

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

**Organizace třídění a léčby vnitřně kontaminovaných při radiální  
události v řízení Krajského krizového štábu**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

pplk. prof. MUDr. Jan Österreicher, Ph.D.

Autor:

Martina Jansová

4. května 2009

## **Abstrakt**

### **Organization of Triage and Treatment of the Internally Contaminated during a Radiation Incident under the Direction of the Regional Crisis Management**

The use of ionizing radiation involves risk of a radiation incident. Nowadays, it is not possible to rule out the misuse of radionuclides for terrorist attacks. I wrote this work because I had been wondering if the individual sections of the Regional Crisis Management are able to react to this type of threat. If a radiation incident happens, it is crucial for the effective management of the situation that the individual parts of the Integrated Emergency System cooperate smoothly with the Regional Crisis Management. Every region is legally bound to prepare incident plans outlining scenarios for dealing with various emergency situations including the misuse of radionuclides. In regions, where there are no major nuclear stations, the incident plans are conceived and formulated rather generally as there is no particular place which could witness a radiation incident. Also, there is no set sequence of events which could be considered a typical pattern and serve as a basis for the conception of incident plans. Nuclear stations have to adjust the formulation of their emergency plans to the particular type of their construction and they have to take into consideration various ways of radionuclides escape. During radiation incidents, it is the population that is affected the most. The impact is not only health-related, but also social, economical, infrastructural etc.

Working on this paper, I set myself two goals. The first goal was a proposal regarding the organization of triage and treatment of patients internally contaminated by radionuclides on a regional level. The second goal was to identify the missing mechanisms and resources for the adequate reaction to the threat of radionuclides misuse. Both goals were successfully reached by applying the military rules and regulations within the civilian setting. In the text, I discuss various means that could be, in my opinion, used by the Integrated Emergency System. Inquiring into the state of equipment of the bodies taking part in dealing with emergency situations, I verified the validity of my hypothesis: the current resources are sufficient for an adequate reaction

of the Regional Crisis Managements in case of misuse of radionuclides. As for the expertise, the sections which I checked during my research have not been through any kind of training in the past couple of years. Therefore, their knowledge of appropriate reaction is not sufficient. If the misuse affected only a small group of people and the environment were not affected, the extant sources would suffice, in my opinion, to deal with the threat. However, if the misuse of radionuclides would happen on a large scale and the environment were affected, we have every reason to worry that these resources would not be sufficient. There would be personal lack as well as material shortage. In such case it would be necessary to call the army of the Czech Republic into action as it has specialized teams equipped for emergency situations involving a large number of civilians whose members are continually trained how to act in the event of a large-scale incident.

Therefore, I recommend establishing a mechanism of regular training of the IES workers in the field of radiobiology.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Organizace třídění a léčby vnitřně kontaminovaných při radiační události v řízení Krajského krizového štábu“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích .....

.....

Podpis studenta

## Poděkování

Děkuji pplk. prof. MUDr. Janu Österreicherovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnutí cenných rad při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Vladimíru Soukupovi, Liboru Bohdaneckému a Jiřímu Folvarskému za poskytnutí informací a materiálů.

## Obsah

Úvod.....	8
1. Současný stav.....	9
1.1 Dávkové limity .....	9
1.2 Deterministické a stochastické účinky.....	9
1.3 Radiační nehoda, radiační havárie .....	9
1.4 Radiační havárie .....	10
1.5 Příčiny vzniku a trvání krizové situace.....	10
1.6 Klasifikace mimořádných radiačních událostí.....	11
1.7 Vyhlášení mimořádné události .....	12
1.8 Zóna havarijního plánování .....	13
1.9 Havarijní plány .....	13
1.10 Povětrnostní podmínky .....	14
1.11 Ochranná opatření v případě radiační události .....	14
1.12 Provádění zásahu .....	16
1.13 Opatření při vzniku radiační události.....	16
1.13.1 Získání zdroje pod kontrolu, zamezení šíření kontaminace .....	16
1.13.2 Ukrytí obyvatelstva.....	17
1.13.3 Evakuace obyvatelstva.....	17
1.13.4 Jodová profylaxe.....	17
1.14 Dopady radiační události .....	18
1.15 Dopad radiační havárie na jednotlivé oblasti zásobování.....	18
1.16 Ostatní dopady .....	18
1.17 Krajský krizový štáb .....	19
1.18 Integrovaný záchranný systém (IZS).....	19
1.19 Složky IZS .....	19
1.20 Ostatní složky IZS: .....	20
1.21 Řízení IZS .....	21
1.22 Povolání armády k záchranným pracím.....	22
1.23 Náplň práce IZS při zneužití radionuklidů .....	22

1.24	Zneužití radioaktivních látek proti obyvatelstvu .....	23
1.25	Vnitřní ozáření .....	24
1.26	Složitost výpočtu dávek u vnitřního ozáření.....	25
1.27	Biokinetické modely .....	25
1.28	Kontaminace .....	25
1.29	Prostředky vnitřní dekontaminace .....	26
1.30	Organizace třídění.....	26
1.31	Třídění vnitřně postižených osob.....	27
1.32	Dekontaminační proces.....	28
1.33	Radionuklidy.....	29
1.33.1	Americium .....	29
1.33.2	Californium.....	29
1.33.3	Cér.....	30
1.33.4	Césium .....	30
1.33.5	Jód.....	31
1.33.6	Kobalt.....	31
1.33.7	Olovo .....	32
1.33.8	Plutonium.....	32
1.33.9	Rádium.....	33
1.33.10	Rtuť .....	33
1.33.11	Skandium .....	33
1.33.12	Směs štěpných produktů .....	34
1.33.13	Sodík .....	34
1.33.14	Stříbro .....	35
1.33.15	Stroncium.....	35
1.33.16	Thorium .....	36
1.33.17	Tritium .....	36
1.33.18	Uhlík .....	37
1.33.19	Uran .....	37
2.	Cíle práce a hypotézy.....	38

2.1	Cíle práce .....	38
2.2	Hypotézy .....	38
3.	Metodika .....	39
3.1	Metodika práce .....	39
4.	Výsledky .....	42
5.	Diskuse.....	44
6.	Závěr .....	48
7.	Klíčová slova .....	49
8.	Seznam použitých zdrojů.....	50
9.	Přílohy.....	52



## Úvod

Téma bakalářské práce zní „Organizace třídění a léčby vnitřně kontaminovaných při radiační události v řízení Krajského krizového štábu“.

V současné době, je využíváno ionizujícího záření, ať už v průmyslu, zdravotnictví či ve výzkumu. Tato skutečnost sebou nese možnost rizika radiační nehody či havárie. Bohužel, radiační události se netýkají jen jaderných elektráren a provozoven pracujících s radioaktivním materiálem, kde je výskyt havárie možný, ale dost nepravděpodobný. V dnešní době není možné vyloučit zneužití radionuklidů při teroristických útocích. Pokud nastane radiační událost, je z hlediska správného zvládnutí celé krizové situace, dobrá spolupráce jednotlivých složek integrovaného záchranného systému s krizovým štábem kraje.

Neexistuje totiž jediný vzorový sled událostí, který by mohl sloužit jako základ pro tvorbu havarijních plánů. Jaderná zařízení musí vycházet při tvorbě plánů z konkrétního typu zařízení a musejí brát v úvahu různý únik radionuklidů. V krajích, kde nejsou velká jaderná zařízení jsou havarijní plány konstruovány dosti obecně, nedá se přesně předpokládat místo, kde by se radiační událost mohla vyskytnout. Plány jsou vypracovávány s následnými kroky k řešení takovéto situace v daném kraji.

Radiační havárie je neplánovanou situací, která se musí neodkladně řešit a nejen díky vypracovaným plánům by měli být složky IZS a krajský krizový štáb, schopny rychle řešit nečekanou situaci. Při radiační události bývají postiženi nejen lidé nacházející se v těsné blízkosti, ale také obyvatelstvo, na které bude mít dopad sociální, ekonomický, infrastrukturní a mnoho dalších. Jednou z nejdůležitějších věcí při havárii je dobrá organizace zásahu a všech složek IZS.

Zajímalo mě, zda jsou složky IZS na krajské úrovni připraveny a vybaveny na možnost vzniku radiační události po zneužití radionuklidů a jaké jsou znalosti složek v oblasti radiobiologie. Jakým způsobem by bylo organizováno třídění osob po ozáření a kam by byly transportovány vnitřně ozářené osoby. Nejen z těchto důvodů, jsem si vybrala téma své bakalářské práce, ale i proto, že mě problematika radiačních událostí zaujala při hodinách radiobiologie.

## **1. Současný stav**

### **1.1 Dávkové limity**

Dávkové limity se dělí pro civilní obyvatelstvo a pro pracovníky se zdroji ionizujícího záření. Limit pro civilní obyvatele je o hodnotě 1mSv/rok a na limit pro pracovníky s ionizujícím zářením je o hodnotě 100 mSv/5 let.

Při řešení radiačních nehod a havárií, v prvních fázích princip osobních limitů dávek neplatí, protože je v prvních okamžicích nutné rychle dostat zdroj záření pod kontrolu.

Rozhodnutí o překročení osobního dávkového limitu v takové situaci záleží pouze na vlastním rozhodnutí zasahujícího pracovníka. Dále princip limitů dávek neplatí u ozáření osob při léčbě onemocnění. (2)

### **1.2 Deterministické a stochastické účinky**

Ozáření člověka může vyvolat chorobné změny projevující se v průběhu dnů, týdnů nebo v průběhu roků či desetiletí. Toto zjištění vedlo v minulosti k rozlišování časných a pozdních následků ozáření. Účinky ionizujícího záření se dělí na deterministické, kdy při dosažení určité dávky ionizujícího záření nastává zákonitě určitý efekt. Oproti tomu u stochastických účinků se stoupající dávkou stoupá pravděpodobnost poškození.

Deterministické účinky jsou podmíněny buněčnými ztrátami v důležitých buněčných populacích (týkají se velkého počtu buněk). U deterministických účinků se předpokládá existence projevů (klinické příznaky) zjistitelných zevním pozorováním. Pro stochastické účinky je patogenetickým podkladem na buněčné úrovni v širším slova smyslu mutace. Účinek se zprvu týká jen jedné buňky. (14)

### **1.3 Radiační nehoda, radiační havárie**

Základní rozdělení mimořádných situací je rozdělení na radiační nehody a radiační havárie. Radiační nehodou se rozumí událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřipustné ozáření osob. Jako radiační havárii označujeme potom radiační nehodu, která vyžaduje opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí. (14)

#### **1.4      *Radiační havárie***

Dle zákona č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, ve znění pozdějších předpisů je radiační havárií taková událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek, ionizujícího záření a nebo nepřipustné ozáření fyzických osob jejichž následky vyvolají naléhavá a neodkladná opatření, která mají za úkol ochránit obyvatelstvo a životní prostředí. Po radiační havárii vzniká krizová situace. Radiační události jsou, dle vyhlášky č. 318/2002 Sb., rozděleny do tří stupňů. Jednotlivé rozdělení je popsáno v části klasifikace mimořádných radiačních událostí. (5)

#### **1.5      *Příčiny vzniku a trvání krizové situace***

Radiační havárie na území ČR se spíše týkají vzniku v souvislosti s jadernými elektrárnami, které jsou na našem území zatím dvě - jaderná elektrárna (JE) Dukovany a JE Temelín. Možné příčiny vzniku radiační havárie obsahují materiály, které vypracovává ČEZ.

