2.2.1 Zdroje ionizujícího záření

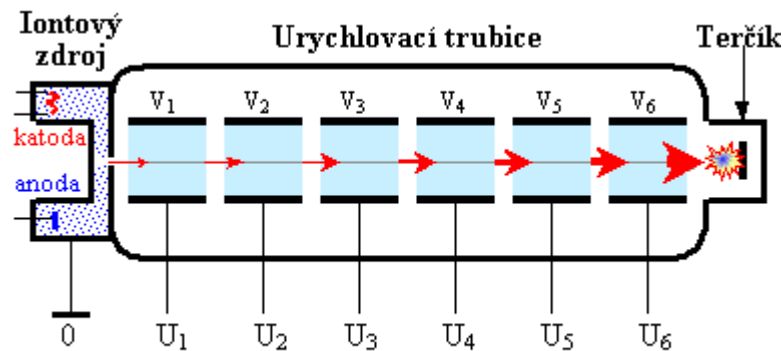
Zdroje ionizujícího záření se dělí na přirozené nebo umělé. Podle způsobu vzniku záření je možné rozdělit na radionuklidové a aparaturní zdroje záření. Radionuklidové zdroje vysílají záření nepřetržitě, neboť záření je důsledkem radioaktivní přeměny jader. Aparaturní zdroje emitují záření pouze v zapnutém stavu přístroje.

Zdrojem elektromagnetického záření je γ záření nebo rentgenové záření. Zdrojem γ záření jsou radioaktivní nuklidy ^{241}Am , ^{109}Cd , ^{57}Co , ^{55}Fe atd. Zdrojem rentgenového záření mohou být např. rentgenové lampy, radioaktivní nuklidy emitující charakteristické rentgenové záření či urychlovače elektronů. Rentgenové záření je krátkovlnné elektromagnetické záření, které vzniká v elektronovém obalu atomu při interakcích elektronů nebo vlastního jádra s letícím elektronem, jenž je emitován vhodným zdrojem elektronů.

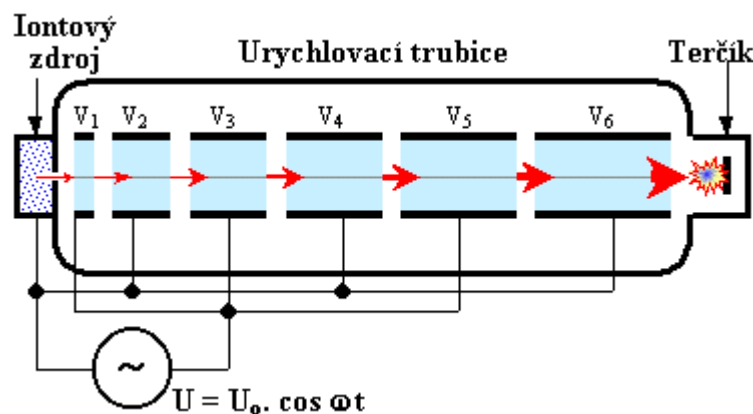
Zdrojem elektronového záření jsou radioaktivní nuklidy, které vysílají β částice nebo urychlovače elektronů. Urychlením získají částice vysokou energii. Urychlovače pracují se silným elektrickým polem, díky němuž předají energii do svazku částic. Magnetické pole svazek částic přesně zaostří a díky tomu jsou částice schopny se udržet na kruhové dráze. V praxi jsou používány dva typy urychlovačů – lineární urychlovače a kruhové urychlovače.

Lineární urychlovače urychlují nabitě částice působením elektrického pole během jejich pohybu po lineární přímkové dráze. Čím delší zařízení, tím vyšší

konečná energie. Lineární urychlovače se dělí na vysokonapěťové a vysokofrekvenční.



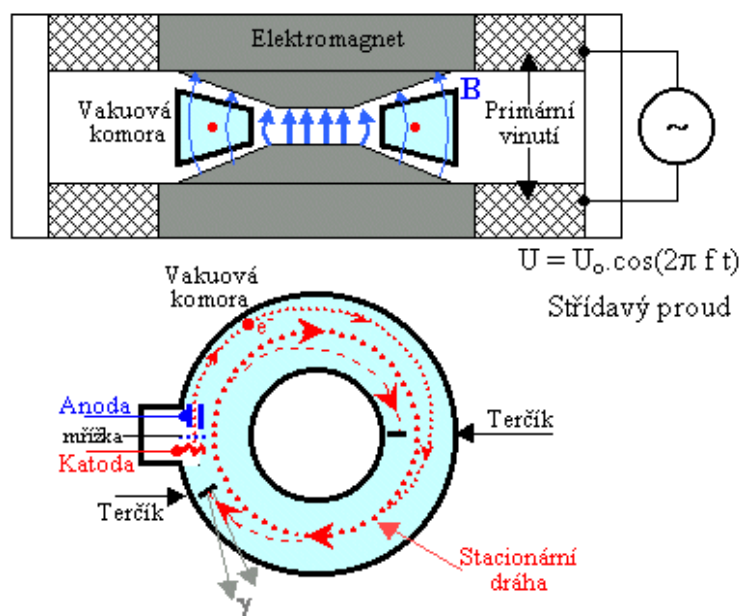
Obr.8 - Zjednodušené schéma lineárního urychlovače elektrostatického[5]



Obr.9 - Zjednodušené schéma lineárního urychlovače vysokofrekvenčního[5]

Částice v kruhových urychlovačích létají neustále kolem dokola a hromadí nabytou energii s každým oběhem kruhu. Se zvyšující se rychlosti částic má většina z nich tendenci vylétnout ven z kruhu. Kruhový indukční urychlovač elektronů se nazývá betatron, neboť vyrábí umělé záření β^- , což jsou rychlé elektrony. Urychlovací trubice betatronu má tvar prstence zhotoveného z elektricky nevodivého materiálu s vysokým vakuem uvnitř. Trubice je umístěna mezi pólovými nastavci elektromagnetu napájeného střídavým proudem. Elektrony jsou ve vhodném okamžiku vstříkovány do urychlovací

trubice elektronovou tryskou tvořenou žhavenou katodou, mřížkou a urychlující anodou.



Obr.10 - Schematické znázornění betatronu [5]

Pozitronové záření poskytují radioaktivní nuklidy emitující pozitrony. Pro neutronové záření jsou radionuklidové zdroje založené na ostřelování vhodného nuklidu α částicemi. Ostřelovaný radionuklid následně podléhá samovolnému štěpení a současně emituje neutrony. Dalšími zdroji mohou být neutronový generátor či jaderný reaktor. [3,5,7]

2.2.2 Účinky ionizujícího záření

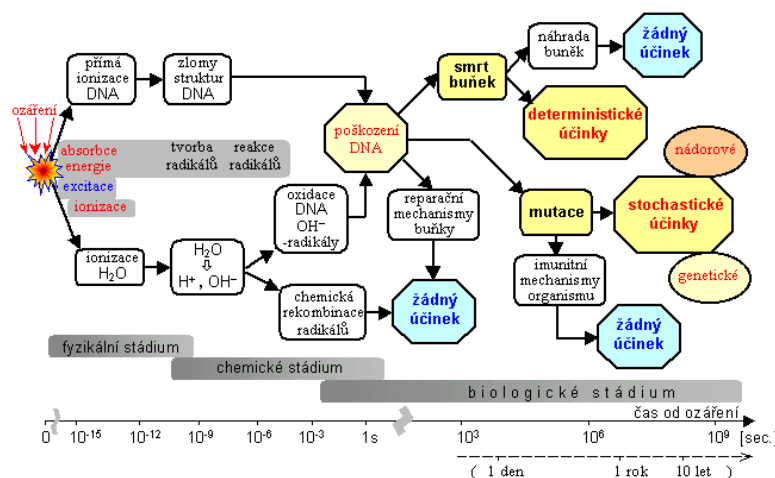
Účinky záření můžeme rozdělit na chemické a biologické. Chemickými účinky rozumíme chemické změny v látkách vyvolané absorpcí ionizujícího záření. Chemické reakce způsobené ionizujícím zářením nazýváme radiačně – chemické reakce. Jejich studiem se zabývá obor chemie, který nazýváme radiační chemie. Účinky ionizujícího záření se projevují ve větší či menší míře u všech druhů živých organismů. Základními stavebními jednotkami všech živých tkání jsou buňky. Pro pochopení biologických účinků ionizujícího záření

jsou proto rozhodující mechanismy působení záření na buněčné úrovni. Při ozáření buňky příslušnou dávkou záření může dojít ke změně genetické informace buňky – mutace nebo ke smrti buňky. Výsledek působení záření závisí na aktivitě zářiče, tedy na množství záření emitovaného za určitou dobu, a také na tom, o jaký typ záření se jedná jakou energii záření nese, a zároveň na tom, jak účinně ji předává prostředí, jímž prochází. Mírou účinku je veličina dávka, která je vyjádřena energií absorbovanou v jednotce hmotnosti. Jednotkou dávky je Gray (1 Gy). Účinek na živý organismus je třeba ještě korigovat podle druhu záření. Biologická účinnost jednotlivých druhů záření se vyjadřuje pomocí jakostního faktoru. Dávka vynásobená jakostním faktorem se nazývá dávkový ekvivalent a jeho jednotkou je Sievert (1 Sv). Ionizující záření, ve formě jak dlouhodobého slabého, tak i krátkodobého intenzivního ozáření má negativní účinky na člověka a živé organismy. Působí-li na biologický materiál, dochází k absorpci ionizujících částic nebo vlnění atomy daného materiálu. Proces účinku ionizujícího záření na živou tkáň probíhá ve čtyřech významných stádiích, které jsou odlišeny rychlostí a druhem probíhajících procesů.

- fyzikální stádium – při interakci kvanta ionizujícího záření s hmotou je energie záření předávána elektronům v atomech. Elektrony získávají větší energii - dochází k jejich excitaci. Přesáhne-li však tato energie určitou hranici, dochází k uvolnění elektronů z elektronového obalu atomu - atom se ionizuje. Primární proces je velmi rychlý, trvá jen cca 10^{-16} - 10^{-14} sekundy;
- fyzikálně – chemické stádium – 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} s;

- chemické stadium – vzniklé ionty, radikály, excitované atomy a další produkty reagují s biologicky důležitými organickými molekulami, mění jejich složení a funkci. Typickou poruchou jsou zlomy vlákna v molekule DNA. Dále mohou vznikat atypické můstky uvnitř dvojvlákna DNA a další chemické změny. Jednotlivé procesy tohoto chemického stadia trvají různě dlouhou dobu, a to v závislosti na transportní době reaktivních složek z místa svého vzniku do místa lokalizace napadené biomolekuly;
- biologické stadium – molekulární změny v biologicky důležitých látkách mohou způsobit funkční a morfologické změny v buňkách, orgánech i v organismu jako celku. Biologické stadium se při vysokých dávkách záření může projevit již za několik desítek minut, může však trvat několik let, nebo dokonce i desítek let. Konkrétní druhy biologických účinků ionizujícího záření jsou popsány níže.

Ozářením buněk dochází k řadě škodlivých změn, z nichž většina je zachycena a opravena reparačními mechanismy organismu. Bohužel jsou změny, jejichž následky jsou trvalé. Na účinky ionizujícího záření jsou citlivé zejména tkáně s intenzívním dělením buněk.



Obr.11 - Schematické znázornění vybraných procesů a jejich časové posloupnosti při účincích ionizujícího záření na živou tkáň [6]

2.2.3 Ochrana před ionizujícím zářením

Ochrana před ozářením spočívá v zeslabení dávky záření na hodnotu, při níž je riziko sníženo na zanedbatelnou hodnotu. Snížení rizika se dosahuje udržováním patřičné vzdálenosti od zdroje záření, odstíněním záření a co nejkratší dobou pobytu v prostoru, kde záření působí. Je tedy rozumné trávit v blízkosti zdrojů radioaktivity pouze tolik času, kolik je nezbytně nutné.[1,3,7]

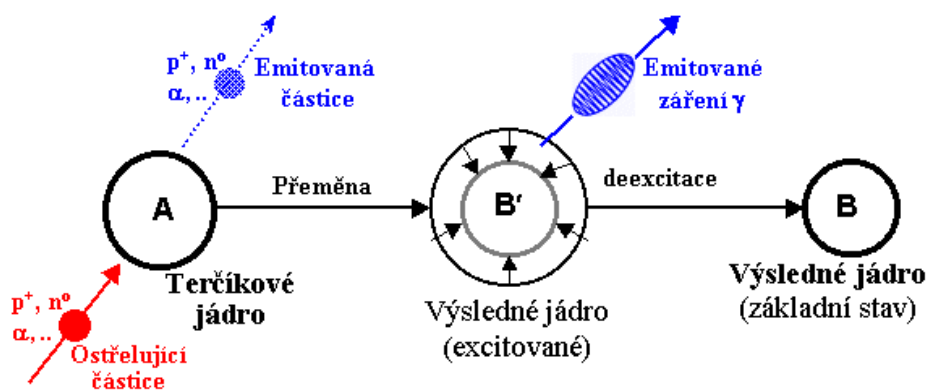
2.2.4 Možnost výskytu zdrojů ionizujícího záření

Vzhledem k velkému využití radioaktivních látek ve zdravotnictví, průmyslu, energetice, vojenství a mnohých dalších odvětvích je nutné počítat s případy možného nekontrolovatelného úniku nebo zneužití těchto látek. Možnosti výskytu zdrojů ionizujícího záření jsou:

- stálá pracoviště se zdroji ionizujícího záření, objekty, ve kterých jsou tyto zdroje vyráběny, skladovány a používány;
- místa mimo stálá pracoviště se zdroji ionizujícího záření, např. mobilní defektoskopická pracoviště;
- přepravní prostředky přepravující zdroje ionizujícího záření v kontejnerech a obalech;
- místa, kde není předpoklad výskytu zdrojů ionizujícího záření, např. zdroje zapomenuté, bez řádného označení či úmyslně odložené;
- místa teroristického útoku, např. pracoviště se zdroji ionizujícího záření.[5]

2.3 Jaderná reakce

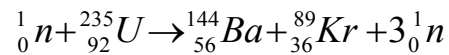
Jaderná reakce je přeměna atomových jader, která může probíhat samovolně nebo být vyvolaná působením jiného jádra nebo částice. Dochází při ní jak ke změně struktury zúčastněných jader, tak ke změně jejich pohybového stavu. Interagujícím částicím říkáme terčové jádro a jaderný projektil, produkty jsou nejčastěji jedno nové jádro a jedna nebo několik menších částic.



Obr.12 - Základní schéma jaderné reakce vyvolané částicí ostřelující jádro [8]

Při jednotlivých reakcích musí být splněn zákon zachování energie, zákon zachování hybnosti, zákon zachování elektrického náboje a zákon zachování počtu nukleonů. Ze skutečnosti, že tyto zákony musí být při všech reakcích splněny, vyplývají některé základní důsledky, např. zda a jakým způsobem může daná reakce probíhat. Jaderná reakce, při níž dochází ke spojování lehkých jader, se nazývá jaderná fúze. Dochází při ní k uvolnění značného množství energie, protože středně těžká jádra disponují vyšší energií ve vazbě než jádra lehká. Nukleony jsou v atomových jádrech vázány jadernými silami, s čímž je spojena značná potenciální vazebná energie. Jedná se o energii potřebnou k rozbití jádra na jednotlivé nukleony. V opačném případě je tato energie potřebná ke kompletaci jádra z těchto nukleonů. Energeticky nejúčinnější a rovněž nejrychleji uskutečnitelné jsou spojení lehkých jader helia, vodíku či lithia, při kterých dojde ke vzniku jádra helia ⁴He. Toto jádro má velmi vysokou vazebnou energii, které má mezi lehkými jádry obzvlášť vysokou vazebnou

energii. Jaderná reakce, při níž dochází k rozštěpení těžších jader na dvě přibližně stejně těžká, se nazývá štěpná reakce. Příkladem takové reakce je štěpení ^{235}U zpomaleným neutronem.

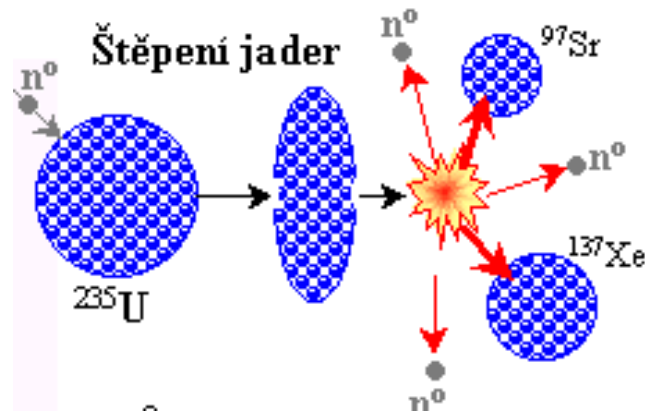


Výše zmíněná reakce není jedinou možnou cestou štěpení uranu. Při každém štěpení se uvolňují 2 – 3 neutrony, které mají schopnost štěpit jiná jádra, a tak dochází v podstatě k nekontrolovanému štěpení jader. Tento proces je nazýván řetězovou jadernou reakcí. Tato reakce probíhá explozivně nebo řízeně. Řízené řetězové reakce je využíváno při výrobě elektrické energie v jaderných reaktorech umístěných v jaderných elektrárnách. Explozivní řetězová reakce je známá především při zneužití jaderné energie pro válečné účely. Při tomto zneužití je sestrojena jaderná bomba.

2.3.1 Energetika jaderné reakce

Veškerá hmotnost atomu je soustředěná do jádra, hovoříme o jaderné energii. V roce 1938 bylo zjištěno skupinou německých fyziků a chemiků, že pokud ostřelují jádra uranu neutrony, dojde k jeho rozštěpení na dvě zhruba stejné části. Při tomto procesu je uvolňováno obrovské množství energie, která sloužila k zachování tvaru jádra atomu uranu. Rozpad jádra byl nazván jaderným štěpením. Části jádra se při ostřelování od sebe rozletí rychlostí až 10 tis. km/s. Nejdůležitějším faktorem této reakce je, že téměř okamžitě se pohybová energie vznikajících částic mění v teplo. Prostředím je látka, ve které k jadernému štěpení dochází. Při interakci neutronu s nízkou energií a jádra uranu ^{235}U nastane rozštěpení jádra. V průběhu jaderného štěpení se původní kulaté jádro deformuje a zvětšuje svůj povrch. Poté dojde k zaškrcení uprostřed jádra a vlivem elektrostatického odpuzování se od sebe obě části oddělí a rozletí obrovskou rychlostí. Zároveň se uvolní 2 – 3 nové neutrony s velkou energií.

Uran je však součástí krystalické mřížky paliva, a proto odštěpky jádra nemohou volně odletět, ale jsou prakticky okamžitě zpomaleny nárazy na okolní atomy. Při nárazech odštěpky předávají energii ostatním atomům a jejich pohybová energie se tak snižuje. Energie předaná okolním atomům je z nich následně uvolněna ve formě tepla.[7,8]



Obr.13 - Interakce neutronu s nízkou energií a jádra uranu[8]

2.4 Využití radioaktivity

Ionizující záření našlo uplatnění v mnoha odvětvích lidské činnosti. Jeho využití si přiblížíme v několika oblastech, které souvisí s naším každodenním životem. Využívané radionuklidy jsou získávány z přírodních materiálů, popřípadě jsou vyráběny uměle.

