

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta biomedicínského inženýrství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Květen 2016

Marek Vlárský



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Přístup zdravotnického záchranáře k postižení
zdraví fyzikálními vlivy v přednemocniční
neodkladné péči**

**Paramedical approach to the injuries caused by physical
impacts in prehospital emergency care**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Zdravotnický záchranář

Autor bakalářské práce: Marek Vlárský

Vedoucí bakalářské práce: doc. MUDr. Jan Pokorný, DrSc.

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Marek Vlárský**
Obor: Zdravotnický záchranář
Téma: **Přístup zdravotnického záchranáře k postižení zdraví fyzikálními vlivy v přednemocniční neodkladné péči**
Téma anglicky: Paramedical Approach to Injuries Caused by Physical Impacts in Prehospital Emergency Care

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Předmětem bakalářské práce bude problematika fyzikálních vlivů působících na člověka. Jejich všeobecné vymezení, účinky na organismus, terapie v přednemocniční a nemocniční péči. Teoretická část bude kromě užšího vymezení jednotlivých fyzikálních vlivů pojednávat jmenovitě o radiační problematice. Zaměří se na druhy záření, zdroje záření, principy detekce a především na biologické účinky záření v přímé souvislosti s nemocí z ozáření. Důležitou součástí pak bude problematika radiační ochrany a bezpečnosti, CBRNE rizik a dekontaminace. V praktické části student popíše přístup zdravotnického záchranáře a dalších složek IZS na místě výskytu jaderné katastrofy, odhad zdravotních rizik a dopadů na člověka a prostředí.

Seznam odborné literatury:

- [1] POKORNÝ, Jan a kol., Lékařská první pomoc, ed. 2., dopl. a přeprac., Praha: Galén, 2010, 474 s., ISBN 978-80-7262-322-8
[2] ŠEVČÍK Pavel a kol., Intenzivní medicína, ed. 3., přeprac. a rozš., Praha: Galén, 2014, 1195 s., ISBN 978-80-7492-066-0
[3] MATOUŠEK, Jiří, Iason URBA N a Petr LINHART, CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 232 s., ISBN 978-80-7385-048-7
[4] ŠVEC, Jiří, Jana CHMELOVÁ a Karol KORHELÍK, Radioekologie pro radiologické asistenty, ed. 1., Ostrava: Ostravská univerzita, 2006, 95 s., ISBN 80-7368-219-2

zadání platné do: 30.09.2017
Vedoucí: doc. MUDr. Jan Pokorný, DrSc.
Konzultant: prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc.


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

V Kladně dne 22.02.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Přístup zdravotnického záchranáře k postižení zdraví fyzikálními vlivy v přednemocniční neodkladné péči“ vypracoval samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

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).

V Kladně 18.5.2016

.....

Marek Vlárský

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval především a hlavně vedoucímu této bakalářské práce a to panu doc. MUDr. Janu Pokornému, DrSc. za jeho neocenitelné rady, velkou moudrost, nadhled a lidský přístup, pro které si ho tolik vážím. Nutno dodat také za notnou dávku shovívavosti a trpělivosti, kterou se mnou (ne)musel mít.

Dále bych chtěl poděkovat panu plukovníku Prof. MUDr. Janu Österreicherovi, Ph. D. za skvělé rady a nápady, které se mnou sdílel i přes naprostý nedostatek volného času a nabitý program.

V poslední řadě bych chtěl také poděkovat panu prof. MUDr. Leoši Navrátilovi, CSc., za ochotu, kterou projevil, když se uvolil být konzultantem mé bakalářské práce.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá přístupem zdravotnického záchranáře k postižení zdraví fyzikálními vlivy v přednemocniční péči.

V teoretické části jsou popsány jednotlivé fyzikální vlivy, působící na zdraví člověka. Největší důraz a bližší specifikace se bude týkat především těch fyzikálních vlivů, které jsou z hlediska přednemocniční péče nejdůležitější, a to především vlivy teplotních změn a ionizujícího záření ve formě termického a radiačního inzultu. Kromě definice jednotlivých pojmů bude vysvětlen mechanismus postižení, etiologie jednotlivých vlivů a základní i rozšířená terapie.

Praktická část této práce bude pojednávat o přístupu zdravotnického záchranáře jako jednoho z důležitých článků integrovaného záchranného systému při mimořádné radiační události s hromadným postižením osob.

Bude popsán přesný postup na místě události včetně všech kroků, které jsou nutné k ochraně zdraví obyvatel a likvidaci následků mimořádné události.

Klíčová slova:

Zdravotnický záchranář, fyzikální vlivy, ionizující záření, radiační inzult, akutní nemoc z ozáření

Abstract:

This bachelor thesis describes the paramedical approach to injuries caused by physical impacts in prehospital emergency care.

In the theoretical part, particular physical causes affecting human health are described, emphasising the most important ones, such as thermal and radiation insults. In addition to the description of particular insults this work focuses on specification of individual mechanisms causing the injury, typical symptoms and forms of essential and advanced prehospital emergency care and additional hospital care.

The practical part deals with paramedical approach to the large scaled radiation emergency situation with mass affliction to human health as a part of an integrated rescue system.

The exact procedure on site is described as well as all steps and methods needed to overcome the emergency situation.

Key words:

Paramedics, physical impacts, ionizing radiation, radiation insult, radiation illness

Obsah

Obsah

Obsah	7
Seznam použitých zkratek	9
1 Úvod.....	11
2 Teoretická část	12
2.1 Fyzikální vlivy působící na člověka.....	12
2.2 Teplo a termický inzult	13
2.2.1 Popáleniny	13
2.2.2 Omrzliny	17
2.3 Ionizující záření a radiační inzult.....	20
2.4 Epidemiologie	21
2.5 Biologické účinky ionizujícího záření	22
2.5.1 Deterministické účinky ionizujícího záření	23
2.5.2 Stochastické účinky ionizujícího záření	24
2.6 Principy detekce	25
2.7 Radiační ochrana.....	27
2.7.1 Základní principy a prostředky osobní ochrany	27
2.8 Akutní nemoc z ozáření	29
2.8.1 Úvod, definice.....	29
2.8.2 Mechanismus postižení.....	29
2.8.3 Fáze akutní nemoci z ozáření.....	30
2.8.4 Formy akutní nemoci z ozáření	31
2.8.5 Radiační dermatitida	33
2.8.6 Terapie	34
3 Praktická část: Postup ZZ a dalších složek IZS na místě mimořádné radiační události 37	
3.1 Radiační nehody a havárie	37
3.1.1 Odstupňování MU podle vyhlášky 318/2002 a IAEA.....	38
3.2 Integrovaný záchranný systém	40
3.3 Provedení zásahu dle typových činností IZS	42
3.3.1 Velení na místě zásahu	43

3.3.2	Postup a součinnost jednotlivých složek IZS na místě zásahu	46
3.4	Zásah v praxi – postup dle jednotlivých fází	47
3.4.1	Průzkum a vyhodnocení situace	47
3.4.2	Vytýčení ochranných zón a organizace místa zásahu.....	48
3.4.3	Kontrola a dekontaminace	53
3.4.4	Třídění.....	58
3.4.5	Prvotní terapie na místě zásahu	59
3.4.6	Diagnostika ANO na místě RMU	64
3.4.7	Třídění postižených s ANO na místě RMU	65
3.4.8	Terapie u zevně ozářených	66
3.4.9	Terapie u kontaminovaných.....	68
3.4.10	Terapie při kombinovaných poškození.....	69
4	Diskuse a závěr	70
5	Seznam obrázků.....	72
6	Seznam tabulek	74
7	Seznam použité literatury	75

Seznam použitých zkratek

AČR – Armáda České republiky

ANO – akutní nemoc z ozáření

Bq (*Becquerel*) - jednotka intenzity záření

C-páteř (z lat. *Cervikální*) - krční

CS ČR – Celní správa České republiky

CNS – centrální nervová soustava

ČR – Česká republika

DC – dýchací cesty

DNA – *kyselina deoxyribonukleová*

DTPA - *kyselina diethylentriaminpentaoctová*

EDTA – *kyselina ethylendiaminotetraoctová*

EKG - elektrokardiograf

FN – fakultní nemocnice

FNKV – Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

GIT – gastrointestinální trakt

GŘHZS – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru

Gy (Gray) - jednotka pro množství absorbované dávky záření

HZS – Hasičský záchranný sbor

INES (*International Nuclear Event Scale*) - mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí

IAEA (*International Atomic Energy Agency*) - Mezinárodní agentura pro atomovou energii

ITACSS (*International Trauma Anaesthesia and Critical Care Society*) - Mezinárodní společenství anesteziologů a společnosti kritické péče o nemocné

IZS - Integrovaný záchranný systém

KOPIS – Krajské operační a informační středisko

KPR – kardiopulmonální resuscitace

LD50 – dávka působící 50% smrtelnost z daného vzorku

„lege artis“ – zkr. *Lege artis medicinae* – dle pravidel umění lékařského

LMA – laryngeální maska

MU – mimořádná událost
NVZ – nástražné výbušné zařízení
NLZP – nelékařský zdravotnický pracovník
OECD/NEA (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) - Organizaci pro ekonomickou spolupráci a rozvoj
OPIS – operační a informační středisko
OPIS ÚO - operační a informační středisko příslušného územního odboru
OS – operační středisko
OTI – orotracheální intubace
OUP – oddělení urgentního příjmu
PČR – Policie České republiky
PNP – přednemocniční péče
POZ – předběžná ochranná zóna
RaL – radioaktivní látka(y)
RMU – radiační mimořádná událost
RTG – rentgenové
START – „snadné třídění a rychlá terapie“
STČ – Soubor typových činností
SÚJB – Státní Úřad pro Jadernou Bezpečnost
SÚJCHBO – Státní úřad jaderné, chemické a biologické ochrany
TF – tepová frekvence
TK – krevní tlak
TP – tenzní pneumotorax
TRIAGE – systém třídění zraněných
ÚVN – Ústřední vojenská nemocnice
VS – velitelské stanoviště
ZZ – zdravotnický záchranář
ZZS – Zdravotnická záchranná služba

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je přístup zdravotnického záchranáře k poškození zdraví fyzikálními vlivy v přednemocniční neodkladné péči.

Úrazy na podkladě fyzikálních vlivů jsou velmi rozšířené a často řešenou problematikou pracovníků ZZS. Počínaje úpaly a úžehy, přes inhalační traumata, opařeniny, popáleniny, omrzliny různých stupňů a závažnosti, vlivu ionizujícího záření a radiace na živé soustavy, rozmanitými úrazy elektrickým proudem, blast syndromy a crush syndromy konče.

Jelikož obsáhnout toto tak široké téma by bylo v rámci jedné bakalářské práce zhruba nemožné, bylo nutno okruh působnosti výrazně zúžit. Teoretická část pojednává a kromě obecného vymezení nejčastějších forem fyzikálních vlivů a dopadu na zdraví člověka se blíže zaměřuje na specifitu ionizujícího záření a konkrétně na problematiku akutní nemoci z ozáření.

Empirická část se zabývá praktickým postupem zdravotnického záchranáře a ostatních složek Integrovaného záchranného systému při možné radiální mimořádné události. Krok po kroku přibližuje systém velení, vazeb a řízení z pohledu jednotlivých složek IZS a přesně dokumentuje průběh zásahu včetně třídění, terapie a odsunu zraněných.

2 Teoretická část

2.1 Fyzikální vlivy působící na člověka

Fyzikálních vlivů, tedy vlivů vnějšího prostředí, které působí ať už přímo, nebo nepřímo na zdraví člověka je mnoho a jsou velmi různorodé. Dají se řadit a kategorizovat dle několika proměnných.

Mezi fyzikální vlivy, působící na organismus člověka se dají počítat vlivy mechanické, jako jsou nárazy, tlaky, vibrace a tření. Dále vlivy klimatické, jako teplota, vlhkost, prašnost a světelné záření.

Mezi další patří elektromagnetické pole a elektromagnetické vlnění. Jakákoliv změna jednoho nebo více z těchto faktorů může mít za následek vznik inzultu, neboli poškození zdraví.

Velmi významným původcem závažných zdravotních problémů, řadícím se mezi fyzikální vlivy, je ionizující záření, kterému bude kromě několika málo kapitol o nejfrekventovanějších a nejznámějších termických inzultech věnováno nejvíce prostoru, a je tak hlavní náplní a tématem této práce.

2.2 Teplo a termický inzult

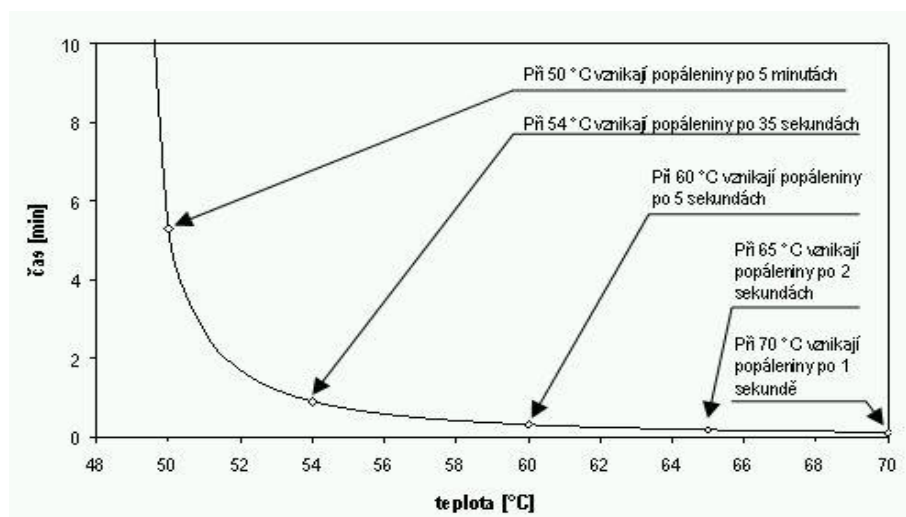
Termický inzult vzniká při působení extrémní teploty na živou tkáň. Může poranit svrchní vrstvy kůže nebo i hlouběji uložené tkáně a může být způsoben teplotami extrémně vysokými v případě popálenin, opařenin a inhalačního traumatu či teplotami extrémně nízkými v případě omrzlin. Specifické jsou pak termické inzulty vyvolané elektrickým proudem. (Königová et al., 2010)

2.2.1 Popáleniny

Popálenina je teplotní poškození pokožky vedoucí k poškození tkáně. Jeho stupeň závažnosti koreluje s tím, zda se jedná o hlubkový nebo povrchový rozsah. Rozsah hloubky popáleniny se při tom určuje dle poškozených vrstev pokožky.

Z patofyziologického hlediska je obvykle primárně postižena pokožka, popřípadě jsou zničeny ty anatomické struktury, které se nacházejí pod ní.

Rozsah a závažnost popáleninového traumatu je přímo úměrná množství tepelné energie, která je závislá na faktorech jako teplota a délka působení.



Obrázek 1 - Závislost popálenin na čase a teplotě (dostupné z <http://panelovedomy.ekowatt.cz>)

2.2.1.1 Stupně popálenin

Popáleniny prvního stupně zasahují pouze vrstvu svrchní části pokožky (*epidermis*) bez poškození hlubších vrstev kůže. Vyznačují se bolestivým svědivým zarudnutím s otoky. Po „zšupinatění“ pokožky dochází k vyléčení, aniž by se vytvořily jizvy.

Popáleniny druhého stupně se vyznačují postižením epidermis a klinicky se rozlišují podle podílu poškození škáry (*dermis*) na popáleniny povrchové (IIa) a hlubší popáleniny druhého stupně (IIb).

Popáleniny IIa jsou velmi bolestivé a jsou charakterizovány tvorbou puchýřů se zarudlým podkladem. V puchýřích se shromažďuje tkáňový mok bohatý na proteiny, a to vede ke zvýšené ztrátě vody skrze pokožku. Léčení probíhá dva týdny a vytváří se jen nepatrné jizvy.

Popáleniny IIb představují závažnější problém, škára je dalekosáhle poškozena i s vlasovým folikulem a žlázami. Poškozením kožních receptorů ve škáře dochází ke ztrátě citlivosti. Podklad popáleniny je červený se světlými plochami. Léčení probíhá pomaleji, tvoří se jizvy a častěji dochází k infekci rány. Hluboké popáleniny druhého stupně lze na místě zásahu jen těžko odlišit od popálenin třetího stupně.

Popáleniny třetího stupně se vyznačují úplným zničením epidermu a dermu. Pacient necítí ani dotek, ani bolest. Tkáň je po očištění bledě bílá nebo nažloutlá, ale podklad je tmavě červený.

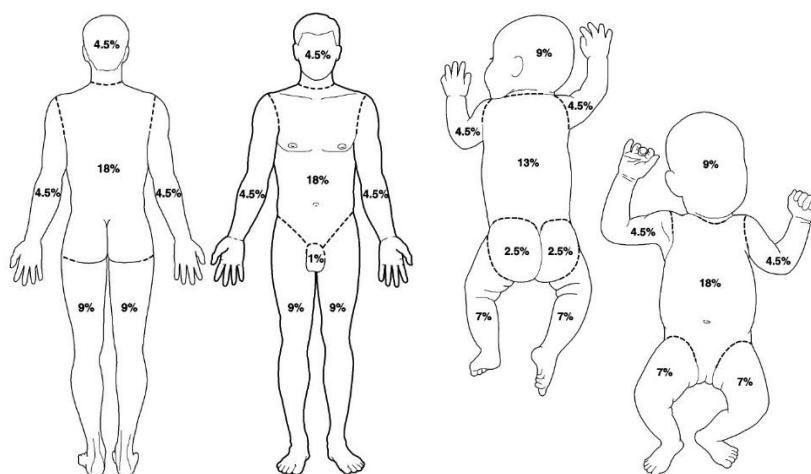
K léčbě popálenin třetího stupně je nutná chirurgická intervence excizí a transplantací kůže. Tyto operace musí být často prováděny opakovaně a výrazně tak ovlivňují dobu hospitalizace.