Materiály, které vypracovává ČEZ jsou na základě dokumentů schvalovaných Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB). SÚJB vykonává státní správu a dozor nad zařízeními a všemi, kteří využívají jadernou energii nebo ionizující záření. Působnost SÚJB je dána zákonem č. [18/1997 Sb.](#), o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) ve znění pozdějších předpisů, zákonem č. [19/1997 Sb.](#) o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a o změně a doplnění zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 140/1961 Sb., trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů, a zákonem č. 281/2002 Sb. o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o změně živnostenského zákona.

Na základě atomového zákona SÚJB například schvaluje dokumenty vztahující se k zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany. Dále schvaluje dokumenty havarijních řádů k přepravám jaderných materiálů a vybraných radionuklidových

zářičů, vnitřních havarijních plánů jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření. (7), (5)

Radiační havárie vzniká na základě vnější nebo vnitřní příčiny.

Mezi vnitřní příčiny je možné zařadit:

- selhání lidského faktoru
- opotřebení materiálu
- poškození ochranných mechanismů
- přístrojové selhání řídicího střediska
- nedodržení platných předpisů

Provozovatel JE je povinen vypracovat tzv. vnitřní havarijní plán a havarijní řád. Dle zákona č. [18/1997 Sb.](#), o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) ve znění pozdějších předpisů, je tento havarijní plán povinen vypracovat každý provozovatel používající významný zdroj ionizujícího záření. Za příčinu vzniku radiační havárie z vnějších příčin se dá označit možná teroristická hrozba v podobě zneužití radionuklidu jako je například:

- použití špinavé bomby
- odcizení či odklonění štěpného materiálu
- fyzický útok či sabotáž
- obsazení velína (5), (8)
- popřípadě nálet velkého letadla s plnou nádrží, ale k tomuto by byla potřeba analýza na konkrétní případ, aby došlo k uvolnění radioaktivity do okolí. (8)

### **1.6 Klasifikace mimořádných radiačních událostí**

Klasifikace mimořádných událostí se člení do tří stupňů aby bylo možné posoudit závažnost mimořádné radiační události. Tato klasifikace je používána především v zařízeních využívajících jadernou energii, přestože je výskyt radiační události nepravděpodobný není vyloučený. Při zneužití radionuklidů by se jednalo nejspíše rovnou o třetí stupeň.

Prvním stupněm je charakterizována radiační událost, která je na daném pracovišti. Má lokální charakter, může při ní dojít k nepřijatelnému ozáření fyzických osob (zaměstnanců) a k nepřijatelnému uvolnění radioaktivních látek do prostoru jaderného zařízení nebo pracoviště. Při vzniku takovéto mimořádné radiační události jsou dostačující síly a prostředky na jejím řešení v rámci obsluhy zařízení nebo pracovní směny. U této události nedochází k úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Tato mimořádná událost prvního stupně může být radiační nehodou.

Druhým stupněm je klasifikována mimořádná událost, při které může dojít k nepřijatelnému ozáření zaměstnanců a dalších osob, nebo je spojena s nepřijatelným únikem radioaktivních látek do životního prostředí při kterém není nutné uplatňovat opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí. K řešení tohoto druhu události jsou dostačující síly a prostředky držitele povolení popřípadě členů hasičského záchranného sboru. Událost druhého stupně je radiační nehodou.

Třetím nejvyšším stupněm, je radiační událost, při které dochází k nepřijatelnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí a musí být uplatňovány opatření na ochranu obyvatelstva. Opatření na ochranu obyvatelstva jsou uplatňována dle havarijního plánu kraje. Událost třetího stupně je radiační havárií. Na řešení dané události se podílejí nejen zasahující osoby držitele povolení, ale i organizace zanesené v krizovém plánu daného kraje. (10)

### **1.7 Vyhlášení mimořádné události**

Vyhlášení mimořádné události v JE zahrnuje varování zaměstnanců a dalších osob, které se provádí bez zbytečných odkladů.

Při mimořádné události prvního a druhého stupně se provádí oznámení Úřadu pro jadernou bezpečnost co nejdříve, nejpozději však do 24 hodin od zjištění mimořádné události prvního stupně a do 4 hodin od zjištění mimořádné události druhého stupně.

Mimořádná událost druhého stupně spojená s nepřijatelným uvolněním radioaktivních látek do životního prostředí se oznamuje místně příslušnému obecnímu úřadu. Oznámení probíhá prostřednictvím operačního střediska hasičského záchranného

sboru kraje podle zvláštního právního předpisu. Provádí se bez zbytečného odkladu, nejpozději však do 4 hodin od jejího zjištění.

Bez odkladu se oznamuje obecnímu úřadu prostřednictvím operačního střediska hasičského záchranného sboru kraje vznik mimořádné události třetího stupně. Dále se bez odkladu oznamuje mimořádná událost třetího stupně Úřadu pro jadernou bezpečnost a orgánům určených vnitřním havarijním plánem.

Varování obyvatelstva probíhá při vzniku mimořádné události třetího stupně v zóně havarijního plánování. (10)

### **1.8 Zóna havarijního plánování**

Tato zóna je charakteristická zejména pro jaderně energetická zařízení a u jiných pracovišť se její stanovení předpokládá jen zcela výjimečně. Zóna havarijního plánování se podle nových doporučení IAEA (mezinárodní agentura pro atomovou energii) dále dělí na:

- zónu automatického přijetí neodkladných ochranných opatření po varování,
- zónu, kde se plánují neodkladná ochranná opatření,
- zónu, kde se plánují následná ochranná opatření.

Provozovatel pracoviště se zdroji ionizujícího záření zodpovídá za:

- neodkladná opatření zmírňující dopady havárie,
- ochranu lidí v areálu pracoviště,
- vyrozumění příslušných úřadů a poskytnutí všech potřebných informací, a doporučení
- technické pomoci
- varování obyvatelstva v okolí pracoviště. (14)

### **1.9 Havarijní plány**

Všechna zařízení která manipulují se zdroji ionizujícího záření ať nemocnice či jaderné elektrárny musí mít připravený havarijní plány, jak postupovat při vzniku radiační nehody. Neexistuje však jediný vzorový sled událostí, který by mohl sloužit

jako základ pro tvorbu havarijních plánů. Havarijní plány musí vycházet z konkrétních typů zařízení a potenciálů pro únik radionuklidů. (14)

### **1.10 Povětrnostní podmínky**

V lokalitě, kde se radiační havárie stane, záleží z velké míry na povětrnostních podmínkách v danou dobu. Podle povětrnostních podmínek se dá předpokládat, jakým směrem se bude například šířit radioaktivní stopa.

Pokud nastane jaderný výbuch ve vzduchu dochází k nepatrnému zamoření terénu v místě výbuchu. Při pozemním jaderném výbuchu se do radioaktivního mraku zvedne poměrně velké množství zeminy, která je také radioaktivní. Tato zemina postupně spadá na terén, čemuž se říká radioaktivní spad. Spádem zeminy z mraku se vytváří radioaktivní stopa.

V zóně havarijního plánování jaderné elektrárny je důležité znát přibližný scénář, jak se budou kontaminované mraky dále šířit nad dalšími oblastmi. Plány tohoto typu jsou vypracovávány dopředu pro případ radiační události.

V případě zneužití radionuklidů jsou zjišťovány povětrnostní podmínky na místě zásahu a je následně vypracován plán radioaktivní stopy. Doba trvání radiační události může být několik hodin až několik dnů. Charakter trvání závisí na rozsahu poškození JE, či na typu radionuklidu použitého při teroristickém útoku, dále na množství a složení uniklého radionuklidu do životního prostředí a na prováděných pracích. (7), (9)

### **1.11 Ochranná opatření v případě radiační události**

Důležité je:

- omezovat osobní a kolektivní dávky,
- získat kontrolu nad radioaktivními látkami, životním prostředím a vrácení situace do normálu.

Pro dosažení těchto cílů jsou využívána ochranná opatření. Účinnost jednotlivých opatření je závislá na konkrétních podmínkách dané radiační události. V tabulce 1.1. je nastíněna cesta ozáření a k ní ochranné opatření. (14)

**Tabulka 1.1 přehled cest ozáření a ochranných opatření**

Cesta ozáření	Ochranná opatření
Zevní ozáření ze zdroje, oblaku nebo z radionuklidů deponovaných na povrchu terénu	Kontrola pohybu osob, stínění, ukrytí, evakuace
Povrchová kontaminace osob	Ochranný oděv
Inhalace radionuklidů jódu z oblaku	Jodová profylaxe
Povrchová kontaminace	Dekontaminace osob a oděvů
Ingesce radionuklidů	Zásahy do potravinových řetězců a zásobování vodou: - zákaz spotřeby - úprava potravin a vody - omezení pohybu radionuklidů v potravinovém řetězci - alternativní krmiva - chemické vázání radionuklidů - hluboká orba a další změny zemědělských technologií
Inhalace nesuspendovaných radionuklidů	Dočasná fixace radionuklidů v půdě (kropení vodou)
Zevní ozáření z radionuklidů deponovaných na povrchu terénu	Přesídlení

*Zdroj: Principy a praxe radiační ochrany - viz. seznam použitých zdrojů č. 14*



## **1.12 *Provádění zásahu***

Činnost vykonávaná při mimořádné události a provádění zásahu v zařízeních využívajících ionizujícího záření či v JE nebo při zneužití radionuklidů se zaměřuje na zamezení rozvoje, zmírnění škod na minimum a k získání zdroje ionizujícího záření pod kontrolu. (10)

Při radiační události v JE a zařízeních používajících ionizující záření vše probíhá podle předem připravených zásahových postupů, instrukcí, výsledků monitorování a dle průběhu dané situace. Je důležité, aby řízení zásahu probíhalo tak, aby mělo více užítku než napáchalo škody. Při mimořádných událostech v takovýchto zařízeních se nesmí od vzniku události až do doby objasnění příčin manipulovat nebo jakkoli měnit nastavení přístrojů sloužících k signalizaci nebo k měření. Tyto přístroje mohou sloužit k následnému podání informací proč k mimořádné události došlo. (10)

## **1.13 *Opatření při vzniku radiační události***

### **1.13.1 *Získání zdroje pod kontrolu, zamezení šíření kontaminace***

Pracovníci pracující se zdroji ionizujícího záření jsou pravidelně proškolení, aby nakládali se zdroji záření dle stanovených podmínek, aby se v co největším možném měřítku zamezilo vzniku jakékoliv radiační události. Na každém pracovišti je ustanoven pracovník, který dohlíží na správné nakládání se zdroji ionizujícího záření, aby nedošlo k radiační události. (2), (10)

Pokud se jedná o zdroj záření nevelkého rozměru, lze použít pro ochranu pracovníků, kteří se budou podílet na likvidaci následků radiační události lokální stínění z materiálů o vysoké hustotě (ocel, olovo, beton.). Použití takového stínění je málo pravděpodobné při radiační havárii či pro ochranu obyvatelstva. Použití stínění omezuje šíření kontaminace z havarovaného zdroje. (14)

### **1.13.2 Ukrytí obyvatelstva**

Při nutnosti ukrytí je důležitá dostupnost rychlé a efektivní komunikace s dotčenými občany. Ukrytím uvnitř budovy nejlépe ve sklepních prostorech dochází k významnému snížení ozáření. Ke snížení dávek z inhalace dochází při zavření oken, dveří a vypnutí klimatizačních zařízení.