2.4.1 Využití v průmyslu

V mnoha případech se v průmyslovém procesu pouze odebírají vzorky, které se nukleárními metodami zkoumají a analyzují ve speciálních pracovištích. Při různých aplikacích se indikují změny v pohlcování záření, sleduje se zastoupení a koncentrace vhodných radionuklidů v daném materiálu nebo se využívá účinku ionizujícího záření na okolí. Průmyslová defektoskopie vyhledává povrchové i vnitřní vady materiálu. Je možno jí využít ke kontrole jakosti sváru, kdy svár bývá prozářen radioaktivním zářičem. Na opačné straně je umístěna

kazeta z fotofilmu, na kterém se po vyvolání mohou určit případné defekty. Skryté vady materiálu se na fotofilmu projeví různým stupněm zčernání filmu. Výhodou této metody je to, že může být prováděná přímo v terénu. Tato výhoda je využívána ke kontrolám svarů na ropovodech, plynovodech či jiných produktovodech. Radiačními tloušťkoměry je kontrolována stejná tloušťka vyráběného materiálu. Tyto prostředky jsou hojně využívány zejména ve válcovnách při kontrole stejnoměrné tloušťky válcovaného materiálu, popřípadě ve výrobnách plastů při kontrole tloušťky litého materiálu.

Princip absorpce záření se využívá ke kontrole a určení výšky hladiny kapaliny v nádržích a tancích, kde není možno využít jiných metod. Radionuklidový hladinometr určuje výšku sloupce kapaliny podle toho, jak je zeslaben signál v detektoru, tedy zda záření prochází kapalinou nebo vzduchem. Stopovací metody se používají ke sledování pohybu a distribuce hmoty v různých technologických zařízeních. V dopravních systémech sledují průtoky, míchání směsí, filtrací, opotřebení materiálu a postup koroze. Na různé absorpci záření v různém prostředí jsou založeny také ionizační hlásiče požáru. Čidlo hlásiče kouře a požáru obsahuje radioaktivní zářič α , který v čistém vzduchu udržuje slabý proud mezi elektrodami. Kouř v prostoru způsobí změnu tohoto proudu a elektronika hlásiče na ni zareaguje.



Obr.14 - Hlásič kouře [olastní]

Ke kontrole čistoty surovin, polotovarů a výsledných materiálů v oborech, kde má vysoká čistota rozhodující roli, se používají radioanalytické metody, například neutronová aktivační analýza. Jedná se o velmi citlivou metodu analýzy složení látek. Princip metody je založen na zachytu neutronu v jádru zkoumané látky. Po zachycení neutronu se jádra stávají radioaktivními a rozpad jádra je zachycen přístroji. Spektrometrickou analýzou energií a intenzit emitovaného záření aktivovaného vzorku lze stanovit příslušný radionuklid a zpětně dohledat i jemu odpovídající výchozí nuklid obsažený ve vzorku a s použitím vhodné kalibrace též jeho obsah ve zkoumaném materiálu. Neutronové ozařování analyzovaných vzorků se provádí buď v ozařovacích komůrkách v jaderném reaktoru, nebo pomocí neutronů z neutronových generátorů. Na podobném principu rovněž pracuje rentgen – fluorescenční analýza. Je to metoda nedestruktivního zjišťování složení látek, která je založená na měření charakteristického rentgenového záření emitovaného ozářeným vzorkem. Zkoumaný vzorek ozařujeme zářením z rentgenové lampy nebo zářením gama. Spektrometrickou analýzou energie takto emitovaného fluorescenčního záření lze zjistit, které prvky jsou přítomné ve zkoumaném vzorku, a podle intenzity jednotlivých signálů fluorescenčního záření lze určit množství těchto prvků ve vzorku. Působením ionizujícího záření se dají změnit fyzikální, chemické nebo biologické vlastnosti ozařovaného materiálu. Tyto účinky ionizujícího záření využívají průmyslové nebo laboratorní radiační techniky. Radiačně vytvořené ionty a radikály jsou chemicky velmi reaktivní, takže ozáření může v látkách nastartovat celou řadu chemických reakcí. Při vhodné aplikaci tak lze ionizující záření využít k vyvolání žádoucích změn v ozařovaném materiálu. Příkladem takových řetězových reakcí je radiační polymerace.[3,7,8]

2.4.2 Využití ve zdravotnictví

Nukleární medicína je svou náplní převážně diagnostické odvětví medicíny, ale nové možnosti v léčbě různých onemocnění neustále zvyšují také její příspěvek k léčbě pacientů. Podrobněji bude tato problematika řešena v kapitole této diplomové práce Nukleární medicína.

2.4.3 Využití v zemědělství

Radionuklidy a ionizující záření se významnou měrou podílejí na vývoji moderního zemědělství. Ve velké míře se využívají ve šlechtitelství, při likvidaci škodlivého hmyzu, v agrotechnice, v živočišné výrobě a potravinářském průmyslu. Zemědělství a potravinářská výroba využívají ionizující záření již několik desítek let ve výzkumu i v praxi. Ozařování semen plodin za účelem mutace se ve šlechtitelství využívá již řadu let. Ozáření semen způsobuje mutaci, a umožňuje tak měnit důležité vlastnosti kulturních plodin nebo vytvářet odrůdy zcela nové. Mezi nejvýznamnější ovlivňované vlastnosti patří odolnost proti chorobám a proti nepřízni počasí, výnosy, doba zralosti a výživná hodnota. Radiačním ošetřením potravin dochází ke sterilizaci a prodloužení skladovatelnosti potravin. Ozářením potravin radiokobaltem se zničí mikroorganismy způsobující hnilobu. Analýza záření z radioindikátorů slouží také k optimalizaci krmných dávek nebo ke kontrole zdravotního stavu zvířat. [3,8]

2.4.4 Využití v dalších oblastech

Vodohospodáři využívají radionuklidy k měření průtoků v řekách i ve vodovodních potrubích. Radionuklidové hladinoměry určují výšku sloupce kapaliny na základě zeslabení svazku záření \otimes kapalinou podle toho, jestli svazek záření prochází kapalinou nebo vzduchem. Vedle kapalin se takto dají monitorovat i sypké materiály. Tato bezkontaktní metoda má svůj přínos tam,

kde není možné jiné metody snadno využít, např. v přetlakových a podtlakových nádobách, u kapalin agresivních či zahřátých na vysokou teplotu. Umístění zářiče a detektoru je nejčastěji horizontální. Zářič a detektor jsou umístěny po stranách nádoby naproti sobě a detekují úroveň hladiny. Zářič a detektor je možné také umístit vertikálně. V tomto případě jsou namontovány nad nádrží a pod ní. Ozařováním je možné ošetřit odpadní vody, které obsahují nebezpečné látky po různých haváriích a nehodách. Tyto odpadní vody budou ozařovány ještě před vypuštěním do běžných čističek odpadních vod.

Neutronové měření vlhkosti pracuje na principu rozptylu rychlých neutronů na jádrech vodíku, které ze všech prvků nejúčinněji rozptylují a zpomalují neutrony. Měřič vlhkosti je tvořen zdrojem rychlých neutronů a detektorem pomalých neutronů.

Neutronová metoda měření vlhkosti materiálů se používá v řadě odvětví, např. v chemickém průmyslu, stavebnictví, zemědělství, hornictví. Nejčastější se metoda využívá pro měření vlhkosti sypkých materiálů, jako je zemina, písek, maltové směsi, rudy, uhlí a koks, obilí, atd.[3,7]

2.5 Zneužití radioaktivity

Jaderná zbraň je zbraň hromadného ničení, jež vychází z principu neřízené řetězové reakce jader těžkých prvků. Mezi jaderné zbraně se řadí i zbraně založené na slučování jader lehkých prvků, případně i zbraně, kde štěpný materiál slouží jen jako zdroj radioaktivního zamoření cílové oblasti, tzv. špinavá bomba. Špinavá bomba je označení pro zbraň způsobující zamoření rozmetáním radioaktivních látek klasickou výbušninou. Jaderná bomba byla vyvinuta ve Spojených státech amerických v rámci vojenského projektu Manhattan, který probíhal v laboratořích v Los Alamos za vedení Roberta Jacoba Oppenheimera. Výsledkem projektu byl první pokusný jaderný výbuch, který proběhl 16. července 1945 v poušti White Sands poblíž města Alamogordo v Novém Mexiku. Další vyrobené bomby Little Boy a Fat Man byly o několik

týdnů později svrženy z bombardérů B-29 na japonská města Hirošimu a Nagasaki. Anglickým názvem LittleBoy byla pojmenována uranová jaderná puma, která byla 6. srpna 1945 svržena z amerického bombardéru B-29 Enola Gay na japonské přístavní město Hirošima. Anglický název Fat Man nesla plutoniová jaderná puma, jež byla 9. srpna 1945 svržena z amerického bombardéru B-29 Bock's Car na japonské přístavní město Nagasaki.

Druhou atomovou mocností se v roce 1949 stal Sovětský svaz, kde výzkum a vývoj jaderně zbraně vedl akademik Igor Kurčatov. V 50., 60. a 70. letech 20. století se jadernou zbraň podařilo získat také Velké Británii, Francii, Číně, Indii, Pákistánu a Izraeli. Severní Korea se k vlastnictví jaderných zbraní přiznala 10. února 2005.

O výrobu jaderné zbraně se v minulosti pokoušely i další státy. Některé země svůj jaderný program zastavily či zrušily na základě smluv o nešíření jaderných zbraní; JAR se rozhodla své jaderné zbraně zničit. Některé státy východní Evropy získaly následkem rozpadu Sovětského svazu jaderné zbraně, většinou je však předaly zpět Rusku. Nejasná situace existuje ohledně Ukrajiny. Jaderné zbraně představovaly hlavní odstrašující prostředek studené války. [1,3,7]

2.6 Radiační ochrana

Cílem radiační ochrany je zabezpečení dostatečné úrovně ochrany zdraví a umožnění přínosu s využitím zdrojů ionizujícího záření a jaderné energie. Vláda ČR nese odpovědnost za prosazení požadavku radiační ochrany a bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření. Realizace těchto požadavku je prováděna prostřednictvím systému, ve kterém je na prvním místě dobře

fungující organizace radiační ochrany. V ČR roli regulujícího orgánu plní Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB).[1]

2.6.1 Principy radiační ochrany

Při zajišťování cílů radiační ochrany se používají tři základní obecné principy:

- princip odůvodněnosti – při ozáření ionizujícím zářením je nutné zajistit, aby tato činnost byla odůvodněná přínosem, který vyvažuje rizika vznikající při této radiační činnosti;
- princip optimalizace – při ozáření ionizujícím zářením je nutné zajistit takovou úroveň radiační ochrany, aby riziko škodlivých účinků bylo optimálně nízké a rozumně dosažitelné z hlediska ekonomických a technických požadavků;
- princip limitování – při ozáření ionizujícím zářením je potřeba omezovat ozáření osob, aby celková dávka nepřekročila stanovené limity. [9]

2.6.2 Způsoby ochrany před ozářením

Základním principem radiační ochrany je snižování obdržené dávky ionizujícího záření v těle na co nejnižší míru a podstatné omezení nežádoucích účinků záření. Absorbovaná dávka záření je závislá na několika faktorech: druh, intenzita a energie záření, se kterými pracujeme, dobou expozice, vzdáleností a stíněním. Před ionizujícím zářením je možno se chránit těmito základními způsoby:

- čas – obdržená dávka záření je přímo úměrná době expozice, po kterou se nacházíme v záření. Zkrácením doby pobytu v poli záření snížíme přímo úměrně absorbovanou dávku;
- vzdálenost – intenzita záření a dávkový příkon jsou nepřímo úměrné druhé mocnině vzdálenosti od zdroje záření;

- stínění – nejefektivnější ochranou proti ozáření je jeho odstínění vhodným absorbujícím materiálem;
- zabránění kontaminace – při práci s otevřenými radionuklidy je nutné zamezit rizikům radioaktivní kontaminace dodržováním základních principů bezpečnosti při práci na pracovišti.[10]

2.6.3 Biologické účinky ionizujícího záření

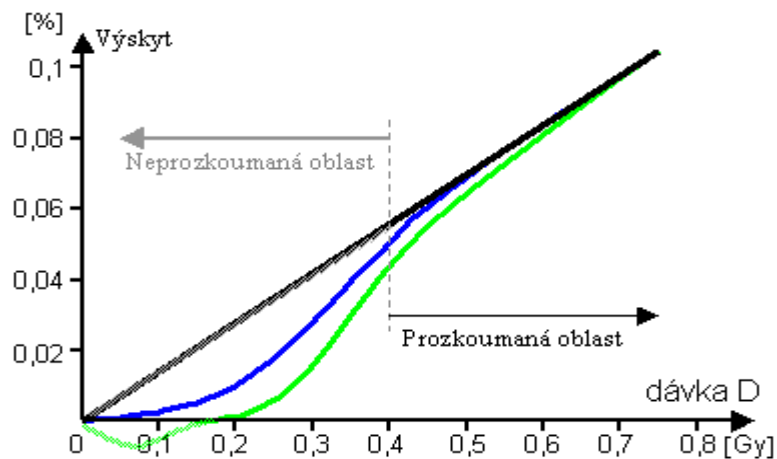
Pozorovatelné účinky ionizujícího záření mají svůj počátek vždy v dějích, které ionizující záření vyvolává v buňkách. Biologické účinky ionizujícího záření jsou závislé na dávce záření a dávkovém příkonu záření. Buňky jsou schopny poškození enzymaticky opravit, tzn., že při určité dávce je poškození organismu menší, pokud není tkáň nebo organismus dávkou ozářen najednou, ale dávka je rozprostřena rovnoměrně na delší dobu, popřípadě je rozdělena do menších dávek. Účinek na tkáň podstatně závisí i na druhu ionizujícího záření.

2.6.4 Vztah dávky a biologického účinku záření

Biologický účinek záření je závislý na velikosti obdržené dávky, tzn., že s obdrženou dávkou roste. Ve vztahu dávky a biologického účinku rozlišujeme dva typy radiobiologických účinků:

- stochastické účinky – vyvolávají změny v genetické informaci buněk, na které působilo ionizující záření. U stochastických účinků není průběh onemocnění závislý na výši absorbované dávky, výše dávky pouze určuje možnou pravděpodobnost výskytu genetického nebo nádorového onemocnění

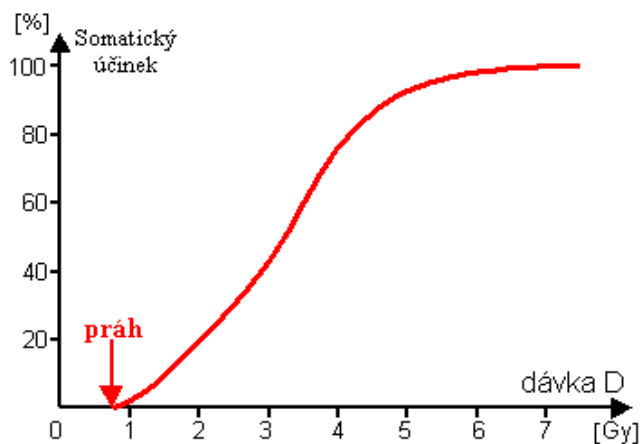
Stochastické účinky



Obr.15 - Závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření-pravděpodobnost výskytu pro stochastické účinky[10]

- deterministické účinky – projevují se až po dosažení určité prahové dávky, kdy s rostoucí dávkou narůstá pravděpodobnost vzniku poškození a také se zvyšuje závažnost poškození.

Deterministické účinky



Obr.16 - Závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření-závažnost poškození pro deterministické účinky[10]

2.6.5 Vnější a vnitřní kontaminace

Při práci s radioaktivními zdroji může dojít k jejich úniku a k zamoření prostředí, předmětů a osob, které manipulovaly s radioaktivními zdroji. Toto zamoření rozdělujeme na vnější a vnitřní.

➤ vnější kontaminace

Dochází k ní na pracovištích s radioaktivní látkou. Vnější kontaminací bývají nejčastěji zasaženy pracovní plochy, předměty a osoby přicházející do styku s radioaktivní látkou. Ke kontrole povrchové kontaminace se používají radiometry, které mohou odhalit vyšší dávku záření, především na kontaminované kůži.

➤ vnitřní kontaminace

Dochází k ní při nežádoucím průniku vyšší dávky ozáření do organismu. Po vniknutí do organismu vstoupí radioaktivní látka do metabolismu, kde se rozdělí po celém těle. Část této látky je z organismu vyloučena, zbytek se však trvale ukládá v tělních orgánech. K vnitřní kontaminaci dochází zpravidla těmito způsoby:

- inhalace – radioaktivní aerosoly, páry nebo plyny mohou vniknout vdechováním do plic a odtud do krve a dále do organismu;
- ingesce – nejčastější příčina vnitřní kontaminace, dochází k ní přes kontaminované ruce, které se dostanou do styku s ústy;
- přes kůži – po kontaminaci povrchu těla radioaktivní látkou mohou některé látky proniknout do organismu neporušenou případně poraněnou kůží;
- cílená aplikace – používá se jako terapie nebo diagnostika v nukleární medicíně. [10]

2.6.6 Radiační zátěž

Na populaci v ČR má největší podíl na průměrném ozáření radon (40 %), kosmické záření (10 %), radionuklidy v potravinách a v lidském těle (20 %), radionuklidy v zemské kůře (10 %). Nejvýznamnější z umělých zdrojů je lékařské ozáření (20 %). Jaderné elektrárny se podílejí na radiační zátěži

populace pouze 0,01 %. Efektivní dávkový ekvivalent je pro populaci v ČR 5mSv/5 let. Zcela výjimečně je možné překročit limit 1mSv za rok, ovšem jen tehdy, je-li dodržen limit 5mSv/5 let. Pro radiační pracovníky je tento limit nastaven na hodnotu 50mSv/rok, nejvýše však 100mSv/5 let.

Zvláštní kategorii tvoří příslušníci jednotek požární ochrany, pro které je tento limit nastaven na hodnotu až 200mSv během mimořádné události s výskytem zdroje ionizujícího záření, poté však příslušník jednotky požární ochrany, jenž byl ozářen touto dávkou, nesmí zasahovat u žádné další mimořádné události s výskytem ionizujícího záření. [11,12]

2.7 Nukleární medicína a její prostředky a metody

Významným aspektem nukleární medicíny jako diagnostické metody je především neinvazivní charakter, který umožňuje použití této metody v pediatrii, rovněž při monitorování vývoje zdravotního stavu pacientů a monitorování úspěchu efektu terapie mnoha onemocnění.

Nukleární medicína získává a osvětluje informace nejen anatomické, nýbrž zejména informace o metabolických funkcích a funkcích orgánu. Diagnostické testy prováděné u pacientů s podezřením na určitá onemocnění dokázaly v naprosté většině případu odhalit a diagnostikovat rozvoj nemoci mnohem dříve než metody invazivní. Včasné odhalení onemocnění umožní pacientům nasadit správnou medikaci již při odhalení zárodků onemocnění.

Nukleární metody jsou nedílnou součástí mnoha lékařských oborů. Zřejmě nejhojnějšího rozšíření se jim v dnešní době dostalo v oborech kardiologie, neurologie, onkologie a již zmiňované pediatrie. Uplatnění rentgenového záření v medicíně bylo možné prakticky ihned po jeho objevení a stalo se nedílnou součástí zobrazovacích metod v mnoha lékařských oborech.

Nukleární medicína stejně jako rentgenové záření se velmi progresivně rozvíjí napříč lékařskou vědou a je nepochybný její přínos pro včasnou diagnostiku často smrtelných onemocnění.

2.7.1 Radiofarmaka

Radiofarmaka jsou radioaktivní sloučeniny, jež se využívají k diagnostickým a terapeutickým metodám.

Radiofarmaka využívána v nukleární medicíně slouží k diagnostickým účelům. Farmakologický účinek radiofarmak je zanedbatelný, neboť jsou obvykle aplikována v zanedbatelných dávkách. Radiofarmaky jsou radioaktivní prvky, radioaktivní sloučeniny.

Veškerá radiofarmaka musí být snadno detekovatelná a bezpečná, nesmí být u nich prokázána žádná toxicita. Aplikovaná dávka radiofarmak je záměrně co nejmenší. Podaná radiofarmaka jsou z organismu vyloučena stolicí, potem, močí nebo jinými mechanismy.