Při popáleninách čtvrtého stupně (zuhelnatění) jsou zničeny i hluboce uložené tkáně, jako podkožní tuk, svaly, šlachy nebo kosti. Příčinou bývají nejčastěji úrazy při styku s vysokým napětím nebo při dlouhodobém působení extrémního horka.

(Enke et al., 2011)

2.2.1.2 Diagnostika a terapie

Po odstranění oblečení (příškvarky se neodstraňují) lze vyhodnotit povrchový rozměr popálenin a závažnost za pomoci pravidla devíti. U dospělých pravidlem podle Wallaceho, u dětí podle pravidla dle Lund-Browdera. Další pravidlo, které může pomoci a je určeno pro všechny věkové skupiny říká, že vnitřní strana ruky zraněného, včetně prstů, odpovídá jednomu procentu povrchu těla.



Obrázek 1 - Pravidlo devíti a pravidlo podle Lund-Browdera (dostupno z <http://my.firefighternation.com>)

Prvním krokem po stanovení rozsahu a závažnosti u popáleninového traumatu je kontrola základních životních funkcí, které mají přednost před všemi ostatními opatřeními.

- Věk popáleného
- Rozsah popálení
- Předchorobí
- Lokalizace
- Hloubka postižení
- Mechanismus úrazu

Tabulka 1 - Faktory ovlivňující závažnost popáleninového traumatu (Pokorný et al., 2010)

Při poruše jedné nebo více těchto funkcí postupujeme dle trauma-protokolu a akronymu ABCDE. Takový pacient potřebuje nejdříve zajistit průchodnost dýchacích cest vhodným polohováním, popřípadě odsátím. Při nedostatečné ventilaci je nutné přistoupit k asistované ventilaci ručním dýchacím přístrojem, orotracheální intubaci (dále OTI) s následnou umělou plicní ventilací (dále UPV) nebo pouze aplikovat 10-15 l/min kyslíku skrze masku.

Dalšími kroky jsou pak stabilizace krevního oběhu vhodně volenou infuzní terapií náhradními krystaloidními a koloidními roztoky (nejnovější studie se dnes k používání koloidních roztoků staví velmi rozpačitě a spíše negativně) skrze zavedený venózní katetr. U dospělých se obvykle začíná 1000ml balancovaného roztoku (např. Hartmann nebo Ringer-laktát) za hodinu, u dětí je to pak 20ml/kg za hodinu.

U započaté infuzní terapie je po zavedení močového katetru nutná přesná dokumentace hodinové diurézy, která by měla být u dospělých minimálně 0,5ml/kg/hod a u dětí 1ml/kg/hod. (Pokorný et al., 2010)

Venózní katetr by měl mít co největší možný průměr, a pokud je to možné, neměl by být zaváděn do kůže na popálených plochách.

Pokud ani přes adekvátní náhradu tekutin pacient nereaguje nebo se jeho stav dokonce zhoršuje, zvažujeme podání kradiotropních látek, zejména katecholaminů. Množství objemu náhradních roztoků lze jednoduše vypočítat podle Parklandovy formule:

$$\text{Klinický objem} - \text{denní potřeba v ml} = 4 \times \% \text{ popáleného povrchu těla}$$

Při absenci závažných, život ohrožujících stavů, se postupuje podle předběžného odhadu hloubky, závažnosti a rozsahu postižení kausální léčbou, do které spadá mimo jiné především:

- kvalitní analgezie (nejčastěji ketamin v analgetické dávce 0,5mg/kg, při závažnějších stavech možno aplikovat v anestetické dávce 1-2mg/kg).
- Fyzikální chlazení popálených ploch (pouze menší popáleniny do 10% tělesného povrchu chladit vodou o teplotě 20 °C nebo přípravky typu WaterJel do odeznění bolesti)
- Sterilní krytí popálených ploch mulovými čtverci a tampony
- Šetrný transport do zařízení umožňujícího definitivní ošetření – v ČR jsou to popáleninová centra, která provozuje:

- Fakultní nemocnice Královské Vinohrady – Klinika popáleninové medicíny
- Fakultní nemocnice Ostrava – Popáleninové centrum
- Fakultní nemocnice Brno – Klinika popálenin a rekonstrukční chirurgie

Tabulka 2 - Popáleninová centra v ČR (Škorňák, 2011)

2.2.2 Omrzliny

Omrzliny jsou lokálně vymezená poškození tkáně, způsobená přímým působením chladu na pokožku a pod ní ležící tkáň. Také déle trvající teploty nad bodem mrazu mohou vést k omrznutí.

Nejčastěji jsou postiženy akrální části těla, které jsou vystaveny povětrnostním podmínkám a nemají dostatečnou tukovou vrstvu, sloužící jako izolaci. Jsou jimi především prsty na ruce i nohou, uši, špička nosu a brada. (Geisbrecht, 2006)

Z patofyziologického hlediska dochází nejprve k vazokonstrikci, jež je reakcí na podráždění chladem, k vyblednutí kůže a zpomalení proudění krve až ke stázi (přerušovaný tok krve) s následným poškozením vnitřních stěn cév. Déle neléčená krevní stáza napomáhá vytváření arteriálních mikrotrombů.

Otoky nebo puchýře vznikají zvýšenou permeabilitou (propustností) porušených krevních cév. Pokud dojde k odumření buněk postižené tkáně, dochází k nekrotám.

(Enke et al., 2011)

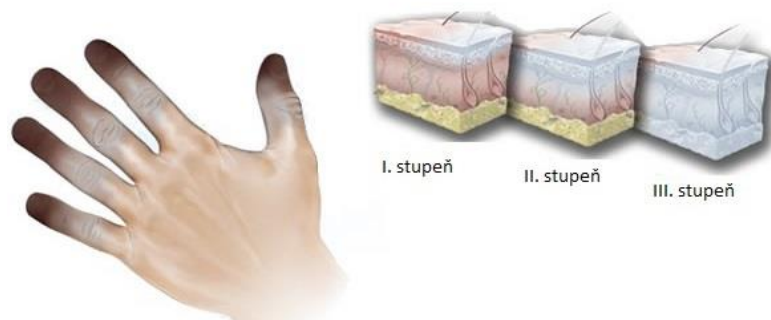


Obrázek 2 - Omrzliny 2. stupně (dostupno z <http://i.iinfo.cz/images/255/omrzliny-144.jpg>)

2.2.2.1 Stupně omrzlin

Podobně jako u popálenin se dělí také omrzliny na stupně podle toho, jak jsou poškozeny vrstvy kůže a cév:

- Omrzlina 1. stupně (*Congelatio erythematosa*). Zpočátku studená, bledá a necitlivá pokožka (hypestezie a anestezie) po působení tepla díky překrvení rychle zčervená (kožní erythém), navíc je nápadné natékání tkáně. Svědění (pruritus) a eventuelně pálivé bolesti odkazují na obnovení původního stavu citlivosti.
- Omrzlina 2. stupně (*Congelatio bullosa*). Charakteristická tvorbou puchýřů s čirým nebo krvavým obsahem. Doprovodými znaky jsou bolest a vznik edémů.
- Omrzlina 3. stupně (*Congelatio escharotica*). Bledé, ledové a necitlivé kožní oblasti odkazují na nevratné poškození tkáně. Odumřené části tkáně se zbarvují během do modročerna – dochází k tvorbě nekrotické a mumifikaci.
- Omrzlina 4. stupně (*Congelatio gangraenosa*). Postižené části těla jsou úplně zmrzlé a mohou se při pokusu o pohyb odlomit. Tkáň je nevratně poškozená a po rozehrání se rozpadá.



Obrázek 3 - Stupně omrzlin podle hloubky poškození tkáně (dostupno z <http://zdravlje.eu/2011/11/16/smrzotine/>)

2.2.2.2 Diagnostika a terapie

Nejprve jsou pacienti umístěni na teplé místo, odstraní se mokré oblečení a teplo se udržuje prostřednictvím dostupných dek.

Omrzliny se nikdy ničím netřou. Ohřívají se v teplé (ne horké) vodě a poté se sterilně kryjí. Při výraznější bolestivosti se podávají analgetika (zpravidla opioidy) a sedativa (např. Midazolam).

Při terapii omrzlin je důležitým faktorem opětovná vazodilatace postižených tkání vhodnou farmakoterapií (ve vozidlech ZZS především katecholaminy, popřípadě Terlipressin), aby se stimuloval co nejvyšší průtok krve, což je nezbytnou součástí prevence další ischemizace.

Omrzliny prvního a druhého stupně se hojí spontánně. Při 3. stupni vznikají nekrózy, které se musí odstranit (*nekrektomie*). Omrzlé prsty na ruce i nohou, ruce, nohy atd. se musí zpravidla amputovat.

Podle rozsahu léčení defektů se předepisují štěpené transplantáty kůže nebo jiné techniky plastické rekonstrukce. (Enke et al., 2011)

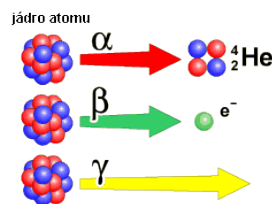
2.3 Ionizující záření a radiační inzult

Atomy jsou stavební kameny všech látek a struktur. Skládají se ze záporně nabitého obalu, obsahujícího elektrony, a kladně nabitého jádra, které obsahuje protony a neutrony. Atomová jádra jsou stabilní pouze tehdy, když jsou protonová a neutronová čísla v určitém poměru. Nová, lehčí jádra, která vznikla při štěpení těžších jader, mají většinou příliš neutronů a jsou proto nestabilní. Spontánně se mění na stabilnější konfigurace a při této změně vysílají radioaktivní záření.

Rozeznáváme mezi dvěma typy ionizujícího záření: mezi elektromagnetickými vlnami, označovanými jako fotony a mezi částicovým zářením, často označovaným jako „korpuskulární“.

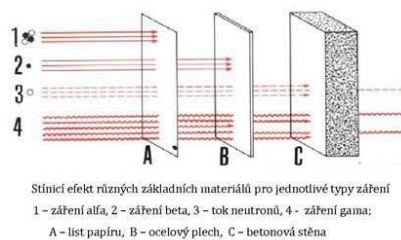
Elektromagnetické vlnění, schopné ionizace okolního prostředí, je možno pozorovat u záření neutronového a Rentgenového. Proud fotonů, neboli korpuskulární záření, je emitováno částicemi alfa, beta a neutrony.

(Osterreicher et al., 2003)



Obrázek 4 - Druhy ionizujícího záření (dostupno z <http://trivistreb.cz/typy-radioaktivity>)

Ionizující záření vzniká emisí při rozpadu radionuklidů na jádra jiných prvků. Radionuklidy rozumíme jádra nestabilních prvků, která můžeme nalézt v radioaktivních látkách. Podle typu emitovaných subatomárních částic, jejich náboje, schopnosti další ionizace a efektivního dosahu dělíme ionizující záření na záření α, β, γ a neutronové záření. (Hynková et al, 2012)



Obrázek 5 - Prostupnost jednotlivých typů záření materiálem (dostupno z <http://trivistreb.cz/editor/filestore/Image/Trebechovice/fyzika/alg%20stineni.jpg>)

2.4 Epidemiologie

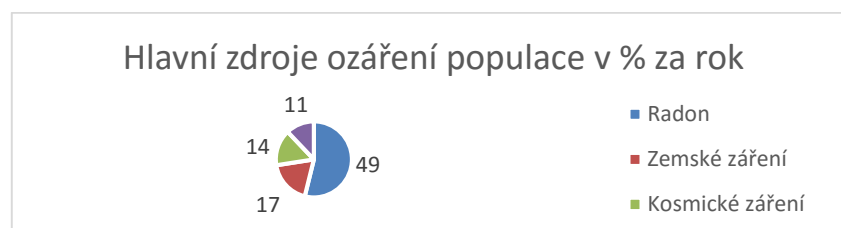
V dnešní době se na rozdíl od nedávné historie, sahající od prvních testů jaderných zbraní projektu „Manhattan“, přes kontroverzní shoz pum na Japonsko ke konci druhé světové války až k poválečným haváriím v jaderných elektrárnách v bývalém Sovětském svazu, Velké Británii, USA a Japonsku, potkáváme se závažnými následky ozáření nebo jiných radiačních inzultů velmi zřídka.



Obrázek 6 - Částečně roztavené jádro Černobylské elektrárny (dostupno z <http://chernobylandpripyat.tumblr.com>)

V důsledku hromadného celosvětového odzbrojování a bagatelizaci nebezpečí, pramenícího z možného použití jaderných zbraní nebo radiačního terorismu, se dnes těžiště výzkumu, prevence a ochrany obyvatelstva přeneslo do poněkud civilnější sféry, a to k přírodním a umělým zdrojům záření. K oblastem s vyšším rizikem výskytu ozáření se řadí především ta místa, kde se vyrábějí izotopy a jaderná technika, laboratoře, zkušební zařízení a rentgenová zařízení. Také při zacházení s otevřenými a uzavřenými zářiči (např. při transportu radioaktivních odpadových látek) může dojít k uvolnění radioaktivních látek.

Mezi hlavní původce ozáření obyvatelstva z přírodních zdrojů tak řadíme vdechování radonu a jeho rozpadových produktů, zemské záření a kosmické záření. Z umělých zdrojů je to především rentgenové záření v nemocničních zařízeních. (Ševčík et al, 2014)



Obrázek 7 – Hlavní zdroje ozáření populace. (Švec et al., 2006)

2.5 Biologické účinky ionizujícího záření

Účinky ionizujícího záření na živé organismy závisí na několika faktorech, mezi které patří druh a energie záření, dávka a příkon záření a vlastnosti ozářené tkáně. Patogeneze jakéhokoliv druhu ozáření nebo kontaminace radioaktivní látkou vždy vychází primárně z poškození buněk a buněčných struktur, které ve svém důsledku podmiňuje rozvoj dalších symptomů, tvořících klinický obraz poškození nebo nemoci.

„Poškození buněk závisí především na jejich rozmnožovacích schopnostech. Vliv ionizujícího záření na buňku je tím výraznější, čím má buňka větší schopnost k rozmnožování.“

(Švec et al., 2006)

Expozice buňky vede ke dvěma možným scénářům: ke smrti buňky nebo ke změně její genetické informace; neboli mutace. Pokud je mateřská buňka po vystavení radiačnímu inzultu schopna regenerace, přenesou svou pozměněnou (mutovanou) DNA i na své dceřiné buňky. (Švec et al., 2006)

Ionizující záření poškozuje v závislosti na dávce biologickou tkáň, přičemž při přímém působení záření na organickou molekulu uvolňuje její vazebné elektrony z obalu atomu, a tím se molekula rozpadá. Zatímco při nižší dávce záření může buňka molekulu opravit, je poškození při vyšších dávkách záření nenapravitelné a dochází k odumření postižené buňky.

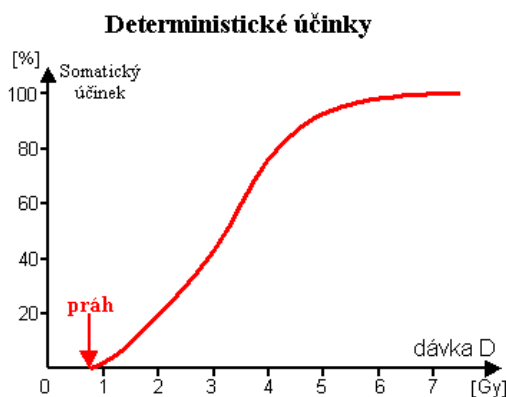
Znatelně větší význam má ale nepřímé působení záření. Při tom molekuly vody, které činní cca 70-80% buněčné hmoty, se štěpí působením ionizačního záření, za vzniku agresivních hydroxylových a vodíkových radikálů, které opětovně ničí organické molekuly, a mohou tak vést k odumírání buněk.

Vedle přímého působení, které ničí buňky a je relativně rychle rozpoznatelné, se objevují škodlivé projevy i v oblasti genomu. Změny v genomu jsou příčinou mutací, které se objevují teprve později při dělení buněk.

Orgány s vyšší mírou dělení buněk – například pohlavní žláza, pokožka a žlázy, jsou tímto citlivější na ozáření než orgány s malou mírou dělení buněk, jako například, mozek nebo kosti. (Enke et al., 2011)

2.5.1 Deterministické účinky ionizujícího záření

Deterministické neboli nestochastické účinky ionizujícího záření se projeví při jednorázové expozici organismu velkému množství záření, která má za následek hromadný úhyn buněčných struktur, mající přímý vliv na funkci orgánů a orgánových soustav. Tabulka 1 vyjadřuje závislost vzniku deterministických účinků na velikosti absorbované dávky.



Tabulka 3 - Závislost somatických účinků na velikosti dávky (nuklfyzika.cz)

Množství a lokalizace záření poté podmiňuje vznik jednotlivých subsyndromů, mezi které můžeme zařadit akutní nemoc z ozáření, poškození plodu in utero, pozdní nenádorová poškození a jiná akutní přesně lokalizovaná poškození.