Ukrytí na delší dobu může způsobit určité společenské a ekonomické problémy a hlavně může vést k vzrůstajícímu znepokojení. Ukrytí bude zdůvodněno, lze-li jím odvrátit efektivní dávku 50 mSv za dobu, která se zdá pro ukrytí optimální. Optimální úroveň je taková, která bere v úvahu specifické okolnosti radiační události a vlastnosti daného obyvatelstva. (14)

### **1.13.3 Evakuace obyvatelstva**

Evakuace je neodkladné a dočasné odvedení osob ze zasažené oblasti. Toto opatření má za úkol zabránit vážným deterministickým účinkům a vysokému riziku účinků stochastických. Při evakuaci je nutné brát v úvahu meteorologické podmínky, denní dobu včetně dopravní situace.

Důležité je zvažovat dávky, které by osoby mohli obdržet v průběhu evakuace, zvláště pokud stále trvá hrozba unikajících radionuklidů do životního prostředí. V tomto případě se musí zvážit, zda není lepším řešením ukrytí obyvatel.

Evakuace je krátkodobým ochranným opatřením. Dlouhodobé pokračování musí být zdůvodněno přetrvávajícím rizikem. Pokud je evakuace delší než jeden týden je vhodnější uvažovat o přesídlení a provádět odpovídající zdůvodnění. (14)

### **1.13.4 Jodová profylaxe**

Jodová profylaxe je proti působení radioaktivního jódu. Radioaktivní izotopy jódu jsou vychytávány štítnou žlázou a poškozují ji. Podáváním tablet jodidu draselného (KI) se vytváří ochrana, pokud je podán do 6 hodin. S delším intervalem podání jeho ochrana klesá. Podání KI je plánováno pro všechny obyvatele v zóně havarijního plánování jaderné elektrárny. (14)

#### **1.14 Dopady radiační události**

Radiační havárie s sebou nese spoustu následných jevů jako je dopad na životy osob s následným poškozením jejich zdraví, poničení majetku, dopad na životní prostředí, různé ekonomické, mezinárodní, infrastrukturní a sociální dopady včetně nedostatků potravin, lékařského vybavení a další.

V případě radiační události se budou základní potraviny, voda, věci osobní hygieny, lékařské vybavení atd. rozdávat na příděl. Prioritou budou nemocnice a oblasti zasažené radiační událostí. Na rozsahu radiační události závisí charakter zmiňovaných dopadů.  
(7)

#### **1.15 Dopad radiační havárie na jednotlivé oblasti zásobování**

Oblast zásobování potravinami, vodou a krmivem může být různě kontaminována a proto se provádí dozimetrické měření. Kontaminace se může týkat jen určitých oblastí nebo jen některých skladů. Aby se dodržel určitý řád, dojde na regulaci vody a potravních systému včetně těch vývozních mimo ČR.

Lze totiž očekávat následný nedostatek potravin, balené vody a základních věcí v důsledků vykupování obchodů lidmi tzv. nákupní horečkou. Z tohoto důvodu je nutná již výše zmíněná regulace důležitých surovin, aby nedocházelo ke zbytečnému plýtvání. Při těchto opatřeních se suroviny dostanou k lidem, kteří je opravdu potřebují.

Oblast energetiky může být zasažena dlouhodobými výpadky elektrického proudu. Pro tyto případy mají nemocnice a výrobní podniky, které se neobejdou bez elektrické energie, záložní zdroje. Tyto zdroje jsou v dnešní době již na dieselový pohon, aby vydržely vyrábět elektrický proud i několik týdnů, pokud nenastane jejich porucha. (7)

#### **1.16 Ostatní dopady**

U některé části obyvatelstva v zóně havarijního plánování (ZHP) se může vyskytnout panika se kterou je nutné počítat. V ZHP může dojít k přechodnému zastavení provozu škol, úřadů, výrobních podniků. Dá se též předpokládat vyšší nárůst návštěv lékaře, z důvodu lidské paniky a strachu o své zdraví.

Proto je důležité, aby krizový systém informoval obyvatele pomocí informačních systémů (TV, rádio, internet, noviny), v jakých případech mají vyhledat lékaře a kdy to není nutné aby nedocházelo k zbytečnému přetížení zdravotních středisek. (7)

### **1.17 Krajský krizový štáb**

Krizový štáb kraje podléhající vedení hejtmána je pracovním orgánem při řešení krizových situací podle zákona č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a o změně některých zákonů. Hejtmán svolává krizový štáb operativně v případě krizové situace na projednání zásadních záležitosti.

Základem krizového štábu je Bezpečnostní rada kraje, která má pod svým vedením odborné pracovní skupiny zabezpečující činnost štábu a koordinaci sil nasazených do krizové situace. Bezpečnostní rada přizývá odborníky, kteří se zabývají danou problematikou krizové situace. (6),

### **1.18 Integrovaný záchranný systém (IZS)**

Pod pojmem integrovaný záchranný systém se skrývá spolupracující a koordinovaný postup všech jeho složek pro provádění záchranných a likvidačních prací při mimořádných událostech. Takovou mimořádnou událostí je například zneužití radionuklidů, nebo radiační havárie , při které bude využito integrovaného záchranného systému. IZS je využíván v situacích, kde je potřeba současně provádět záchranné a likvidační práce, kdy je použita více než jedna z těchto složek. (12)

### **1.19 Složky IZS**

- 1) Hasičský záchranný sbor České republiky
- 2) jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje
- 3) zdravotnická záchranná služba
- 4) Policie České republiky (12)

### 1.20 *Ostatní složky IZS:*

- a) vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil
- b) ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory
- c) ostatní záchranné sbory
- d) orgány ochrany veřejného zdraví
- e) havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby
- f) zařízení civilní ochrany
- g) neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím

Tyto ostatní složky IZS poskytují plánovanou pomoc na vyžádání, na základě, předem písemně domluveném, způsobu poskytování pomoci. Pokud nastane krizový stav, stávají se součástí IZS i určená zdravotnická centra, která jsou určena k péči o ozářené osoby na základě vyhlášky MZ ČR. Tato střediska mají přesně vymezený počet a indikace pro příjem postižených. Poskytují dalším zdravotnickým zařízením, podílejícím se na řešení krizové radiační situace, konzultace a metodiku léčby.

Těmito centry jsou :

- FN Královské Vinohrady, Praha

Příjem postižených ozářených s lokálními kožními projevy, s radiologicky kontaminovanými poraněními, s pozdními lokálními následky akutního ozáření.

- II. interní klinika FN Hradec Králové

Příjem je na oddělení klinické hematologie. Přijímají celotělově ozářené nebo je možné přijetí případu kontaminace radionuklidy.

- Fakultní Thomayerova nemocnice, Praha

Příjem je na oddělení genetiky, kde se provádí pouze vyšetření a diagnostika hladiny lymfocytů a z ní výpočet celotělové dávky ionizujícího záření.

- Klinika nemocí z povolání, Praha

Specializace na vnitřně kontaminované pacienty. (12), (11)

### 1.21 Řízení IZS

Pro stálou potřebu na koordinaci složek IZS jsou informační a operační střediska na která jsou svedena všechna telefonní čísla tísňového volání.

Operačními středisky jsou:

- operační střediska HZS krajů
- operační a informační středisko MV - Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR

Integrovaný záchranný systém je řízen příkazy velitele zásahu (velitel hasičského záchranného sboru).

Při koordinaci záchranných a likvidačních prací jsou složky IZS řízeny:

- starostou obce,
- hejtmanem kraje
- v Praze primátorem hlavního města Prahy
- Ministerstvem vnitra

Pokud složky IZS provádějí koordinaci záchranných a likvidačních prací, řídí se pokyny:

- starosty obce s rozšířenou působností
- hejtmana kraje
- v Praze primátora hlavního města Prahy
- Ministerstva vnitra

Za řešení následků mimořádných událostí, jejich řízení a organizaci při ochraně obyvatelstva v souladu se zákonem č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému, nesou odpovědnost ministerstva a jiné ústřední správní úřady orgány kraje, za které plní úkoly hasičský záchranný sbor kraje, hejtman, obecní úřad, starosta obce.

Řízení složek IZS se také liší podle naléhavosti stavu dané mimořádné události. Pokud je stav nebezpečí, řídí se pokyny hejtmana kraje, ale nastane-li nouzový stav nebo je-li ohrožena bezpečnost státu, jsou složky řízeny ministerstvem vnitra.(12)

### **1.22 Povolání armády k záchranným pracím**

Pokud složky IZS nemohou dostatečně zajistit svými silami záchranné práce povolává se Armáda České republiky (AČR). Vojsko se povolává na základě žádosti hejtmana, primátora, starosty obce nebo Ministerstva vnitra. Jedná-li se však o situaci, kde hrozí nebezpečí z prodlení, má právo povolat vojsko velitel zásahu nebo například velitel požární jednotky.

Využití AČR k záchranným pracím se uskutečňuje v souladu se zákonem č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky. Součástí armády jsou specializované vojenské záchranné útvary, které jsou nasazovány před samotnou armádou ČR. Tyto útvary jsou specializovány svým vybavením na likvidační práce a obnovu daného území.