Protože jsou radiofarmaka určena k podání člověku, jsou podrobována mnoha přísným kontrolním testům. Samozřejmostí jsou veškeré kontrolní testy, které jsou prováděny u neradioaktivních léků. Nad rámec těchto kontrolních testů je nutné provést měření radionuklidové a radiochemické nezávadnosti.

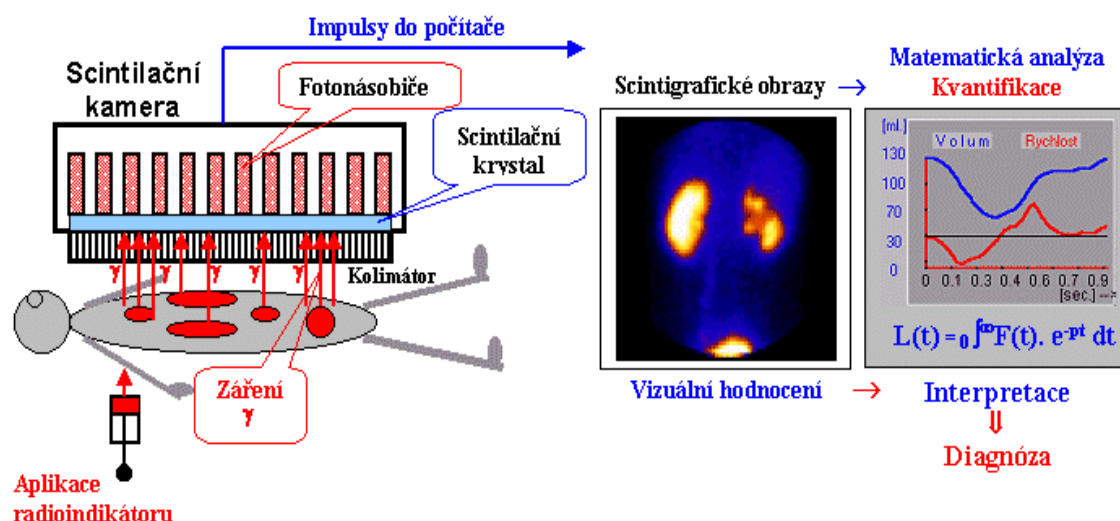
2.7.2 Scintigrafie

Scintigrafie je metoda využívající zobrazení tělních orgánů nebo systémů v lidském těle pomocí radiofarmak. Jedná se fyzikálně – elektronickou metodu zobrazení distribuce radioindikátoru v organismu na základě zevní detekce vycházejícího záření gama, které radioindikátor emituje.

Taktéž se používají scintigrafické metody založené na aplikaci jiného typu zářiče, např. pozitronová emisní tomografie, kde se ovšem ve výsledku detekuje opět záření gama. Orgány jsou zobrazovány scintilační kamerou, která vytváří scintigramový záznam.

Za pomoci scintigrafie se zobrazuje mozek, štítná žláza, srdce, plíce, játra, žlučník, slinivka břišní, slezina, ledviny a nadledviny, mízní uzliny, kosti i kostní dřeň. Radiofarmaka se vybírají na základě schopnosti daného orgánu absorbovat dávku radiofarmak, jež je nutná pro diagnostické zobrazení.

Dle experimentálního uspořádání a časového či prostorového způsobu zobrazení se rozlišují různé typy scintigrafie. Při použití metod scintigrafie je možné jako obraz přenést nejen dvojrozměrný nebo prostorový obraz vyšetřovaného orgánu, ale použitím dynamické scintigrafie lze též získat neocenitelné informace o funkční schopnosti takového orgánu.

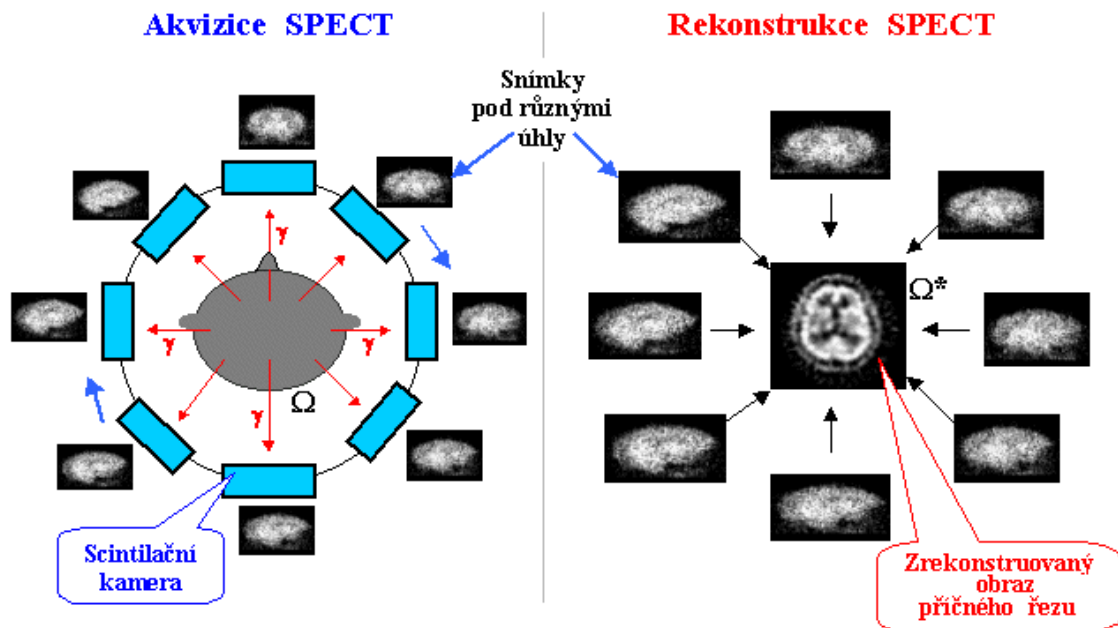


Obr. 17- schematické znázornění celého procesu scintigrafického vyšetření[13]

2.7.3 Počítačová tomografie

Každý živý organismus je objekt trojrozměrný a stejný charakter má tedy i distribuce radioindikátorů. Planární scintigrafický obraz, který je dvojrozměrnou projekcí skutečnosti, může proto zachycovat jen část reality. Pro odstranění těchto nevýhod planární scintigrafie a pro získání komplexního zobrazení struktur v různých hloubkách byla vyvinuta právě tomografická scintigrafie poskytující trojrozměrné zobrazení distribuce radioindikátoru. Tomografie znamená v překladu zobrazování v řezech, tedy strukturální zobrazování stavby bez fyzického narušení celku. Ze série plošných snímků snímaných pod různými úhly pak výkonné počítače sestaví trojrozměrný obraz vyšetřovaného objektu – tomografická rekonstrukce. Zařízení použité pro tomografii je možné formálně nazývat tomograf a výsledný obraz tomogram. Tato metoda je dnes široce používána a kromě lékařství ji hojně využívají i další

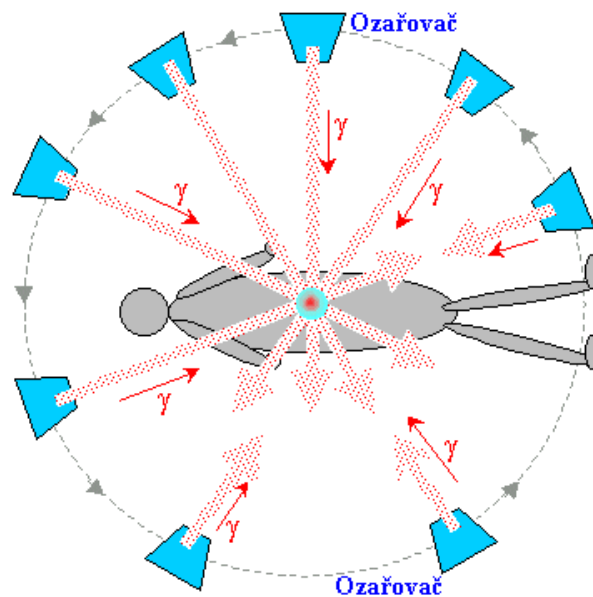
odvětví jako archeologie, biologie, geofyzika a mnohé další vědy. Existuje velká řada různých aplikací tomografie (počítačové tomografie - CT), např. rentgenová počítačová tomografie, ultrazvuková tomografie, seizmická tomografie. Nejčastější metodou tomografické scintigrafie je tzv. jednofotonová emisní počítačová tomografie SPECT.



Obr.18- Princip snímání scintigrafických vyšetřovacích objektů Ω pod různými úhly rotující kamerou SPECT a jejich počítačové rekonstrukce do výsledného obrazu Ω^* příčného řezu tímto objektem [13]

Léčení nádorových onemocnění se v současné době opírá o tři hlavní metody, a to chirurgie, chemoterapie a radioterapie. Jedná se o tři hlavní terapeutické postupy, které se často kombinují. Radioterapie nádorových onemocnění je založena na účincích ionizujícího záření na živou tkáň, kdy dostatečně vysoké dávky záření jsou schopny inaktivovat a usmrcovat nádorové buňky. Zhoubné nádory se ozařují zdroji umístěnými mimo tělo pacienta. Používá se buď několik nepohyblivých zdrojů, kdy paprsky z nich jsou soustředěny do místa nádoru, nebo jednoho zdroje pohybujícího se po kružnici, kdy ozařovaný nádor je ve středu této kružnice. Nádorové ložisko se ozařuje usměrněným svazkem záření z více směrů tak, aby průsečík svazků, tj. ohnisko čili, kde se dávky sčítají, bylo lokalizováno do místa tumoru. Nádorová

tkáň, která je ve stavu intenzivního buněčného dělení, izocentrum je zpravidla citlivější k záření než tkáň zdravá. Používá se frakcionované ozařování, kdy se celková dávka rozdělí do většího počtu menších denních dávek aplikovaných po dobu 3 až 5 týdnů. Kumulativní biologický účinek na nádorovou tkáň je pak zpravidla vyšší než na zdravou tkáň, která má větší regenerační schopnost.



Obr.19 - Pohybová izocentrická radioterapie kolimovaným svazkem záření gama[13]

2.7.4 Radiochirurgie

Radiochirurgie pomocí tzv. gama nože představuje jednorázové ozáření malého chorobného ložiska ze zevních zdrojů. Používá se například k operacím mozku.

Známý je Leksellův gama nůž, který má v ozařovací hlavici zabudováno 201 zářičů gama γ , jejichž paprsky jsou soustředěny do operovaného místa.

2.7.5 Radioaktivní koupele

Používání radioaktivních koupelí – balneologie - má dlouhou tradici v lázních, kde vyvěrají prameny radioaktivních vod, např. Jáchymov a řada lázní v jiných zemích. Léčebné kúry zmírňují příznaky různých onemocnění

pohybového ústrojí a mají příznivý vliv na různé metabolické a fyziologické procesy. Léčebné účinky jsou přisuzovány vlivu malých dávek záření z dceřiných produktů radonu na aktivaci genů, imunitní mechanismy a jiné děje.

2.7.6 Radiační sterilizace

Radiační sterilizací se ozařováním ničí mikroorganismy v různých výrobcích pro zdravotnictví, jako jsou obvazy, chirurgické potřeby, injekční stříkačky a jehly, umělé srdeční chlopně apod. Ionizující záření ničí choroboplodné zárodky bez nutnosti zahřívání materiálu na vysokou teplotu. Takto se dá získat i sterilní strava při omezené funkci imunitního systému pacienta.[1,2,3]

V následujících kapitolách této práce bude popsána Klinika nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Ostravě.

2.8 Klinika nukleární medicíny

Klinika nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici Ostrava je svým vybavením, počtem pracovníků a provedenými výkony největším pracovištěm svého druhu v ČR.

Klinika nukleární medicíny je moderně technicky vybavená a nabízí širokou škálu vyšetřovacích a terapeutických metod.

Klinika je komplexním pracovištěm poskytující svým pacientům ambulantní péči, vlastní lůžka k hospitalizaci, samozřejmostí jsou rovněž kvalitně vybavená specializovaná pracoviště.

2.8.1 Ambulantní část

Ambulantní část kliniky se zabývá především sledováním efektu nasazené onkologické léčby, stanovením diagnóz onkologických chorob, kardiovaskulárních chorob, chorob ledvin a mnohých dalších.

Dále v ambulantní části probíhají další vyšetření, např. vyšetření štítné žlázy, vyšetření uzlin, diagnostika plicních chorob, postižení žilního systému, vyšetření centrálního nervového systému, nefrologická vyšetření, vyšetření ke stanovení rozsahu onemocnění u onkologických pacientů nebo scintigrafie plic a skeletu. Výsledky těchto vyšetření jsou s úspěchem využívány v terapii, zejména u ischemické choroby srdeční.

Ambulance jsou vybaveny špičkovými přístroji pro zobrazování distribuce radioindikátoru v orgánech pacientů.

K ambulantnímu vyšetření je potřeba objednat pacienty vždy na lékařem stanovenou dobu, neboť je nutné pro toto vyšetření připravit potřebná radiofarmaka.

2.8.2 Lůžková část

Lůžková část je tvořena deseti pokoji, z tohoto počtu je jeden třílůžkový, devět pokojů je dvoulůžkových. Všechny pokoje mají své sociální zařízení, televizní, internetové a telefonické připojení.

Na lůžkovou část jsou přijímáni pacienti převážně z Moravy, ale také z Čech i ze zahraničí. Ročně je přijímáno okolo osmi set pacientů. K léčebným úkonům jsou pacienti předem objednávaní, neboť je nutné pro ně zajistit potřebná radiofarmaka. Po aplikaci radiofarmak musejí pacienti setrvat v izolaci jeden až dva dny na svých pokojích.

Nejčastěji léčenými pacienty jsou pacienti s diagnózami diferencované karcinomy štítné žlázy, onemocnění velkých, středních a malých kloubů, s aplikací radiofarmak do kloubních dutin, dále se zde provádí léčba metastáz u pacientů s rakovinou prostaty nebo rakovinou prsu.

2.8.3 Fyzikálně technický úsek

Specializované pracoviště kliniky nukleární medicíny zajišťuje široké spektrum činností v odvětvích výpočetních, fyzikálních a technických metod nukleární medicíny. Zabezpečuje a provádí údržbu i opravy přístrojového vybavení kliniky. K ochraně před ionizujícím zářením jsou pracovníky úseku zajišťována pravidelná radiohygienická měření.

Fyzikálně technický úsek řeší rovněž problematiku zavádění nových radionuklidových měřicích metod.

Pracovníci fyzikálně technického úseku vyvinuli mnohé počítačové systémy zpracovávající scintigrafické studie, jež se využívají na mnoha dalších pracovištích nukleární medicíny.

2.8.4 Úsek přípravy radiofarmak

Na úseku přípravy radiofarmak jsou připravována, kontrolována a evidována používaná radiofarmaka pro ambulantní a lůžkové části kliniky nukleární medicíny.

Radiofarmaka jsou určena k parenterální a perorální aplikaci k terapeutickým či diagnostickým účelům.

Veškerá příprava probíhá za přísných aseptických, sterilních a radiohygienických podmínek v prostorách vysoké čistoty.[14]

2.9 Legislativa

Legislativní rámec problematiky ionizujícího záření je vymezen zákonem č. 263/2016 Sb., o mírovém využívání atomové energie a ionizujícího záření. Dalšími důležitými dokumenty v této oblasti jsou vyhlášky SÚJB. Pro problematiku řešenou v této práci jsou důležité vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. HZS ČR vydal k řešení problematiky ionizujícího záření Sbíрку interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR, částka 30/2006 – Řád chemické služby, Pokyn generálního ředitele HZS ČR a náměstka ministra vnitra č. 40/2001 – Bojový řád jednotek požární ochrany.

2.9.1 Zákony a vyhlášky

- zákon č. 263/2016 Sb., o mírovém využívání atomové energie a ionizujícího záření – atomový zákon, vymezuje způsoby využití jaderné energie a ionizujícího záření, podmínky pro činnost, která souvisí s využitím jaderné energie a ionizujícího záření. Ochrana osob a životního prostředí před nežádoucími účinky ionizujícího záření, povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření a ozáření v důsledku radiačních nehod, požadavky k zajištění občanskoprávní odpovědnosti za škody v případě jaderných nehod, podmínky pro zajištění bezpečného nakládání s radioaktivními odpady, výkon státní správy a dozoru při využívání jaderné energie. Zákon také charakterizuje působnost SÚJB;[15]
- vyhláška SÚJB č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, vymezuje opatření k zajištění radiační ochrany na pracovištích, na kterých je vykonávána radiační činnost. Vyhláška rovněž stanovuje organizační a technické podmínky bezpečného

provozu na pracovištích se zdroji ionizačního záření. V neposlední řadě je nutno připomenout, že vyhláškou o radiační ochraně jsou stanoveny parametry, veličiny a skutečnosti spjaté s radiační ochranou a stanovuje jejich ověřování, měření a způsob předávání SÚJB;[11]

2.9.2 Řád chemické služby

Uvádí základní údaje, které se vztahují k nebezpečí ionizujícího záření, zdrojích ionizujícího záření, a také se zmiňuje o dezaktivaci těchto zdrojů. Řád chemické služby rovněž určuje úkoly pro zasahující jednotky požární ochrany při zásahu na zdroj ionizujícího záření, jsou zde také uvedeny limity ozáření pro civilní obyvatelstvo a limity ozáření pro zasahující hasiče.[16]

2.9.3 Bojový řád jednotek požární ochrany

- metodický list N 4 – nebezpečí ionizujícího záření, stručně charakterizuje problematiku ionizujícího záření, rozděluje druhy a nebezpečí ionizujícího záření. Popisuje nemoc z ozáření a její průběh, zmiňuje se o biologických účincích ionizujícího záření na lidský organismus. Metodický list udává místa předpokládaného výskytu zdrojů ionizujícího záření, zásady ochrany před ionizujícím zářením, limity ozáření obyvatelstva a zasahujících hasičů, zásady radiační ochrany. Součástí metodického listu je vymezení bezpečnostní a nebezpečné zóny pro zasahující jednotky;
- metodický list Ř 7 – organizace místa zásahu charakterizuje prostory, zóny a stanoviště, které jsou zřizovány na místě zásahu. Organizace místa zásahu je úkolem velitele zásahu, který sleduje vývoj situace na místě zásahu, v případě změny podmínek zásahu organizuje změny na místě zásahu, aby odpovídaly potřebám a nové situaci na místě zásahu;

- metodický list Ř 10 – uzavření místa zásahu, popisuje důvody pro uzavření místa zásahu, vymezuje vnější zónu a nařizuje vyloučení všech nepovolaných osob z tohoto prostoru. Příkaz k uzavření místa vydává velitel zásahu, který k tomuto využívá Policii ČR, obecní policii nebo pracovníky bezpečnostních agentur.[17]

3 CÍL PRÁCE

Cílem mé diplomové práce je zhodnocení stávajícího evakuačního plánu Kliniky nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Ostravě, a to z hlediska provedení při vzniku mimořádné události s únikem radioaktivních látek.

Cílem je popis jednotlivých částí evakuačního plánu, jejich rozbor a analýza myšlenky jednotlivých úkonů při jeho realizaci.

Dále pak je cílem návrh efektivnějšího řešení, jakým způsobem může být toto uvedeno do praxe. Jelikož z hlediska mé funkce velitele družstva Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje je mým úkolem vést jednotku při jakékoli nastalé mimořádné události, musí být tento plán funkční nejen ve své teoretické úvaze, ale hlavně musí být aplikovatelný v praxi.

Z těchto důvodů je třeba v pravidelných intervalech provádět odbornou přípravu jednotky a následně taktická cvičení, která prověří veškeré dokumentace jakéhokoli zařízení v praxi.

4 METODIKA

4.1 Taktika zásahu jednotek požární ochrany

Taktika zásahu na mimořádné události s výskytem radioaktivních látek, jak otevřených zdrojů ionizujícího záření, tak uzavřených zdrojů ionizujícího záření, se řídí metodickým listem N4 Bojového řádu. Jednotky, veličiny, dávky a rozpis druhů mimořádné události s výskytem ionizujícího záření jsou popsány v Řádu chemické služby. V následujících kapitolách je postupně popsána celá taktika zásahu na tento typ události.