„Tyto účinky se projevují tehdy, jestliže dávka záření je nad tzv. dávkovým prahem, který je charakteristický pro daný deterministický účinek. Dále platí, že vedle pravděpodobnostní odezvy je i intenzita deterministického účinku závislá na absorbované dávce záření.“

(Matoušek et al., 2007)

Tkáň	Dávka (Gy)	Druh poškození
Varle	0,2	Přechodná nepřítomnost spermií
Kostní tkáň	0,7	Útlum krvetvorby
Oko	2	Šedý zákal čočky, katarakta
Kůže	3	Radiační zánět kůže, dermatitida
Střevo	8	Radiační zánět střev, enteritida
Plíce	8	Radiační zánět plic, pneumonitida, fibróza
Centrální nervový systém	80	Poruchy funkcí

Tabulka 4 - Prahové dávky vybraných orgánů a orgánových soustav (Matoušek et al, 2007)

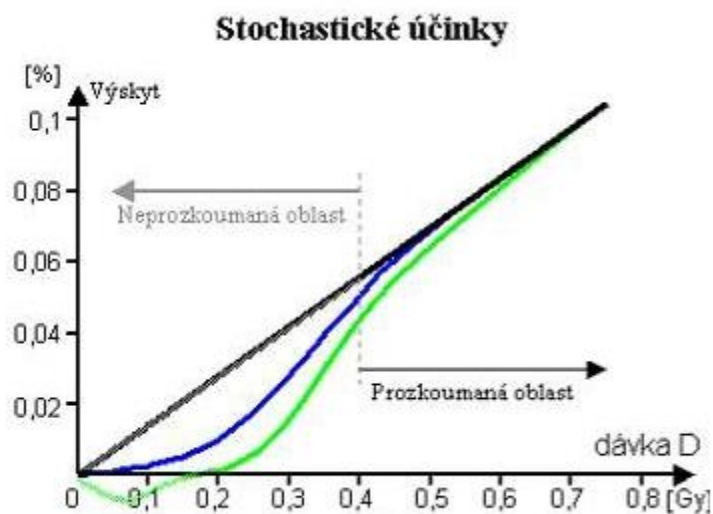
2.5.2 Stochastické účinky ionizujícího záření

Druhou formou poškození organismu ionizujícím zářením je výskyt stochastických účinků.

Tyto účinky jsou podmíněny délkou expozice organismu inzultu a množstvím přijaté dávky stejně jako u deterministických účinků, avšak na rozdíl od nich se projevují až po uplynutí poměrně dlouhého časového úseku od ozáření anebo se nemusí projevit vůbec.

Mezi stochastické účinky řadíme v první řadě výskyt nejrůznějších forem rakoviny, indukované zářením a také vznik genetických změn v důsledku poškození DNA.

Tabulka 5 nám ukazuje závislost procentuálního výskytu stochastických účinků na velikosti dávky.



Tabulka 5 - Závislost výskytu stochastických účinků na dávce (astronuklfyzika.cz)

2.6 Principy detekce

Množství ionizujícího záření, velikost absorbované dávky a povrchové kontaminace se měří pomocí radiometrických přístrojů.

Těchto přístrojů je mnoho druhů. Liší se rozměry, hmotnostmi, rozsahem měřicí kapacity, napájením a uživatelskými vlastnostmi, specifickými pro každou značku a typ přístroje.

Moderní osobní zásahové dozimetry a radiometry jsou velké a vypadají asi jako klasické mobilní telefony. Mají odolná pryžová ovládací tlačítka, podsvícený led display a hlasovou signalizaci.

Bývají zasazeny do vodotěsných a nárazotěsných kovových nebo plastových pouzder. Hmotnost přístrojů se pohybuje mezi 100 gramy a 2 kilogramy včetně baterie.



Obrázek 8 - Dozimetr Gamma-Scout A,B,Γ V2016
(dozimetry.eu)



Obrázek 9 - Dozimetr Radiometr SMB-2016
(dozimetry.eu)

Strukturálně jsou složeny ze tří částí. Detektoru, zařízení přeměňujícího zachycené elektrické signály, a registračního a vyhodnocovacího zařízení, které je pak schopno elektrické signály interpretovat a zobrazit. (Prouza et al., 2008)

Detektor

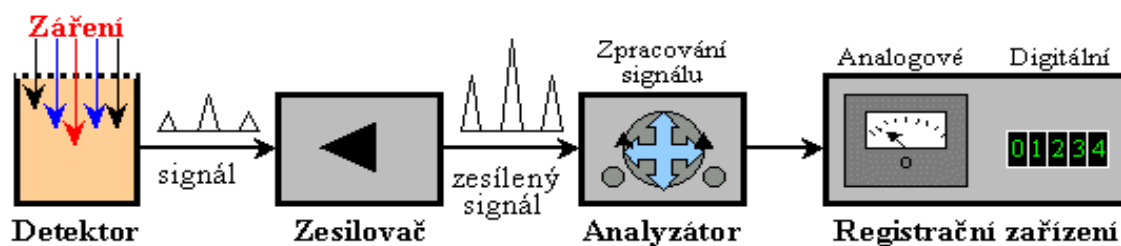
Zařízení k přeměně elektrických signálů

Registrační zařízení

Princip fungování radiometrických měřících přístrojů shrnuje doc. Švec takto:

„Detektor je vstupní prvek radiometrické aparatury. V detektoru se mění energie dopadajícího ionizujícího záření na elektrický signál, který se v druhé části aparatury zpracovává tak, aby mohl být v poslední části aparatury zaregistrován a vyhodnocen“

(Švec et al., 2006)



Obrázek 10 - Blokové schéma elektrického detektoru (<http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm#2>)

Detekční přístroje lze dělit do dvou hlavních skupin buď podle účelu, nebo podle principu detekce. Podle účelu dělíme detektory na kontinuální a integrální. První jmenované se používají především při mimořádných událostech a haváriích a jsou schopny průběžně informovat o okamžité míře detekovaného záření. Druhými jsou detektory integrální, používané hojně v lékařství a osobní dozimetrii. Ty zachycují záření lineárně v čase a vypočítávají celkovou dávku radiace, které byl přístroj vystaven. Změřené údaje jsou pak uchovány na paměťovém disku k dalšímu rozboru.

Účelově se v praxi dělí detekční přístroje na radiometry, spektrometry a jiná radiometrická zařízení. (Prouza et al., 2008)

Dříve byly používány ve výbavě zasahujících jednotek osobní dozimetry bez samo vyhodnocovacích funkcí, ty sekundárně zastával vyhodnocovací přístroj VDD 80.



Obrázek 11 - vyhodnocovací přístroj VDD80 (dostupno z <http://www.armatex.cz/vyhodnocovaci-pristroj-vdd-80-118>)

2.7 Radiační ochrana

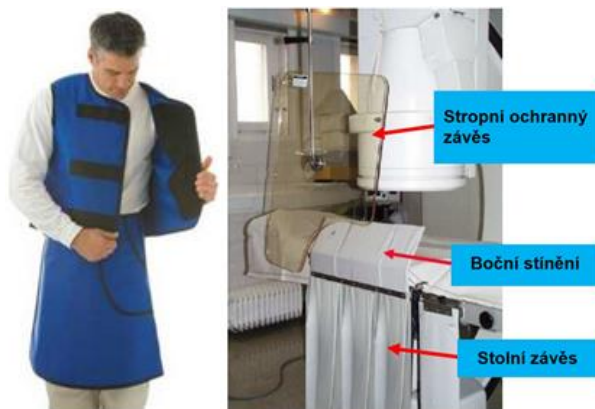
2.7.1 Základní principy a prostředky osobní ochrany

Základní principy osobní ochrany, kterými se člověk může bez větších obtíží a a při nedostatku specializovaného vybavení řídit, jsou tři:

- a) Redukce času stráveného u zařízení emitujícího ionizující záření
- b) Oddálení od zdroje záření
- c) Krytí za materiálem schopným emitované záření odstínit.

Zdravotnický personál těchto oddělení má tak přísný zákaz vstupu do exponovaného prostředí v okamžiku emise ionizujícího záření při pořizování RTG snímků (zařízení emituje ionizující záření pouze na krátkou chvíli a při nečinnosti nebezpečí nehrozí).

Dále se personál chrání speciálními prostředky ve formě štítů, zástěn, závěsů, zástěr, límců, brýlí a rukavic.



Obrázek 12 - Ochranné pomůcky pracovníků radiologických zařízení (dostupno z https://www.suro.cz/cz/lekarske/Skiaskopie_info_pro_pracovniky.pdf)

Tyto základní principy jsou ovšem víceméně aplikovatelné především v nemocničních zařízeních v prostředí radiologických oddělení.

Při radiačních haváriích a nehodách budou sice stále platná, jejich použití bude však omezené a do popředí se dostanou pokročilejší prostředky ochrany, jako jsou speciální obleky, masky s filtry, dekontaminační zařízení, vojenská i civilní vozidla a kryty.

Prostředky osobní individuální ochrany se dělí do čtyř skupin podle stupně ochrany:

Stupeň ochrany	Ochranný oděv	Ochrana dýchacích cest	Rukavice	Ochrana
A	CE- Typ Ia ET	Nezávislý dýchací přístroj	Součást oděvu	Celotělový, nepropustný pro plyny, chemikálie, plná ochrana před viry, bakteriemi
B	CE- Typ 5+6	Maska s filtrem FFP3-SL	Nitrilové, dvojitě	Celotělový, nepropustný pro plyny a chemikálie, plná ochrana před viry, bakteriemi, maska
C	Tychem BR, F Tyvek SL	Polomaska s filtrem FFP3-SL	Nitrilové	Vodotěsný, limitně chrání před viry a bakteriemi
D	Standardní pracovní oděv	Není	Nitrilové	Nechrání před viry nebo částicemi

Tabulka 6 - Dělení ochranných prostředků dle stupně ochrany (tabulka z přednášek doc. Pokorného)

Všechny moderní sofistikované prostředky individuální ochrany se vyznačují několika zásadními vlastnostmi - jsou celotělové, přetlakové a hermeticky uzavřené s autonomním dýchacím přístrojem složeným z filtro-ventilační jednotky, která s okolím komunikuje systémem vyměnitelných filtrů.



Obrázek 13 - Protichemický ventilovaný oděv (Pokorný)

2.8 Akutní nemoc z ozáření

2.8.1 Úvod, definice

Paní doktorka Ludmila Hynková z Kliniky radiační onkologie v Brně ve své knize definuje akutní nemoc z ozáření takto:

„Akutní nemoc z ozáření je definována jako odpověď organismu na jednorázové ozáření dávkami ionizujícího záření vyššími, než 0,7 Gy. Zahrnuje tři základní syndromy, jejichž výskyt je závislý na výši absorbované dávky“.

(Hynková et al., 2012)

2.8.2 Mechanismus postižení

Mechanismus poškození organismu radioaktivní látkou je dvojitý. Může vzniknout buď vlivem ozáření, nebo kontaminace. Kontaminaci dále dělíme podle způsobu průniku radionuklidů do těla na kontaminaci vnitřní a vnější.

„Zevní kontaminací rozumíme přítomnost radionuklidů na kůži. Jelikož většina radionuklidů jsou β - a γ - emitory, je organismus při zevní kontaminaci částečně či celotělově ozařován paprsky γ “.

(Österreicher, 2008)

Pokud je radioaktivní látka polknuta (*ingesce*) nebo vdechnuta (*inhalace*), jedná se o kontaminaci vnitřní. Jelikož jsou ale prahové dávky, při kterých se začínají manifestovat projevy akutní nemoci z ozáření poměrně vysoké, nesetkáváme se v praxi často se závažnou formou vnitřní kontaminace. Mnohem častější je postižení v důsledku ozáření nebo zevní kontaminací.

Při vnitřní kontaminaci je pak velice důležité zjištění dávky, ale hlavně zdroje radionuklidu. Jednotlivé izotopy různých prvků jsou totiž fyzikálně velice odlišné. Mají různou velikost, náboj, schopnost emise záření. Na biologické úrovni se různí především vazebnou schopností, vstřebatelností a kancerogenitou.

Pro terapii je tudíž naprosto nezbytné určit druh látky, kterou byl organismus zasažen, protože kromě specifické symptomatologické terapie, která je společná většině forem kontaminace, mají specifické radionuklidy i svá specifická antidota a postupy léčby. (Pokorný et al., 2010)

2.8.3 Fáze akutní nemoci z ozáření

Akutní nemoc z ozáření probíhá typicky ve třech fázích. První je fáze prodromální. Jedná se o období, kdy se objevují první symptomy spojené s nespecifickou odpovědí organismu vystavenému radiačnímu inzultu. Patří sem nauzea, zvracení, neklid, únava a další.

Následuje fáze latence, kdy se jednotlivé symptomy zdánlivě zlepšují nebo úplně mizí.

Jako poslední přichází fáze manifestní, kdy dochází k plné klinické manifestaci symptomatologie, typické pro jednotlivé syndromy ANO.

Jednotlivé fáze nemoci jsou z hlediska délky svého trvání u odlišných syndromů různé a proměnlivé.

Například prodromální fáze u dřevého syndromu může trvat i několik dní, naproti tomu u centrálně nervového syndromu jen několik minut.

U latentní fáze jsou rozdíly ještě markantnější, u dřevé formy se délka trvání pohybuje mezi dny a týdny a u neurovaskulární formy může dokonce chybět nebo se překrývat s manifestní fází.

Závislost mezi délkou jednotlivých fází a forem ANO nám ukazuje tabulka č.7 (Hynková et al, 2012)

Ak. nemoc z ozář.	Prahová dávka	Prodromální fáze	Latentní fáze	Manifestní fáze
Dřevá	1Gy	30 min. – 48 hod	2. den – 3. týden	2. den – 4. týden
Gastrointestinální	8 Gy	10 min. – 48. hod	3. – 5. den	5. – 8. den
Neurovaskulární	30 Gy	od 5 min.	2. den nebo chybí	2. – 4. den

Tabulka 7 - Fáze akutní nemoci z ozáření (Hynková et al, 2012)

2.8.4 Formy akutní nemoci z ozáření

Podle míry a druhu poškození rozeznáváme tři formy akutní nemoci z ozáření. Každá z nich má svá specifika, jako například množství absorbované dávky nutné k projevu symptomatologie, cílový postižený orgán nebo orgánová soustava a vyjádření symptomatologie v čase, neboli různorodou délku jednotlivých fází nemoci.

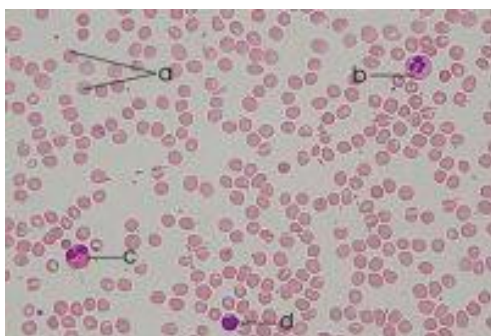
2.8.4.1 Syndrom dřevový (hematopoetický)

Pokud jsou poškozeny nezralé hematopoetické kmenové buňky kostní dřevě, mluvíme o syndromu dřevovém. Ten vzniká už při absorbovaných dávkách kolem 1 Gy (některé prameny mluví již o dávkách kolem 0,7 Gy).

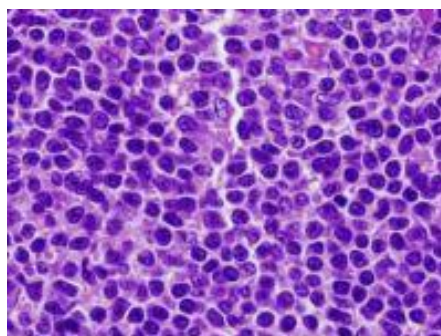
Z patofyziologického hlediska se jedná o útlum krvevotvorby v kostní dřevě, vedoucí k pancytopenii - nedostatku všech druhů krevních buněk. Takto vzniklá erytrocytopenie, leukopenie a trombocytopenie se samozřejmě projevuje řadou komplikací.

Mezi nejzávažnější řadíme anemii z nedostatku erytrocytů, zvýšenou krvácivost z nedostatku trombocytů a snížení obranné schopnosti organismu v důsledku nedostatku leukocytů. (Radiobiologie, dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/>)

Obrázky 11 a 12 ukazují rozdíl mezi fyziologickým a patologickým obrazem krevního nátěru vyvolaným radiačním inzultem.



Obrázek 14 - Fyziologický krevní nátěr (a-erytocyty; b-neutrofil, c-eozinofil, d-lymfocyt) (fbmi.sirdik.org)



Obrázek 15 – Pancytopenie (fbmi.sirdik.org)

2.8.4.2 Syndrom gastrointestinální

MUDr. Petr Burkoň, Ph.D. charakterizuje gastrointestinální syndrom takto:

„Ke gastrointestinálnímu syndromu dochází v důsledku jednorázového ozáření dávkami většími než 8 Gy. Prognóza GIT formy akutní nemoci z ozáření je zcela infaustní. Po latentní fázi trvající několik dnů až týden nastupuje těžká ztráta tekutin, krvácení ze zažívacího traktu a průjem.“ (Hynková et al., 2012)

Aby došlo k manifestaci GIT formy ANO, jsou nutné vyšší dávky než dávky zapříčiňující syndrom dřevový, jelikož epiteliální střevní buňky mají vyšší radiorezistenci. (Österreicher, 2003)

Poškození střevního epitelu a úbytek sliznice je příčinou vzniku střevních srůstů a ileu. Méněcenná střevní sliznice je náchylnější k infekci, dochází k ischemii střeva, následné sepsi a smrti.

2.8.4.3 Syndrom neurovaskulární

K poškození centrálního nervového systému dochází při dávkách větších než 30 Gy. Při takto výrazné expozici dochází velmi rychle k smrti postiženého (většinou během několika hodin). Přesto je tato forma velice raritní a je obvykle spojena s celou škálou dalších poranění, které jsou svou povahou stejně smrtící.

„K takovému ozáření může dojít při vojenských operacích (u létajícího personálu při průletu nad místem výbuchu jaderné bomby), při nehodách v jaderných zařízeních a při zpracování jaderného odpadu. Dosud s tímto syndromem bylo ve světě hospitalizováno pouze několik pacientů“ (Österreicher, 2003)

Absorbovaná dávka musí být tak ohromná, že by se musel zasahující personál nebo vojenské jednotky pohybovat v zóně, kde by byly zároveň vystaveny smrtící tlakové a tepelné vlně. V závislosti na absorbované dávce dochází k rozvoji symptomatologie charakteristické pro jednotlivé fáze ANO, přičemž čím vyšší je absorbovaná dávka, tím kratší jsou prodromální a latentní intervaly. Při manifestaci dochází díky těžkému poškození mozkových cév, meningitidě a edému mozku nejprve ke křečím, následně ke hlubokému bezvědomím a smrti, je tak stejně jako forma gastrointestinální stoprocentně letální. (Forshier, 2009)

2.8.5 Radiační dermatitida

Radiační dermatitida je poškození kůže ionizujícím zářením. Podle forem a závažnosti příznaků, hloubky poškození a dobou hojení ji dělíme do několika stupňů.