Nastane-li situace kdy jsou zneužity radionuklidy, jsou povoláni příslušníci chemického vojska, zdravotnické služby a vojenské policie. Povolání AČR se uskuteční na základě zavolání Náčelníka Generálního štábu, prostřednictvím Stálého operačního centra Ministerstva obrany. Na stálého operačního dozorcího spojují na telefonní ústředně, která má číslo 973 201 111. (12)

### **1.23 Náplň práce IZS při zneužití radionuklidů**

Složky IZS v případě nehody podezřelé na zneužití radionuklidu, spustí sled automatických událostí. Místo nehody musí být označeno a uzavřeno. Musí být zajištěno všechno z místa nehody. Začne se provádět radiační průzkum. Místo události se proměřuje dozimetry, aby se zjistila velikost kontaminovaného prostoru. V prvních okamžicích se prověřuje pouze operační prostor, kde se pohybují složky IZS.

Kontaminovaný prostor se označuje pravoúhlými rovnoramennými trojúhelníky v bílé barvě s černým popisem. Hranicí aktivity, po kterou se prostor vytyčuje je dávkový příkon  $2 \text{ mikroGy.h}^{-1}$  naměřený jeden metr nad úrovní terénu. Velmi důležité je odebrání vzorků pro následnou identifikaci použitého radionuklidu.

Pro identifikaci radionuklidu je velmi schopnou a neustále připravenou složkou záchranného systému Armádní radiační monitorovací systém (ARMS). Tento systém je schopný svými nástroji uskutečnit monitorování pozemního i leteckého radiačního průzkumu. Identifikace je prováděna v úrovních provizorní identifikace na místě nehody a na potvrzující identifikaci, která je prováděna v předem určených laboratořích.

Po provedení identifikace radionuklidu se začne s tříděním pacientů dle jejich stavu a poranění. Kritéria třídění viz. kapitola níže. Pacienti se co nejrychleji extrahují z místa nehody, provede se u nich zevní dekontaminace pokud je to možné. V kontaminované zóně je vyznačena „koncová část“, kde se provádí dekontaminace. (1)

#### ***1.24 Zneužití radioaktivních látek proti obyvatelstvu***

Zneužití radioaktivních látek proti obyvatelstvu nebo únik radioaktivního materiálu do životního prostředí z důvodu nedbalosti, tvoří v současnosti největší hrozbu narušení bezpečnosti. Nejvíce možné použití radionuklidu proti obyvatelstvu je spojeno s použitím radiologické zbraně tzv. špinavé bomby.

Radiologická zbraň je tvořena klasickou trhavinou a radionuklidem. Použitý radionuklid je po chemické formě nejvýhodnější v kapalném nebo sypkém skupenství, jelikož po výbuchu je radionuklid rozptýlen na malé částičky, které organismus lépe naváže. Výběr radionuklidu pro tuto bombu není lehký, protože musí splňovat určitá kritéria, aby jeho účinek byl co nejvíce škodlivý.

Pro účely špinavé bomby je výhodné pokud se daný radionuklid dobře vstřebává dýchacím a trávicím traktem, jeho fyzikální a biologický poločas rozpadu je co nejdelší, jeho ionizující záření je co nejvíce pronikavé. Špinavá bomba se používá, aby zasáhla co největší počet osob, proto jsou potencionální místa vytipována.

Těmito místy jsou nejčastěji nádraží, metro, státní úřady, které se podílejí na řízení při radiační nehodě nebo se kontaminují potraviny a nádrže s pitnou vodou. V dnešní době je velký rozmach ve výstavbě hypermarketu a velkých nákupních center. Použití špinavé bomby se jeví tedy jako nejvýhodnější právě v těchto centrech, kde je vysoký počet lidí. Nejlepším radionuklidem pro toto použití je takový, který je velmi dobře vstřebatelný dýchacím ústrojím.



Jako jedna z možností se jeví použití vhodného radionuklidu vložením do klimatizace, tak aby se zajistil největší rozsah kontaminace. Při použití špinavé bomby nejde vždy jen o kontaminaci osob, ale o zasažení důležitých infrastrukturních uzlů, jako jsou důležité silnice či vlakové tratě. Velkým problémem je například zasažení zásobovacího dopravního uzle nezbytných surovin.

Důležitým faktorem je poločas rozpadu použitého radionuklidu, podle toho se řídí hlavně dekontaminace. Pokud je použit radionuklid s velmi krátkým poločasem rozpadu, tak není nutné provádět nutně dekontaminaci. Naopak při použití radionuklidu s dlouhou dobou poločasu rozpadu se musí odpad, který vznikne při dekontaminaci, skladovat v úložišti radioaktivního odpadu.

Pracovníci provádějící dekontaminaci by se neměli zdržovat v kontaminovaném prostředí déle než je stanovený čas, který je vypočítán na základě limitů stanovených profesionální pracovníky se zářením, tj. 100 mSv za dobu 5 let, 1 mSv za rok pro ostatní osoby. Většina radionuklidů použitých pro špinavou bombu emituje silné beta a gama záření, které protichemické obleky nezachytí, ale propouští je. Proto je nutné stanovení času pobytu v kontaminované oblasti. (1), (2)

### **1.25 Vnitřní ozáření**

Jedná se o vnitřní kontaminaci, kdy je organismus ozařován radionuklidy přítomnými v organismu. Vstup radionuklidů do organismu je možný několika způsoby.

- ingescí – požitím radionuklidu ústy
- inhalací – vdechnutím radioaktivní látky ve formě par, plynu či aerosolu společně se vzduchem
- přes poraněnou kůži
- přes neporaněnou kůži absorpcí – (tritium)

Kinetika radionuklidu v těle je určována chemickou formou a fyzikálně chemickými vlastnostmi radionuklidu. Pro vstup radionuklidu do organismu je nejčastější cestou ingesce a inhalace.(14)

### **1.26 Složitost výpočtu dávek u vnitřního ozáření**

U vnitřního ozáření je odhad dávky složitější než u zevního ozáření.

Důvody znesnadňující odhad dávky:

- dávky z vnitřního ozáření nelze přímo měřit,
- distribuce radionuklidu v těle nemusí být homogenní a též nemusí být homogenní ani distribuce dávky,
- dávka z vnitřního ozáření se v těle zdržuje delší dobu než při zevním ozáření, kdy zevní ozáření trvá určitý čas. Při vnitřním ozáření záleží na biologických procesech
- vylučování nebo na radioaktivním rozpadu či na kombinaci obou procesů,
- každý prvek je ojedinelý svým chováním
- chování radionuklidu v těle závisí na jeho fyzikálně chemických vlastnostech
- distribuce radionuklidu se může v čase měnit (14)

### **1.27 Biokinetické modely**

Biokinetické modely popisují chování radionuklidů v lidském těle. Díky zlepšující se výpočetní technice zaznamenaly tyto modely v posledních letech velký pokrok. Moderní výpočetní systémy umožňují výpočet velmi složitých systémů. Bylo možné přejít od jednoduchých systémů ke složitějším. Nové modely umí do výpočtů zahrnout různé fyziologické funkce nebo individuální rozdíly. K dispozici jsou plicní modely, modely zažívacího traktu a kostní modely. (14)

### **1.28 Kontaminace**

Kontaminace je dvojího typu, zevní a vnitřní. Při zevní kontaminaci se použije dekontaminace, která se provádí v takzvaných dekontaminačních soupravách. Řešení vnitřní kontaminace je větším problémem. Záleží opět na použitém radionuklidu, ten který má delší poločas rozpadu a dobrou vstřebatelnost se bude hůře vylučovat z organismu.

Při vnitřní kontaminaci jsou známy tři způsoby možné dekontaminace jako je absorpce, zvýšení eliminace a vyvázání radionuklidu chelátovou látkou. Ke snížení absorpce se využívá zejména výplachu dutin (nosní, ústní) dále se provádí výplach žaludku a spojivkového vaku. Výplachy provádíme vodou nebo fyziologickým roztokem. K zrychlení vyloučení radionuklidů z těla lze využít laxativa, diuretika a klasické klyzma. (2), (11)

### **1.29 Prostředky vnitřní dekontaminace**

U vnitřní kontaminace je na prvním místě zjištění jakým radionuklidem je pacient zasažen, aby mohl být zvolen správný postup dekontaminace. Jestliže jde ale o záchranu života a v daném okamžiku není zcela jasné, jakým radionuklidem je pacient zasažen, byl v r. 2003 vytvořen dekontaminační set až pro 240 osob.

Tento set je tvořen léčivými, které pokrývají vnitřní kontaminaci nejčastěji vyskytnuvších se radionuklidů, ať už používaných do radiologických zbraní nebo vyskytující se po haváriích jaderných reaktorů. Set tvoří tyto léčiva: Furosemid forte, Metalcaptase, Hydroxyuhličitan sodný 8,4%, Gaviscon, Ditripentat-DTPA, Radiogardase-CS, Jodid draselný.(1)

### **1.30 Organizace třídění**

Záchranný tým musí být na místě radiační nehody do několika minut. První odbornou pomoc podávají záchranáři a zdravotníci. Důležité je stanovení povahy a závažnosti poranění. Zhodnotit stav raněných a roztřídit je. Třídění probíhá na základě zdravotního stavu postižených. Pacienti se dělí dle stavu do čtyř skupin. Skupiny se označují písmeny P1 až P4.

Skupinu P1 tvoří pacienti, kteří vyžadují život zachraňující úkony. P2 skupinu tvoří pacienti těžce zranění nebo nemocní, nevyžadující okamžitý život zachraňující úkon. P3 jsou pacienti soběstační, kteří potřebují minimální ošetření. Skupiny P1 a P2 tvoří pacienti ležící. P3 jsou chodící pacienti, kteří nejvíce obtěžují třídícího lékaře a odvádí jeho pozornost od těžkých případů. P4 je skupina pacientů, kteří umírají, jejich zranění jsou neslučitelná se životem.

Důležité je určit potřebné prostředky pro prvotní péči na místě neštěstí a požadavky na následnou nemocniční péči. V případě hromadného neštěstí počet raněných často převyšuje možnosti zdravotního systému pracujícího za běžných podmínek. Tento problém se snaží řešit systém MASCAL (Mass casualty). MASCAL je systém distribuce většího množství pacientů spadajících do skupin P1 a P2 do zdravotnických zařízení. Hranicí pro aktivaci systému je sedm a více těžkých případů. Pokud ve skupině P1 je více než dva pacienti aktivuje se též MASCAL. Systém řeší problém zdravotnických zařízení, jelikož žádné zdravotnické zařízení neunes více než dva akutní případy naráz. V tomto případě se ani tak nejedná o problém v počtu personálu ale v počtu operačních sálů.