4.2 Typy zasahujících jednotek požární ochrany

Nasazení zasahujících jednotek požární ochrany pro zásah u mimořádné události s výskytem radioaktivní látky definuje Řád chemické služby HZS ČR.

Tento dokument rozděluje jednotky požární ochrany dle jejich kompetencí, schopností, vybavení technickými a věcnými prostředky pro zásah s výskytem radioaktivní látky na tři skupiny. Jednotka požární ochrany základní, střední a opěrná.

4.2.1 Základní jednotka požární ochrany

Zásahový požární automobil základní jednotky požární ochrany je vybaven zásahovým dozimetrem, minimálně jedním osobním dozimetrem a rovněž zásahovým radiometrem s funkcí měření záření beta.

Základní jednotka je schopna po provedeném průzkumu rozpoznat radiační událost, vytýčit bezpečnostní zónu pro záření gama, detekovat dávkový příkon a určit dobu pobytu v bezpečnostní zóně v průběhu zásahu. V případě zjištění radiační události je povinna neprodleně informovat prostřednictvím Krajského operačního a informačního střediska styčné místo SÚJB a vyžádat si na místo

události jednotky vyššího typu, do jejich příjezdu stabilizuje průběh mimořádné události.

4.2.2 Střední jednotka požární ochrany

Zásahový požární automobil střední jednotky požární ochrany je vybaven zásahovým dozimetrem, minimálně třemi osobními dozimetry a třemi zásahovými radiometry s funkcí měření záření beta.

Střední jednotka vyhodnocuje hlášení o situaci na místě mimořádné události získané od základní jednotky. Provádí radiační průzkum, vytyčuje nebezpečnou zónu pro záření gama, posuzuje rozsah a kvalitu provedených opatření. Provádí zásah u lokální radiační události v rámci svého předurčení. U radiačních událostí většího rozsahu stabilizuje průběh mimořádné události do příjezdu jednotky vyššího typu. Jednotka disponuje prostředky pro úplnou dekontaminaci zasahujících hasičů, technických prostředků a ochranných prostředků.

4.2.3 Opěrná jednotka požární ochrany

Zásahový požární automobil opěrné jednotky požární ochrany je vybaven zásahovým dozimetrem, deseti osobními dozimetry, pěti zásahovými radiometry s funkcí měření záření beta a jedním zásahovým radiometrem s funkcí měření záření alfa.

Opěrná jednotka vytyčuje nebezpečnou zónu, vyhledává a lokalizuje zdroje ionizujícího záření. Provádí dozimetrickou kontrolu zasahujících jednotek požární ochrany a osob, které jsou na místě mimořádné události. Po provedení průzkumu rozhoduje o vybavení zasahujících jednotek v nebezpečné a bezpečnostní zóně, disponuje prostředky pro dezaktivaci zasahujících jednotek a pro hromadnou dezaktivaci osob, které opustily nebezpečnou zónu. Opěrná jednotka úzce spolupracuje s výjezdovou skupinou chemické laboratoře HZS ČR, jež napomáhá jednotce s dozimetrickými kontrolami a kontrolami účinnosti

dezaktivace zasahujících jednotek a osob zasažených mimořádnou událostí.[16]

4.3 Technické prostředky pro detekci ionizujícího záření

Zasahující jednotky detekují ionizující záření pro ochranu obyvatelstva, zasahujících jednotek a pro potřebu zásahu.

Jednotky HZS ČR jsou pro tyto zásahy vybaveny speciálními technickými prostředky k detekci a měření ionizujícího záření.

4.3.1 Osobní dozimetr SOR/R – 20 verze DMC

Osobní dozimetry jsou upravené pro potřeby HZS ČR. Zaznamenávají obdržené dávky zasahujících hasičů, kteří se pohybují v dosahu ionizujícího záření. Přístroj je nastaven na mezní alarmové hodnoty 1mSv a 50mSv.

Osobní dozimetr se nosí pod zásahovým oděvem na bezpečnostní tkanici ve výšce prsou.

Technicko-taktická data:

Výrobce:.....MGP Instruments

Hmotnost přístroje:..... 55 g (včetně akumulátorů)

Rozměry (d×š×v):..... 80,5×48×9 mm

Detektor:.....detektor křemíková dioda pro záření gama

Rozsah měření:..... ekvivalentní dávka od 1μSv do 10 Sv

Rozsah provozních teplot:..... -20 °C až 50 °C

Napájení:.....3V LiMnO₂ Renata nebo Toshiba



Obr.20 - Osobní dozimetr SOR/R-20 verze DMC[vlastní]

4.3.2 Zásahový dozimetr ULTRA-RAD 115

Zásahový dozimetr indikuje zdroje záření gama, měří příkon dávkového ekvivalentu ke stanovení doby pobytu zasahujících jednotek, umožňuje vytýčení zón záření gama a je také dozimetrem s možností odečtení dávkového ekvivalentu.

Technicko-taktická data:

Výrobce:.....Canberra Packard

Hmotnost přístroje:.....0,47 kg (bez akumulátorů)

Hmotnost sondy:.....0,89 kg

Rozměry (d×š×v):.....40×76×42 mm

Detektor:.....SBT.10

Rozsah měření:ekvivalentní dávka od 0,01 μ Sv do 5 Sv

Rozsah provozních teplot:.....-10 °C až 50 °C

Napájení:.....1,5 V 1x monočlánek AA

Délka kabelu:.....3,6 m

Alternativní příslušenství:..... kolimační clona, kontrolní zářič



Obr.21 - Zásahová dozimetr Ultra-Rád 115[vlastní]

4.3.3 Zásahový radiometr DC-3H-08 model K0733-01

Indikuje radiační situaci, kontroluje vzorky a povrchy kontaminované radioaktivitou. Detekční jednotka umožňuje měřit ionizující záření typu beta a gama. Dále je zásahovým radiometrem možné měřit příkon prostorového dávkového ekvivalentu plošnou aktivitu, dávku a dovolenou dobu pobytu zasahujících jednotek v místě zdroje ionizujícího záření.

Technicko-taktická data:

Výrobce:..... VF a.s. Černá Hora

Hmotnost přístroje:..... 1,77 kg (bez akumulátorů)

Hmotnost sondy:..... 0,65 kg

Rozměry (d×š×v):..... 40×76×42 mm

Detektor:..... SBT.10

.....ZP-1302

Rozsah měření:příkonu prostorového dávkového ekvivalentu
100 $\mu\text{Sv/h}$ až 1 Sv/h

.....plošné aktivity od 0,3 Bq/cm² do 30 kBq/cm²

Rozsah provozních teplot:.....-25 °C až +55 °C

Napájení:.....akumulátor NiMH4000mAh

Alternativní příslušenství:.....servisní software pro nastavování přístroje
.....software pro dálkové čtení dat z přístroje
.....nabíječka



Obr.22 - Zásahový radiometr DC-3H-08 model K0733-01[vlastní]

4.3.4 Zásahový radiometr DC-3E-98

Elektronický přístroj, který se skládá z vyhodnocovací jednotky a sondy. Indikuje dávkový příkon záření gama, měří beta záření, plošnou aktivitu kontaminovaného povrchu radioaktivními látkami a aktivitu sypkých a tekutých materiálů.

Technicko-taktická data:

Hmotnost přístroje:.....0,47 kg (bez akumulátorů)

Hmotnost sondy:.....0,89 kg

Rozměry (d×š×v):.....40×76×42 mm

Detektor:.....SBT.10

Rozsah měření:dávkového příkonu gama záření od 0 $\mu\text{Gy/h}$ do 10
mGy/h

Rozsah pracovních teplot:..10 °C až 50 °C

Napájení:.....1,5 V 1x monočlánek AA

Délka kabelu:.....3,6 m

Alternativní příslušenství:.. kolimační clona, kontrolní zářič



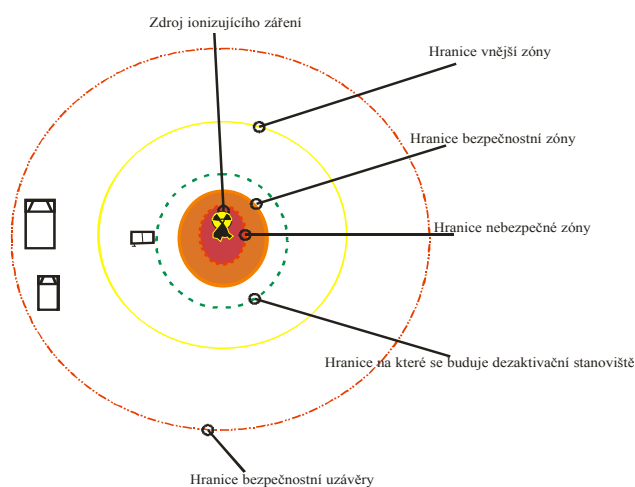
Obr.23 - Zásahový radiometr DC-3E-98[vlastní]

4.4 Vymezení zón v místě mimořádné události

Vymezení zón v místě mimořádné události je řešeno Řádem chemické služby HZS ČR a Bojovým řádem jednotek požární ochrany. V místě zásahu s výskytem nebezpečné látky je vytyčena nebezpečná zóna a vnější zóna. Jestliže se jedná o událost se zdrojem ionizujícího záření, vytyčuje se navíc bezpečnostní zóna.

Nebezpečná zóna na místě zásahu s výskytem nebezpečných látek musí být vymezena okamžitě po získání dostupných informací. Hranice této zóny je vytyčena páskami, kužely, hadicemi, lany, nebo výstražnými tabulkami a značkami. Vstup do nebezpečné zóny a výstup z ní musí být viditelně označen. Při zásahu na zdroj ionizujícího záření je vytyčena vnější zóna minimálně 50 m od zdroje ionizujícího záření, kde naměřené hodnoty dávkového příkonu jsou menší než $0,5 \mu\text{Gy/h}$. Bezpečnostní zóna je vytyčena na hodnotách dávkového příkonu $10 \mu\text{Gy/h}$ a kontaminace plošné aktivity na úrovni 10 Bq/cm^2 . Nebezpečná zóna je vytyčena na hodnotách dávkového příkonu 1mGy/h a kontaminace plošné aktivity na úrovni 1000 Bq/cm^2 .

Dekontaminační pracoviště je zřizováno na úrovni dávkového příkonu $1\mu\text{Gy/h}$ nebo v úrovni plošné aktivity 1Bq/cm^2 . [16,17]



Obr.24 - Vymezení zón v místě mimořádné události [16]

4.4.1 Dekontaminace

Dekontaminace radioaktivních látek se nazývá dezaktivace. Radioaktivní látky není možné ze zasaženého prostoru zcela vymýtit, je možné je pouze částečně z exponovaného místa při dezaktivaci odstranit.

Dezaktivací se rozumí soubor postupů, metod a prostředků, jejichž pomocí je možno minimalizovat riziko ozáření osob, zamezit šíření radioaktivní látky a zabránit druhotné vnitřní kontaminaci. I přes důkladnou dezaktivaci není možné úplné odstranění radioaktivní látky, proto je podstatné, aby byly hodnoty kontaminace sníženy na přijatelnou úroveň. Dezaktivace na místě mimořádné události je prováděna na základě rozhodnutí velitele zásahu.

Dezaktivace je prováděna u zasahujících jednotek, osob zasažených mimořádnou událostí, techniky a věcných prostředků, které byly na místě mimořádné události a samotné místo mimořádné události. K dezaktivaci na místě mimořádné události jsou zřizovány dezaktivací pracoviště.

4.4.2 Dezaktivace zasahujících jednotek

Dezaktivace zasahujících jednotek se zahajuje kontrolním měřením kontaminace. Pokud jednotky zasahují v protichemických oděvech, provede se prvotní dezaktivace stíráním, poté je provedeno měření kontaminace. Je-li hodnota měření vyšší než hodnota $3\text{Bq}/\text{cm}^2$, použije se při dezaktivaci detergentu, který se nanáší na protichemický oděv nejčastěji smetáčkem, poté následuje vstup do dekontaminační sprchy a opláchnutí detergentu. Následně přichází na řadu další dozimetrická kontrola. V případě, že naměřená hodnota kontaminace je opětovně vyšší než $3\text{Bq}/\text{cm}^2$, je nutné opakovat dezaktivaci s nanesením detergentu a následným oplachováním až do doby, kdy dozimetrické měření prokáže hodnotu nižší než $3\text{Bq}/\text{cm}^2$. Poté je možno za pomoci obsluhy dekontaminačního stanoviště svléknout protichemický oděv, jako poslední jsou vždy svlékány rukavice. Po odložení protichemického oděvu

je provedena dozimetrická kontrola spodního oděvu a obsluha rozhodne o opětovném vystrojení. Je-li však u spodního oděvu detekována hodnota vyšší než 3 Bq/cm^2 , je zcela nezbytné, aby se zasahující hasič vysvlékl a podrobil se dezaktivaci celého povrchu těla. Pokud i po opakovaných pokusech byla naměřena hodnota vyšší než 3 Bq/cm^2 , existuje podezření na vnitřní kontaminaci, proto je nutné odborné lékařské vyšetření. Při zásahu u mimořádné události, kdy došlo k rozptýlení radioaktivní látky, musí odborné lékařské vyšetření absolvovat všichni zasahující i osoby přítomné při této mimořádné události.

4.4.3 Dezaktivace osob

Dezaktivace osob je prováděna za účelem minimalizování absorbované dávky, proto je nutné, aby byla provedena v nejkratším možném čase. Obsluha dekontaminačního stanoviště musí postupovat tak, aby nedošlo k poškození pokožky a následnému zanesení radioaktivní látky do hlubších vrstev. Osoby, u nichž je prováděna dezaktivace, se svléknou do spodního prádla a provede se u nich dozimetrická kontrola. V případě zjištění naměřené hodnoty vyšší než 3 Bq/cm^2 je potřeba, aby osoby svlékly i spodní prádlo. Veškeré ošacení je uloženo do označených uzavíratelných nádob. Následuje vysmrkání do čistého kapesníku a provedení dozimetrické kontroly vnitřní kontaminace proměřením kapesníku, dále je provedeno umytí uší, výplach očí, úst a nosu. Poté se zahájí samotná dezaktivace, kdy jsou osoby omývány vhodným dezaktivacím činidlem. Jestliže je osoba zraněná nebo není schopna tyto úkony provést sama, vykoná toto obsluha dekontaminačního stanoviště. Pokud hodnota následné dozimetrické kontroly nepřekročí hodnotu 3 Bq/cm^2 , jsou osoby oblečeny do náhradního oděvu a absolvují speciální lékařskou prohlídku. Nepodaří-li se snížit naměřenou hodnotu pod 3 Bq/cm^2 , musí být místa s vyššími dekontaminacemi ošetřena krémem a přelepena náplastí. Je nutný bezpodmínečný transport do specializovaného zdravotnického zařízení.

4.4.4 Dezaktivace věcných prostředků a techniky

Dezaktivace věcných prostředků a techniky musí být provedena za předpokladu, že dozimetrickou kontrolou těchto prostředků byla zjištěna hodnota vyšší než 10 Bq/cm². Hodnota 10 Bq/cm² je stanovena radiačními pracovníky Institutu ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč.

Pokud je po provedené dezaktivaci hodnota kontaminace vyšší než 10 Bq/cm² u použitých protichemických, zásahových oděvů, jsou tyto oděvy zlikvidovány. Jestliže došlo ke kontaminaci zásahových automobilů, jsou k jejich dezaktivaci předurčeny záchranné útvary HZS ČR.

Při nezdařené dezaktivaci věcných prostředků a techniky existuje možnost zabavení těchto prostředků SÚJB bez náhrady pro HZS ČR.

4.4.5 Dezaktivace místa mimořádné události

Dezaktivaci místa mimořádné události malého rozsahu provedou zasahující jednotky dostupnými dezaktivacími roztoky.

Dezaktivaci místa mimořádné události vyššího rozsahu a míst v obydlené zástavbě provedou záchranné útvary HZS ČR ve spolupráci se záchrannými útvary Armády ČR.

Jmenované útvary jsou pro tyto události speciálně školeny a vybaveny zásahovými automobily pro dekontaminaci terénu, komunikaci, zpevněných ploch. Tato vozidla jsou schopna dezaktivovat plochu cca 1 ha.[16,17,18,19]

4.5 Taktické cvičení k prověření evakuačního plánu

Prověření evakuačního plánu bylo provedeno namodelovaným taktickým cvičením, jehož námětem byl požár na Klinice nukleární medicíny Fakultní nemocnice Ostrava. V reálné situaci budou na klinice zasahovat jednotky HZS MSK ze stanic dislokovaných v Ostravě. Pro cvičení byl namodelován případ zásahu jednotky HZS MSK územní odbor Frýdek-Místek. Prostředí Kliniky nukleární medicíny bylo namodelováno ve Školním a výcvikovém zařízení Hasičského záchranného sboru ČR, středisko Frýdek-Místek (dále jen ŠVZ HZS ČR). Pacienty se po dobu cvičení stali posluchači kurzu „nováčků“. Pro autenticitu zásahu v prostředí, ve kterém se nachází ionizující záření, byl v budově umístěn skutečný uzavřený zářič. Přístroje zasahujících jednotky PO tuto skutečnost zaznamenaly a velitel zásahu měl volné pole působnosti, jak s velením u zásahu naloží.

Taktické cvičení - požár na Klinice nukleární medicíny s výskytem zdroje ionizujícího záření a zároveň prověření evakuačního plánu Kliniky nukleární medicíny Fakultní nemocnice Ostrava.

Místem provedení taktického cvičení - areál ŠVZ HZS ČR ve FM, který zvolila vedoucí diplomové práce Ing. Petra Kadlec Linhartová, z důvodu dostupnosti pro jednotku HZS MSK FM. Dalším důvodem bylo, že toto cvičení nebylo možné uskutečnit přímo na Klinice nukleární medicíny. Areál ŠVZ je rozsáhlý, proto nebylo problémem namodelovat situaci podobně, jako při reálném zásahu.

Cíl cvičení - prověření taktického postupu zásahu jednotky PO při požáru a při nebezpečí ionizujícího záření spojené s otevřenými a uzavřenými zdroji záření a spolupráce s dalšími složkami a orgány.

Téma cvičení – lokalizace a likvidace požáru na Klinice nukleární medicíny, zabránění šíření mimořádné události, prověření zda nedošlo k ozáření a kontaminaci osob nebo úniku radionuklidů do životního prostředí, získání kontroly nad zdrojem záření a prověření funkčnosti evakuačního plánu kliniky.