První - Lehký až středně těžký stupeň, objevující se při zasažení dávkami mezi 3-15 Gy, je charakteristický vznikem erytému, epilací exponované části těla a suchým zánětem, doprovázeným olupováním svrchní vrstvy kůže a následnou hyperpigmentací.



Obrázek 16 - Radiodermatitida lehkého až středního stupně (fbmi.sirdik.org)

Druhý – Těžký stupeň vzniká při dávkách mezi 16 a 25 Gy. Kromě příznaků uvedených pro předchozí formu je navíc specifický tvorbou puchýřů s- nebo bez exsudace. Následné hojení není úplné a novotvořená kůže není plnohodnotnou náhradou, je tenká, jemná a snadno zranitelná.



Obrázek 17 - Exsudativní dermatitida těžkého stupně (fbmi.sirdik.org)

Třetí – Velmi těžký stupeň, vznikající při dávce nad 25 Gy, je jasně definovatelný vznikem nekrotizace a bolestivých vředů, které se jenom velmi špatně a velmi dlouho hojí.



Obrázek 18 - Atrofická nekróza kůže při velmi těžkém postižení (fbmi.sirdik.org)

(Radiobiologie, dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/>)

2.8.6 Terapie

Možnosti terapie zasažených jsou v přednemocniční péči značně omezené a skládají se ze tří na sebe navazujících kroků, popsanych níže.

Další specializovaná péče je po úvodní dekontaminaci zahajována až v prostředí nemocniční péče.

Prvním úkolem v rámci přednemocniční péče (dále jen PNP) je přerušení dalšího působení radiační noxy na organismus, neboli evakuace postiženého z kontaminovaného prostředí.

Druhým článkem terapeutického řetězce je fyzikální a chemická dekontaminace. V podmínkách PNP se postup odvíjí od formy kontaminace a zasažených částí těla.

Po dozimetrickém měření a potvrzení vnější dekontaminace se postižená osoba vysvěče a kontaminované oblečení se neprodyšně uzavře do polyetylénového pytle opatřeného iniciálami, datem a hodinou odběru).

Vysvěčená osoba se za další dozimetrické kontroly důkladně omyje za použití teplé vody, kartáče a vhodného detergentu.

„Jako detergent je nejvhodnější kyselé mýdlo, případně 10% roztok EDTA (kyselina etylendiaminotetraoctová) nebo 1% roztok DTPA (kyselina), v případě nouze lze provést dekontaminaci obyčejným mýdlem nebo Jarem“

(Radiobiologie, kap.5.9, dostupno z <http://fbmi.sirdik.org>)

Následuje osušení, zabalení a transport do kompetentního nemocničního zařízení schopného definitivní péče (u radiačních inzultů mluvíme o Střediscích speciální zdravotnické péče).

Jako standardní se v rámci PNP zahajuje symptomatická léčba ve formě kvalitní analgosedace, infuzní terapie a podání dostupných širokospektrých antibiotik (nejlépe Cefalosporiny IV.gen.).

SSZP ve Všeobecné fakultní nemocnici Praha
➤ Komplexní specializované pracoviště, schopné vyšetřit a hospitalizovat až 20 pacientů s podezřením na expozici ionizujícímu záření do dávky 1 Gy.
SSZP ve Fakultní nemocnici Hradec Králové
➤ Komplexní specializované pracoviště, schopné vyšetřit a hospitalizovat až 20 pacientů s podezřením na expozici ionizujícímu záření do dávky 1 Gy.
SSZP v Thomayerově nemocnici
➤ Pracoviště s maximální kapacitou 30 lůžek, specializované na provádění cytogenetických vyšetření
SSZP ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady Praha
➤ Pracoviště specializované na poranění kůže ionizujícím zářením, radiační dermatitidou a ostatními termickými noxami, mající maximální kapacitu 15 lůžek.

Tabulka 8 - Seznam specializovaných pracovišť na území ČR, schopných definitivní péče při radiačním zasažení (Šin)

V případě vnitřní kontaminace, kterou potvrdíme dozimetrickou kontrolou okolo úst, očí, nosu a uší, kde se radionuklidy zachytávají nejvíce, provedeme nejprve fyzikální dekontaminaci.

Ústa čistíme pomocí kartáčku a vyplachujeme 3% roztokem kyseliny citrónové. Oči a nosní dutinu vyplachujeme vodou, lépe borovou vodou nebo fyziologickým roztokem.

Rozšířená kauzální terapie je realizována až po určení otravné noxy v prostředí specializovaných nemocničních pracovišť a skládá se z jodové profylaxe tabletami jodidu draselného nebo kalia iodatum k potlačení akumulace radionuklidů v radiosenzitivní štítné žláze.

„Podání 100 až 300 mg stabilního jódu v tabletách kalium iodatum (KI) poskytuje bezpečnou ochranu štítné žláze na dobu od 1 do 6 hodin.“

(Radiobiologie, kap.5.9, dostupno z <http://fbmi.sirdik.org/5-kapitola/59.html>)

V další fázi je realizována specifická antidotní terapie, která je přehledně vyjádřena v tabulce č. 9

Radionuklid	Medikace	První lékařská pomoc	Účinek
Jód	jodid draselný	4 tbl. po 65mg	kompetitivní inhibice jódu ve štítné žláze
Plutonium a yttrium	Diethylentriamin-pentaocetán (DTPA)	1 amp. (5ml) i.v.	vyvázání
Uran	bikarbonát sodný	Pomalá infuze 250ml 8,4% roztoku	alkalizace moči
Cesium, rubidium, thalium	berlínská modř (Radiogardase-CS)	3 tobolky rozpuštěné v 100-200ml vody, p.o.	mobilizace z orgánů
Radium, stroncium	alginát sodný (Alginette, Krka)	3 tablety po 200mg na den	snížení vstřebávání
Tritium	voda	Podat 6-12 litrů vody denně	ředění a vylučování
Těžké kovy: olovo, polonium, kobalt, měď, zinek a zlato	penicillamin (Metalcaptase)	4 tablety po 300mg na den, p.o.	snížení vstřebávání
Obecně	fosforečnan hlinitý (Gasterin gel)	3 sáčky denně, p.o.	snížení vstřebávání
Obecně	furosemid (Furosemid Forte)	3 tablety po 40mg na den, p.o.	zvýšení vylučování

Tabulka 9 - Doporučené léčebné postupy při vnitřní kontaminaci (Pokorný et al, 2010)

Další součástí komplexní terapie je dekontaminace zažívacího traktu ve formě výplachů žaludku za použití adsorbčních přípravků jako *CarboAdsorbens*, *Imuna Pharm*, nebo *Gestrogenalu* a urychlení eliminace radioaktivních částic z těla formou běžných laxativ a diuretik.

3 Praktická část: Postup ZZ a dalších složek IZS na místě mimořádné radiační události

3.1 Radiační nehody a havárie

V metodologii oboru radiační ochrany je radiační mimořádná událost (dále MU) definována takto:

„Radiační mimořádná událost je stavem, kdy může dojít nebo dochází k expozicím, které jsou vyšší, než expozice limitní.“ (Österreicher, 2003)

Takto vzniklou situací musíme však blíže specifikovat podle ozářeného objektu. V případě, že byli zasaženi lidé, mluvíme o *radiační nehodě*. Pokud však dojde k úniku radioaktivních látek do prostředí, nejde o radiační nehodu, nýbrž *radiační havárii*.

3.1.1 Odstupňování MU podle vyhlášky 318/2002 a IAEA

Mimořádné události lze klasifikovat podle škály závažnosti, kterou u nás v České republice vypracoval Státní Ústav pro Jadernou Bezpečnost (dále SÚJB) a je zaevidována pod číslem 318/2002 sbírky. Třídění probíhá na základě několika faktorů, které ve výsledku určují závažnost MU – místa, kde událost vznikla, množství zasažených osob a prostředky nutné k jejímu odstranění.

Prvním stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do prostor jaderného zařízení nebo pracoviště. Událost prvního stupně může být radiační nehodou, má omezený, lokální charakter a k jejímu řešení jsou dostačující síly a prostředky obsluhy nebo pracovní směny.

Druhým stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, které nevyžaduje zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí. Událost druhého stupně je radiační nehodou. Její řešení vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení a k jejímu zvládnutí jsou dostačující síly a prostředky držitele povolení (organizace nakládající se zdrojem), případně síly a prostředky smluvně zajištěné držitelem povolení.

Třetím stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, vyžadující zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí, stanovená ve vnějším havarijním plánu a havarijním plánu okresu. Událost třetího stupně je radiační havárií. Její řešení vyžaduje kromě aktivace zasahujících osob držitele povolení a zasahujících osob podle vnějšího havarijního plánu, popřípadě havarijního plánu okresu, zapojení dalších dotyčných orgánů.

Tabulka 10 - Přesné znění vyhlášky 318/2002 sb.

Ve světě je globálně rozšířenou a všeobecně uznávanou klasifikace podle stupnice „INES“ – mezinárodní stupnice, hodnotící závažnost jaderných událostí. Tato stupnice

byla vytvořena expertní skupinou, pracující pod hlavičkou Mezinárodní agentury pro jadernou energii (IAEA) ve spolupráci s Agenturou pro jadernou energii při Organizaci pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA).

Tato stupnice třídí jednotlivé události podle závažnosti do sedmi skupin. Události nižší závažnosti (na stupnici označeny čísla od jedné do tří) se definují jako „nehody“. Události závažnější (na stupnici označeny čísla od čtyř do sedmi) pak jako „havárie“.

	DOPAD VNĚ ZAŘÍZENÍ	OBLAST DOPADU	
		DOPAD UVNITŘ ZAŘÍZENÍ	DOPAD NA OCHRANU DO HLOUBKY
7 VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE	ROZSAHLÝ ÚNIK: ŠIROCE ROZŠÍŘENÉ DOPADY NA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ		
6 TĚŽKÁ HAVÁRIE	ZÁVAŽNÝ UNIK: PRAVDĚPODOBNE NASAZENÍ VEŠKERÝCH PLÁNOVANÝCH PROTIOPATŘENÍ		
5 HAVÁRIE S RIZIKEM VNĚ ZAŘÍZENÍ	OMEZENÝ UNIK: PRAVDĚPODOBNE ČÁSTEČNĚ NASAZENÍ PLÁNOVANÝCH PROTIOPATŘENÍ	VAŽNE POŠKOZENÍ AKTIVNÍ ZÓNY REAKTORU/ RADIČNÍCH BARIÉR	
4 HAVÁRIE BEZ VÁŽNĚJŠÍHO RIZIKA VNĚ ZAŘÍZENÍ	MENŠÍ UNIK: OZÁŘENÍ OBYVATELSTVA ŘÁDOVĚ V POVOLENÝCH MEZÍCH	VÝZNAMNĚ POŠKOZENÍ AKTIVNÍ ZÓNY REAKTORU /RADIČNÍCH BARIÉR/ SMRTELNĚ OZÁŘENÍ ZAMĚSTNANCŮ	
3 VÁŽNÁ NEHODA	VELMI MALÝ UNIK: OZÁŘENÍ OBYVATELSTVA ZLOMKEM POVOLENÝCH LIMITŮ	VELKÉ ROZŠÍŘENÍ KONTAMINACE /AKUTNÍ ÚČINKY NA ZDRAVÍ ZAMĚSTNANCŮ	TĚMĚŘ HAVARINÍ STAV NEZŮSTALY ŽÁDNĚ BEZPEČNOSTNÍ BARIÉRY
2 NEHODA		VÝZNAMNĚ ROZŠÍŘENÍ KONTAMINACE/ NADMĚRNĚ OZÁŘENÍ ZAMĚSTNANCE	NEHODA S VÝZNAMNÝM POŠKOZENÍM BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ
1 ANOMÁLIE			ANOMÁLIE OD SCHVÁLENÉHO PROVOZNÍHO REŽIMU

Tabulka 11 - Klasifikační stupnice "INES" (INES Uživatelská příručka SUJB, 2001)

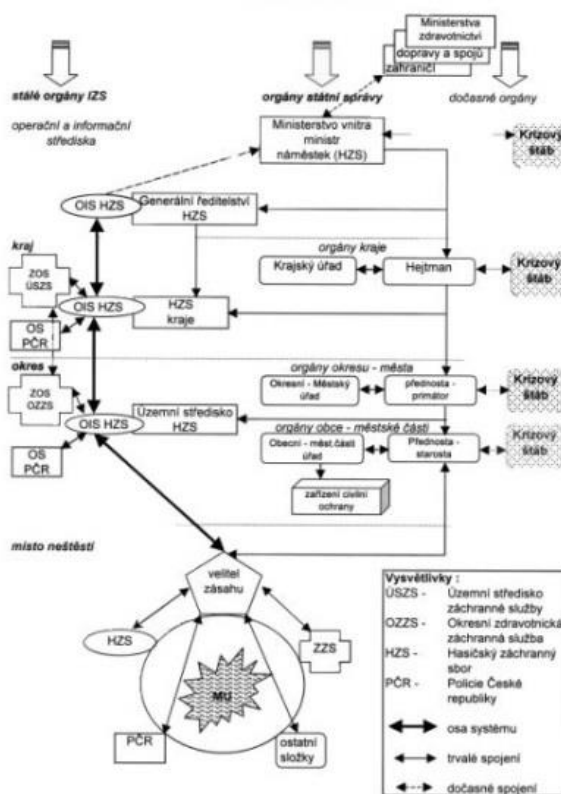
3.2 Integrovaný záchranný systém

Integrovaný záchranný systém (dále IZS) je systém spolupráce a vzájemných pevných vazeb, umožňující efektivní propojení jeho složek – především jeho hlavních složek, mezi které patří na prvním místě Hasičský záchranný sbor ČR spolu s jednotkami požární ochrany (dále JPO), zapojenými do plošného pokrytí kraje, dále Zdravotnickou záchrannou službu a Policii ČR.

„Integrovaný záchranný systém je koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací.“

(Vymezení pojmu IZS dle zákona 239/2000 Sb.)

Tento systém komunikace a vzájemných vazeb je naprosto zásadní při zvládnutí závažných neočekávaných situací. Mohou jimi být například živelní pohromy, rozsáhlé havárie a složité dopravní nehody, kdy je nezbytně nutné na strategické, operační i taktické úrovni organizovat postup jednotlivých složek tak, aby se dosáhlo co nejefektivnějšího využití lidských, technických a peněžních zdrojů, nutných k provedení záchranných a likvidačních prací.



Obrázek 19 - Struktura vazeb IZS při řešení MU (dostupno z <http://www.komenskeho66.cz/materialy/ocmu/teorie15.html>)

Hlavními („základními“) složkami IZS jsou, jak již bylo výše uvedeno, HZS spolu s JPO, zařazenými do plošného pokrytí kraje, spolu s PČR a ZZS ČR.



Obrázek 20 - Logo HZS ČR



Obrázek 21 - Logo PČR



Obrázek 22 - Logo ZZS ČR

Mezi další („ostatní“) složky IZS, zahrnuté do poplachového plánu IZS jednotlivě podle krajů a dostupné na vyžádání, patří podle zákona 239/2000 Sb. především poskytovatelé lůžkové zdravotnické péče, které mají ve své infrastruktuře začleněno pracoviště urgentního příjmu.

Jde především o „velké“ nemocnice (dříve nemocnice III.typu) – v České republice je kolem 20 pracovišť s oddělením urgentního příjmu (dále OUP). V Praze například FNKV, ÚVN nebo FN Motol. Mezi nejmodernější se pak dají zařadit OUP v Hradci Králové, Ostravě a Olomouci.

Velmi důležité jsou také ozbrojené složky a sbory Armády České republiky (dále AČR), které jsou z hlediska množství dostupných lidských zdrojů, materiálního a technického vybavení velmi hojně při mimořádných událostech využívány.

Dále pak to mohou být orgány ochrany veřejného zdraví, ostatní záchranné sbory jako například Český Červený kříž, horská služba nebo vodní záchranná služba, nejrůznější nadace, občanská sdružení, komunální služby a jakékoliv další právnické či fyzické osoby, pověřené velitelem zásahu k poskytnutí věcné nebo finanční pomoci.



Obrázek 23 - Schéma zapojení jednotlivých složek IZS při MU (dostupno z http://pustapolom.cz/hasici/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=119)

3.3 Provedení zásahu dle typových činností IZS

Vlastní provedení zásahu Integrovaným záchranným systémem závisí především na typu mimořádné události, která svou specificitou předurčuje množství vlivu, prostředků a převažujících činností zapojených od jednotlivých složek IZS.

Dle §18 vyhlášky č. 328/2001 Sb., která upřesňuje podrobnosti o zajištění IZS, vydává Generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR (dále jen GŘ HZS ČR) seznam „Typových činností“, které velice podrobně a srozumitelně upravují postupy jednotlivých složek při provádění záchranných a likvidačních prací, jasně vymezují okruhy činností a kompetence, nutné k efektivnímu a účelnému řízení IZS na místě nehody, mimořádné události nebo havárie.



Obrázek 24 - Katalog typových činností IZS 2004 (dostupno z <http://www.mhj.cz/dokumenty>)

Katalog typových činností obsahuje nyní celkem 15 typů metodických pokynů, které specifikuje z hlediska druhu a charakteru mimořádné události.