Při aktivaci systému MASCAL, nastává fáze telefonátů pro vrtulníky a sanitky, aby pacienti, kteří jsou nad úroveň daného zdravotnického zařízení odvezli jinam. Přesné rozhodnutí při třídění může maximalizovat využití zdrojů, čímž se dosáhne vyššího přežití postižených osob při omezených možnostech ošetření. Postižení jsou nejenom kontaminováni, ale mohou mít mnohačetná poranění vitálních orgánů, popáleniny různého stupně, vnitřní a vnější krváčení a v neposlední řadě šok se ztrátou vědomí. Postižení s ohrožením života jsou nejprve ošetřeni a pak teprve následuje dekontaminace. Třídění postižených je založeno na informacích shromážděných třídícím lékařem. Tyto informace jsou omezené na vizuální prohlídku a rychlé zhodnocení vitálních funkcí.

### ***1.31 Třídění vnitřně postižených osob***

U postižených vnitřní kontaminací musí být zajištěna spolupráce s dozimetristy. U těchto postižených se musí zajistit a provádět sběr všech exkretů (stolice, moč, sekret z nosu..). Léčba by se měla zahájit v co nejkratší době, důležité je zjištění jakým radionuklidem je osoba kontaminována, aby byla podle toho zahájena adekvátní léčba. Takto zasažení pacienti se přesouvají na specializovaná pracoviště. Tímto pracovištěm je Všeobecná fakultní nemocnice v Praze. Toto středisko je specializované na vnitřně kontaminované osoby.

### 1.32 Dekontaminační proces

Chodící i ležící pacienti nejprve zbavíme jejich původního oblečení. Díky tomu se zbavíme až nadpolovičního množství kontaminantu. U chodících pacientů je prováděn oplach vodou a detergenty. Je doporučována dvojitá sprcha s použitím mýdla. Postačuje obyčejné mýdlo.

U ležících pacientů provádí dekontaminaci zdravotnický personál. Pokud je to možné svléknou se z pacienta všechny oděvy a zdravotnický personál provádí dekontaminaci pomocí mulů namočených ve fyziologickém roztoku. Otěr v oblasti poranění nebo na popáleninách je prováděn sterilními muly k snížení rizika sekundární infekce.

- Pro dekontaminaci ústní dutiny je vhodné vyčistit zuby klasickým zubním kartáčkem a dutinu v průběhu čištění několikrát vypláchnout 3% roztokem kyseliny citrónové. Pokud není k dispozici postačí jakýkoliv lehce kyselý roztok.
- Oblast hltanu se dekontaminuje opakovaným vykloktáním 3% roztoku peroxidu vodíku.
- Dutina nosní se dekontaminuje oplachem vodou nebo fyziologickým roztokem.
- Oči a spojivkový vak se oplachuje vodou či fyziologickým roztokem od vnitřního k vnějšímu očnímu koutku, tak aby se vyhnulo kontaminaci slzného kanálku.
- Dekontaminace uší je rozdělena na dvě fáze. První je oplach zevního ucha při sprchování a následné očištění zevního zvukovodu pomocí navlhčeného kousku vaty připevněné na ušní tyčinku.
- Pozřený radioaktivní materiál se ošetří výplachem žaludku.

Pro efektivní provedení dekontaminace většího počtu pacientů je třeba ustanovení „dekontaminační linky“ pro které platí daná pravidla.

1. Klasickým radiometrem je zjišťována kontaminace pacientů. Ti pacienti, kteří nejsou kontaminováni jsou z dalšího postupu vyloučeni.
2. Následuje svlečení kontaminovaných pacientů a osprchování.

3. Provádí se radiometrická kontrola vlastního dekontaminačního postupu. Je velmi důležité a nutné odlišit vnitřně kontaminované od neúspěšně zevně kontaminovaných. Toto měření by proto měl provádět nejzkušenější dozimetrista. Vnitřní kontaminaci lze ozřejmit stěrem z dutiny ústní či nosu a následným změřením.
4. Při pozitivním zjištění je u pacientů proveden výplach dutiny ústní a nosní, hltanu, očí a dekontaminace uší.
5. Poté jsou vnitřně kontaminovaní odesláni do zdravotnického zařízení. (13)

### **1.33 Radionuklidy**

Zde jsou uvedeny některé radionuklidy, které jsou podle mého názoru, velmi nebezpečné pro zneužití. Informace o jednotlivých radionuklidech jsou převzaté ze skript prof. Österreichera, (*Praktické aspekty vojenské radiobiologie*) proto je zde nastíněna i možnost léčby. (1)

#### **1.33.1 Americium**

Radionuklid:  $^{241}\text{Am}$ , alfa zářič

Fyzikální poločas: 432,2 let

Biokinetika: Atomy  $^{241}\text{Am}$  se inkorporují zejména v kostech, játrech a gonádách

Poznámky k léčbě: možností chelátotvorné látky je vápenatá nebo zinečnatá sůl dietyltriaminopentaoctové kyseliny (DTPA, léčivo Ditriventat-DTPA, Heyl). Pokud není k dispozici, je možné podat vápennou sůl etylendiaminooctové kyseliny (EDTA). Lze podat intravenózně až 1 ampuli (1 gram) denně, anebo podat v rámci infúze 5% roztoku glukózy. Je nezbytné zahájit léčbu co nejdříve. Ke snížení absorpce radionuklidu lze podat antacida a adsorbentia, avšak bez výraznějšího účinku.

#### **1.33.2 Californium**

Radionuklid:  $^{252}\text{Cf}$ , alfa zářič

Fyzikální poločas: 2,638 let

Biokinetika: je podobná jako u ostatních transuranů. Atomy tohoto prvku se inkorporují zejména v kostech, játrech a gonádách.

Poznámky k léčbě: při vnitřní kontaminaci kaliforniem musí být léčba zahájena neprodleně, nejlépe v prvních dvou hodinách po kontaminaci. Provedení výplachu dutiny nosní, ústní, žaludku, aplikace klyzmatu nebo laxativ kombinujeme s podáním vápenaté nebo zinečnaté soli DTPA. Pokud není DTPA dostupná, aplikujeme vápenatou sůl EDTA. Pro obě látky platí dávkování 1 ampule (1 g) denně. Lze je podat intravenózně přímo, anebo přidáním do 500 ml 5% roztoku glukózy.

### **1.33.3 Cér**

Radionuklid:  $^{144}\text{Ce}$ , beta a gama + dceřiné produkty

Fyzikální poločas: 284,3 dnů

Biokinetika: Atomy céru mají nízkou vstřebatelnost trávicím traktem. Část, která je absorbována, se pak ukládá zejména v játrech (50 %), v kostech (30 %) a ostatních orgánech (20 %). Poločas retence vstřebaných atomů céru je pak 3 500 dnů. Vylučování probíhá převážně žlučí (90 %) a malá část pak močovými cestami (10%)

Poznámky k léčbě: při kontaminaci cérem je nezbytné neprodleně provést výplach žaludku, dutiny nosní a ústní, klyzma či podat laxativa, jakož okamžitě zahájit podání chelátotvorné látky. Tou je DTPA. Pokud není DTPA dostupná, lze podat vápenatou sůl EDTA. Pro obě látky je stejné dávkování, 1 ampule denně, buď intravenózně přímo, anebo přidaná do 5% roztoku glukózy.

### **1.33.4 Césium**

Radionuklid:  $^{137}\text{Cs}$ , beta a gama + dceřiné produkty

Fyzikální poločas: 30 let

Biokinetika: Atomy céria se rychle vstřebávají a procházejí do celého organismu, jelikož jsou metabolizovány stejně jako draslík. Pro 10 % vstřebaného cesia platí biologický poločas 2 dnů, pro 90% zbytek pak 110 dnů. Ženy mají biologický poločas lehce nižší než muži. Většina céria, asi 80 %, je vylučována močovými cestami, zbytek pak cestami žlučovými.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci césiem je nezbytné neprodleně provést výplach žaludku, dutiny nosní a ústní, klyzma či podat laxativa. Společně touto aplikací se podává berlínská modř (Radiogardase-Cs, Heyl) v dávkách až 6 krát denně 0,5 g.

### **1.33.5 Jód**

Radionuklid:  $^{131}\text{I}$ , beta a gama zářič, ostatní radioizotopy jsou méně významné

Fyzikální poločas: 8,04 dnů

Biokinetika: radiojód se relativně rychle a plně vstřebává do krevního řečiště, kde asi 30 % je vychytáváno ve štítné žláze a zbytek tvořící asi 70 % je přímo vylučován močí z těla ven. Biologický poločas radiojodu v krvi je asi 6 hodin. Tento izotop pak opouští štítnou žlázu navázaný na thyroxin a trijódthyronin s biologickým poločasem 80 dnů a je distribuován po celém organismu, kde vykazuje biologický poločas rozpadu 12 dnů. Radiojód je přednostně vylučován močovými cestami, menší asi 20% část se vylučuje žlučí. Intenzita vychytávání radiojodu při kontaminaci je velmi variabilní (mezi 5 a 50 % z celkového objemu v krevním řečišti) a závisí na přísunu běžného jódu ve stravě a také na patologických stavech postihujících tento orgán.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci radiojodem je nezbytné co nejdříve zahájit podávání jodidu draselného. Největší účinnost léčby je v první hodině po kontaminaci, poté rapidně klesá a po uplynutí šesti hodiny po kontaminaci již účinnost léčby je velmi omezená. Běžný jód kompetitivně obsazuje volná vazná místa a tím snižuje intenzitu kontaminace štítné žlázy radiojodem. Běžné dávkování na úrovni 260 mg jodidu draselného (4 tablety po 65 mg) je dostatečné pro první hodiny po kontaminaci, v dalších dnech postačuje dávka poloviční (2 tablety po 65 mg).

### **1.33.6 Kobalt**

Radionuklid:  $^{60}\text{Co}$ , beta a gama zářič

Fyzikální poločas: 5,27 let

Biokinetika: Z rychle vstřebatelného objemu radioizotopu kobaltu je asi 50 % vyloučeno s biologickým poločasem 0,5 dne, 5 % je inkorporováno do jater a zbylých 45 % je homogenně distribuováno po celém organismu. Při dlouhodobých studiích vylučování kobaltu (jde o polovinu množství lokalizovanou v játrech a ostatních orgánech) byly pozorovány tři kompartmenty s různým biologickým poločasem: Přibližně 60 % se vylučuje s biologickým poločasem 6 dnů, 20 % s poločasem 60 dnů a posledních 20 % inkorporovaných částic kobaltu je eliminováno s poločasem 800 dnů. Převážná část



radioizotopu kobaltu je vylučována močí (84 %) a menší (14 %) se vylučuje do žlučovými cestami.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci kobaltem je vhodné zabránit vstřebání provedením výplachu žaludku, dutiny nosní a ústní a zvýšení eliminace podáním furosemidu. Pro hromadné výskyty vnitřní kontaminace kobaltem je vhodné použít D-Penicilamin (per os 1-3 tablety po 300 mg každých 8 hodin). U ostatních případů jsou možností léčby DTPA a EDTA v dávce 1 ampule denně intravózně přímo, anebo přidáním do infúze 5% roztoku glukózy.