Námět cvičení - na klinice nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici Ostrava dojde k požáru v místnosti se zdrojem ionizujícího záření. Mimořádná událost je pracovníky kliniky ohlášená na krajské operační a informační středisko. Na místo je ihned vyslána jednotka HZS MSK Frýdek-Místek, KOPIS informuje státní úřad pro jadernou bezpečnost o vzniklé situaci. Rovněž je vyrozuměn příslušník chemické laboratoře HZS MSK Frenštát pod Radhoštěm. Po příjezdu na místo události je proveden průzkum, spolu s měřením radiace situace. Průzkumem je zjištěno, že v budově kliniky došlo k požáru v místnosti se zdrojem ionizujícího záření, rovněž jsou na zemi rozbité zkumavky s radiofarmaky v kapalném formě. Podlaží, ve kterém se požár nachází je silně zakouřeno, celý zásah proto probíhá v dýchací technice. Před příjezdem jednotek PO je prováděna evakuace pracovníky Kliniky nukleární medicíny. Podlaží s výskytem požáru a zdroje ionizujícího záření nebylo možné evakuovat zdravotnickým personálem kliniky. Toto provedou zasahující jednotky, v tomto případě se nebude jednat o evakuaci, ale záchranu pacientů. Velitel zásahu rozhodne o použití dýchací techniky, dále se provede rozvinutí hadic potřebných k lokalizaci a likvidaci požáru. Zároveň je prováděn průzkum a měření dávkového příkonu. Po lokalizaci a likvidaci požáru je provedeno odvětrání zakouřených prostor a následné vytýčení bezpečnostní zóny v úrovni 10 $\mu\text{Gy/h}$ nebo v úrovni 10 Bq/cm^2 . Průzkumem je zjištěn zdroj ionizujícího záření, radioaktivní kapalina již dávno není na místě události, vlivem tepla došlo k jejímu odpaření. Velitel zásahu rozhodne o nasazení dalších sil a prostředku k zajištění poškozeného zářiče. Velitel zásahu rozhodne, že další postup bude probíhat s ochranou dýchacích cest, ale bez ochranných

protichemických oděvů. Po provedení likvidace poškozeného zářiče předá velitel zásahu místo události pracovníkovi SÚJB. Pokud dávkový příkon přesáhne hodnotu 1 mGy/h musí být vytýčená hranice nebezpečné zóny a vstup do nebezpečné zóny se stanoví s ohledem na podmínky zásahu při dodržení maximální délky pobytu s ohledem na přípustné dávky. V průběhu zásahu jednotek PO probíhá souběžná evakuace prostor Kliniky nukleární medicíny, která není zasažena požárem, ani zplodinami hoření. Celý proces je sledován vedoucím cvičení a přítomným pracovníkem Kliniky nukleární medicíny, který zaznamenává časy jednotlivých kroků evakuace. Po ukončení zásahu bude jednotka, pacienti a zaměstnanci kliniky dezaktivováni a následně proběhne kontrola kontaminace.

Prakticky začalo cvičením oznámení na KOPIS HZS MSK, které provedl vedoucí cvičení. Po ohlášení události vyslalo KOPIS na místo události jednotku HZS MSK, ze stanice ve Frýdku-Místku s touto technikou:

CAS 20 T815 1. vůz obsazený družstvem o zmenšeném početním stavu 1+3

CAS 20 T815 II. výjezd obsazený družstvem o zmenšeném početním stavu 1+3

PPLA MB Sprinter obsazený skupinou hasičů 1+1

CHA/TA MB Sprinter obsazený skupinou hasičů 1+1

Při příjezdu na místo události bylo zjištěno, že se jedná o taktické cvičení, jehož tématem je požár na Klinice nukleární medicíny s přítomností zdroje ionizujícího záření a prověřením evakuačního pánu Kliniky nukleární medicíny. Velitel zásahu rozhodl o ustavení požární techniky a následně rozhodl o návratu PPLA MB Sprinter na základnu a povolal na místo výškovou techniku, neboť požárem bylo zasaženo druhé nadzemní podlaží, které bylo silně

zakouřeno. Výškové techniky může být s výhodou využito, jak k lokalizaci a likvidaci požáru, tak rovněž k evakuaci a záchraně osob z kliniky. Po příjezdu výškové techniky na místo události a jejím ustavení bylo pomocí ní provedeno natažení útočného vedení do požárem zasaženého druhého nadzemního podlaží. Před příjezdem jednotek probíhala na místě události evakuace pacientů z ostatních částí kliniky, kde nedošlo k požáru, ani k zakouření prostor. Dle evakuačního plánu byl vedoucí evakuace v budově kliniky a nebylo možno jej kontaktovat velitelem zásahu. Velitel zásahu neměl rovněž přehled o počtech evakuovaných pacientů, ani o počtech pacientů, které není možno evakuovat. Na místo události se dostavil pracovník ostrahy, který veliteli zásahu oznámil, že vedoucím evakuace je zřejmě službu konající lékař Kliniky nukleární medicíny. Přednosta kliniky momentálně působí pracovně mimo kliniku. Pracovník ostrahy neměl žádný telefonní kontakt na službu konajícího lékaře. Před budovou již byli pacienti, kteří provedli samovolnou evakuaci před příjezdem jednotek PO. Velitel zásahu na místo události prostřednictvím KOPIS povolal Městskou policii a Policii ČR. Do doby jejich příjezdu vyčlenil jednoho příslušníka, který prováděl evidenci osob, které se samovolně evakovaly. Toto opatření se ukázalo neúčinným, neboť někteří pacienti měli snahu odcházet anebo byli intoxikováni zplodinami hoření a potřebovali nutně ošetřit. Velitel zásahu vyčlenil dalšího příslušníka, který prováděl předlékařskou pomoc. Velitel zásahu na místo prostřednictvím KOPIS povolal rovněž zdravotnickou záchrannou službu. Zasahující hasiči se dostali přes schodiště do podlaží zasaženého požárem. V této době dochází k signalizaci měřících přístrojů, které mají zasahující jednotky PO standardně u sebe, při monitorování radiační situace. Přístroje vykazují výskyt ionizujícího záření. Skutečnost okamžitě nahlášena veliteli zásahu, který tuto skutečnost oznámí na KOPIS HZS MSK. Velitel zásahu požaduje posilové jednotky na místo události. Rovněž žádá KOPIS HZS MSK, aby informoval službu konajícího příslušníka chemické laboratoře ve Frenštátě pod Radhoštěm,

informoval SÚJB, orgány životního prostředí a v neposlední řadě řídicího důstojníka HZS MSK. Před budovou kliniky se začínají objevovat pacienti, kteří byli evakuováni za pomoci zdravotnického personálu kliniky. Velitel zásahu vyčlenil několik pracovníků pro provádění ošetření pacientů, kteří byli evakuováni nebo zachráněni. Zároveň požaduje po pracovníkovi ostrahy, aby se na místo dostavili představitelé nemocnice a osoby kompetentní pro vypnutí energetických i medicínálních rozvodů. Požár ve druhém nadzemním podlaží kliniky se podaří lokalizovat pomocí dvou C proudů. Nyní je nasazena přetlaková ventilace a je prováděno postupné odvětrávání kouřem zasažených prostor. Vzhledem k přítomnosti zdroje ionizujícího záření jsou i následné práce prováděny s ochranou dýchacích cest. Na místo události je povolán zpět PPLA MB Sprinter se zásobou náhradních vzduchových láhví. Na stanici ve Frýdku-Místku, už ovšem není lidská kapacita, která by mohla s PPLA vyjet na místo události. Řídicí důstojník, proto rozhoduje o povolání příslušníků z mezistěnového volna. Po jejich příjezdu je na místo události vyslán PPLA. Na místě události vedení nemocnice, pracovník SÚJB, příslušník chemické laboratoře, pracovník odboru životního prostředí a řídicí důstojník. Společně s velitelem zásahu řeší další strategii zásahu. Je rozhodnuto, že bude vyhledán zdroj ionizujícího záření, bude vyznačena bezpečnostní zóna. Rovněž bude zpřístupněné místo se zajištěným zdrojem ionizujícího záření pro zásah příslušníka z chemické laboratoře a pro pracovníka SÚJB. Dalším krokem provádění zásahu byla potřeba zřízení místa pro dezaktivaci zasahujících hasičů, evakuovaných nebo zachráněných pacientů a samozřejmě i zdravotnického personálu, který prováděl evakuaci pacientů z Kliniky nukleární medicíny. Velitel zásahu vymezil místo pro zřízení dekontaminačního pracoviště. Následně byla provedena dezaktivace pacientů, zdravotnického personálu a zasahujících hasičů. Po těchto provedených opatřeních bylo cvičení ukončeno.

Provedením cvičení se projevily nedostatky v rámci cvičení. Prvním a nejdůležitějším zjištěním je, že dvě požární družstva vyčleněná pro likvidaci této mimořádné události jsou nedostatečná. Je potřeba vyčlenit mnohem více sil a prostředků k likvidaci této mimořádné události. Na místo události je nutné vyslat minimálně ještě jednu profesionální jednotku, alespoň o dvou družstvech hasičů. Samozřejmostí je také podpora jednotkami sboru dobrovolných hasičů. Při zjištění výskytu zdroje ionizujícího záření je na rozhodnutí velitele zásahu, jakým směrem povede další zásah. Bez podpory KOPIS, řídicího důstojníka a samozřejmě pracovníků Kliniky nukleární medicíny je nemožné zvládnout tento náročný zásah bez chyb. Zásah je nutné rozdělit na několik úseků a dát velící pravomoc velitelům úseků, kteří následně informují velitele zásahu. Na zvážení je, zda zřídit štáb velitele zásahu. V případě velkého požáru ještě doplněného o zjištění přítomnosti zdroje ionizujícího záření je štáb velitele zásahu nezbytné. Dalším aspektem, který hovoří pro zřízení štábu velitele zásahu, je zájem médií, které zřejmě nastane při této události. Cvičení bylo nasimulováno pouze pro jednotku HZS MSK stanice Frýdek-Místek. Pro reálný zásah by KOPIS určitě vyhlásil minimálně 2. stupeň požárního poplachu. Tímto by se počet jednotek vyslaných k likvidaci mimořádné události dosáhl počtu asi deseti jednotek PO. Zřejmě by mezi nimi byla ještě minimálně jedna profesionální jednotka. Celý zásah je veden za použití dýchací techniky. Podmínkou proto je, aby na místo byl vyslán automobil s rezervními lahvemi se stlačeným vzduchem.

Cvičením byly zjištěny nedostatky evakuačního plánu Kliniky nukleární medicíny. Tyto nedostatky budou řešeny v další kapitole tohoto bloku.

4.6 Prověření stávajícího evakuačního plánu

4.6.1 Místo, ze kterého bude evakuace řízená a zaměstnanec, který bude evakuaci řídit

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Evakuace bude řízená z podlaží, kde k požáru došlo. V případě, že bude toto místo ohroženo velkým vývinem kouře, vedoucí evakuace rozhodne, podle situace, o změně místa řízení.

• Návrh řešení:

Zaměstnanec, který je určen k evakuaci by se měl neprodleně vybavit prostředky pro spojení, informovat všechny osoby dotčené událostí. Poté se přesunout na vhodné místo mimo budovu, odkud bude řídit evakuaci a poté bude moci předat místo události veliteli zásahu HZS MSK a neprodleně ho informovat o opatřeních, která byla provedena před příjezdem jednotek PO a o počtu evakuovaných osob před příjezdem jednotek PO.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Evakuaci v pracovní době řídí přednosta, nebo vedoucí zdravotnický pracovník nelékařského oboru, v jejich nepřítomnosti člen preventivní požární hlídky, službu konající zdravotnický personál nebo kterýkoliv přítomný zdravotnický zaměstnanec.

• Návrh řešení:

Určit v evakuačním plánu jasné kompetence pro provádění evakuace. Evakuaci by měl řídit službu konající lékař, který je přítomen na klinice vždy. Ať už v pracovní době, či v době sníženého provozu kliniky. Tento lékař by měl bezpodmínečně znát pravidla evakuace a samozřejmě je také znalost kliniky nukleární medicíny a postupů, které je nutno učinit v případě požáru.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

V době sníženého provozu řídí člen preventivní požární hlídky nebo službu konající zdravotnický personál.

• Návrh řešení:

Při vzniku mimořádné události na Klinice nukleární medicíny v době sníženého provozu se vhodným řešením zdá být, aby byl kontaktován službu konající lékař, který provede ohlášení vzniku požáru na dispečinku Fakultní nemocnice. Následně se odebere na určené strategické místo, odkud bude řídit celý průběh evakuace a dalších prací, až do příjezdu jednotek HZS MSK.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Po celou dobu evakuace zůstává vedoucí evakuace v kontaktu s dispečinkem ohlašovny požárů.

• Návrh řešení:

Řešením situace, kdy dojde ke změně telefonních kontaktů a toto není oznámeno HZS MSK, je pořízení stálého spojového prostředku. Zřejmě mobilního telefonu. Tento by byl umístěn na Klinice nukleární medicíny a byl by vedoucímu evakuace k dispozici. Toto opatření se nemusí týkat pouze Kliniky nukleární medicíny, ale může být zavedeno na všech odděleních.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Po příjezdu jednotky HZS MSK převezme řízení evakuace velitel zasahující jednotky.

• Návrh řešení:

Vedoucí evakuace by měl vždy kontaktovat velitele zásahu a podat mu relevantní informace o provedených opatřeních na klinice a o způsobu a formě provedení evakuace. Dále je nutno informovat o počtu imobilních pacientů a v neposlední řadě, také o opatřeních provedených vzhledem k přítomnosti radioaktivních látek na klinice nukleární medicíny.

4.6.2 Určení zaměstnanců a prostředků, s jejichž pomocí bude evakuace prováděna

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Evakuaci budou provádět všichni přítomní zaměstnanci pracoviště, kromě potřebného počtu osob, které budou provádět prvotní hasební zásah.

• Návrh řešení:

Evakuaci budou provádět všichni přítomní zaměstnanci. Případnou likvidaci požáru provedou vyčlenění zaměstnanci. Pokud je ovšem požár natolik rozšířen, že není v jejich silách ho zvládnout, přenechají hasební práce jednotkám PO a plně se věnují evakuaci oddělení zasaženého požárem.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Vedoucí evakuace, pokud tak není provedeno prostřednictvím EPS, oznámí vznik požáru ohlašovně požáru. Vyhlášení evakuace se provede na oddělení místním rozhlasem nebo voláním „hoří“. EPS spouští rovněž sirénu.

• Návrh řešení:

Jednoznačně určit vedoucího evakuace. Vydat nařízení, ve kterém bude jasně uvedeno, kdo je vedoucím evakuace, jaké vyplývají z této „funkce“ povinnosti a jaké zásady je nutno dodržovat. Je nutné zvážit, zda vyhlášovat poplach v celé nemocnici nebo rozdělit místní rozhlas na sekce a pouštět hlášení pouze do vybraných sekcí., ve kterých došlo ke vzniku požáru nebo mohou být požárem či případnými doprovodnými efekty ohroženy.

➤ Stávající text evakuačního plánu

Nejprve se provede evakuace osob z podlaží bezprostředně zasaženého požárem, poté podlaží nad místem požáru. Následně se provádí evakuace ostatních vyšších a poté nižších podlaží.

- Návrh řešení:

Na prvním místě je evakuace podlaží, ve kterém došlo ke vzniku požáru. Pokud není možné evakuaci bezpečně provést, je nutné se soustředit na evakuaci vyšších podlaží kliniky. Nezbytné je monitorování situace v nižších podlažích kliniky. Včasné informování vedoucího evakuace o vývoji situace.

- Stávající text evakuačního plánu:

Dispečer ohlašovny požárů spolupracuje při organizaci evakuace osob z ohrožených pracovišť.

- Návrh řešení:

Dispečer požáru musí spolupracovat při organizaci evakuace. Dispečer je důležitým článkem řetězu, bez něhož se prodlouží doba k provedení opatření k lokalizaci a likvidaci požáru. Není proto přípustné, aby suploval mnohé další profese v rámci nemocnice a nebyl přítomen na svém stanovišti.

- Stávající text evakuačního plánu:

Hlavní uzávěry vypínají s dispečerem vyslání odborně způsobilí pracovníci po dohodě s vedoucím evakuace zasaženého pracoviště.

- Návrh řešení:

Dispečer vysílá na místo události odborně způsobilé osoby, které vypínají hlavní uzávěry rozvodů plynu, elektřiny, medicinálních plynů a další nebezpečné rozvody. Tuto skutečnost na místě konzultují s vedoucím evakuace. V době mimo normální pracovní dobu je určen pracovník, který je v telefonním dosahu a okamžitě vyjíždí na místo požáru.

- Stávající text evakuačního plánu:

Na pomoc budou přizváni zaměstnanci z jiných zdravotnických pracovišť Fakultní nemocnice Ostrava dle rozpisu. Přivolání budou dispečerem ohlašovny požáru.

- Návrh řešení:

Na pomoc budou přizváni zaměstnanci z jiných zdravotnických pracovišť na základě požadavku vedoucího evakuace. Musí být stanoveno místo shromáždění osob určených pro pomoc s evakuací. Zaměstnanci určení pro pomoc při evakuaci kontaktují vedoucího evakuace a řídí se jeho pokyny.

- Stávající text evakuačního plánu:

K evakuaci je možné použít postele pacientů a případně vozíky.

- Návrh řešení:

Použití postelí pacientů k evakuaci je nezbytné pro rychlou a bezpečnou evakuaci.

4.6.3 Určení cest a způsobů evakuace, zejména u osob s omezenou schopností pohybu

- Stávající text evakuačního plánu:

Únikové cesty budou určeny přímo na místě podle místa vzniku požáru. Únikové cesty určuje vedoucí evakuace.

- Návrh řešení:

Únikové cesty jsou jasně definovány a popsány v dokumentech kliniky nukleární medicíny. Pracovníci, kteří se stávají součástí personálu, který evakuaci provádí, jsou prokazatelně seznámeni s možnými únikovými cestami. Další možností je proškolení různých alternativ únikových cest.

- Stávající text evakuačního plánu:

V objektu jsou k dispozici:

- chráněná úniková cesta typu B s přetlakovým větráním, napojeným na EPS; v požární předsíni je k dispozici evakuační výtah.
- chráněná úniková cesta typu B s přetlakovým větráním napojeným na EPS.

- Návrh řešení:

Únikové cesty typu B je potřeba využívat při evakuaci přednostně. Rovněž je výhodné pro imobilní pacienty využít evakuační výtah. Nutností je dodržovat pravidelné kontroly únikových cest a samozřejmě také evakuačního výtahu.

- Stávající text evakuačního plánu:

Podzemní spojovací chodba, není určena k evakuaci.

- Návrh řešení:

Spojovací chodba nebude využívána k evakuaci pacientů, ale bylo by možné jí využít k soustředění a vysílání sil a prostředků HZS MSK, které jsou nutné, k lokalizaci a likvidaci, vzniklého požáru.

- Stávající text evakuačního plánu:

Pacienti, kteří nejsou schopni samostatného pohybu, se přemístí co nejdále od místa ohniska požáru a pak se provede jejich postupná evakuace. Pokud nelze jejich evakuaci spolehlivě zajistit, provede se jejich shromáždění do míst co nejvíce vzdálených od ohniska požáru. Dveře místa požáru se uzavřou. Okna se otevírají pouze v případě, že nehrozí zakouření z vnějšího prostoru. Při vývinu kouře je možné při evakuaci větrat, nikdy se nesmí okna rozbít, aby nedošlo ke vniknutí kouře z venku. Po provedení evakuace se uzavřou všechny dveře do ohrožených prostorů, aby se požár nešířil do dalších objektů.

- Návrh řešení:

Tento dlouze definovaný bod, je možné interpretovat jednoduchou formulací. Pacienti ohroženi bezprostředně požárem, nebo jeho zplodinami, jsou evakuováni do míst, kde jim nebezpečí požáru nehrozí. Imobilní pacienti jsou evakuováni za pomoci osob určených k evakuaci mimo místo možného ohrožení.

4.6.4 Místo, kde se evakuované osoby budou soustřeďovat a určení zaměstnance, který provede kontrolu počtu osob

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Evakuované osoby se budou soustřeďovat v místě neohroženém požárem.

• Návrh řešení:

Evakuační plán musí obsahovat jasné vymezení místa, kam budou evakuované osoby shromažďovány. Nezáleží na tom, zda se jedná o Kliniku nukleární medicíny, nebo kterékoliv jiné pracoviště ve Fakultní nemocnici. Toto místo je potřeba vštěpovat během školení všem zaměstnancům kliniky, kteří jsou zodpovědní za provedení evakuace osob z jednotlivých oddělení kliniky nukleární medicíny.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Podle rozsahu požáru je možné evakuovat:

- do nižšího podlaží Kliniky nukleární medicíny
- do jiného objektu Fakultní nemocnice Ostrava

• Návrh řešení:

Při vzniku požáru na Klinice nukleární medicíny je možné nejdříve využít nižší podlaží kliniky, která nejsou zasažena požárem. Ovšem pouze za podmínky neustálého monitoringu nižších podlaží zasahujícími jednotkami PO, nebo osobami, které jsou zodpovědné za prováděnou evakuaci. Rovněž využití jiných částí Fakultní nemocnice se jeví jako výhodné, ale pouze v případě velkého požáru, nebo rozsahu mimořádné události, kterou nejde zvládnout prostředky na odděleních Kliniky nukleární medicíny.