STČ 01/IZS	Špinavá bomba
STČ 02/IZS	Demonstrování úmyslu sebevraždy
STČ 03/IZS	Hrozba použití NVZ, nález NVZ, podezřelého předmětu, munice
STČ 04/IZS	Letecká nehoda
STČ 05/IZS	Nález předmětu s podezřením na přítomnost B-agens nebo toxinů
STČ 06/IZS	Opatření k zajištění veřejného pořádku při shromážděních a technoparty
STČ 07/IZS	Záchrana pohřešovaných osob – pátrací akce v terénu
STČ 08/IZS	Dopravní nehoda
STČ 09/IZS	Zásah složek IZS při mimořádné události s velkým počtem raněných
STČ 10/IZS	Při nebezpečné poruše plynulosti provozu na dálnici
STČ 11/IZS	Chřipka ptáků
STČ 12/IZS	Při poskytování psychosociální pomoci
STČ 13/IZS	Reakce na chemický útok v metru
STČ 14/IZS	Amok – útok aktivního střelce
STČ 15/IZS	Mimořádnosti v provozu železniční osobní dopravy

Tabulka 12 - Katalog typových činností 2015 (dostupno z <http://www.hzscr.cz>)

3.3.1 Velení na místě zásahu

Velení je systematický proces, zjednodušující a zefektivňující práci při provádění záchranných a likvidačních prací složkami IZS. Na místě MU se uskutečňuje prostřednictvím velitele zásahu a systému přímo navazujících operačních středisek.

3.3.1.1 Velitel zásahu

Velitel zásahu je jednoznačně nejdůležitější osobou na místě mimořádné události. Je řídicím pracovníkem, zodpovědným za koordinaci zásahu z hlediska jednotlivých zasahujících složek, efektivní alokaci lidských, materiálních a technických zdrojů.

Dle zákona o IZS jsou mu uloženy rozsáhlé pravomoci, umožňující mu omezit nebo zakázat vstup nepovolaných osob na místo události, popřípadě přítomné osoby vykázat.

Dále může s přihlédnutím k ochraně zdraví, života a majetku nebo životního prostředí nařizovat evakuaci osob.

Dle zákona může také kdykoliv požádat jakoukoliv fyzickou či právnickou osobu k poskytnutí osobní, věcné či materiální pomoci.

Velitelem zásahu při mimořádné události s výskytem osob zasažených nebo kontaminovaných ionizujícím zářením je v případech, které jasně nespecifikuje zákon, vždy velící důstojník HZS ČR nebo člen HZS ČR s pravomocí přednostního velení.

V rámci typových činností, specifických pro určitý druh události, je ku pomoci takzvaný check-list neboli postup, dle kterého by se měl řídit či alespoň inspirovat v rámci taktického efektivního velení při provádění záchranných a likvidačních prací. V rámci tohoto check-listu velitel dokumentuje a „odškrťává“ plnění všech hlavních částí harmonogramu, ze kterých se takovýto zásah sestává.

Má tak okamžitý přehled o plnění úkolů jednotlivými složkami – hlavní složky IZS mají totiž přesně vytyčené kompetence a přesně zadané role, které v rámci zásahu nezávisle, avšak koordinovaně plní.

Velitel se tak může v reálném čase přesně orientovat v průběhu operace a operativně rozhodovat podle nastalé situace.

Velitel zásahu musí být ze zákona jasně oddělen a k rozeznání od ostatních zasahujících jednotek speciálními reflexními prvky výstroje, které nosí ve formě vesty s nápisem „Velitel zásahu“, přilby s odlišnou barvou, než má zasahující složka, a/nebo pásky s nápisem „VZ“ na rukáv uniformy.



Obrázek 25 - Vesta Velitele zásahu



Obrázek 26 – Páska na rukáv velitele zásahu

3.3.1.2 Operační střediska

V rámci operačního řízení je prostředníkem mezi velitelem zásahu a vyššími etážemi velení síť operačních středisek, integrující jednotlivé složky IZS do systému, který je nezbytný pro úspěšné zvládnutí MU s únikem radiační látky.

Operační střediska jsou nesmírně důležitým článkem velení samozřejmě nejen při MU s RaL, ale při jakékoliv jiné MU s nutností nasazení a koordinace několika složek IZS.

Na plnění úkolů, spojených s RMU se podílí mnoho druhů operačních středisek:

- Operační a informační střediska HZS (KOPIS, OPIS, OPIS GŘ)
- Operační střediska Policie (OS PČR Sk, OS PČR)
- Operační a informační střediska ZZS (ÚSZS, OS ZZS)
- Operační centrum Ministerstva obrany (SOC MO)
- Styčné místo Státního úřadu jaderné bezpečnosti (SM SÚJB)

Všechna výše vyznačená operační střediska a podobná pracoviště informačně-řídicího charakteru jsou při zásahu při MU s RaL využita, avšak nejdůležitější roli hrají především pracoviště dvě: OPIS ÚO a KOPIS.

Operační a informační středisko příslušného územního odboru (dále jen OPIS ÚO) především v první řadě po prvotních pozitivních měřeních a průzkumu místa události vyrozumí KOPIS o vzniku MU s RaL.

Ostatní operační střediska IZS vyrozumí o velikosti naměřené dávky záření a upozorní na možnost kontaminace osob, které se na místě nacházely nebo v budoucnu nacházet budou – zejména na zasahující složky IZS a zraněné či jinak postižené civilní osoby. Dále postupuje dle příkazů velitele zásahu.

KOPIS stejně jako OPIS před ním vyrozumí nejprve ostatní operační střediska složek IZS, strategického velení HZS, především krajského velitele HZS a Generální ředitelství o vzniku události s únikem RaL do prostředí.

Po úvodním informačním sdělení organizuje vyslání speciálních složek, nutných dopravních a technických prostředků na místo události, poskytuje informační služby a podporu nasazeným jednotkám.



Obrázek 27 - KOPIS HZS Libereckého kraje (dostupno z <http://www.nasepojizeri.cz/semilsko-aktualne/od-pondeli-funguje-jednotne-operacni-stredisko-krajskych-hasicu/?aktualitaId=34385>)

3.3.2 Postup a součinnost jednotlivých složek IZS na místě zásahu

Jak již bylo uvedeno, jednotlivé složky přítomné na místě zásahu mají už ze své podstaty rozdílné pravomoci a role, které v rámci koordinace velitelem zásahu plní.

3.3.2.1 HZS

HZS se stará v první řadě o průzkum místa MU, kde dozimetricky měří dávkový příkon uniklého záření, provádí nejnutnější záchranné práce jako, je hašení požárů, vyprošťování osob a podobně. Postupně vytyčují místo zásahu a člení ho do jednotlivých sektorů a stanovišť, ve kterých probíhá dekontaminace, třídění a terapie zasažených.

V další fázi se starají o informovanost civilního obyvatelstva a připravují jej na evakuaci, na kterou následně dohlíží a kterou ve spolupráci s policií řídí.

3.3.2.2 Policie

Policie se spolu s HZS podílí na zabezpečení místa MU, pátrá po skrytých nebezpečích a výbušných zařízeních, které při nálezu likviduje.

Po prvotním průzkumu uzavírá místo MU z vnějších stran a zamezuje přístupu nepovolaných osob na místo zásahu. Usměrnjuje či úplně reguluje dopravu v okolí místa MU, podílí se na udržování veřejného pořádku a chrání majetek a zdraví ať už přímo či nepřímo postižených osob.

3.3.2.3 ZZS

ZZS má své postavení mezi složkami IZS velmi jasně definované. Nesnaží se vměšovat do technického zabezpečení místa zásahu a orientuje se především a hlavně na poskytnutí pomoci raněným.

Třídění, ošetřování a stabilizace pacientů se děje výhradně v místech určených a vyznačených HZS na třídícím stanovišti a stanovišti raněných, které je dále rozděleno podle naléhavosti a závažnosti stavu jednotlivých pacientů.

Po stabilizaci raněných řídí ZZS skrze velitele odsunu a odsunového stanoviště evakuaci postižených do míst definitivního ošetření.

3.4 Zásah v praxi – postup dle jednotlivých fází

3.4.1 Průzkum a vyhodnocení situace

V počáteční fázi zásahu spolupracují složky IZS mezi sebou a s místními orgány veřejné správy a soustředí se především na sběr a vyhodnocení prvotních informací, esenciálních pro posouzení velikosti a závažnosti mimořádné radiační události (dále jen RMU).

Sběr informací se provádí metodou prvotního průzkumu místa mimořádné události a je plně v režii hasičského záchranného sboru (dále HZS), který detailně zkoumá místo události, pátrá po příčinách a při podezření na MU s uvolněním radioaktivních látek (dále RaL) provádí prvotní dozimetrická měření.

Při předpokladu o úniku RaL se průzkumné jednotky vyzbrojují adekvátními ochrannými prostředky osobní ochrany. Správný výběr ochranných prostředků, jejich dostatek, kvalita a připravenost na místě zásahu jsou rozhodující pro další zamezení bezpečnostních rizik, souvisejících s únikem ionizujícího záření.

Vybavení při podezření na rozptyl RaL se skládá ze dvou částí. Zasahující složky musí být především vybaveny protichemickými oděvy s autonomním izolovaným zdrojem kyslíku ve formě tlakových lahví, celoobličejovými maskami a speciální obuví a několika vrstev ochranných rukavic.

Pro měření dávkového příkonu a měření kontaminace prostředí jsou jednotky vybaveny radiometry a pro měření přijatých dávek osobními dozimetry.

Po provedení průzkumu a předání hlášení veliteli zásahu se průzkumné jednotky odebírají na místo dekontaminace zasahujících složek, které se nachází na hranici bezpečnostní zóny.

Okamžitě po potvrzení předávají sebrané informace veliteli zásahu, který přikáže neprodleně uzavřít místo zásahu, skrze operační středisko kontaktuje ostatní složky IZS a v místě události nechá vytýčit ochranné a bezpečnostní zóny.

Dále postupuje v souladu s typovými činnostmi složek IZS – dle katalogového souboru STČ-01/IZS o Uskutečněním použití radiologické zbraně. (Prouza, 2008)

3.4.2 Vytýčení ochranných zón a organizace místa zásahu

Na pokyn velitele zásahu je prvotní nutností vymezit zónu zásahu a z vnějších stran ji uzavřít.

Podle vzdálenosti se nejprve vymezí (minimálně) 50m od epicentra, to je od místa výbuchu nebo místa s nejvyšším předpokládaným dávkovým příkonem, *předběžná ochranná zóna (dále jen POZ)*, ve které je až na nejnětější evakuační a likvidační práce zakázána jakákoliv činnost pro reálné nebezpečí kontaminace zasahujícího personálu. V této zóně je samozřejmostí použití všech dostupných ochranných opatření a prostředků.

Od vyznačené předběžné ochranné zóny se postupuje za stálého dozimetrického měření dále ve směru od epicentra a na úrovni dávkového příkonu $10\mu\text{Sv/h}$ nebo plošné kontaminace 10 Bq/cm^2 vytyčit *bezpečnostní zónu* (dále jen BZ).

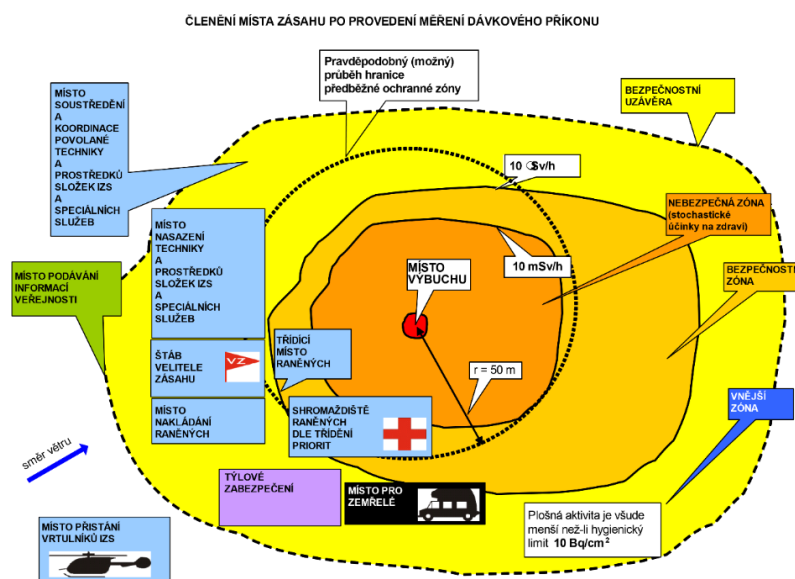
V této zóně se musí dodržovat zásady radiační ochrany a omezit pobyt zasahujících osob na co nejnížší nutný čas.

Zákon přesně vymezuje dobu, po kterou je možné setrvat v BZ tak, aby nedošlo k překročení dávkového limitu, který SÚJB stanovil na 1mSv/rok .

Po vyznačení předchozí zóny za pokračujícího průzkumu a dozimetrického měření postupujeme zpět k epicentru a na hranici dávkového příkonu 1 mSv/h nebo plošné aktivitě 1kBq/cm^2 vymezíme prostor nebezpečné zóny, ve které je až na krajní nutnost omezen jakýkoliv pohyb zachraňujících složek.

Po vytyčení nebezpečné zóny přistoupíme ke zrušení POZ a jako poslední místo zásahu rozšíříme o vnější zónu, ve které je naměřená plošná aktivita menší než 10Bq/cm^2 .

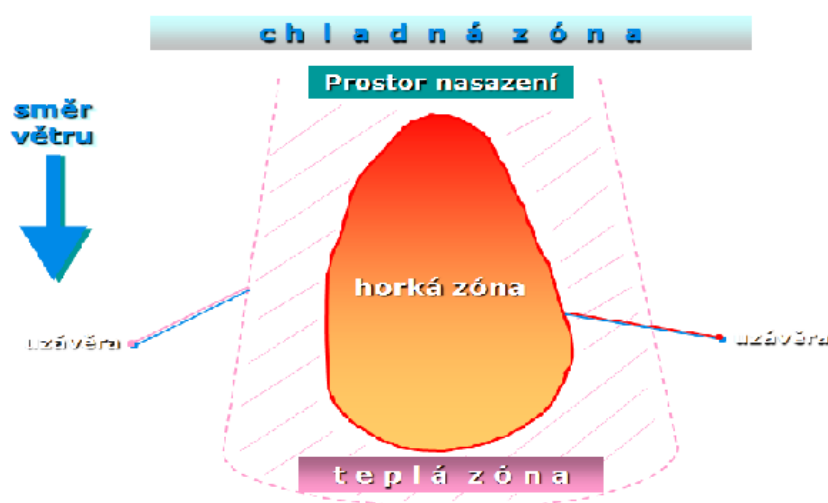
V této zóně pak probíhá vlastní zásah, je rozdělena na jednotlivé úseky a stanoviště, které jsou z taktického hlediska umístěny proti větru.



Obrázek 28 - Rozdělení místa zásahu na jednotlivé zóny (STČ-01/IZS)

Mnoho autorů a publikací, zabývajících se mimořádnými událostmi s hromadným postižením osob nebo problematikou CBRN, tedy chemickou, biologickou, radiologickou a nukleární ochranou obecně, pojmenovává analogicky zóny místa zásahu podobně, avšak přeci jenom odlišně.

Nebezpečnou zónu jako zónu „horkou“ (zónu kontaminace), bezpečnostní zónu jako zónu „teplou“ (zóna dekontaminace) a bezpečnou vnější zónu jako zónu „chladnou“ (nekontaminovanou).



Obrázek 29 - Alternativní klasifikace zón v prostoru nasazení (Pokorný)

Umístění jednotlivých stanovišť a rozčlenění místa zásahu na jednotlivé sektory má svá jasně daná pravidla, která je nutno v zájmu úspěšného řešení přesně dodržovat. Popis jednotlivých stanovišť si ukážeme níže.

Stanoviště ve vnější zóně:

- Místo, kde se soustředí prostředky a technika IZS
- Štáb velitele zásahu
- Třídící místo raněných
- Shromaždiště raněných
- Místo pro zemřelé
- Odsunové stanoviště raněných
- Další stanoviště jako místo pro přistání vrtulníku, místo pro styk s veřejností, ...

Jako první se vyznačuje velitelské stanoviště (dále VS). Je to místo, kde si velitel zásahu zřizuje štáb, Sem si zve velitele zasahujících složek a nejrůznější pomocný personál. Skrze VS řídí celou akci, komunikuje se zasahujícími jednotkami a operačními středisky.

Velitelské stanoviště se stejně jako všechna ostatní stanoviště vymezuje v bezpečném a zajištěném prostoru chladné zóny, kde by nemělo hrozit žádné nebezpečí kontaminací rozšířenou radioaktivní látkou.

Další členění pracovišť v chladné zóně podléhá příkazům velitele zásahu a je organizováno příslušníky HZS, kteří jej vytyčují za neustálé komunikace a dozoru jednotek ZZS.

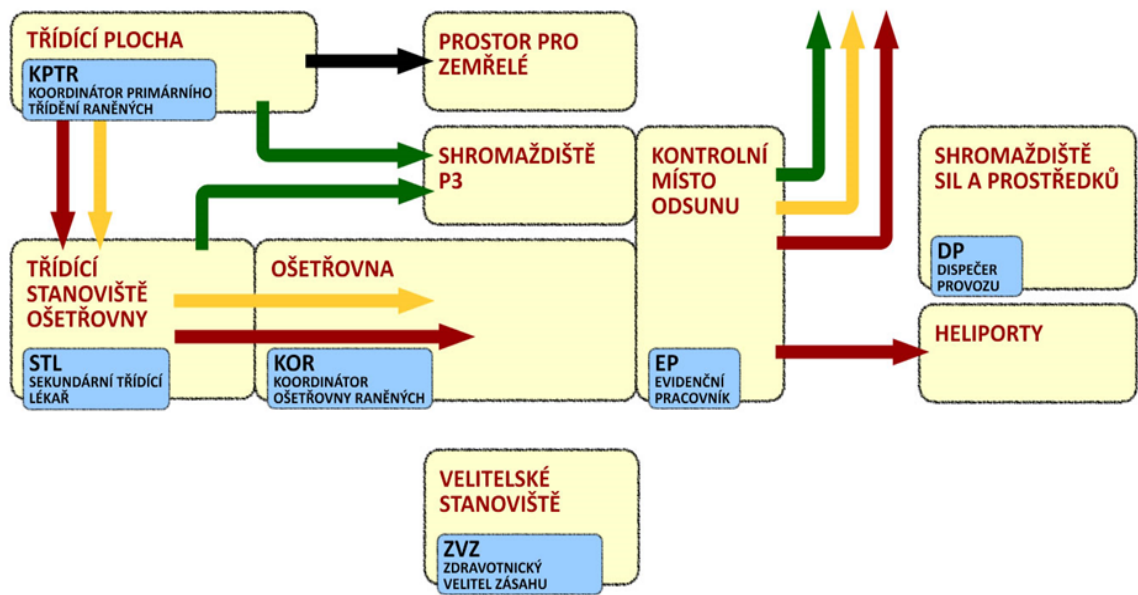
Především zřízení třídícího stanoviště, ošetřovny a dalších nezbytných zdravotnických a logistických prostorů, jako je místo pro zemřelé či místo odsunu musí být provedeno přesně a systematicky, jinak nemůže být dosaženo optimálních standardů péče o poraněné.