### **1.33.7 Olovo**

Radionuklid:  $^{210}\text{Pb}$ , beta a gama zářič

Fyzikální poločas: 22,3 let

Biokinetika: hlavním orgánem pro ukládání radioizotopu olova jsou kosti, ale stopová množství lze také naměřit v játrech a ostatních tkáních.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci olovem se inhibuje vstřebávání provedením výplachu žaludku, dutiny nosní a ústní. Z chelátotvorných látek lze podat EDTA (1 ampuli intravenózně přímo, anebo přidáním do 5% roztoku glukózy). Dále je indikováno podání metalcaptase, 3 x denně tabletu.

### **1.33.8 Plutonium**

Radionuklid:  $^{239}\text{Pu}$ , alfa zářič

Fyzikální poločas: 24 000 let

Biokinetika: tento přirozeně jedovatý prvek se po vstřebání váže na povrch kostí, kde je velmi silně vázán a jeho vylučování ledvinami je pomalé.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci plutoniem se bez prodlení zahajuje výplach žaludku, dutiny nosní a ústní a zvýšení eliminace po delším čase od kontaminace se podporuje podáním diuretik. K navázání plutonia samotného poslouží DTPA v dávkování 1 ampule intravenózně přímo, anebo přidáním do 5% roztoku glukózy. Pokud není dostupná DTPA, pak lze použít i vápenatou sůl EDTA.

### **1.33.9 Rádium**

Radionuklid:  $^{226}\text{Ra}$ , alfa a gama zářič + dceřiné produkty

Fyzikální poločas: 1600 let

Biokinetika: radium se dobře vstřebává a podobně jako vápník se i dvojmocné rádium vstřebává do kostí, kde je inkorporováno do kostěných lamel. Z radiobiologického pohledu je inkorporace v kostech nebezpečná především pro kostní dřev, jelikož retence rádia je velmi dlouhá a celková obdržaná dávka při nadlimitních kontaminacích dosahuje až jednotek Gy, což způsobuje pancytopenickou anémii či chronickou formu nemoci z ozáření doprovázenou také vysokým rizikem vzniku leukemických onemocnění.

Poznámky k léčbě: pokud není rádium ještě plně vstřebáno, soustředíme se nejprve na zabránění vstřebávání. K tomu indikujeme výplach žaludku, dutiny nosní a ústní s aplikací alginátů (tablety v dávkování až 2 x 5 gramů první hodiny, poté další dny aplikujeme 4 x 1 gram). Žádná chelátotvorná látka nepomáhá významně vyvázat rádium inkorporované do kostí. Pouze opakovaná aplikace vápníkových látek může velmi lehce zvýšit diurézu rádia močí.

### **1.33.10 Rtuť**

Radionuklid:  $^{203}\text{Hg}$ , beta a gama zářič

Fyzikální poločas: 46,6 dnů

Biokinetika: tato látka se po vstřebání inkorporuje do celého těla, především do kostí.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci rtutí se bez prodlení aplikuje výplach žaludku. Laváž žaludku lze provést 2-5% bikarbonátem sodným. Ze specificky vážících prostředků lze zvážit penicilamin (1-3 tablety po 300 mg aktivní látky podávaných každých 8 hodin) a obdobné dávkování platí pro podání metalcaptase.

### **1.33.11 Skandium**

Radionuklid:  $^{46}\text{Sc}$ , beta a gama zářič

Fyzikální poločas: 83,8 dnů

Biokinetika: tento třímocný prvek váže po vstřebání metaloproteiny jako je hemoglobin. Je vylučován převážně cestami žlučovými.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci skandiem se indikují obecné postupy jako jsou výplach žaludku, dutiny nosní a ústní a zvýšení eliminace formou podání klyzmat nebo laxativ. K navázání radioizotopu se aplikuje DTPA v dávce 1 ampule intravenózně přímo, anebo přidáním do 5% roztoku glukózy. V případě nedostupnosti DTPA může být podána vápenatá sůl EDTA.

### **1.33.12 Směs štěpných produktů**

Radionuklidy: zejména  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , převážně beta a gama zářiče a jejich dceřiné produkty

Fyzikální poločas: sedmičkové pravidlo (za sedminásobek času poklesne aktivita desetkrát)

Biokinetika: Metabolismus se odvozuje od nejvýznamnějších zástupců směsi štěpných produktů.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci směsí štěpných produktů je nezbytné zabránit vstřebání radioizotopů provedením výplachu žaludku, dutiny nosní a ústní, provedením klyzmatu či podáním laxativ a zvýšení eliminace podáním furosemidu. Podle nejvýznamnějších zástupců směsi štěpných produktů volíme jodid draselný, berlínskou modř a DPTA.

### **1.33.13 Sodík**

Radionuklid:  $^{147}\text{Pm}$ , beta a gama zářič

Fyzikální poločas: 2,62 roky

Biokinetika: metabolismus tohoto prvku je podobný jako u ostatních lanthanoidů, tj. malá část je povšechně vstřebána, významná část zůstává v zažívacím traktu. To znamená, že při masivních kontaminacích je ohrožena sliznice především tlustého střeva, která může v krajních případech obdržet i dávku nadprahovou pro infaustní radiační enteritidu.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci prométheem se indikuje výplach žaludku, dutiny nosní a ústní a zvýšení eliminace formou podání klyzmat nebo laxativ. K navázání radioizotopu se aplikuje DTPA v dávce 1 ampule intravenózně přímo či přidáním do 5% roztoku glukózy. Pokud není dostupná DTPA, pak lze použít i vápenatou sůl EDTA.

#### **1.33.14 Stříbro**

Radionuklid:  $^{110}\text{Ag}$ , beta a gama zářič + dceřiné produkty

Fyzikální poločas: 249,9 dnů

Biokinetika: po vstřebání lze zjistit zvýšenou aktivitu především v játrech, s čímž souvisí prioritně vylučování žlučovými cestami.

Poznámky k léčbě: vzhledem k neidentifikované specifické terapii při kontaminaci radioizotopem stříbra, aplikujeme obecně používaný postup jako jsou výplach žaludku, dutiny nosní a ústní a zvýšení eliminace formou podání klyzmat nebo laxativ. Dále lze podat metalcaptase v tabletách po 300 mg aktivní látky a to 3 krát denně.

#### **1.33.15 Stroncium**

Radionuklid:  $^{90}\text{Sr}$ , beta zářič + dceřiné produkty

Fyzikální poločas: 29,12 let

Biokinetika: metabolismus radioizotopu stoncia je podobný jako metabolismus vápníku. Po vstřebání se rychle inkorporuje do kostí, kde se váže na hydroxyapatit kovalentní vazbou. Kontaminovaný pacient je pak dále ohrožován pancytopenickou anemií, kterou působí velké absorbované dávky buněk kostní dřeně. Stroncium je vylučováno především močovými cestami.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci stronciem se indikuje výplach žaludku, dutiny nosní a ústní a zvýšení eliminace formou podání diuretik. Podání diuretik je nejdůležitější složkou léčebného zásahu, protože i včasná aplikace DTPA má nevýrazný výsledek.

### **1.33.16      *Thorium***

Radionuklid:  $^{228}\text{Th}$ , alfa a gama zářič + dceřiné produkty a dále  $^{230}\text{Th}$  a  $^{232}\text{Th}$

Fyzikální poločas: 1,9 roku

Biokinetika: metabolismus radioizotopu stoncia je podobný jako metabolismus vápníku. Po vstřebání se rychle atomy thoria inkorporují do jater, kostí, gonád a ostatních měkkých tkání. Radioizotop má silnou retenci zejména v kostech.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci thoriem je vedle obecných postupů (výplach žaludku, dutiny nosní a ústní a zvýšení eliminace formou podání diuretik a laxativ) indikováno podání DTPA při standardním dávkování 1 ampule intravenózně přímo či přidáním do 5% roztoku glukózy.

### **1.33.17      *Tritium***

Radionuklid:  $^3\text{H}$ , beta zářič

Fyzikální poločas: 12,3 let

Biokinetika: tritium se nejčastěji vyskytuje ve formě tritiové vody, to znamená, že asi 97 % vstřebaného objemu je metabolizováno jako ostatní molekuly vody. Vstřebatelnost je tedy vysoká, jakož i prostupnost do všech tkání a biologický poločas je asi 10 dnů. Zbýlé 3 % molekul tritiové vody je inkorporováno do strukturálních molekul lidského těla (proteinů, mastných kyselin, cukrů aj.) a vykazuje biologický poločas 40 dnů. Při inhalaci tritia v plynném skupenství je vstřebatelnost na úrovni asi 1 % celkového objemu.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci tritiem je metodou volby zvýšený příjem tekutin až do úrovně 12 litrů denně. Dále je podporována eliminace aplikací diuretik v běžném dávkování. Po jednorázové i masivnější kontaminaci tritiem není významné riziko následných stochastických účinků.

### **1.33.18**      **Uhlík**

Radionuklid:  $^{14}\text{C}$ , beta zářič

Fyzikální poločas: 5730 let

Biokinetika: radioizotop uhlíku má stejný metabolismus jako ostatní atomy uhlíku. Oxid uhelnatý je vylučován s biologickým poločasem 200 minut. Pro oxid uhličitý byly naměřeny podle typu inkorporace tři různé biologické poločasy, 5 minut (18 % objemu), 1 hodina (81 % objemu) a 40 dnů (1 % objemu).

Poznámky k léčbě: neexistuje léčba specifická pro vnitřní kontaminaci uhlíkem. Navíc měkké beta záření nelze detekovat současnými radiometry určenými pro radiační průzkum. Při sběru dat je nutné stěry z nosní dutiny vyhodnotit vysoce citlivým přístrojem pro beta záření.

### **1.33.19**      **Uran**

Radionuklid:  $^{235}\text{U}$ , alfa a gama zářič a dále jsou významné alfa zářiče  $^{238}\text{U}$  a  $^{233}\text{U}$

Fyzikální poločas: 704 miliónů let ( $^{235}\text{U}$ ), dále 4,51 miliardy let pro  $^{238}\text{U}$  160 tisíc let pro  $^{233}\text{U}$

Biokinetika: atomy uranu se po vstřebávání lokalizují do povrchu kostí. Z nich se při vylučování redistribuuji do jater a ledvin. Koncentrace uranových solí v moči je indikátorem kontaminace. Uranové sole jsou nefrotoxické.