• Návrh řešení:

Využít nižší patra Kliniky nukleární medicíny v případě požáru, za současného monitoringu nižších pater, která jsou využita k evakuaci. Přemístění pacientů do jiných částí Fakultní nemocnice se provede v případě

nemožnosti zvládnout mimořádnou událost technickými prostředky, jež jsou určeny pro zásah na Klinice nukleární medicíny.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Případný další přesun pacientů se bude řídit nařízením vydaným Krizovým štábem nemocnice.

• Řešení situace:

V rané fázi události musí zodpovědnost za přesun pacientů převzít vedoucí evakuace. Pokud tento bude lékař, nebude pro něj problém rozhodnout, kterému z evakuovaných pacientů je potřeba zajistit přednostní péči. Další rozhodnutí jsou v kompetenci velitele zásahu, který si může na místě ponechat vedoucího evakuace a vzniklou situaci s ním konzultovat. Krizový štáb bude zřejmě nastartován až po těchto zásadních rozhodnutích.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Kontrolu počtu evakuovaných osob provede osoba, kterou určí vedoucí evakuace.

• Návrh řešení:

Vedoucí evakuace určí a přidělí jasné kompetence osobě, která bude evidovat a shromažďovat osoby, které byly evakuovány z Kliniky nukleární medicíny. Po příjezdu PČR na místo události je vhodné předat řízení evakuace a zaznamenávání údajů o evakuovaných osobách PČR.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

V případě požáru v blízkosti zdrojů ionizujícího záření anebo na pracovišti se zdroji IZ se postupuje dle vnitřního havarijního plánu.

• Návrh řešení:

Tento bod evakuačního plánu byl ponechán nezměněn. V případě požáru v blízkosti zdrojů ionizujícího záření anebo na pracovišti se zdroji IZ se postupuje dle vnitřního havarijního plánu.

4.6.5 Způsob poskytnutí první pomoci evakuovaným osobám. Uložení evakuovaného materiálu

➤ Stávající text evakuačního plánu:

První pomoc poskytují zdravotničtí zaměstnanci Fakultní nemocnice Ostrava.

• Návrh řešení:

První pomoc poskytují výhradně zdravotničtí pracovníci Fakultní nemocnice Ostrava. V případě potřeby poskytují první pomoc na vyžádání vedoucího evakuace, nebo velitele zásahu, také jednotky PO.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Osoby, které potřebují ošetření v nemocnici, budou hospitalizovány, na příslušném zdravotnickém pracovišti Fakultní nemocnice Ostrava.

• Návrh řešení:

Osoby, které potřebují ošetření v nemocnici, budou ošetřeny na pracovišti vyčleněném během zásahu. Pokud mimořádná událost překročí hranice Fakultní nemocnice Ostrava, mohou být využita další zdravotnická zařízení ve městě Ostrava.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Evakuaci a případný transport radioaktivních látek a generátoru provádí členové HZS MSK.

• Návrh řešení:

Evakuaci a případný transport radioaktivních látek a generátoru provádí příslušníci HZS MSK, z chemické laboratoře ve Frenštátu pod Radhoštěm.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Evakuace materiálu a věcí se nepředpokládá. Provádí se až po skončení evakuace osob.

• Návrh řešení:

Evakuace materiálu bude prováděna vždy, až po lokalizaci požáru. V případě ohrožení zasahujících jednotek PO je možné soustředit část zasahujících k evakuaci materiálu, který bezprostředně ohrožuje zasahující složky na místě události.

➤ Stávající text evakuačního plánu:

Evakuovaný materiál se uloží před objektem nebo na jiném místě Fakultní nemocnice Ostrava. Evakuovaný materiál střeží osoba určená vedoucím evakuace.

• Návrh řešení:

Evakuovaný materiál střeží od počátku Městská policie Ostrava. Převoz materiálu do vyhrazeného místa Fakultní nemocnice Ostrava probíhá za dozoru Městské policie nebo Policie ČR.

5 VÝSLEDKY

5.1 Návrh evakuačního plánu

V této kapitole bude předložen návrh evakuačního plánu Kliniky nukleární medicíny Fakultní nemocnice Ostrava. Veškeré změny oproti původnímu plánu, jsou výsledkem taktického cvičení, praktických zkušeností ze zásahu ve zdravotnických zařízeních. Dále jsou zde zakomponovány poznatky vedoucí diplomové práce a příslušníků chemické laboratoře ve Frenštátu pod Radhoštěm, kteří byli součástí cvičení. Jednotlivé názvy částí evakuačního plánu jsou ponechány původní.

Místo, ze kterého bude evakuace řízena a zaměstnanec, který bude evakuaci řídit

- Vedoucí evakuace se vybaví vhodnými prostředky pro spojení;
- okamžitě informuje o vzniku mimořádné události všechny dotčené touto událostí;
- řízení evakuace probíhá ze strategického místa mimo budovu;
- evakuaci řídí službu konající lékař Kliniky nukleární medicíny;
- řídicí evakuace je plně zodpovědný a kompetentní, zná evakuační plán a rozhoduje o postupech, které je nutné provést v případě vzniku mimořádné události;
- v případě vzniku mimořádné události v době sníženého provozu Kliniky nukleární medicíny, se vedoucím evakuace stává službu konající lékař Kliniky nukleární medicíny;
- vedoucí evakuace provede ohlášení události na dispečink Fakultní nemocnice Ostrava;
- vedoucí evakuace vybaven spojovacími prostředky přechází na strategické místo mimo budovu, odkud řídí průběh evakuace;

- vedoucí evakuace zůstává ve stálém spojení s dispečinkem ohlašovny požáru Fakultní nemocnice Ostrava;
- vedoucí evakuace po příjezdu jednotky HZS MSK kontaktuje velitele zásahu, kterému sdělí informace o opatřeních provedených před příjezdem jednotky PO;
- další postup prací řídí velitel zásahu HZS MSK.

Určení zaměstnanců a prostředků, s jejichž pomocí bude evakuace prováděna

- Evakuaci jednotlivých podlaží Kliniky nukleární medicíny provádějí všichni přítomní zaměstnanci;
- případnou likvidaci požáru provádějí zaměstnanci určení vedoucím evakuace;
- pokud je požár natolik rozšířen, že není v silách zaměstnanců provést jeho likvidaci, plně se věnují evakuaci pacientů;
- vedoucí evakuace, pokud tak není provedeno EPS, oznámí vznik požáru dispečinku ohlašovny požáru;
- dispečink vyhláší evakuaci místním rozhlasem, pouze v sekcích, které jsou ohroženy vzniklou mimořádnou událostí;
- první v pořadí se provádí evakuace podlaží, ve kterém došlo ke vzniku požáru;
- následně probíhá evakuace vyšších podlaží Kliniky nukleární medicíny;
- nezbytný je monitoring situace v nižších podlažích Kliniky nukleární medicíny;
- dispečer ohlašovny požárů plně spolupracuje s vedoucím evakuace při organizaci evakuace, následně je k dispozici veliteli zásahu HZS MSK;

- dispečer ohlašovny požárů vysílá na místo události odborně způsobilé osoby, které vypínají hlavní rozvody plynu, elektřiny, medicínálních rozvodů;
- tuto skutečnost konzultují s vedoucím evakuace, který je kompetentní posoudit možnost vypnutí rozvodů;
- mimo pracovní dobu je určen pracovník, který je v telefonním dosahu a v nejkratším možném čase přijíždí na místo události;
- vedoucí evakuace rozhoduje o povolání zaměstnanců z jiných pracovišť pro pomoc při evakuaci;
- zaměstnanci povolání k pomoci při evakuaci kontaktují vedoucího evakuace a řídí se jeho pokyny;
- použití postelí pacientů k evakuaci je nezbytné pro rychlou a bezpečnou evakuaci.

Určení cest a způsobů evakuace, zejména u osob s omezenou schopností pohybu

- Únikové cesty jsou jasně definovány a popsány, všichni zaměstnanci jsou prokazatelně seznámeni s možnými únikovými cestami;
- únikové cesty typu B je nutné využívat při evakuaci přednostně, pro imobilní pacienty využít evakuační výtah;
- spojovací chodba nebude využívána k evakuaci pacientů;
- dle rozhodnutí velitele zásahu může být využita k soustředění a vysílání sil a prostředků HZS MSK;
- pacienti bezprostředně ohroženi požárem, nebo jeho zplodinami, jsou evakuováni do míst, kde jim nebezpečí požáru nehrozí;
- imobilní pacienti jsou evakuováni za pomoci osob určených k evakuaci mimo místo možného ohrožení.

Místo, kde se evakuované osoby budou soustřeďovat a určení zaměstnance, který provede kontrolu počtu osob

- vnitřní předpisy Fakultní nemocnice Ostrava jasně definují místa ke shromažďování evakuovaných osob, z každého pracoviště nemocnice;
- k evakuaci budou využita nižší patra Kliniky nukleární medicíny, než podlaží, ve kterém došlo k mimořádné události;
- nutností je neustálý monitoring nižších podlaží, jestli zde nedochází k projevům požáru;
- evakuace pacientů do jiných částí Fakultní nemocnice je provedeno v případě, že není možné zvládnout vzniklou mimořádnou událost silami a prostředky Kliniky nukleární medicíny;
- případný přesun pacientů je v kompetenci vedoucího evakuace;
- pokud bude aktivován Krizový štáb nemocnice, převezme rozhodnutí o dalším případném přesunu pacientů na sebe;
- vedoucí evakuace určí a přidělí jasné kompetence osobě, která bude evidovat a shromažďovat osoby, které byly evakuovány z Kliniky nukleární medicíny;
- po příjezdu PČR na místo události je vhodné předat řízení evakuace a zaznamenávání údajů o evakuovaných osobách PČR;
- v případě požáru v blízkosti zdrojů ionizujícího záření anebo na pracovišti se zdroji IZ se postupuje dle vnitřního havarijního plánu.

Způsob poskytnutí první pomoci evakuovaným osobám. Uložení evakuovaného materiálu.

- První pomoc poskytují výhradně zdravotničtí pracovníci Fakultní nemocnice Ostrava;

- v případě potřeby poskytují první pomoc na vyžádání vedoucího evakuace, nebo velitele zásahu, také jednotky PO;
- osoby, které potřebují ošetření v nemocnici, budou ošetřeny na pracovišti vyčleněném během zásahu;
- pokud mimořádná událost překročí hranice Fakultní nemocnice Ostrava, mohou být využita další zdravotnická zařízení ve městě Ostrava;
- evakuaci a případný transport radioaktivních látek a generátoru provádí příslušníci HZS MSK, z chemické laboratoře ve Frenštátu pod Radhoštěm;
- evakuace materiálu bude prováděna vždy, až po lokalizaci požáru;
- v případě ohrožení zasahujících jednotek PO je možné soustředit část zasahujících k evakuaci materiálu, který bezprostředně ohrožuje zasahující složky na místě události;
- evakuovaný materiál střeží od počátku Městská policie Ostrava;
- převoz materiálu do vyhrazeného místa Fakultní nemocnice Ostrava probíhá za dozoru Městské policie nebo Policie ČR.

6 DISKUZE

Počátkem vytváření diplomové práce bylo určit cíl této práce. Po konzultaci problému s vedoucí diplomové práce byl jako cíl práce určen popis zhodnocení současného plánu evakuace ve vybraném zdravotnickém zařízení, konkrétně na Klinice nukleární medicíny Fakultní nemocnice Ostrava. Diplomová práce je rozdělena do dvou celků, na část teoretickou a část praktickou.

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku evakuace z pohledů zasahujících hasičů, zejména velitelů čet a družstev, kteří řídí zásahy a rozhodují o způsobu provedení evakuace. Závěry provedené v této diplomové práci jsou výsledkem letitých zkušeností z řízení zásahů a provádění evakuace. Jsou zde zakomponovány postupy možná pro někoho jiné, netradiční, ale praxí ověřené. Důležité je rovněž říci, že jsou podpořeny rovněž zkušenostmi s řízením zásahu ve zdravotnických zařízeních, které sebou nesou mnohá specifika a je potřeba k nim přistupovat individuálně, dle rozvoje události, která je v rámci zásahu řešena.

V teoretické části diplomové práce je popisována problematika radioaktivity jejího rozdělení na umělou a přirozenou. Využití radioaktivity v oblastech průmyslu, zdravotnictví, zemědělství a dalších odvětvích lidské činnosti. Dále jsou zde popsány jednotlivé typy radioaktivního záření, jednotlivé radioaktivní rozpadové řady a transurany. Rovněž jsou popisovány jednotky radioaktivity i její veličiny a symboly vyjadřující radioaktivitu. Navazující kapitola pojednává o ionizujícím záření, jeho zdrojích a možných účincích na živé organismy v přírodě. Včetně jejich rozdělení na zdroje otevřené a uzavřené popisují problematiku ionizujícího záření, používaných jednotek, veličin a principů radiační ochrany ionizujícího záření. Poslední kapitolou teoretické části diplomové kapitole je pojednání o nukleární medicíně, její možná definice a

využití nukleární medicíny v mnoha odvětvích lékařství. Zvláštní pozornost je věnována Klinice nukleární medicíny Fakultní nemocnice Ostrava, jejíž evakuační plán bude podroben zkoumání v rámci diplomové práce. Klinika je zde popsána, je definováno její zaměření a rozdělení na jednotlivé úseky a části.

Praktická část diplomové práce řeší problematiku taktiky zásahu jednotek PO při řešení mimořádné události s únikem radioaktivních látek. Zvláštní důraz je kladen na přístrojové vybavení jednotek PO, pro detekci radioaktivních látek. Rovněž nedílnou součástí taktiky zásahu je dekontaminace osob, zasahujících hasičů, techniky a také případná dekontaminace velkého prostoru zasaženého mimořádnou událostí. V neposlední řadě je zde rozebráno namodelované taktické cvičení k prověření akceschopnosti jednotky PO a k prověření stávajícího plánu evakuace. V poslední části praktické části je provedeno zhodnocení stávajícího plánu evakuace, včetně návrhu možného řešení. V dalších řádcích této kapitoly bude teoretická část podrobně rozdiskutována. HZS MSK má ve své výbavě povinně umístěny přístroje, které jsou součástí výbavy prvovýjezdových vozidel. Toto vybavení je dáno vyhláškou, která je platná nejen pro HZS MSK, ale pro HZS ČR, jako celek. HZS MSK disponuje mnohem širší škálou přístrojového vybavení pro případ zásahu s přítomností zdroje ionizujícího záření, než ostatní HZS krajů. Problematice těchto zásahů je věnována velká pozornost. Neustále je tato činnost cvičena na směnách a zároveň je prověřována nadřízenými formou taktických nebo prověřovacích cvičení. Zásah s přítomností ionizujícího záření je chápán, jako jeden z nejsložitějších zásahů prováděných v rámci HZS ČR. Obrovský důraz je kladen na secvičenost zasahujících hasičů a samozřejmě také na taktiku zásahu, kterou zvolí velitel zásahu. Diskutabilní je ochrana zasahujících hasičů u této události. Dle bojového řádu HZS ČR je vyžadována nejvyšší ochrana zasahujících hasičů Nejvyšší ochranou je myšlena ochrana dýchacích cest a použití ochranného protichemického oděvu. Dle některých

názorů, je nejvyšší ochrana zbytečná a postačila by pouze ochrana pomocí jednorázových oděvů, které po zásahu je jednoduché izolovat a nechat zlikvidovat dle platných směrnic a nařízení. Rovněž pro práci s přístroji se vhodněji jeví použití jednorázových obleků, které jsou mnohem komfortnější. Práce v ochranných protichemických oděvech s přístroji, které jsou osazeny knoflíky potenciometry je zdlouhavá, a hlavně odečítání hodnot přes zamlžený zorník je značně zkreslené. Je potřeba rovněž zmínit špatnou úchopovou vlastnost pryžových rukavic, které jsou vyrobeny v maximální velikosti, aby mohly být použity všemi zasahujícími příslušníky. Přístrojové vybavení je rozděleno na zásahové radiometry, které jsou používány v rámci HZS ČR. Jsou používány dva typy těchto radiometrů. Starším typem je DC 3E 98 je to elektronický přístroj složený z vyhodnocovací jednotky a sondy. Obě části jsou vzájemně propojeny kabelem. Tento se stává obtížným v případě nutnosti rozložení přístroje na dvě části, pro obsluhu vyvstává otázka kam s ním. Přístroj indikuje dávkový příkon záření gama, měří beta záření, plošnou aktivitu kontaminovaného povrchu radioaktivními látkami. Použití a ovládání tohoto přístroje je zcela jednoduché, ovšem mezi hasiči je značně neoblíben, kvůli osazení množstvím knoflíků, na kterých je potřeba nastavit rozsah měření. Toto nastavení se provádí velmi špatně pokud je přístroj používán v kombinaci s ochranným protichemickým oděvem. Vylepšenou verzí DC 3E 98 je zásahový radiometr DC 3H 08. Indikuje radiační situaci, kontroluje vzorky a kontaminované povrchy radioaktivitou. Detekční jednotka umí měřit ionizující záření typu beta a gama. Mezi zasahujícími hasiči se těší velké oblibě, pro jeho jednoduchost. Zasahující hasiči nemusí provádět nastavení rozsahu měření, ani nastavení jednotek měření. Přístroj si sám přepíná rozsahy měření. Další skupinou jsou zásahové a osobní dozimetry. HZS MSK preferuje cestu, kdy zásahové dozimetry Ultra-Rad 115 jsou používány, jako dozimetry osobní. Referenčním místem je pravá kapsa zásahového kabátu. Veškeré prvovýjezdové vozy jsou vybaveny čtyřmi kusy zásahových dozimetrů. Jako osobní dozimetry

jsou užívány přístroje SOR/R-20. Tyto jsou uloženy ve speciální technice a jsou v režimu spánku. V případě aktivace je referenční místo na krku pod zásahovým kabátem. V budoucnu je uvažováno o pořízení přístrojů měřících záření alfa na všechny územní odbory HZS MSK.

Další část diplomové práce je zaměřena na rozdělení jednotek podle předurčenosti k zásahům na nebezpečnou látku, mezi které, jsou zásahy s přítomností zdroje ionizujícího záření zakomponovány. Rozdělení jednotek je prováděno dle typu a vybavení stanic HZS ČR. Obecně lze říci, že každá krajská hasičská stanice je opěrnou jednotkou pro zásah na nebezpečnou látku. Vybavení těchto jednotek je na mnohem vyšší úrovni, než vybavení jednotek středních a základních. Při zásahu na nebezpečnou látku, který svými parametry převyšuje možnosti jednotky střední, je na místo události vysílána jednotka opěrná. Vysílání opěrné jednotky je zajištěno KOPIS a samozřejmě o jejím vyslání rozhoduje krajský řídicí důstojník. Pokud je opěrná jednotka vyslána na místo události je schopna zlikvidovat únik nebezpečné látky až do objemu deseti tisíc krychlových metrů. Pro menší únik jsou zřizovány jednotky střední. Jejich dislokace je ve většině ČR v bývalých okresních městech. Střední jednotka je schopna zlikvidovat únik nebezpečné látky v objemu okolo tisíce krychlových metrů. Její vybavení nedosahuje vybavení opěrné jednotky, ale zasahující hasiči jsou vycvičeni stejně. Hasič jsou schopni zamezit úniku nebezpečných látek a připravit místo zásahu pro příjezd jednotky opěrné. Základní jednotka disponuje pouze jednoduchým vybavením a připravuje místo zásahu pro příjezd jednotky střední, která je na místo události vysílána vždy. Po jejím příjezdu jednotka základní spolupracuje se střední jednotkou na likvidaci mimořádné události. Tyto jednotky jsou obsazeny pouze příslušníky HZS MSK. V rámci Moravskoslezského kraje jsou předurčeny jednotky dobrovolných hasičů, které jsou vysílány na místo události, jako podpora jednotek profesionálních.