Mezi další důležitá místa patří kromě štábu velitele zásahu a pracovišť ZZS místo pro styk s veřejností. Jakákoliv větší nehoda nebo havárie totiž vyvolá zákonitě velký zájem široké veřejnosti a mass-medií. Dále se vyznačí místa pro nasazení techniky, prostředků a speciálních služeb.

Pro pochopení nezbytnosti systematicky a přesně vymežit jednotlivá stanoviště v chladné zóně je nutné znát a zohlednit systémy třídění zraněných v jednotlivých zónách,

kteře předurčují rozmístění jednotlivých stanovišť a díky kterým se značně zjednodušuje a zefektivňuje terapie na místě zásahu s hromadným postižením osob. Tyto třídící systémy budou blíže vysvětleny a popsány v kapitole o terapii na místě MU.

Vynikající schéma rozložení jednotlivých stanovišť nám ukazuje následující obrázek. Je na něm jasně patrné rozdělení pracovišť ZZS v chladné zóně primárně dle třídění raněných (TRIAGE), dle akronymu START.



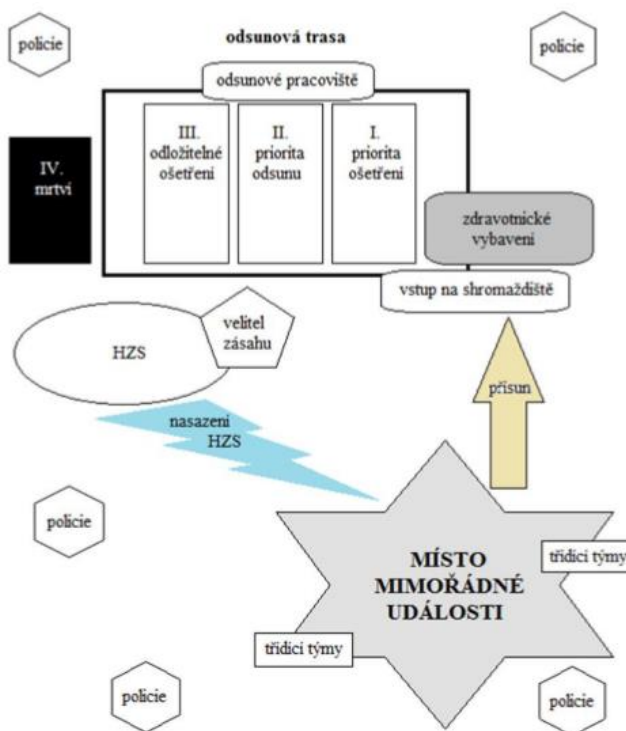
Obrázek 30 - Schéma pracovišť ZZS na místě MU (Pokorný)

Ze schématu je patrné, že umístění jednotlivých stanovišť není náhodné, ale navazuje na sebe v zákonitém pořádku. Ze všeho nejdřív se vyčlení prostor třídící plochy, kde probíhá třídění raněných do tří (potažmo čtyř skupin, pokud počítáme i zemřelé).

Zemřelí jsou odesláni do nedaleké márnice (prostoru pro zemřelé; IV.sektor), které by mělo být dostatečně blízko prostorů pro raněné, avšak také dostatečně daleko, aby nenarušovalo svou podstatou práce na ošetřovně a negativně neovlivňovalo přeživší.

Na třídící plochu navazuje třídící stanoviště ošetřovny, kde dochází k detailnějšímu a přesnějšímu lékařskému třídění (přetřídění).

Třídící stanoviště plynule navazuje na prostory ošetřovny (stanoviště raněných či stanoviště PNP). Má jasně dané a označené místo vstupu a výstupu pro nutnost jednotného jednosměrného plynulého provozu, rozčleněné do sektorů podle priorit odstupňovaného třídění (sektory I, II, III patrné z obrázku níže). Je tak dosaženo vhodné posloupnosti v ošetřování raněných, kdy závažnější případy mají logicky přednost před lehčími.



Obrázek 31 - Rozdělení prostoru ošetřovny na sektory (Šín)

V dosahu ošetřovny je také místo pro „chodící“ pacienty třetí skupiny, kteří nejsou primárně ohroženi vážnými komplikacemi, spontánně se pohybují a nevyžadují okamžitou péči ani odsun. Většinou jde o pacienty s pouze drobnými poraněními.

Na ošetřovnu a prostor pro chodící plynule navazuje pracoviště odsunu, kde velitel odsunu (dle platné legislativy jím může být i nelékařský zdravotnický pracovník) ve spolupráci s operačním střediskem, vedoucím zdravotnické složky a vedoucím lékařem organizuje odsun zraněných podle priorit třídění a nutnosti zdravotnické intervence.

Přednost mají poranění neřešitelná v terénu, jako jsou vnitřní krvácení či poranění páteře a míchy s pozitivním neurologickým deficitem.

Na odsunové pracoviště logisticky navazuje odsunová trasa a heliport, které jsou místem finální evakuace poraněných do navazující nemocniční péče.

3.4.3 Kontrola a dekontaminace

Při předcházení kontaminace „čistých“ či nekontaminovaných zón v místě zásahu RMU a další kontaminace zasahujících členů jednotek IZS a ostatních přítomných osob je esenciální správně a důkladně provedené měření a dekontaminace.

3.4.3.1 Prostor kontroly kontaminace a dekontaminace složek IZS

Místo pro kontrolu kontaminace zasahujících složek IZS musí být vytyčeno na okraji bezpečnostní zóny (na rozmezí zóny teplé a chladné). Je to velice specifické pracoviště, charakteristické nutností naprosté profesionality při měření a nutností pečlivé dokumentace.

Mezi jeho základní charakteristiky a vybavení se řadí:

- Jasně vymezený vstupní a výstupní prostor, ve kterých se striktně dodržují bezpečnostní postupy k zajištění ochrany zasahujících a před další kontaminací nyní nekontaminovaného materiálu a osob.
- Prostor pro skladování shromážděného kontaminovaného vybavení a materiálu zasahujících jednotek z horké zóny, uložené a přesně zaevidované v pytlích.
- Místo pro výměnu opotřebovaného vybavení (rukavic, filtrů masek, vzduchových lahví) za nové.
- Převlékárnu (u zasahujících složek není nutno vyznačovat převlékárny pro muže a ženy), která zabezpečuje výměnu svrchního oblečení.
- Umývárnu (většinou jako součást převlékárny), zabezpečující základní hygienické omytí rukou a obličeje.
- Prostor pro dekontaminaci zasahujících osob a techniky ve formě mobilních nafukovacích sprchovacích stanů a stacionárních sprchovacích konstrukcí pro vozové vybavení. Voda je do sprch přiváděna systémem hadic a musí mít uzavřený systém jímek, kam odtéká kontaminovaná voda, aby nedocházelo k sekundární kontaminaci používaných ploch a vybavení.

(Prouza, 2008)

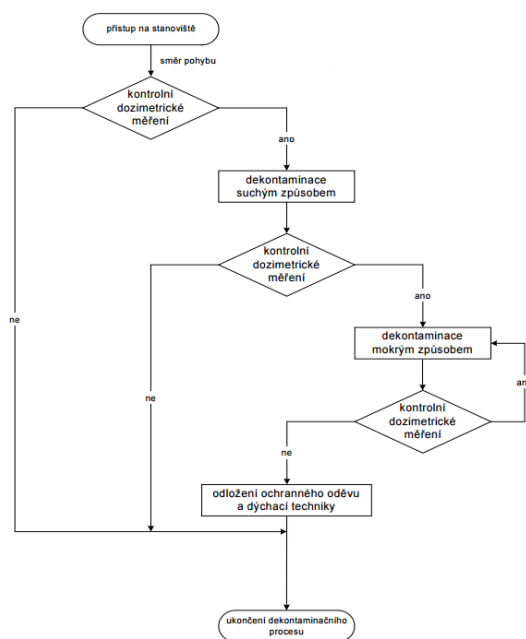


Obrázek 32 - Dekontaminační stanoviště (Pokorný)

Dekontaminace samotná probíhá v několika na sebe navazujících krocích. Po příchodu z horké zóny je provedeno první dozimetrické měření, které zamoření RaL buď potvrdí anebo vyvrátí.

Při negativním měření se zasahující jednotka odebírá rovnou k místu odložení ochranných pomůcek, oděvu a techniky. Při pozitivním měření musí kontaminované jednotky podstoupit sérii dekontaminace a následného opětovného dozimetrického měření, které určí další postup.

Pokud se druhé měření projeví jako negativní, přejdou jednotky opět přímo k vysvěcení výstroje, pokud se však měření ukáže jako pozitivní, čeká zasahující personál druhá vlna dekontaminace a měření, která by měla být již dostačující.



Obrázek 33 - Schéma dekontaminace zasahujících jednotek IZS (dostupno z <http://www.mhj.cz/dokumenty/JPO/ostatni/STC%2001-IZS%20RA-zbran.pdf>)

3.4.3.2 Dekontaminace zasažených osob

Dekontaminace raněných se provádí v několika na sebe navazujících krocích a rozdílnými (převážně fyzikálními) způsoby za opětovného dozimetrického měření podobně, jako je tomu u zasahujícího personálu, ovšem s přihlédnutím k nutnosti zahájení základních a neodkladných terapeutických kroků.

První dekontaminační stanoviště raněných je umístěno na rozmezí horké a teplé zóny, kde se po primární toxické triage a měření úrovně absorbované dávky ionizujícího záření určuje pořadí pro primární „hrubou“ dekontaminaci.

Následující tabulka nám ukazuje vztah mezi úrovní kontaminace a nutnými základními opatřeními.

NAMĚŘENÁ HODNOTA	HODNOCENÍ KONTAMINACE OSOBY	OPATŘENÍ
$< 1 \text{ Bq/cm}^2$	Nekontaminována	Žádné
$1 - 100 \text{ Bq/cm}^2$	Mírně kontaminována	Očištění, převléknutí (i mimo dekontaminační místo)
$100 - 1000 \text{ Bq/cm}^2$	Kontaminována	Očištění, převlečení, kontrola na dekontaminačním pracovišti
$1000 - 10\,000 \text{ Bq/cm}^2$	Silně kontaminována	Přednostní očištění, převlečení, kontrola na dekontaminačním místě, osobu podle možnosti izolovat
$> 10\,000 \text{ Bq/cm}^2$	Velmi silně kontaminována	Přednostní očištění, převlečení, kontrola na dekontaminačním místě, osobu podle možnosti izolovat, zajištění lékařského vyšetření

Tabulka 13 - Úrovně kontaminace osob a s nimi spojená opatření (Prouza et al, 2008)

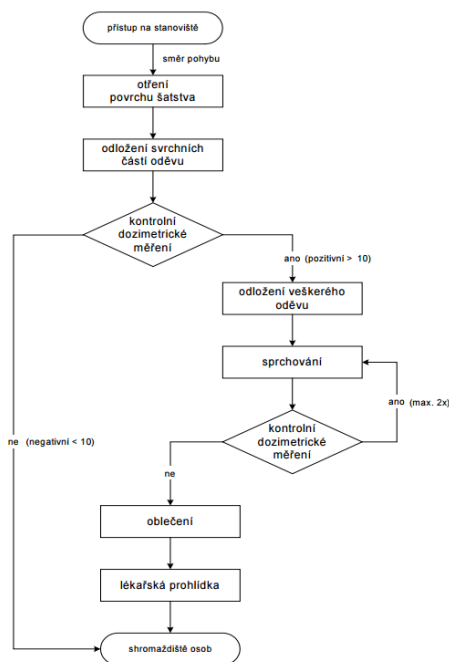
Hrubá dekontaminace v sobě zahrnuje jednoduché, ač nezbytné kroky v posloupném pořadí, které výrazně snižují množství absorbované dávky v čase a možnost kontaminace doposud „čistých“ prostorů, vybavení a osob.

Skládá se primárně z vysvěcení z kontaminovaného oděvu (v praxi rozstříhání oděvu nůžkami nebo speciálními manuálními či elektrickými řezáky) a postupné důkladné povrchové omytí všech kontaminovaných částí těla tak, aby nedocházelo k druhotnému zanesení kontaminantů na dosud čistá místa na těle. Součástí primární dekontaminace je důkladné osušení a zabalení poraněného do izotermické fólie a sběr a uložení kontaminovaného oblečení do předem připravených pytlů, označených jmenovkou.

Na prvotní dekontaminaci navazuje toxická triage a odsun pacienta z horké zóny do míst dalšího ošetření. Odsun z horké zóny je naprosto výlučně v režii HZS.

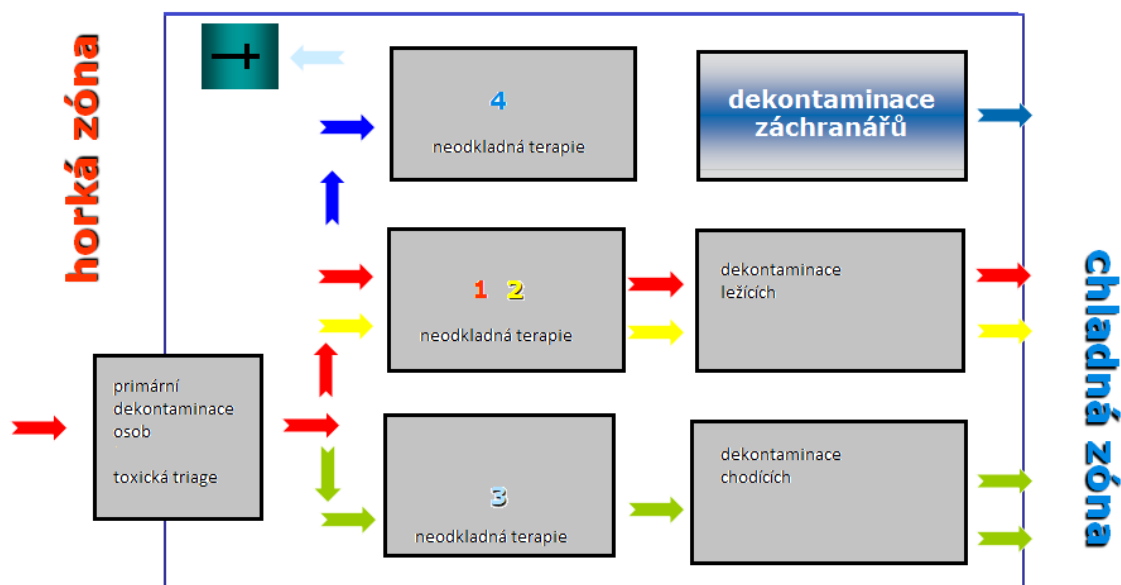
Primárně roztrídění jsou podle stupně naléhavosti svých poranění vyselektováni do jednotlivých sektorů, ve kterých je jim poskytována neodkladná terapie z rukou ZZS.

U každého pacienta zasaženého RaL je pak nutno před odsunem do chladné nekontaminované zóny provést ještě sekundární dekontaminaci složenou z opětovného důkladného dvojitého osprchování za použití dekontaminačních detergentů (buď normálních či lépe vysoce účinných 1% kyselých mýdel z roztoku DTPA nebo 10% mýdel z roztoku EDTA, které můžeme naléznout v protichemickém balíčku výstroje AČR). Při zasažení obličeje je navíc žádoucí užití kartáčku na zuby a lehce kyselého roztoku k vypláchnutí. Zasažené oči se vyplachují vodou nebo F1/1.



Obrázek 34 - Postup dekontaminace zasažených osob (dostupno z <http://www.mhj.cz/dokumenty/JPO/ostatni/STC%2001-IZS%20RA-zbran.pdf>)

Velkou pozornost při mytí musíme věnovat ranám u postižených. S rozdílným přístupem pak ošetřujeme čisté a kontaminované nebo potencionálně kontaminované rány. Čisté se zásadně nevyplachují a musí se spolehlivě krýt pokud možno sterilními obvazy, kontaminované rány se naopak důsledně vyplachují a kryjí sekundárně po omytí.



Obrázek 35 - Schéma primární a následovné sekundární dekontaminace (Pokorný)

Dekontaminace civilního obyvatelstva, předpokládejme tudíž i postižených osob má svá jistá specifika.

Musíme si uvědomit, že tyto osoby – převážně je můžeme nazvat laiky - nejsou proškoleni v postupech IZS ani nejsou zvyklí na takovouto psychickou či fyzickou zátěž, jako profesionálové.

Mnohdy navíc jednají v panice indukované charakterem a závažností jejich poranění. Musí být proto pečlivě organizováni, informováni a instruováni krok po kroku při dekontaminačním a záchranném procesu. Rodiče by měli pomáhat svým dětem, neměli by od nich být v žádném případě odděleni, lehce zranění (dospělí) mohou navíc pomáhat ostatním.

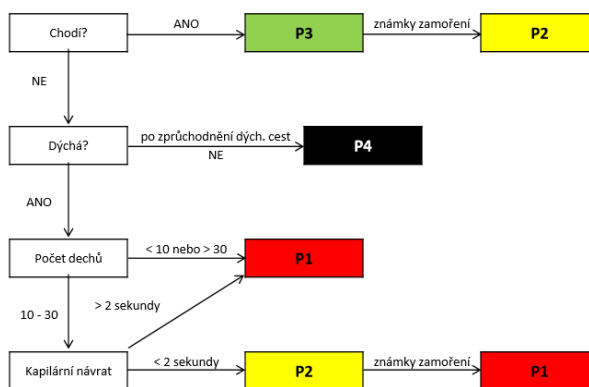
Dále se musí dbát na to, aby všechny dekontaminované osoby měly připraveny náhradní čisté oblečení a deky (pokud tomu charakter MU dovoluje), aby své kontaminované oblečení vkládaly do předem vyznačených pytlů, aby spolupracovaly při vyplňování dokumentace a záznamech o uložených věcech.