Poznámky k léčbě: při kontaminaci radioizotopy uranu je vyjma obecných postupů (výplach žaludku, jakož i dutiny nosní a ústní, zvýšení eliminace podáním diuretik a laxativ nebo klyzmat) použitelná aplikace DTPA v běžném dávkování (1 ampule intravenózně přímo, anebo přidáním do 5% roztoku glukózy). Aby léčba DTPA byla účinná, musí započít do 4 hodin po kontaminaci. Poté je její efektivita nepatrná. Podání bikarbonátu sodného (8,4% v 250 ml infúzích) chrání především ledviny zvýšeným vylučováním uranových solí, jejichž hladinu můžeme měřit právě v moči.

## **2. Cíle práce a hypotézy**

### **2.1 Cíle práce**

Prvním cílem práce byl návrh organizace třídění a léčby pacientů vnitřně kontaminovaných radionuklidy na krajské úrovni.

Druhým cílem práce je snaha identifikovat chybějící síly a prostředky pro adekvátní reakci na hrozbu zneužití radionuklidů.

### **2.2 Hypotézy**

Pro svoji práci jsem si stanovila tuto hypotézu:

Současné prostředky a znalosti dostačují na adekvátní reakci Krajských krizových štábů po zneužití radionuklidů.

### 3. Metodika

#### 3.1 Metodika práce

Práce je zpracována na základě analýzy informací z literatury a na základě informací získaných z organizací podílejících se na řešení krizových situací v Královéhradeckém kraji. Zde jsem zjišťovala připravenost a vybavenost složek, které se podílejí na řešení krizových situací v kraji, jako je magistrát města, hasičský záchranný sbor a záchranná služba. Vybavenost jednotky HZS jsem zjišťovala na základě informací vyplývajících ze studované literatury a katalogu materiálu k ochraně proti chemickému, biologickému, radiologickému a jadernému ohrožení, které vydalo Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. Navrhla jsem si organizaci na místě, podle toho si určila potřebné prostředky a doplnila jsem materiální prostředky, které nejsou v katalogu uvedeny.

Organizace na místě:

- 1) dozimetrická kontrola
- 2) dekontaminace
- 3) dozimetrická kontrola
- 4) třídění osob
- 5) léčba

Po příjezdu na místo potřebují:

- měřič dávkového příkonu neboli radiometry
- pásku na vytyčení kontaminovaného prostoru
- ochranné pomůcky (ochranný oděv, maska)
- nosítka na odtah raněných

Pro provádění dekontaminace potřebují:

- cisterny s užitkovou vodou
- prostředky na ohřev vody
- mýdla, ručníky, čisté oblečení pro dekontaminované osoby
- kontejnery na odpadovou vodu
- kontejnery na oblečení



- rozstřikovače s dekontaminačním prostředkem na dekontaminaci věcných prostředků
- deky
- radiometr ke konečné dozimetrické kontrole
- prostředky ústní, nosní a ušní hygieny, (dekontaminační linku)

Regulace osob na místě zásahu, kontrola pohybu a evidence osob a automobilů.

Zde jsou vyjmenovány jednotlivé prostředky nacházející se v katalogu:

- Osobní detektory
- Radiometr DC-3E-98
- Detektor DL-100
- Přenosný monitor kontaminace CONTAMAT FHT 111
- Digitální spektrometr InSpektor 1000
- Měřič kontaminace potravin DC-5A-94
- Univerzální operativní měřič RDS-120
- Dozimetrický přístroj DP-86
- Stacionární hlásič DC-4D-82
- Elektronický osobní dozimetr
- Ruční laserový dálkoměr
- Ochranná maska CM-6
- Civilní ochranná maska CM-3
- Civilní ochranná maska CM-3/3h
- Civilní ochranná maska CM-4
- Ochranné filtry MOF-4, MOF-5
- Dětská ochranná maska DM-1
- Dětská ochranná kazajka DK-88
- Dětská ochranná kazajka DK-62
- Dětský ochranný vak DV-75
- Speciální ochranný oděv SOO-CO
- Ochranná rouška OR-1

- Rozstřikovač R-36/55
- Souprava pro dekontaminaci osob SDO
- Souprava pro odběr vzorků EIJKELKAMP
- Pohlcovací filtr FP 100
- Kolektivní filtr KF-150/200

Zde jsou uvedeny prostředky nenacházející se v katalogu:

- Páska na vytyčení kontaminovaného prostoru
- Nosítka na odtah raněných
- Cisterny s užitkovou vodou
- Prostředky na ohřev vody
- Mýdla
- Ručníky
- Čisté oblečení pro dekontaminované osoby
- Kontejnery na odpadovou vodu
- Kontejnery na oblečení
- Deky
- Prostředky nosní a ušní hygieny

#### 4. Výsledky

Sestavila jsem tabulku, do které jsem vybrala prostředky z katalogu, které jsou podle mého názoru nezbytné a potřebné pro zásah na místě a vyloučila jsem ty, které nejsou nutné.

**Tabulka 4.1 obsahující potřebné prostředky z katalogu nacházející se u HZS HK**

<b>Název materiálu k ochraně proti radiologickému a jadernému ohrožení</b>	<b>Stručná charakteristika materiálu</b>	<b>Vybavenost u HZSHK</b>
Osobní detektor SOR	pro měření gama a neutronového záření	30 kusů
Radiometr DC-3E-98	Určený k měření dávkového příkonu gama záření a k zjišťování beta záření. Další využití je k měření plošné aktivity povrchu kontaminovaného radioaktivními látkami a k měření měrné aktivity tekutých a sypkých materiálů, kontaminovaných radioaktivními látkami. V roce 2010 končí platnost ověření ČMI u tohoto radiometru a je nahrazován typem DC-3H-08 prozatím.	1 kus
Ochranná maska CM-6	Určená pro příslušníky IZS k ochraně dýchacích cest před vnitřní kontaminací radioaktivními částicemi.	154 kusů
Malý ochranný filtr MOF-6-M, MOF-4, MOF-5	Slouží jako součásti ochranných masek	308 kusů 39754 kusů 185 kusů

Dětská ochranná maska DM-1	Tato maska je určena k ochraně dýchacích cest dětí od 1,5 roku do 15let před vnitřní kontaminací radioaktivními částicemi. U této masky je možná aplikace s filtry MOF-4 a MOF-5.	2024 kusů
Speciální ochranný oděv SOO-CO	Je určený k hermetické izolační ochraně povrchu těla osob působících ve složkách IZS a pro zařízení civilní ochrany před povrchovou kontaminací radioaktivními částicemi.používá se s maskou CM-4.	192 kusů
Rozstřikovač R-36/55	Je určený k dekontaminaci techniky, oblečených prostředků individuální ochrany, dopravních prostředků a jiných zařízeních postříkem.Plní se dekontaminačním roztokem. V Hradci Králové mají k dispozici jiný rozstřikovač, který splňuje stanovené parametry.	15 kusů
Souprava pro dekontaminaci osob SDO	Je určena pro dekontaminaci osob. Skládá se ze tří nafukovacích stanů, vodní soustavy, vyhřívací nebo chladící soustavy a elektrické soustavy. V královehradeckém kraji mají k dispozici jiné soupravy pro dekontaminaci osob.	2 kusů
Pohlcovací filtr FP 100	Je určený k použití ve filtračních a ventilačních zařízeních trvalých ochranných staveb a speciálních staveb jako koncový stupeň filtrace vzduchu kontaminovaného radioaktivními látkami ve formě plynů, par a aerosolů.	18 kusů

## 5. Diskuse

Při mimořádné události, kde je výskyt úniku radioaktivních látek, je důležitá organizace na místě zásahu při poskytování první i následné pomoci. Vytyčenými cíli mé práce, bylo navrhnout organizaci třídění a léčby vnitřně kontaminovaných osob na krajské úrovni a identifikovat chybějící síly a prostředky pro adekvátní reakci po zneužití radionuklidů.

Po oznámení nějaké nehody na dispečink, se do postižené lokality dostávají jako první složky IZS. Při hlášení nehody v areálu jaderné elektrárny mají složky IZS informace, zda je podezření na únik radioaktivních látek, či se jedná o nehodu, kde se únik radioaktivních látek nepředpokládá.

Při úniku radioaktivních látek přijede na místo HZS s ochrannými pomůckami a přístroji na měření radiace. V místě zásahu by se postupovalo podle předem vypracovaných havarijních plánů JE. Nastane-li situace, kdy by byly zneužity radionuklidy, budou složky IZS v prvních okamžicích při poskytování první pomoci na místě nehody vystaveny radioaktivnímu záření. Nemusí totiž vůbec vědět, že jim toto nebezpečí hrozí.

Pracovníci HZS jsou schopni, při podezření na přítomnost radioaktivní látky pomocí radiometru DC-3E-98, zjistit dávkový příkon záření. Dostanou-li se na místo nehody jako první složky záchranné služby, mohou být vystaveny dlouhodobějšímu záření, protože nemají možnost zjistit, zda se na místě nachází radioaktivní látka. Pro tyto případy bych navrhovala, aby složky záchranné služby měli k dispozici měřič aktivity ionizujícího záření.

První zasahující složky budou kontaminovány včetně vybavení, které budou mít s sebou. Další členové složek IZS budou vyrozuměni o radiační situaci na místě nehody. Na místo radiační nehody už dorazí s prostředky ochrany proti zevní povrchové kontaminaci a s přístroji zaznamenávající přítomnost ionizujícího záření.

Mezi prostředky ochrany jsou zařazeny i osobní dozimetry, které jsou u HZS Hradec Králové v počtu tří desítek. Osobní dozimetry nejsou prostředkem nezbytným při radiační nehodě, ale je výhodou, když je ve výbavě HZS má, jako je tomu v HK.

Ochranné oděvy SOO-CO jsou na stanici dostupné jen v určitém množství zbytek oděvů je uskladněných ve skladu v Olomouci, což při nehodě velkého rozsahu, také není na místě. Bohužel tato situace není řešitelná z důvodu prostorových u HZS.

Po příjezdu na místo nehody a zjištění přítomnosti radiace je důležité zajistit místo nehody včetně osob, které se v danou dobu nacházeli v místě nehody a vyrozumět příslušné orgány.

Zasahující složky HZS, které budou na místě zasahovat, bych rozdělila na dva týmy, které budou vyprošťovat raněné a schraňovat je na jedno místo, kde by docházelo k jejich třídění. Osobou provádějící prvotní třídění je pracovník HZS. Záchraná služba provádí další třídění až po dekontaminaci osob.

Navrhovala bych proto, aby už u prvotního třídění byl lékař, který má větší zkušenosti a lépe dokáže posoudit stav raněného, tím ale nechci snižovat kvalifikaci pracovníků HZS. Pro dekontaminaci by měla být zřízena dvě dekontaminační místa. Jedno pro chodící pacienty a druhé pro ležící pacienty.