Nedílnou součástí taktických postupů při zásahu na nebezpečnou látku je stanovení odstupové vzdálenosti pro techniku a zasahující hasiče. Rozhodnutí o bezpečné vzdálenosti je rozhodnutím velitele zásahu, který za něj nese plnou zodpovědnost. Po ustavení výjezdové techniky jsou prováděny práce na zřízení nástupního prostoru pro zasahující jednotky PO, zřízení dekontaminačního stanoviště, provedení prvotního průzkumu a určení taktiky zásahu. Velitel zásahu v této chvíli využívá poznatků, které jsou mu předány prostřednictvím KOPIS, nebo podle situace na místě zásahu. Jednotky PO nesmí zahájit zásah na nebezpečnou látku, pokud není vybudováno dekontaminační stanoviště. Dekontaminační stanoviště je zřizováno s pomocí provizorních prostředků umístěných na vozidlech HZS MSK, nebo jsou k dispozici speciální sety, složené z dekontaminační sprchy a dalších součástí nutných k provedení bezvadné dekontaminace. Při provádění taktických nebo prověřovacích cvičení je na způsob a provedení dekontaminace brán obrovský zřetel. Hlavní otázkou, která se nabízí, po provedení dekontaminace je. Kam s odpadní vodou? Voda je zadržována v bazénech pod dekontaminační sprchou. V případě zásahu s výskytem ionizujícího záření je voda jímána v bazénu a ponechána v něm. Po příjezdu příslušníků chemické laboratoře dojde k testu vody, ale až pracovník SÚJB, který je povolán na místo události může rozhodnout, jakým způsobem s odpadní vodou naložit. Problémem, který není zcela vyřešen je dekontaminace pacientů v nemocnicích nebo zraněných osob během požáru, či dopravní nehody, při které je přítomen zdroj ionizujícího záření. Není jasné, jak provést dekontaminaci těžce zraněných, kteří vykazují kontaminaci zdrojem ionizujícího záření. Případná dekontaminace prostředky, kterými disponuje HZS MSK, se zdá být nereálnou, neboť by mohlo dojít k zanesení infekce do otevřených ran. Během realizovaných cvičení nebylo na tuto otázku jednoznačně odpovězeno. Kontaminovaná osoba by způsobila kontaminaci sanity a jejího vybavení a samozřejmě by došlo ke kontaminaci zdravotnického zařízení, do něhož bude transportována. Transport osob do vzdálených

zdravotnických zařízení je rovněž nereálný u osob s těžkými zraněními. Vyřešenou otázkou je zřejmě dekontaminace větších kontaminovaných ploch a techniky, na které nestačí síly a prostředky HZS MSK. Je uzavřena dohoda se Záchraným útvarem HZS ČR, který disponuje prostředky pro dekontaminaci velkých ploch a techniky. Další možností je spolupráce s Armádou ČR, která má ve výbavě prostředky určené k dekontaminaci. Výcviky s Armádou ČR jsou pravidelně prováděny na ŠVZ Frýdek-Místek pod vedením vedoucí diplomové práce. Pro zhodnocení stávajícího plánu evakuace Kliniky nukleární medicíny bylo namodelováno cvičení v prostorách ŠVZ Frýdek-Místek. Cvičení prováděla jednotka HZS MSK, územní odbor Frýdek-Místek, protože autor diplomové práce je velitelem družstva na této stanici. Dle požárního poplachového plánu, by k zásahu na Kliniku nukleární medicíny vyjízděly stanice dislokované ve městě Ostrava. Vedoucí práce, však chtěla namodelovat tuto situaci, aby bylo zjištěno, jak zásah zvládne jednotka, která je střední jednotkou, nikoliv jednotkou opěrnou. Tématem cvičení byl požár na klinice s výskytem zdroje ionizujícího záření. Zásah byl prováděn za použití vody, jako hasební látky, s vyhlášením poplachu jednotce a s příjezdem na místo události. Aby bylo možné prověřit také evakuační plán, byla započata evakuace před příjezdem jednotky PO na místo události. Zásah byl komplikován zakouřením prostoru pomocí dýmovic a vyvíječů kouře.

Po ukončení cvičení byly shromážděny poznatky jednotlivých pozorovatelů, cvičících a figurantů. Tyto poznatky byly porovnány se stávajícím evakuačním plánem Kliniky nukleární medicíny a byl vytvořen návrh evakuačního plánu, který je zakomponován v diplomové práci, jako její výsledek. Jednotlivé názvy částí evakuačního plánu byly ponechány. Bodově byl navržen nový plán evakuace Kliniky nukleární medicíny. Jednotlivé body stávajícího plánu evakuace a komentáře k nim budou rozebrány v následujícím textu. Nejdříve bude vždy uveden stávající text plánu, a poté komentář.

Evakuace bude řízená z podlaží, kde k požáru došlo. V případě, že bude toto místo ohroženo velkým vývinem kouře, vedoucí evakuace rozhodne, podle situace, o změně místa řízení.

Evakuační plán popisuje místo, ze kterého bude evakuace řízena. Ne vždy je vhodné řídit evakuaci z místa zasaženého požárem, ať již z důvodu velkého vývinu kouře, tak velkého vývinu tepla a možné destrukce požárem poškozených konstrukcí, odříznutí ústupové cesty a mnohých dalších zvláštností. Vedoucí evakuace by měl mít vyhrazeno strategické místo. Jako nejvhodnější z hlediska praxe se jeví místo mimo budovu, kde má přehled o již evakuovaných osobách a o pracích prováděných během evakuace. Samozřejmostí je vybavení vhodnými spojovými prostředky. Další výhodou postavení vedoucího evakuace mimo budovu je okamžitý kontakt s velitelem zásahu HZS MSK, který si převezme místo události a bude dále koordinovat činnosti a postup jednotek PO a zaměstnanců kliniky.

Evakuaci v pracovní době řídí přednosta, nebo vedoucí zdravotnický pracovník nelékařského oboru, v jejich nepřítomnosti člen preventivní požární hlídky, službu konající zdravotnický personál nebo kterýkoliv přítomný zdravotnický zaměstnanec.

Dle textu v evakuačním plánu mohou evakuaci řídit zdravotničtí pracovníci, jak lékařských tak nelékařských oborů. Podle momentálního personálního obsazení Kliniky nukleární medicíny, by to mohlo být až dvacet pět pracovníků. Toto z hlediska zkušeností z praxe považuji za zcela nevhodné. Přednosta kliniky by neměl být v plánu evakuace jako řídicí zaměstnanec zahrnut vůbec, neboť je u něho předpoklad velké časové vytíženosti a časté plnění mnoha dalších úkolů mimo Kliniky nukleární medicíny. Rovněž zahrnutí takto vysokého počtu pracovníků do plánu evakuace není vhodné, protože není jasné

dána kompetence těchto pracovníků, kdo z nich je zodpovědný za provedení opatření. Při reálných zásazích dochází k neznalosti postupů evakuace, neznalosti uložení případných technických prostředků potřebným k evakuaci a dalším nejasnostem a situace bývá spíše chaotická.

V době sníženého provozu řídí evakuaci člen preventivní požární hlídky nebo službu konající zdravotnický personál.

V době sníženého provozu, což znamená o víkendech a státních svátcích je na klinice, stejně jako na ostatních odděleních Fakultní nemocnice Ostrava přítomno pouze nejnútnejší množství personálu. Vzniká zde problém s organizací evakuace. Většinou na odděleních jsou přítomny pouze sestry, které hlídají celé oddělení. Službu konající lékař, bývá většinou na lékařském pokoji mimo oddělení. Službu konající sestra by měla informovat o vzniku mimořádné události dispečink a poté zahájit evakuaci. V omezeném počtu pracovníků se toto jeví jako nereálné, neboť sestry by se měly postarat o pacienty na oddělení. Další překážkou je stres ze vzniklé situace a možná neznalost postupů při řešení mimořádné situace.

Po celou dobu evakuace zůstává vedoucí evakuace v kontaktu s dispečinkem ohlašovny požárů.

Tento bod je naprostou samozřejmostí. Dispečer z ohlašovny požárů může vypomoci vedoucímu evakuace vysláním dalších pracovníků Fakultní nemocnice na místo požáru. Zároveň ho informuje o opatřeních nezbytných k bezproblémovému zvládnutí situace. Vhodné by bylo zajistit, aby zasahující složky na místě události měly telefonický kontakt na vedoucího evakuace. Tyto kontakty jsou uvedeny v dokumentaci zdolávání požáru, ale mnohdy nastane změna telefonních čísel, která není do dokumentace zapracována.

Po příjezdu jednotky HZS MSK převezme řízení evakuace velitel zasahující jednotky.

K tomuto bodu evakuačního plánu je nutno poznamenat, že pokud, nedojde k přemístění vedoucího evakuace před budovu kliniky, není v silách velitele zásahu tohoto člověka dohledat v budově kliniky. Velitel zásahu má v době příjezdu na místo události mnoho povinností a nemůže se věnovat hledání vedoucího evakuace. V počáteční fázi jsou ovšem informace o provedené evakuaci, jak částečné či úplně dokonané rozhodující pro stanovení taktiky zásahu. Velitel zásahu potřebuje znát počet osob, které se nacházejí uvnitř požárem zasažené budovy. Dále je informace nutná k případnému povolání dalších sil a prostředků na místo události.

Evakuaci budou provádět všichni přítomní zaměstnanci pracoviště, kromě potřebného počtu osob, které budou provádět prvotní hasební zásah.

Provádění hasebního zásahu před příjezdem jednotek je možné pouze v případě, pokud je požár malého rozsahu a je mimo místa, kde se pracuje s radiofarmaky. Každé patro Kliniky nukleární medicíny je vybaveno dekontaminační sadou, pro případný únik a následnou likvidaci úniku radiofarmak. Ovšem případný požár by zcela změnil situaci na oddělení, které by bylo zasaženo požárem. Je otázkou, zda by se měl zdravotnický personál věnovat likvidaci požáru, který by nebyl lokalizován v jedné místnosti, nebo by ohrožoval, jak pacienty, tak zaměstnance. Vhodnějším řešením se jeví výpomoc při evakuaci pacientů z jednotlivých oddělení a lokalizaci a likvidaci požáru ponechat jednotkám PO. Největší překážkou při zdolávání požáru je úplná absence technických prostředků chránící dýchací cesty pracovníků kliniky, kteří by zasahovali při likvidaci požáru. Poté by se ze záchránců stali zachraňovaní, což je jev vždy nežádoucí.

Vedoucí evakuace, pokud tak není provedeno prostřednictvím EPS, oznámí vznik požáru ohlašovně požáru. Vyhlášení evakuace se provede na oddělení místním rozhlasem nebo voláním „hoří“. EPS spouští rovněž sirénu.

Dnešní protipožární opatření nejenom v nemocničních zařízeních předpokládá zabezpečení místnosti nejenom EPS, ale rovněž stabilními hasicími zařízeními, které pomocí proudu vody, vodní mlhy či vhodného plynného hasiva zabrání rozšíření požáru mimo místnost, či část zařízení, kde k požáru došlo. Situace bývá ovšem taková, že selháním lidského faktoru při nevhodném skladování mnohých látek v prostorech, které nejsou k tomuto účelu určeny, může dojít k nepředpokládanému rozšíření požáru. Další možností je samozřejmě možné selhání varovných systémů. Vyhlášení poplachu místním rozhlasem nebo voláním „hoří“ na chodbách oddělení může v pacientech vyvolat paniku, která následně přeroste v nekontrolovatelnou samovolnou evakuaci. Výhodou použití místního rozhlasu je okamžitá informovanost o vzniklé situaci, a to v celém areálu Fakultní nemocnice a je možné urychleně přistoupit k opatřením na všech úrovních řízení v rámci nemocnice. Vedoucí evakuace pokud nebude jasně určen nařízením, případně evakuačním plánem bude hledán mezi zaměstnanci. Ze zkušeností ze zásahů, ve zdravotnických zařízeních je tato situace na denním pořádku, neboť nikdo nechce na sebe převzít obrovskou zodpovědnost, jak za pacienty, materiální a přístrojové vybavení, tak za kolegy a kamarády.

Nejprve se provede evakuace osob z podlaží bezprostředně zasaženého požárem, poté podlaží nad místem požáru. Následně se provádí evakuace ostatních vyšších a poté nižších podlaží.

Pokud je požár natolik rozšířen, že ohrožuje, osoby provádějící evakuaci je nutné evakuaci ukončit. Není přípustné, aby byla evakuace nařízena provádět při ohrožení životů osob, které evakuaci provádějí. Poté je nutné se soustředit na evakuaci vyšších podlaží budovy, protože zplodiny požáru se mohou nekontrolovatelně rozšiřovat do vyšších pater technologickými kanály, výtahovými šachtami nebo energo kanály. Je ovšem nutností monitorovat situaci i podlažích pod požárem, aby veškeré dostupné síly a prostředky nebyly soustředěny ve vyšších podlažích a v nižších podlažích docházelo k nekontrolovatelnému šíření požáru nebo zplodin hoření. O postupu evakuačních skupin musí být neprodleně informován vedoucí evakuace.

Dispečer ohlašovny požárů spolupracuje při organizaci evakuace osob z ohrožených pracovišť.

Tento bod evakuačního plánu je jedním z nejdůležitějších. Dispečer je spojnicí mezi vedoucím evakuace a dalšími pracovníky Fakultní nemocnice. Tlumočí vzniklou situaci vedení Fakultní nemocnice, zajišťuje přítomnost kompetentních pracovníků na místě události, poskytuje informace KOPIS HZS MSK pro velitele zásahu, který přijíždí na místo události. Při vzniku požáru ve zdravotnickém zařízení mnohdy dochází k situacím, zejména v době mimo pracovní dobu, kdy je dispečer využíván jako ostraha objektu, vrátný nebo plní další povinnost. Může proto nastat situace, kdy dispečer nemusí být přítomen na svém stanovišti. Tato situace má za následek prodloužení doby ohlášení události na kompetentní místa. Tímto se prodlouží doba, kdy dochází k nekontrolovanému šíření požáru a jeho zplodin.

Hlavní uzávěry vypínají dispečerem vyslání odborně způsobilí pracovníci po dohodě s vedoucím evakuace zasaženého pracoviště.

Vypnutí uzávěru plynu, elektřiny a rozvodů kyslíku a dalších médií používaných na Klinice nukleární medicíny by mělo být prováděno automaticky. Nikoliv až po rozhodnutí vedoucího evakuace. Vedoucí evakuace může při svém vytížení tuto skutečnost opomenout. Neuzavřené rozvody medicínálních plynů nebo rozvodů energií může mít nedozírné důsledky pro pacienty i pro zasahující jednotky požární ochrany a samozřejmě také pro osoby ze zdravotnického personálu, které provádějí evakuaci. Rozhodně nelze provést bezhlavé uzavření všech rozvodů. Tuto skutečnost je nutné konzultovat s vedoucím evakuace, který pokud bude lékař, nebude pro něj žádným problémem zhodnotit a rozhodnout, které úseky je možné odpojit, a které odpojit nelze. Nebezpečím jsou požáry, které vzniknou v době mimo řádnou pracovní dobu. Dochází k vyrozumění pracovníků, kteří jsou v telefonním dosahu. Často dochází k situacím, kdy pracovník nebere mobilní telefon nebo si vymění službu a tuto okolnost nenahlásí svému nadřízenému.

Na pomoc budou přizváni zaměstnanci z jiných zdravotnických pracovišť Fakultní nemocnice Ostrava dle rozpisu. Přivolání budou dispečerem ohlašovny požáru.

Přizvání dalších pracovníků na místo události bude záležet na rozhodnutí vedoucího evakuace. V případě, že bude požár malého rozsahu je přizvání dalších pracovníků zbytečné. Při velkém požáru je toto rozhodnutí na zvážení vedoucího evakuace. Jeho rozhodnutí se stane kontra produktivní v případě, že nebude jasně určeno, kam se mají povolání pracovníci dostavit, kde je místo jejich shromáždění. Tato skutečnost musí vejít ve známost mezi všemi zaměstnanci. Jednoznačně musí být poučení o místě shromáždění v případě potřeby evakuace. Toto opatření neplatí pouze pro kliniku nukleární medicíny, ale pro všechna pracoviště Fakultní nemocnice.

K evakuaci je možné použít postele pacientů a případně vozíky.

Tento bod evakuačního plánu je dle mého názoru naprosto zbytečný. Použití postelí pacientů a vozíků je naprosto nezbytné. Při vzniku požáru na odděleních v nemocnicích není možné imobilní pacienty překládat z postelí a transportovat je například na nosítkách či jiných transportních prostředcích. Při tomto postupu není možné efektivně provádět evakuaci žádné nemocnice. Došlo by k obrovským časovým ztrátám a k potřebě velkého počtu osob, které provádějí evakuaci, k jejich rychlému vyčerpání.

Únikové cesty budou určeny přímo na místě podle místa vzniku požáru. Únikové cesty určuje vedoucí evakuace.

Únikové cesty nelze určovat až na místě podle vzniku požáru. Únikové cesty musí být jasně stanoveny. Osoby určené k provádění evakuace musí bezpodmínečně znát únikové cesty na svém pracovišti. Nelze začít během vzniku požáru a jeho následném šíření uvažovat o možných cestách evakuace. Toto řešení je riskantní, jak vůči pacientům, tak směrem k osobám provádějícím evakuaci. Samozřejmostí je upřesnění evakuačních cest podle šíření požáru, nebo jeho škodlivých zplodin po jednotlivých podlažích kliniky. Vedoucí evakuace není schopen sám rozhodnout, kterou evakuační cestu je možné použít, pokud nezná možné evakuační cesty minimálně na svém oddělení, či úseku, jehož by se mohl stát vedoucím.

V objektu jsou k dispozici:

- **chráněná úniková cesta typu B s přetlakovým větráním, napojeným na EPS; v požární předsíni je k dispozici evakuační výtah.**
- **chráněná úniková cesta typu B s přetlakovým větráním napojeným na EPS.**

Výše zmíněné řešení evakuačních cest pomocí chráněné cesty typu B je zřejmě nejvhodnějším řešením pro objekty s velkým počtem osob. Únikové cesty je možno využít k evakuaci samotné, ale také ke shromáždění evakuovaných osob v případě špatných klimatických podmínek, je možné zde umístit pacienty, kteří jsou v režimu karantény a tím je oddělit od zdravých pacientů. Únikové cesty typu B jsou odvětrávány, tudíž zde při správném používání nehrozí pro evakuované žádné významné riziko. Při kumulaci velkého počtu imobilních pacientů v prostorách nemocničního zařízení je možné s výhodou využívat evakuační výtahy. Bohužel se mnohdy stává, že evakuační výtahy jsou používány, nebo spíše zneužívány k jiným účelům. Vedoucí evakuace nebo velitel zásahu, který z dokumentace zdolávání požáru, zjistí, přítomnost evakuačního výtahu bude spoléhat na jeho absolutní funkčnost a bezvadný stav.

Podzemní spojovací chodba, není určena k evakuaci.

Přes spojovací chodbu jsou vedeny rozvody elektřiny, plynu, medicínálních rozvodů a mnohých dalších médií používaných ve Fakultní nemocnici. Dá se říct, že tato chodba je určitou spojnici „života“ všech oddělení v nemocnici. Pokud by požár, který vznikne, na Klinice nukleární medicíny byl malého rozsahu, tak je samozřejmé, že k evakuaci budou použity vyhrazené evakuační cesty. Spojovací chodba by mohla být použita k evakuaci v případě devastujícího požáru, a to nejen na Klinice nukleární medicíny, ale také na ostatních klinikách, či odděleních. Výhodou chodby je její spojení, v podstatě s celým areálem nemocnice. Je tedy otázkou, zda by nebylo vhodné chodbu použít k soustředění a možnému rozmisťování sil a prostředků HZS MSK.