3.4.4 Třídění

U mimořádných událostí s únikem radioaktivního záření stejně jako u jiných MU s HPO a kontaminací vysoce nebezpečnou látkou by se mělo postupovat dle algoritmu, kdy začínáme triage, následuje dekontaminace, po ní ošetření a jako poslední transport. V praxi se však jednotlivé kroky na časové ose stírají a třídění a terapie zasažených/postižených jde „ruku v ruce“.

Pro praktické použití nám ovšem jedna jediná triage nestačí, je nutno třídění opakovat, a proto se jako vyhovující jeví systém třídění START, jemuž předchází primárně modifikované třídění „toxals“, ke kterým se zároveň přidává základní a postupně i pokročilejší zdravotnická přednemocniční péče.

Následující obrázek ukazuje schéma toxické triage, která probíhá na rozhraní horké a teplé zóny, spolu s ní dochází k primární hrubé dekontaminaci postižených.



Obrázek 36 - Toxická triage (Šín)

Pacienti jsou podle triage umístěni do čtyř skupin:
P1 – kriticky ohrožení, vyžadující neodkladnou péči
P2 – naléhavé případy, avšak s možností odložitelného řešení
P3 – chodící s lehkými poraněními
P4 – mrtví či moribundní, u nichž je smrt neodvratitelná

Tabulka 14 - legenda k obrázku Toxické triage

K těmto dvěma „sítům“ se navíc u RMU přidává třídění třetí (uvedeno v pozdějších kapitolách), které zohledňuje a vyhodnocuje příznaky ANO spolu s dozimetrickými měřeními a určuje další postup přednemocniční péče a hlavně nemocniční péče, jelikož v polních podmínkách je velice často nedostatek adekvátních léčebných prostředků, schopných průběh rozvinuté ANO více či méně ovlivnit.

3.4.5 Prvotní terapie na místě zásahu

Přednemocniční část péče při zasažení osob RaL na místě MU se odvíjí z postupů Toxicologic Advanced Life Support (zkr. TOXALS), vydanými Mezinárodním společenstvím anesteziologů a společnosti kritické péče o nemocné – ITACSS (International Anaesthesia and Critical Care Society), které vycházejí z obecných postupů a principů při neodkladné resuscitaci a zajišťování základních vitálních funkcí, avšak jsou modifikována s ohledem na možná toxická (či radiační) rizika.

Přednemocniční péče se v kontaminované zóně omezuje pouze na život zachraňující výkony, jako je zajištění vitálních funkcí a zamezení dalšímu působení toxické/radiační noxy.

Aplikují se antidota (pokud nějaká existují) a invazivní výkony se provádějí pouze z vitální (též absolutní) indikace; to znamená, že bez provedení tohoto výkonu by zranění/porucha funkce vedly neodvratitelně ke smrti postiženého.

Jakákoliv pokročilá kausální terapie nemá v kontaminované zóně své opodstatnění a je kontraindikována.

Zajištěním vitálních funkcí a možnou resuscitací na místě RMU (mimo jiné) se zabývají postupy dle TOXALS, v praxi znamenající ucelený algoritmus péče o poraněné osoby v teplé zóně speciálně vybavenými a vyškolenými specialisty nebo týmy ZZS.

Z výše uvedeného jasně vyplývá, že charakter RMU přesně odpovídá a koreluje s postupy dle TOXALS a stává se tak v těchto situacích postupem „lege artis“.

Terapie zasažených dle algoritmu TOXALS se řídí dle akronymu ABCDE, kterému předchází nepsané pravidlo o zhodnocení bezpečnosti místa zásahu pro zasahující skupinu.

Při jakékoliv pochybnosti o bezpečnosti pro pracovníky ZZS musí být nejdříve místo zajištěno ostatními složkami IZS, policií a HZS.

TOXALS algoritmus dle akronymu ABCDE	
-A- (Assesment)	Odhad situace
-A- (Airway)	Zajištění průchodnosti dýchacích cest
-B- (Breathing)	Zhodnocení dýchání a podpurná ventilace
-C- (Circulation)	Zástava život ohrožujícího krvácení, řešení závažných arytmií
-D- (Disability)	Minineurologické skóre AVPU
-D- (Drugs and antidotes)	Základní léčiva a antidota
-D- (Decontamination)	Dekontaminace
-E- (Evacuation)	Primární evakuace z kontaminovaného prostoru do zóny dekontaminace po primární triáži; po terapii odsun

Tabulka 15 - algoritmus toxals (Šín)

V prvním bodě (-A-), z angličtiny „Assesment and Airway“ neboli „odhad a zajištění dýchacích cest“ jako první sledujeme a posuzujeme celkový stav vědomí postiženého jednoduchým oslovením a zatřesením. Pokud nám postižený přiléhavě odpoví, můžeme uvažovat volné dýchací cesty a pokračovat přeskočením několika kroků, které bychom jinak museli nutně zastat.

Jestliže postižený neodpovídá a nehýbe se, je důležité zjistit, jestli dýchá. Zaklekne se ze strany k hlavě postiženého, zprůchodníme dýchací cesty jednoduchými manévry jako je záklon hlavy a předsunutí dolní čelisti či při předpokladu na možnou traumatickou lézi C-páteře trojitým Esmarchovým hmatem, který se provádí obejmutím mandibuly prsty a vysunutím čelisti dopředu a nahoru.

Následuje zhodnocení dýchání. Přiložíme ucho nad obličej (přesněji ústa) postiženého a dle poučky „vidím, slyším, cítím“ hodnotíme, zda-li se hrudník postiženého zvedá a zda je patrný proud vydechovaného vzduchu na naší tváři.

Při absenci dýchání a známek života přistupujeme okamžitě ke kardiopulmonální resuscitaci (dále KPR).

Ve zkratce jde o soubor postupů, sloužících k neprodlenému obnovení oběhu okysličené krve u osoby postižené náhlou zástavou krevního oběhu (na podkladě velmi

různorodé etiologie – u dospělých většinou z kardiálních příčin, u dětí ze sekundárních; asfyktických příčin) s cílem uchránit před nezvratným poškozením především mozek a myokard, které jsou velmi náchylné na nedostatek kyslíku (u buněk mozkové tkáně dochází k nezvratným patologickým změnám již po 4-6minutách od zástavy oběhu).

Resuscitace probíhá až do nalepení EKG elektrod formou stlačování hrudníku a umělých vdechů se zohledněním rozdílné diferenciací postupů pro dospělé, děti i novorozence). Po nalepení elektrod a vyhodnocení rytmu; u dospělých nejčastěji patologického ve formě nejrůznějších dysrytmií se pokračuje kausálně dle typu arytmiie.

Velice zjednodušeně máme defibrilovatelné a nedefibrilovatelné arytmiie, které řešíme opět rozdílnými způsoby jak při farmakologické části terapie, tak při elektroimpulzoterapii.

Pokud postižený dýchá, v rámci prvního bodu pokračujeme kontrolou průchodnosti dýchacích cest. Případné překážky, jako jsou například snímatelné zubní náhrady, krevní koagula či zvratky vybavujeme digitálně.

Následuje kontrola patologií krku. Hodnotíme, zda je trachea ve střední čáře, pevnost hrtanu a pátráme po jiných patologiích, jako emfyzematózním prosáknutím či zvýšenou či naopak sníženou náplň krčních žil.

Udržení průchodných dýchacích cest je naprosto zásadní. K tomu nám podle situace, dostupných pomůcek a rozsahu seznávaných zranění slouží řada pomůcek. Při pobytu v kontaminované zóně se jako nejsnadnější jeví zavedení nosního (Wendelova) nebo ústního (Guedelova) vzduchovodu, které se jednoduše a rychle zavádí, jejich aplikace nebývá spojena se závažnými komplikacemi a je plně v kompetenci nelékařských zdravotnických pracovníků (dále NLZP). S výhodou je také možné užití další supraglotické pomůcky, dnes velmi oblíbené a hojně užívané laryngeální masky (dále LMA), která se stejně jako vzduchovody zavádí rychle, snadno a bez závažnějších komplikací.

Po zprůchodnění dýchacích cest začínáme okamžitě kyslíkovou terapii v úvodní dávce 10-15l/min s FiO 1.0. po triage při rozšířené neodkladné péči se frakce kyslíku a objemy upravují dle saturace arteriální krve hemoglobinem. Při neadekvátní ventilaci zahajujeme umělou plicní ventilaci (zprvu ručním dýchacím přístrojem).

Výběrově, přesněji za použití semi-elektivního přístupu (charakterizovaného souslovím „radši dříve, nežli později“ nebo jinak při jakýchkoliv pochybnostech raději aplikovat) také nasazujeme u předpokládaného traumatu C-páteře krční fixační límec.



Obrázek 37 - naložení krčního fixačního límce (dostupno z <http://www.xcollar.com/shortfalls/>)

V bodě –B- (pokud jsme to již neudělali v bodě –A- (jelikož algoritmus ABCDE je sice jednotný, ale pořadí jednotlivých výkonů i přiřazení k jednotlivým písmenům se mnohdy v literárních pramenech značně liší) se zaměříme na hodnocení kvality dýchání a rozpoznání známek respirační tísně, které by mohly predikovat nutnost OTI a řízené ventilace. Ty hodnotíme pouze inspekcí a palpací, auskultace fonendoskopem je vyloučena z důvodu možnosti sekundární kontaminace dalších pacientů.

Mezi známky respirační tísně patří subjektivní pocity dušnosti a bolestivosti, zatahování měkkých částí hrudníku (především mezižeberních prostor a jugula), zapojování auxiliárního svalstva, opocenost, paradoxní dýchání nebo přítomnost cyanózy.

Změříme dechovou frekvenci, výběrově saturaci a při známkách tenzního pneumotoraxu, jej neodkladně řešíme nejprve punkcí v II. mezižebří na postižené straně a následně při rozšířené neodkladné péči po triage a dekontaminaci drénováním hrudníku.



Obrázek 38 - punkce TP (dostupno z <http://www.sharkmed.fi/Tactical-equipment/Airway-and-breathing/TPAKK>)



Obrázek 39 - zavedená hrudní drenáž u TP (dostupno z <http://lifeinthefastlane.com/icc-post-tension/>)

Bodu –C- dominuje stavění masivního zevního krvácení a terapie závažných arytmií. Kromě toho měříme postupně krevní tlak (TK), tepovou frekvenci (TF) a dobu kapilárního návratu. Při podezření na srdeční patologii měříme EKG. Standardem je zajištění žilního či intraosseálního vstupu s přihlédnutím ke stavu pacienta a nutnosti následovné rehydratace adekvátní volumoterapií především krystaloidními roztoky.

V první části bodu –D- se zaměříme pouze na velmi orientační avšak rychlé minineurologické vyšetření dle skóre AVPU, kdy posuzujeme pacientovo vědomí podle toho, zda je plně orientován, v tom případě spadá pod A, jako „alert“. Pokud reaguje na oslovení, spadá do kategorie V, jako „verbal responsive“. Pokud reaguje pouze na bolestivý podnět, řadíme ho do kategorie P, jako „pain responsive“, a jestliže nereaguje ani na bolestivý podnět, přiřadíme ho k bodu U, jako „unresponsive“.

Pokračováním bodu –D- je k aplikace základních léčiv a antidot (v podmínkách PNP jde především o kvalitní analgosedaci nejčastěji ve formě kombinace opiátů a benzodiazepinů a preventivního podání širokospektrých antibiotik (nejlépe cefalosporinové řady). Konečně se přistupuje k dekontaminaci, jež bod –D- uzavírá.

Posledním je bod –E-, při kterém postiženého evakuujeme (za pomoci HZS) do zóny dekontaminace, k triage a následné rozšířené zdravotnické péči, realizované v chladné zóně.

3.4.6 Diagnostika ANO na místě RMU

Zásadním a nejdůležitějším kritériem při primárním třídění ozářených pacientů je včasná a co nejprecisnější determinace množství absorbované dávky. V přednemocniční péči v této fázi zásahu je přesná přístrojová diagnostika za použití dozimetrických přístrojů a laboratorních testů často nedostupná.

Existují tři východiska. Prvním je orientace radiační anamnézou, což je soubor důležitých informací, vedoucí lékaře k subjektivnímu odhadu hloubky a závažnosti poškození.

Mezi determinanty spadající pod radiologickou anamnézu spadají údaje o druhu záření, délce expozice, které byl pacient vystaven, blízkosti od zdroje záření a v neposlední řadě o použitých ochranných pomůckách nebo oděvu, který měl pacient v době události na sobě.

Druhým východiskem je observace pacienta zaměřená na prvozáchyt prodromálních příznaků akutní nemoci z ozáření, které nám v hrubém nástinu dokáží aspoň orientačně prozradit dávku, které byl pacient vystaven. Intenzita a rychlost nástupu těchto příznaků jsou přímo úměrné velikosti dávky. Pokud se prvotní příznaky, jako je nauzea a zvracení klinicky manifestují už v prvních třiceti minutách, byl pacient téměř se stoprocentní jistotou vystaven letální dávce záření, která se rovná 10 Gy a více. Pokud se tyto příznaky manifestují se zpožděním, přesahujícím hranici 30 minut, má pacient nejenom šanci na záchranu, ale je také zařazen do jiné třídící skupiny, ke které se vztahuje následná specializovaná péče a pro které má další léčba smysl.

Poslední možností je rozpoznání tíže ANO dle příznaků radiační dermatitidy, v praxi je však aplikace této metody značně nepřesná a nevyhovující, jelikož radiační dermatitida se rozvíjí u postižených až po několika dnech. A tak se rozvoj příznaků radiační dermatitidy dá v praxi používat čistě jako verifikační ukazatel, potvrzující zasažení osob ionizujícím zářením.

(Pokorný et al, 2010)

„Výhodou je přesné vymezení okrsků ozářených nadprahovými dávkami, nevýhodou je menší validita při současné výrazné zevní kontaminaci nechráněné kůže, kdy celková dávka na kůži může být i mnohonásobně vyšší, než dávka celotělová“.

(Österreicher, 2003)

3.4.7 Třídění postižených s ANO na místě RMU

Na místě mimořádné radiační události se používá systém čtyř skupin, do kterých jsou pacienti po předchozím určení radiologické anamnézy a rozpoznání příznaků samotné klinické manifestace nemoci z ozáření zařazeni.

1. skupina vyžadující urgentní léčbu růstovými faktory krvetvorby (cca 4 až 10 Gy). U pacientů v této skupině nastupuje nauzea a zvracení mezi 30 minutami a 2 hodinami po ozáření a chybí zde manifestace průjmů a poruch vědomí;
2. skupina, kterou je možné odsunout později (cca 1,5 – 4 Gy), jelikož ANO se rozvíjí pozvolna a dávka záření nedosahuje úrovně LD50. Nauzea a zvracení u této skupiny pacientů nastupuje po více než 2 hodinách po ozáření;
3. skupina, která vyžaduje minimální ošetření (0,7 – 1,5 Gy). Tato skupina pacientů vykazuje asi 15% incidenci zpravidla jednorázového zvracení s následným rozvojem lehké lymfopenie v průběhu týdnů po ozáření;
4. skupina s neléčitelnou formou ANO (nad 10 Gy) – určení pro paliativní léčbu. U této skupiny se vyskytují výše popsané příznaky typické pro poškození GIT a CNS. Nauzea a zvracení vzniká do 30 minut po ozáření.

Tabulka 16 - Třídění pacientů do čtyř základních skupin (Pokorný et al., 2010)

Tento systém třídění je nutný nejenom kvůli nutnosti pacienty rozdělit podle množství a specifik lékařské péče, kterou vyžadují, ale také z důvodu zjednodušení odsunové taktiky do vyšších etází zdravotnické péče přímo v místě zásahu a později do specializovaných pracovišť. (Pokorný et al., 2010)

Jak již bylo vysvětleno výše, terapie osob s ANO se řídí dle množství absorbované dávky. K tomu se musí ještě zohlednit jedno význačné kritérium a tím je způsob, jakým látka do organismu pronikla nebo jej poškodila.

Rozdílná péče je tedy o ozářené, kontaminované a osoby s kombinovaným poškozením.

3.4.8 Terapie u zevně ozářených

Terapie zevně ozářených probíhá ve třech na sebe navazujících etapách. Tyto etapy simulují specifické „role“, jimiž jsou druhy zdravotnických zařízení (v PNP stanovíšť zdravotnické péče).

Všichni ozářeni jsou nejprve transportováni na roli 1, kde se v první řadě podle dozimetrických údajů (pokud jsou zasahující jednotky vybaveny osobními dozimetry), radiační anamnézy a prodromálních příznaků roztřídí do čtyř skupin dle tabulky 16.

S jistým časovým zpožděním se pak k potvrzení a determinaci závažnosti ANO dá využít i laboratorních testů (relevantními se ukazují být především dva, a to měření úbytku lymfocytů a cytogenetické vyšetření změn v chromozomech lymfocytů).

3.4.8.1 Role 1

Terapie zevně ozářených se na roli 1 skládá čistě ze symptomatické léčby za předpokladu, že indikovaná farmakoterapie nebude maskovat příznaky, vedoucí k odhalení formy ANO (především jsou kontraindikována antiemetika, která se podávají pouze při zcela zjevných projevech ozářeni smrtícími dávkami). Bohužel v těchto případech je jejich účinek stejně zanedbatelný až mizivý. Po ní dochází k odsunu pacientů na roli 2 systematicky podle skupin, do kterých byli ozářeni zařazeni.

Nejdříve jsou odsouváni pacienti, u kterých se očekává těžší průběh ANO ve formě dřevňového syndromu, charakterističtí opakovaným zvracením, celkovou únavou a malátností, ovšem bez rozvoje gastrointestinálních (bez rozvoje průjmů) a kardiovaskulárních obtíží (bez patrné hypotenze).