K zevní dekontaminaci osob slouží dekontaminační souprava osob, která se u HZS HK nachází v počtu 2 kusů. Jedna souprava je obvykle schopná dekontaminovat kolem 200 osob za hodinu. Při počtu dvou těchto souprav je tedy možné dekontaminovat kolem 400 osob za hodinu, což je podle mě dostačující. Pro provoz této dekontaminační linky jsou k dispozici cisterny s vodou a zajištěn i ohřev vody.

Důležitá je kontrola dekontaminace pomocí radiometrů. Všechny osoby je nutné dozimetricky prověřit, což by měl provádět zkušený dozimetrista z důvodu rozpoznání vnitřní kontaminace od špatně provedené zevní dekontaminace. K dispozici je radiometr v počtu jednoho kusu. Lepší by bylo mít k dispozici alespoň dva, jeden k detekci kontaminace a druhý na výstupu z dekontaminačního procesu pro kontrolu jeho efektivnosti. Při výskytu zbytkové radiace, je nutné zjistit, zda se jedná o vnitřní kontaminaci nebo zda došlo k nějaké chybě při zevní dekontaminaci, jak bylo již výše uvedeno. Může být například kontaminována sprcha. Nejjednodušší způsob, jak zjistit, zda se jedná o vnitřní kontaminaci je taková, že necháme kontaminovanou osobu vysmrkat anebo vykašlat a změříme exkret radiometrem. K tomuto jsou zapotřebí hygienické prostředky, které jsou pro takovéto situace připraveny u zasahujících složek.

Takto lze snížit vnitřní kontaminaci až o 50 %. Samozřejmě při zjištění vnitřní kontaminace se provádí opatření k jejímu snížení, podáváním prostředků způsobující rychlejší vyměšování. Při zjištění vnitřní kontaminace by se nemělo zapomínat na výplach žaludku, který velkou měrou přispívá k jejímu snížení.

Zajímalo mě, zda je pro takové případy k dispozici nějaká pomůcka (hadička), na výplach žaludku, ve vybavení zasahujících složek. Bohužel není. Výplach žaludku se dá provést s pomůckami, které jsou dostupné v daný okamžik, ale určitě by nebylo na škodu, mít takovouto pomůcku ve výbavě.

Ve specializovaném středisku, které se nachází pro vnitřně kontaminované v Praze, by se provedlo vyšetření na potvrzení o jaký radionuklid se jedná. V prvních okamžicích je však velmi důležité použití laxativ, diuretik a výplachu žaludku k eliminaci vnitřní kontaminace, pokud to stav pacienta dovoluje.

Při provádění dekontaminačního procesu vidím další problém ve zbytkové kontaminaci ve vlasech. U osob, které projdou dekontaminační linkou a provedou pečlivou očistu i na vlasaté části hlavy tento problém nepředpokládám. Může ale nastat u raněných, kde je zevní dekontaminace prováděna otěrem, jelikož vlasatá část hlavy se bude velmi těžko tímto způsobem dekontaminovat. Navrhovala bych proto v těchto případech použití holicích strojků.

Všechny odpady musí být zachyceny v kontejnerech, od svršků osob až po všechny odpadové materiály. HZS HK má k dispozici kontejnery, které jsou na takovéto odpady určené. O nakládání s těmito odpady a o jejich uskladnění rozhoduje SUJB.

Ve své bakalářské práci se mě má hypotéza, že současné prostředky a znalosti dostačují na adekvátní reakci Krajských krizových štábů po zneužití radionuklidů, ze strany prostředků potvrdila. Pokud by se jednalo o zneužití, které by zasáhlo jen malou skupinu osob a nebylo by zasaženo životní prostředí, pak podle mého názoru dostačují prostředky na takovou to hrozbu. Kdyby ale došlo k zneužití radionuklidů ve velké míře a bylo by zasaženo životní prostředí obávám se, že by prostředky nestačovaly. Nastal by personální nedostatek, ale také nedostatek ve vybavení. V takovém to případě by bylo nezbytné povolat AČR, která má specializované týmy, které mají prostředky pro

situaci zasažení většího počtu osob a jsou proškoleny jak při hromadných neštěstích takového to typu postupovat.

Ze strany znalostí, u mnou kontrolovaných složek neproběhlo v uplynulých letech na dané téma žádné školení. Proto doporučuji, aby byl ustanoven mechanismus pravidelného proškolení pracovníků IZS v oblasti radiobiologie.



## 6. Závěr

V bakalářské práci byly stanoveny dva cíle. Prvním cílem byla snaha navrhnout organizaci třídění a léčby pacientů vnitřně kontaminovanými radionuklidy na krajské úrovni. Tento cíl se mi v práci podařilo splnit aplikací vojenských pravidel na civilní prostředí.

Druhým cílem bylo identifikovat chybějící síly a prostředky pro adekvátní reakci na hrozbu zneužití radionuklidů. Tento cíl se mi také podařilo v práci splnit.

Uvedla jsem prostředky, které u HZS HK mají ve výbavě a jsou důležité a nezbytné na místě zásahu ke správnému zvládnutí situace. Zjištěním vybavenosti složek podílejících se na řešení krizové situace jsem si ověřila pravdivost své hypotézy, že současné prostředky a znalosti dostačují na adekvátní reakci Krajských krizových štábů po zneužití radionuklidů.

Současné prostředky dostačují na adekvátní odpověď po zneužití radionuklidů. Pokud by se jednalo o zneužití, které by zasáhlo jen malou skupinu osob a nebylo by zasaženo životní prostředí, pak podle mého názoru dostačují prostředky na takovou to hrozbu. Kdyby ale došlo k zneužití radionuklidů ve velké míře a bylo by zasaženo životní prostředí, obávám se, že by prostředky nedostačovaly. Nastal by personální nedostatek, ale také nedostatek ve vybavení. V takovémto případě by bylo nezbytné povolat AČR. Ta má specializované týmy s prostředky pro situaci zasažení většího počtu osob a jsou proškoleny, jak při hromadných neštěstích takového to typu postupovat. Ze strany znalostí u mnou kontrolovaných složek neproběhlo v poslední době žádné školení z oblasti radiobiologie. Proto bych navrhovala aby byl ustanoven systém proškolení v tomto oboru.

Tato práce by mohla sloužit jako pomocný učební materiál pro studenty a dále by mohla pomoci složkám IZS více si uvědomit možnost hrozby zneužití radionuklidů a důležitost správné organizace, vybavení a potřebu znalostí i z oboru radiobiologie.

## **7. Klíčová slova**

Radiační událost

Vnitřní kontaminace

Dekontaminace

Krajský krizový štáb

Integrovaný záchranný systém

## 8. Seznam použitých zdrojů

1. ÖSTERREICHER, J. *Praktické aspekty vojenské radiobiologie*, Univerzita Obrany, 2007, 87s.
2. ÖSTERREICHER, J., SMETANA, J., KASSA, J., OSVALD, V.: *CBRN Assessments*. Univerzita obrany, 2007, 63s.
3. ÖSTERREICHER, J.: *Návrh schématu dekontaminace a léčby vnitřně kontaminovaných pacientů*. Radiologický workshop, Hostivice-Břve, 12.2.2007.
4. ÖSTERREICHER, J.: *Consequences of the RDD and misusing of radionuclides*. NATO Defence Group on Proliferation session. Liberec 13.7. 2007.
5. *Zákon č. 18/1997 Sb.*, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění [online]. [cit. 2008-08-05] Dostupné z <http://www.sujb.cz>.
6. *Zákon č. 240/2000 Sb.*, o krizovém řízení a o změně některých zákonů ( krizový zákon). [online]. [cit. 2008-08-06] Dostupné z <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/sb073-00.pdf>.
7. Typový plán dle usnesení BRS č. 295/2002, Radiační havárie.
8. Zprávy 2001. *Úvaha nad novým globálním nebezpečím jaderného terorismu*. [online] [cit. 2008-08-25] Dostupné z <http://www.osn.cz/zpravodajstvi/zpravy/zprava.php?id=737>.
9. Zbraně hromadného ničení [online] [cit.2008-08-25] Dostupné z: [http://www.mestovsetin.cz/bezpeci/brevir/static/dokumenty/prestupky\\_a\\_trestne\\_ciny%5Cchranime\\_zdravi\\_a\\_zivot%5Czbrane\\_hromadneho\\_niceni.htm](http://www.mestovsetin.cz/bezpeci/brevir/static/dokumenty/prestupky_a_trestne_ciny%5Cchranime_zdravi_a_zivot%5Czbrane_hromadneho_niceni.htm).
10. *Vyhláška č. 318/2002 Sb.*, O podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu (ruší vyhlášku č. 219/1997 Sb.), ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb. [online] [cit. 2008-10-20] Dostupné z [http://www.sujb.cz/?c\\_id=87](http://www.sujb.cz/?c_id=87).

11. HLAVÁČOVÁ, D. ŠTOREK, J. FIŠER, V. *Krizová připravenost ve zdravotnictví* 1 vyd. Brno Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. 2007 198 s ISBN:978-80-7013-452-8.
12. *Mimořádné krizové situace* [online] [cit. 2008-08-06] Dostupné z: <http://www.hrdeckralove.org/>.
13. MATOUŠEK, J. ÖSTERREICHER, J. LINHART, P. *CBRN Jaderné zbraně a radiologické materiály*. 1.vyd. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 2007 216 s ISBN: 978-80-7385-029-6.
14. KOLEKTIV AUTORŮ. *Principy a praxe radiační ochrany*. 1.vyd. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Praha 2000 619 s ISBN: 80-238-3703-6.
15. ŠENOVSKÝ, M. ADAMEC, V. HANUŠKA, Z. *Integrovaný záchranný systém*. 2.vyd. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 2007 157 s ISBN: 978-80-7385-007-4.
16. PATOČKA, J. A KOLEKTIV AUTORŮ. *Vojenská toxikologie*.1.vyd. Praha 2004 180 s ISBN: 80-247-0608-3.
17. PROKEŠ, J. et al. *Základy toxikologie* 1.vyd. Praha 2005 248 s ISBN: 80-7262-301-X.

## **9. Přílohy**

Příloha 1: Legislativa řízení krizové situace

## **Příloha 1:** Legislativa řízení krizové situace

Jakákoliv krizová situace má své řízení zakotvené v legislativě. Řídí se těmito právními podmínkami:

- Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů
- Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů
- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)
- Zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů
- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 218/2000 Sb., o rozpočtových pravidlech a o změně některých souvisejících zákonů (rozpočtová pravidla), ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně
- Vyhláška SÚJB č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu
- Vyhláška SÚJB č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě
- Vyhláška MV č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech integrovaného záchranného systému
- Vyhláška MV č. 429/2003 Sb., kterou se mění vyhláška č.328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému
- Vyhláška MV č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů k ochraně obyvatelstva
- Nařízení vlády č.11/1999 Sb., o zóně havarijního plánování
- Nařízení vlády č. 462/2001 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)