Pacienti, kteří nejsou schopni samostatného pohybu, se přemístí co nejdále od místa ohniska požáru a pak se provede jejich postupná evakuace. Pokud

nelze jejich evakuaci spolehlivě zajistit, provede se jejich shromáždění do míst co nejvíce vzdálených od ohniska požáru. Dveře místa požáru se uzavřou. Okna se otevírají pouze v případě, že nehrozí zakouření z vnějšího prostoru. Při vývinu kouře je možné při evakuaci větrat, nikdy se nesmí okna rozbít, aby nedošlo ke vniknutí kouře z venku. Po provedení evakuace se uzavřou všechny dveře do ohrožených prostorů, aby se požár nešířil do dalších objektů.

Znění textu evakuačního plánu, je možno vykládat různou formou. Pro pacienty imobilní je nutné zajistit v každém případě osobu, která je kompetentní k provádění evakuace, a která je způsobilá k ošetření a případnému podání medikace evakuované osobě. Je nutné zajistit jejich evakuaci vyškoleným odborně způsobilým personálem, protože pacienti Kliniky nukleární medicíny jsou v podstatě malým problémem pro okolí, neboť jsou ošetřeni dávkou radiofarmak, která se mohou jevit pro zasahující složky, jako možná komplikace zásahu. Jestliže evakuovaný pacient, nebude doprovázen kompetentní osobou, může dojít k situaci, kdy zasahující složky budou mylně poukazovat na radiační událost, která se vyskytla v souvislosti se zásahem v areálu Fakultní nemocnice. Nemusí nutně dojít k požáru na Klinice nukleární medicíny, ale stačí požár ve vedlejší budově a následná evakuace pacientů Kliniky nukleární medicíny mezi ostatní evakuované. Velitel zásahu bude v tomto případě ovlivněn zprávami od zasahujících jednotek PO, které uvedou, že na místě události, nedošlo k úniku žádných nebezpečných látek. Velitel zásahu bude nucen změnit celou taktiku zásahu, protože dle vnitřních směrnic HZS MSK se bude jednat o zásah na radioaktivní čili nebezpečnou látku. Při zakouření oddělení zplodinami požáru, není možné vyloučit, že pacienti, kteří jsou mobilní neotevřou okna na svých pokojích a tím nedojde ke vniknutí kouře do pokojů pacientů přes otevřená okna. Tento jev je častým úkazem, a to nejenom při zásazích v nemocničních zařízeních, ale v podstatě, u

kteréhokoliv zásahu. Poté se z pacientů, kteří nebyli ohroženi ani požárem, ani jeho zplodinami stávají pacienti, které je nezbytné evakuovat.

Evakuované osoby se budou soustřeďovat v místě neohroženém požárem.

Znění tohoto paragrafu evakuačního plánu je naprosto jednoduché, ale nepochopitelné. Chybí zde jasná definice, kde je místo pro shromáždění evakuovaných osob. Je jedno, zda se jedná o požár, nebo jinou mimořádnou událost, která ohrožuje chod Kliniky nukleární medicíny. Pokud není dán jasný harmonogram a místo, kam se soustřeďují osoby evakuované z místa mimořádné události, bude docházet ke zmatkům a nejasnostem během provádění evakuace, protože bude s pacienty manipulováno bezúčelně tam a zpět. Místo pro evakuované osoby je dáno v každém evakuačním plánu základní školy, není tedy možné, aby ve zdravotnickém zařízení, ve kterém je vysoká pravděpodobnost soustředění imobilních pacientů, nebylo jasně dáno místo soustředění evakuovaných osob.

Podle rozsahu požáru je možné evakuovat:

- do nižšího podlaží Kliniky nukleární medicíny
- do jiného objektu Fakultní nemocnice Ostrava

Předchozí text uvádí nižší patra pod požárem zasaženým patrem, jako vhodné místo pro soustředění evakuovaných pacientů. Nezáleží na tom, zda se jedná o pacienty mobilní nebo imobilní. Nezbytnou součástí evakuace, která je popsána i výše v textu je nutnost zabezpečit monitoring nižších pater Kliniky nukleární medicíny, protože šíření požáru, nebo jeho zplodin je možné také v nižších podlažích kliniky. Nastalá skutečnost je mnohdy opomíjena, jak vedoucím evakuace, stejně jako velitelem zásahu, který převezme velení od vedoucího evakuace. V případě požáru malého rozsahu není potřebné

zajišťovat místa na jiných odděleních v rámci Fakultní nemocnice. Ovšem, pokud by kliniku ohrožoval velký požár, nebo pokud dojde k zakouření prostor kliniky zplodinami hoření, považuje se za nutnost provést evakuaci na jiná oddělení Fakultní nemocnice.

Případný další přesun pacientů se bude řídit nařízením vydaným Krizovým štábem nemocnice.

Krizový štáb nemocnice zasedne v případě mimořádné události velkého rozsahu. Drobné události, které se odehrávají na Klinice nukleární medicíny, zůstávají v gesci velitele zásahu, který je předurčen k řízení zásahu na místě události. Je to právě velitel zásahu, který musí vydávat rozhodnutí o provedení evakuace o přesunu pacientů, i když tato situace by měla být plně v kompetenci pracovníka krizového štábu, nebo alespoň minimálně na pracovníkovi Kliniky nukleární medicíny. Pracovníci krizového štábu ve většině případů jsou schopni rozhodnout v pracovní době, ale jejich shromáždění na místě události mimo pracovní dobu je komplikovanou záležitostí. Zodpovědnost je přelita na KOPIS, nebo velitele zásahu. Tato skutečnost značně omezuje velitele zásahu při řízení události. Požár na Klinice nukleární medicíny neznamena pro velitele zásahu běžný požár, ale musí rovněž uvažovat o možném scénáři úniku nebezpečných látek. V tomto případě látek radioaktivních. Zjištěna skutečnost znamená, účast dalších sil a prostředků, které jsou potřebné pro zdolání vzniklé mimořádné události.

Kontrolu počtu evakuovaných osob provede osoba, kterou určí vedoucí evakuace.

Po provedené evakuaci není nutné provést pouze kontrolu počtu evakuovaných, ale je nutné zaznamenat jména evakuovaných a místo, odkud jejich evakuace proběhla. Vedoucí evakuace určí osobu ze zdravotnického

personálu, který tuto evidenci provádí do příjezdu Policie České republiky. Po jejich příjezdu je vhodné předat evidenci evakuovaných osob do jejich kompetence. Pokud na místo události nebude vyslán HZS MSK, bude provádění evakuace plně v kompetenci vedoucího evakuace. Po příjezdu HZS MSK bude evakuace řízena velitelem zásahu, který si na místo události povolá PČR, která bude odpovědná za evidenci evakuovaných osob.

V případě požáru v blízkosti zdrojů ionizujícího záření anebo na pracovišti se zdroji IZ se postupuje dle vnitřního havarijního plánu.

Na Klinice nukleární medicíny je možno se setkat se zdroji ionizujícího záření v podstatě v každé části kliniky. Jsou zde přípravné radiofarmak, která jsou připravována speciálně na míru jednotlivým pacientům. Samozřejmě jsou zde používány také uzavřené zdroje ionizujícího záření, které využívá nukleární medicína pro zobrazovací metody. V případě požáru v těchto částech kliniky, je na nutné, aby zasahující jednotky PO pracovaly vždy s ochranou dýchacích cest. Po dosažení likvidace požáru se zásah soustředí na průzkum, kterým je nutno zjistit stav, v jakém se po požáru nachází otevřené i uzavřené zdroje ionizujícího záření. Toto opatření bude provedeno bezprostředně po likvidaci požáru, aby mohla být určena další taktika zásahu. Velitel zásahu musí zachovat postupy a nařízení, která jsou zpracována ve vnitřním havarijním plánu Kliniky nukleární medicíny.

První pomoc poskytují zdravotničtí zaměstnanci Fakultní nemocnice Ostrava.

Výše zmíněný bod je samozřejmě jednoduše splnitelný, neboť v objektech zdravotnického zaměření, jakým Fakultní nemocnice bezesporu je, se předpokládá dostatek zdravotnického personálu, který bude moci poskytnout kvalifikovanou první pomoc. Soustředění a povolání těchto osob na místo

určení, musí znovu být jednoznačně zakomponováno do směrnic Fakultní nemocnice Ostrava. Zaměstnanci určení k provádění první pomoci by měli kontaktovat vedoucího evakuace a od něj obdržet patřičné instrukce. Po příjezdu jednotek PO na místo události vedoucí evakuace může požádat o poskytování předlékařské pomoci příslušníky HZS MSK. Toto řešení je nevhodné, protože příslušníci HZS MSK se soustředí na lokalizaci a likvidaci požáru.

Osoby, které potřebují ošetření v nemocnici, budou hospitalizovány, na příslušném zdravotnickém pracovišti Fakultní nemocnice Ostrava.

Pro případ požáru, jehož rozsah nepřekročí hranice jedné místnosti, části oddělení nebo několika místnosti na oddělení se nedá předpokládat zvýšený počet pacientů, kteří potřebují ošetření. Většinou se včasnou evakuací podaří počet těchto osob snížit na minimum. Takže k ošetření postačí personál oddělení, kde k události došlo. Při požáru velkého rozsahu se bude předpokládat velké množství pacientů, ale také zaměstnanců, jež budou ošetření vyžadovat. Je proto nezbytné na toto pamatovat a vyčlenit zdravotnický personál, který bude v části nemocnice neohrožené požárem, nebo zplodinami hoření očekávat přísun osob k ošetření. Při zvláště závažné situaci jsou ve městě Ostrava k dispozici další zdravotnická zařízení, jejichž kapacita by byla využita.

Evakuaci a případný transport radioaktivních látek a generátoru provádí členové HZS MSK.

Případný transport bude skutečně provádět HZS MSK. Tento bod hovoří o pracovnících, ale transport budou provádět příslušníci HZS MSK. Konkrétně to budou příslušníci chemické laboratoře ve Frenštátě pod Radhoštěm, kteří jsou odborně způsobilí k manipulaci se zdroji ionizujícího záření.

Evakuace materiálu a věcí se nepředpokládá. Provádí se až po skončení evakuace osob.

Evakuace osob je vždy nadřazena evakuaci materiálu. Není zde zmíněno, o jaký materiál se jedná. Pokud jde o přístrojové vybavení, jehož hodnota se pohybuje v řádech milionů korun, je nutné, aby tato skutečnost byla sdělena veliteli zásahu, který může už i během hasebních prací, v případě, že je ukončena evakuace a má dostatek sil a prostředků k likvidaci požáru, soustředit družstvo, které bude provádět evakuaci přístrojového vybavení. Na klinice je předpokládán výskyt radioaktivních látek, jejich případná evakuace je na zvážení. Je potřeba zhodnotit, které riziko je přípustnější. Zda ponechat látky na místě anebo soustředit síly a prostředky k jejich evakuaci a ohrozit zasahující příslušníky možnou kontaminací.

Evakuovaný materiál se uloží před objektem nebo na jiném místě Fakultní nemocnice Ostrava. Evakuovaný materiál střeží osoba určená vedoucím evakuace.

Evakuovaný materiál je možné uložit před objektem kliniky pouze v tom případě, že je zde přítomna osoba, která bude provádět hlídání tohoto materiálu. V rámci města Ostravy by touto osobou mohla být vždy Městská policie Ostrava. Není rozumné se spoléhat na soukromé osoby, zvláště pokud je mezi evakuovaným materiálem zdroj vykazující radioaktivní záření, nebo přístrojové vybavení s nevyčíslitelnou hodnotou. Je nutné mít na paměti, že zodpovědnost za celý zásah nese velitel zásahu, který by samozřejmě nesl zodpovědnost za případnou ztrátu nebo odcizení evakuovaného materiálu. U takového materiálu je vhodné určit místo, kam materiál bude převezen a uzamčen. Samozřejmě za dohledu minimálně Městské policie Ostrava, ne-li Policie státní.

7 ZÁVĚR

Každá země má v dnešní době několik důležitých priorit. Tou nejdůležitější je bezesporu bezpečnost svých obyvatel. Už v úvodu této práce jsem zmiňoval moderní technologie, které byly jistě primárně vytvořeny právě proto, aby lidstvu pomáhaly a ulehčovaly práci. Ale ne vždy se dostanou do ruky tyto mocné nástroje moderní doby tomu správnému člověku. A pak už je jen krůček ke katastrofě.

Například na internetu lze velmi jednoduše najít návody, jak připravit různé druhy zbraní pro vytvoření paniky a bezmoci obyvatelstva. Terorismus je problém, který bohužel nikdy nezmizí. A míst, která jsou kritická, má každá země mnoho.

Jedním takovým zranitelným bodem nebo místem jsou nemocnice. Ahlavně lidé v nich. Ať už se jedná o personál nebo pacienty, vždy jde o jejich bezpečnost. V takovýchto zařízeních může dojít k mimořádné události ze dvou základních důvodů. Tím prvním je již zmiňovaný teroristický útok. Ten je veden účelově, a lidé, kteří jej zrekonstruují, jsou pro společnost tou největší hrozbou.

A dalším důvodem, kdy může vzniknout mimořádná událost, je lidský faktor. Chybuje každý z nás, ale ne za účelem škodit. Tyto chyby ovšem vedou k tomu, že je ohrožena bezpečnost lidí, kteří se v daný moment nacházejí v příslušném objektu. Tím je v našem případě nemocnice, kde by mohlo dojít k úniku radioaktivních látek vlivem nehody, jako je například požár.

Každá nemocnice, kde se nachází pracoviště nukleární medicíny, musí mít dle platných zákonů příslušnou dokumentaci, která je jakýmsi návodem pro

řešení krizových situací. Cílem je pak vypracovat plány, u kterých je nutností ověřit jejich funkčnost v praxi.

A právě toto mělo být cílem této diplomové práce. Rozebrat stávající evakuační plán kliniky nukleární medicíny v Ostravě, a najít vylepšení, která by vedla k zefektivnění v případě mimořádné události s únikem radioaktivních látek. Dle mého názoru se tak stalo, a věřím, že se toto vylepšení uvede do praxe a to tím, že realizací tohoto se ukáže koordinovanější a rychlejší práce všech záchranných složek.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CAS	Cisternová automobilová stříkačka
CT	computed tomography (výpočetní tomografie)
ČR	Česká republika
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EPS	Elektronicky protipožární systém
F-M	Frýdek-Místek
HZS ČR	Hasičský záchranný České republiky
HZS MSK	Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje
CHA/TA MB	Chemický automobil/Technický automobil Mercedes Benz
IZ	Ionizující záření
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
MAAE	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
PČR	Policie České republiky
PO	Požární ochrana
PPLA MB	Protiplýnový automobil Mercedes Benz
SPECT	Jednofotonová emisní výpočetní tomografie

SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
ŠVZ HZS ČR	Školní výcvikové a vzdělávací zařízení Hasičského záchranného sboru České republiky

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. KLENER, Vladislav, Principy a praxe radiační ochrany, ed. 1., Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000, ISBN 80-238-3703-6.
2. ULLMAN, Vojtěch, Jaderná a radiační fyzika: Radioaktivita [online]. 2005. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>.
3. ŠVEC, Jiří, Radioaktivita a ionizující záření, Doplnující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením. Ostrava: [s.n.], 2005. 35 s. ISBN 80-86634-62-0.
4. MIKA, Otakar, POLÍVKA, Lubomír, Radiační a chemické havárie, ed.1, Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010, ISBN 978-80-7251-321-5
5. ULLMAN, Vojtěch, Jaderná a radiační fyzika: Radionuklidy [online]. 2005. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>.
6. ULLMAN, Vojtěch, Jaderná a radiační fyzika: Radionuklidy [online]. 2005. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm>.
7. KOLEKTIV AUTORŮ, Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření, ed. 1., Ostrava: Dům techniky Ostrava, 2003, ISBN 80-02-01529-0
8. ULLMAN, Vojtěch, Jaderná a radiační fyzika: Radionuklidy [online]. 2005. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika3.htm>.
9. Státní ústav radiační ochrany, 2017, Principy radiační ochrany. [online]. Dostupné z: <http://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/principy-radiacni-ochrany>.
10. ULLMAN, Vojtěch, Radiobiologie, radiační ochrana: Radiační ochrana [online]. 2005. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm>.

11. sujb.cz [online]. 2016. Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
Dostupné z: <http://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo/>
12. Obecné informace o radioaktivitě a radiační ochraně [online]. 2012. Klinika nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK a FN Motol.
Dostupné z: <http://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/cast-pro-dospELE/klinika-nuklearni-mediciny-a-endokrinologie-uk-2-l/oddeleni-radiologicke-fyziky/obecne-informace-o-radioaktivite-a-radiacni-ochran/>
13. ULLMAN, Vojtěch, Jaderná a radiační fyzika: Radionuklidy [online]. 2005.
Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm>.
14. Klinika nukleární medicíny [online]. 2009. Klinika nukleární medicíny FNO a LF OU.
Dostupné z: <http://www.fno.cz/klinika-nuklearni-mediciny>.
15. Česko. Zákon č. 263/2016 Sb. O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon).
Dostupné z: <http://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo/>
16. hzscr.cz [online]. 2006. Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR – částka 30/2006. Řád chemické služby HZS ČR.
Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/predpisy-994648.aspx>.
17. hzscr.cz [online]. 2001. Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR a náměstka ministra vnitra – částka 40/2001. Bojový řád jednotek PO. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx>
18. MATOUŠEK, J., OSTERREICHER, J., LINHART, P.: CBRN, jaderné zbraně a radiologické materiály, Ostrava: SPBI, 2007, ISBN 978-80-7385-029-6.

19. MATOUŠEK, J., URBAN, I., LINHART, P.,: CBRN, detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace, Ostrava: SPBI, 2008. ISBN 978-80-7385-048-7.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr.1 - Základní obecné schéma radioaktivní přeměny [2]	15
Obr.2 - Základní schéma přeměny α [2].....	16
Obr.3 - Základní schéma přeměny β^- [2].....	17
Obr.4 - Základní schéma přeměny β^+ [2].....	17
Obr.5 Základní schéma elektronového záchytu [2].....	18
Obr.6 - Základní schéma záření γ [2].....	19
Obr.7 - Starý a nový symbol radioaktivity [4]	21
Obr.8 - Zjednodušené schéma lineárního urychlovače elektrostatického [5]	23
Obr.9 - Zjednodušené schéma lineárního urychlovače vysokofrekvenčního [5]	23
Obr.10 - Schematické znázornění betatronu [5]	24
Obr.11 - Schematické znázornění vybraných procesů a jejich časové posloupnosti při účincích ionizujícího záření na živou tkáň [6]	26
Obr.12 - Základní schéma jaderné reakce vyvolané částicí ostřelující jádro [8] ...	28
Obr.13 - Interakce neutronu s nízkou energií a jádra uranu [8].....	30
Obr.14 - Hlásič kouře [vlastní]	31
Obr.15 - Závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření-pravděpodobnost výskytu pro stochastické účinky [10]	38
Obr.16 - Závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření-závažnost poškození pro deterministické účinky [10].....	38
Obr. 17- schematické znázornění celého procesu scintigrafického vyšetření[13].....	43
Obr. 18- Princip snímání scintigrafických vyšetřovacích objektů Ω pod různými úhly rotující kamerou SPECT a jejich počítačové rekonstrukce do výsledného obrazu Ω příčného řezu tímto objektem [13]	44
Obr.19 - Pohybová izocentrická radioterapie kolimovaným svazkem záření gama[13].....	45

Obr.20 - Osobní dozimetr SOR/R-20 verze DMC[vlastní]	57
Obr.21 - Zásahová dozimetr Ultra-Rád 115[vlastní].....	58
Obr.22 - Zásahový radiometr DC-3H-08 model K0733-01[vlastní]	59
Obr.23 - Zásahový radiometr DC-3E-98[vlastní]	60
Obr.24 - Vymezení zón v místě mimořádné události [16]	61