Po nich přicházejí na řadu pacienti s ojedinělými projevy nausey a zvracení, u kterých se předpokládá méně závažný průběh dřevňové formy ANO.

Jako třetí se odsouvají pacienti s rozvinutou gastrointestinální symptomatologií, hypotenze a neurovaskulárními projevy, zahrnujícími tonicko-klonické křeče či různě hlubokou poruchu vědomí. U těchto pacientů se vzhledem k jasným prodromům a viditelné symptomatologii předpokládá rozvoj GIT formy ANO se zcela infaustní prognózou.

Poslední skupinou jsou suspektně ozářeni, u kterých zatím nedošlo k rozvoji typické symptomatologie a kteří jsou z role 1 staženi z čistě preventivních důvodů. (Österreicher, 2003)

3.4.8.2 Role 2

Po etapovém odsunu z role 1 by se měl poslední pacient dostat na vyšší etáž do 6h od ozáření. V tomto čase lze již u některých pozorovat rozvoj radiační dermatitidy ve formě přechodného erytému (po vyloučení jiných příčin se tak radiační erytém přidává k seznamu symptomatologie).

Po uplynutí 72hodin už jsou dostupné výsledky laboratorních testů na leukocyty, které predikují závažnost ANO velice přesně a podle kterých lze ozářené sekundárně přetřídit za účelem správné a přiléhavé léčebné strategie.

Kromě léčby fyzických poranění je u ozářených pacientů často nutno využít psychologické či psychiatrické intervence z důvodů zcela pochopitelných.

„Počet lymfocytů v rozmezí $1,5-3,0 \times 10^9/l$ lze považovat za normální. Za mírnou lymfocytární depleci jsou považovány hodnoty v rozmezí $1.0-1,5 \times 10^9/l$. hodnoty nižší, tj. pod $0,5 \times 10^9/l$, jsou známkou velmi vážného až letálního úbytku lymfocytů.“

(Österreicher, 2003)

Dle hodnot úbytku lymfocytárních buněk se pak pacienti přetřídí do čtyř skupin :

Supraletální ozáření	Prognóza zcela infaustní, ponechávají se na roli 2, kde je jim indikována paliativní léčba ve formě analgo-sedace a tlumení křečí
Těžký průběh dřeňové formy	Indikováni k přednostnímu transportu na roli 3, terapie především formou podávání růstových faktorů krvetvorby
Lehký průběh dřeňové formy	Odložený transport na roli 3 s příznivou prognózou
Ozáření dávkami pod 0,7Gy	Při rozvoji symptomatologie odsunuti na roli 3, asymptomatictí propuštění

Tabulka 17 - Dělení ozářených dle úbytku lymfocytárních buněk a přiléhající terapie (Österreicher, 2003)

3.4.9 Terapie u kontaminovaných

Určitou míru vnější kontaminace lze při RMU předpokládat u většiny zasažených. Naopak vnitřní kontaminace bývá velice raritní a z hlediska zdravotnické péče je dostupnost vnitřně-dekontaminačních preparátů přítomna až na třetí etáži v nemocničních zařízeních. Postup u kontaminovaných pacientů je opět rozdělen do rolí.

3.4.9.1 Role 1

Základním a prvořadým postupem na této fázi je včasná dekontaminace zasahujících jednotek, která u vnější kontaminace radionuklidy dokáže buď úplně předejít, nebo aspoň výrazně snížit riziko vzniku radiační dermatitidy.

Při předpokládané vnitřní kontaminaci je indikován výplach žaludku, nosní a ústní dutiny. Následuje podání 1-2 tablet (každá po 130mg) jodidu draselného až do maximální dávky 300mg/den. Významně vnitřně kontaminovaní jsou odesláni na roli 3.

3.4.9.2 Role 2

Role 2 je v tomto případě určena především k pozorování pacientů. Doba hospitalizace by neměla trvat déle než 5 dní, protože v tomto období jsou již jasně patrné symptomy rozvinuté radiační dermatitidy.

Pokud se u pozorovaných objeví, hodnotí se její závažnost. Podle ní se následně specifikuje léčba. Zasažení jednoduchou nezávažnou formou typu radiačního erytému jsou propuštěni k domácímu ošetřování s týdenními kontrolami na ambulantních pracovištích.

Postižení vážnější formou dermatitidy bulózního, ulcerózního, či dokonce nekrotického charakteru jsou přesunuti na vyšší etáž, na roli 3.

3.4.10 Terapie při kombinovaných poškozeních

Kombinovaná poškození znamenají poškození termického či traumatického charakteru ve spojení s poškozením radiačním.

Při poskytování zdravotnické péče má absolutní přednost nejprve zajištění vitálních funkcí s následnou terapií konvenčních poranění traumatického a popáleninového charakteru.

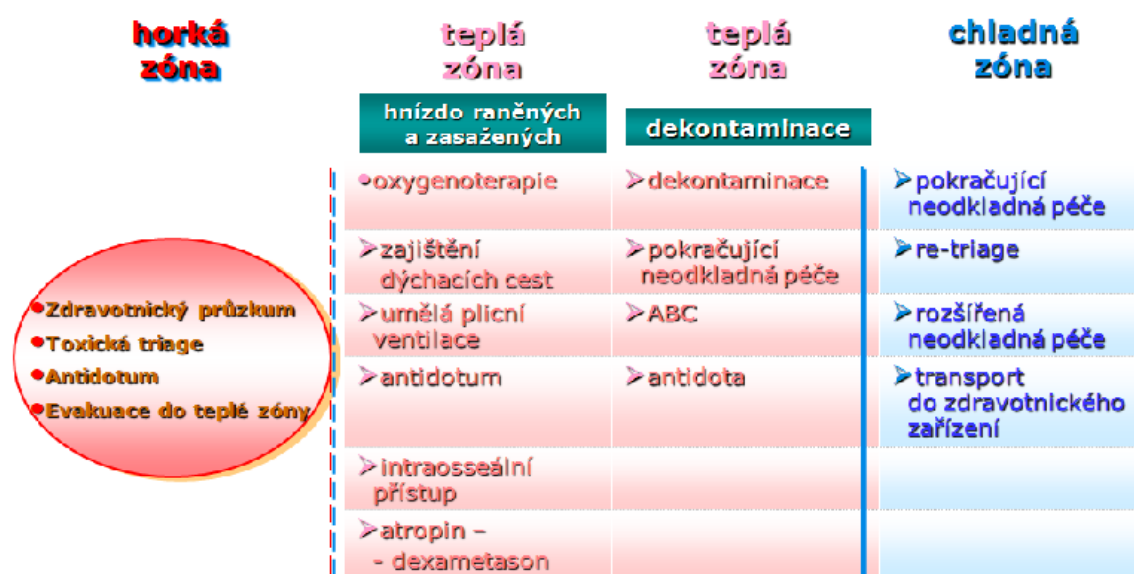
Léčba radiačního inzultu je řešena až sekundárně po dekontaminaci pacientů.

U pacientů s kontaminovanými ranami se musí zajistit důkladná očista a umytí rány. Jelikož prognóza a průběh léčby u kontaminovaných ran je závažnější a často bývá negativně alterován, musí se podle toho rána patřičně posuzovat a terapie upravovat (Österreicher, 2003)

4 Diskuse a závěr

Práce je zaměřena na možné přístupy zdravotnického záchranáře při poskytování neodkladné pomoci osobám postiženým radioaktivním zářením.

Ucelený přehled této činnosti uvádí obr. 40), charakterizující rozsah neodkladné péče poskytovaná na jednotlivých etapách.



Obrázek 40 - rozsah neodkladné péče na jednotlivých etapách (Pokorný)

Při hodnocení pracovních možností zdravotnického záchranáře v podmínkách radioaktivního zamoření vycházíme z návrhu ITACCS, International Trauma Anaesthesia and Critical Care Society, která vydala návrh pro lékařské postupy v dekontaminační zóně, TOXALS – Toxicologic Advanced LIFE Support.

Uvážíme-li současný přístup k poskytování neodkladné pomoci osobám postiženým radioaktivním zářením, docházíme k názoru, že důsledné dodržování v současné době platné zásady, že život zachraňující výkony mohou být zahájeny zdravotnickými pracovníky až po dekontaminaci, snižuje zasaženým reálně vyhlídky na přežití.

Proto armáda ČR za těchto okolností nasazuje i do horké zóny vycvičené a vybavené nelékařské zdravotnické pracovníky (záchranáře, zdravotnické sestry) tak, jak je tomu v řadě dalších států, které se řídí principy TOXALS.

Určitý problém představuje i umělá plicní ventilace v kontaminovaném prostředí. V současnosti je v zahraničí k dispozici ruční dýchací přístroj s účinným filtrem fy AMBU International, AMBU MK-3, který však není běžně ve výbavě záchranné zdravotnické služby. V minulosti disponovala Československá armáda, ale i civilní sektor ručním dýchacím přístrojem RK-32 Chirana, který tento problém řešil.

Dalším pilířem při řešení situace na místě mimořádné události jsou postupy uvedené v Katalogu typových činností složek IZS při společném zásahu, vydávaného Generálním ředitelstvím HZS, který velmi přesně a srozumitelně popisuje jak vlastní průběh zásahu od prvotního průzkumu přes vytyčení ochranných zón až po přípravu a provedení evakuace.

Navíc kategorizuje systém velení, určuje kompetence a povinnosti jednotlivých zasahujících složek a z hlediska použití při MU se stává zásadním strategickým dokumentem.

5 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Pravidlo devíti a pravidlo podle Lund-Browdera (dostupno z http://my.firefighternation.com)	15
Obrázek 2 - Omrzliny 2. stupně (dostupno z http://i.iinfo.cz/images/255/omrzliny-144.jpg).....	17
Obrázek 3 - Stupně omrzlin podle hloubky poškození tkáně (dostupno z http://zdravlje.eu/2011/11/16/smrzotine/).....	18
Obrázek 4 - Druhy ionizujícího záření (dostupno z http://trivistreb.cz/typy-radioaktivity)	20
Obrázek 5 - Prostupnost jednotlivých typů záření materiálem (dostupno z http://trivistreb.cz/editor/filestore/Image/Trebechovice/fyzika/alg%20stineni.jpg).....	20
Obrázek 6 - Částečně roztavené jádro Černobylské elektrárny (dostupno z http://chernobylandpripyat.tumblr.com).....	21
Obrázek 7 – Hlavní zdroje ozáření populace. (<i>Švec et al., 2006</i>).....	21
Obrázek 8 - Dozimetr Gamma-Scout A,B,Γ V2016 (dozimetry.eu)	25
Obrázek 9 - Dozimetr Radiometr SMB-2016 (dozimetry.eu)	25
Obrázek 10 - Blokové schéma elektrického detektoru (http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm#2).....	26
Obrázek 11 - vyhodnocovací přístroj VDD80 (dostupno z http://www.armatex.cz/vyhodnocovaci-pristroj-vdd-80-118)	26
Obrázek 12 - Ochranné pomůcky pracovníků radiologických zařízení (dostupno z https://www.suro.cz/cz/lekarske/Skiaskopie_info_pro_pracovniky.pdf)	27
Obrázek 13 - Protichemický ventilovaný oděv (Pokorný)	28
Obrázek 14 - Fyziologický krevní nátěr (a-erytrocyty; b-neutrofil, c-eozinofil, d-lymfocyt) (fbmi.sirdik.org)	31
Obrázek 15 – Pancytopenie (fbmi.sirdik.org).....	31
Obrázek 16 - Radiodermatitida lehkého až středního stupně (fbmi.sirdik.org).....	33
Obrázek 17 - Exsudativní dermatitida těžkého stupně (fbmi.sirdik.org).....	33
Obrázek 18 - Atrofická nekróza kůže při velmi těžkém postižení (fbmi.sirdik.org).....	33
Obrázek 19 - Struktura vazeb IZS při řešení MU (dostupno z http://www.komenskeho66.cz/materialy/ocmu/teorie15.html)	40
Obrázek 20 - Logo HZS ČR	41
Obrázek 21 - Logo PČR.....	41
Obrázek 22 - Logo ZZS ČR.....	41
Obrázek 23 - Schéma zapojení jednotlivých složek IZS při MU (dostupno z http://pustapolom.cz/hasici/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=119).....	41
Obrázek 24 - Katalog typových činností IZS 2004 (dostupno z http://www.mhj.cz/dokumenty)	42
Obrázek 25 - Vesta Velitele zásahu	44
Obrázek 26 – Páska na rukáv velitele zásahu	44

Obrázek 27 - KOPIS HZS Libereckého kraje (dostupno z http://www.nasepojizeri.cz/semilsko-aktualne/od-pondeli-funguje-jednotne-operacni-stredisko-krajских-hasicu/?aktualitaId=34385)	45
Obrázek 28 - Rozdělení místa zásahu na jednotlivé zóny (STČ-01/IZS).....	49
Obrázek 29 - Alternativní klasifikace zón v prostoru nasazení (Pokorný).....	49
Obrázek 30 - Schéma pracovišť ZZS na místě MU (Pokorný)	51
Obrázek 31 - Rozdělení prostoru ošetrovny na sektory (Šín).....	52
Obrázek 32 - Dekontaminační stanoviště (Pokorný).....	54
Obrázek 33 - Schéma dekontaminace zasahujících jednotek IZS (dostupno z http://www.mhj.cz/dokumenty/JPO/ostatni/STC%2001-IZS%20RA-zbran.pdf).....	54
Obrázek 34 - Postup dekontaminace zasažených osob (dostupno z http://www.mhj.cz/dokumenty/JPO/ostatni/STC%2001-IZS%20RA-zbran.pdf).....	56
Obrázek 35 - Schéma primární a následovně sekundární dekontaminace.....	57
Obrázek 36 - Toxická triage (Šín)	58
Obrázek 37 - naložení krčního fixačního límce (dostupno z http://www.xcollar.com/shortfalls/).....	62
Obrázek 38 - punkce TP (dostupno z http://www.sharkmed.fi/Tactical-equipment/Airway-and-breathing/TPAKK)	63
Obrázek 39 - zavedená hrudní drenáž u TP (dostupno z http://lifeinthefastlane.com/icc-post-tension/)	63
Obrázek 40 - rozsah neodkladné péče na jednotlivých etapách (Pokorný)	70

6 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Faktory ovlivňující závažnost popáleninového traumatu (Pokorný et al., 2010)	15
Tabulka 2 - Popáleninová centra v ČR (Škorňák, 2011)	16
Tabulka 3 - Závislost somatických účinků na velikosti dávky (astronuklfyzika.cz).....	23
Tabulka 4 - Prahové dávky vybraných orgánů a orgánových soustav (Matoušek et al, 2007)	23
Tabulka 5 - Závislost výskytu stochastických účinků na dávce (astronuklfyzika.cz)....	24
Tabulka 6 - Dělení ochranných prostředků dle stupně ochrany (tabulka z přednášek doc. Pokorného).....	28
Tabulka 7 - Fáze akutní nemoci z ozáření (Hynková et al, 2012)	30
Tabulka 8 - Seznam specializovaných pracovišť na území ČR, schopných definitivní péče při radiačním zasažení (Šín)	35
Tabulka 9 - Doporučené léčebné postupy při vnitřní kontaminaci (Pokorný et al, 2010)	36
Tabulka 10 - Přesné znění vyhlášky 318/2002 sb.....	38
Tabulka 11 - Klasifikační stupnice "INES" (INES Uživatelská příručka SUJB, 2001). 39	
Tabulka 12 - Katalog typových činností 2015 (dostupno z http://www.hzscr.cz)	42
Tabulka 13 - Úrovně kontaminace osob a s nimi spojená opatření (Prouza et al, 2008) 55	
Tabulka 14 - legenda k obrázku Toxické triage	58
Tabulka 15 - algoritmus toxals (Šín)	60
Tabulka 16 - Třídění pacientů do čtyř základních skupin (Pokorný et al., 2010)	65
Tabulka 17 - Dělení ozářených dle úbytku lymfocytárních buněk a příléhající terapie (Österreicher, 2003)	67

7 Seznam použité literatury

- MATOUŠEK, Jiří, Jan ÖSTERREICHER a Petr LINHART.** *CBRN: jaderné zbraně a radiologické materiály*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-029-6.
- POKORNÝ, Jan.** *Lékařská první pomoc*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2010. ISBN 978-80-7262-322-8.
- ŠVEC, Jiří, Jana CHMELOVÁ a Karol KORHELÍK.** *Radioekologie pro radiologické asistenty*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2006. ISBN 80-7368-219-2.
- Fusek, J. et al.** *Biologický, chemický a jaderný terorismus*. Hradec Králové: VLA JEP, 2003, 76 s., ISBN 80-85109-70-0.
- Bartlett, D. T.** *Electronic Dosimeters: Use in personal dosimetry*. Radiat. Prot. Dosim., 1993, vol. 47, no 1-4, s. 335-339.
- Musílek, L., Šeda, J., Trousil, J.** *Dozimetrie ionizujícího záření*. Praha: ČVUT, 1992, 282 s., ISBN 80-01-00812-6.
- SABOL, J.** *Příručka dozimetrie a ochrany před zářením*. Praha: ČVUT, 1995, 280 s.
- PROUZA, Zdeněk a Jiří ŠVEC.** *Zásahy při radiační mimořádné události*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-046-3.
- HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPA.** *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012. ISBN 978-80-210-6061-6.
- MATOUŠEK, Jiří, Iason URBAN a Petr LINHART.** *CBRN: detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. SPBI Spektrum, 59. ISBN 978-80-7385-048-7.
- ŠEVČÍK, Pavel a Martin MATĚJOVIČ (eds.).** *Intenzivní medicína*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-066-0.
- FORSHIER, Steve.** *Essentials of Radiation, Biology and Protection*. 2nd ed. Clifton Park, NY: Delmar, c2009. ISBN 142831217X.
- ŠKORŇÁK, Oldřich.** *Popáleniny pro posádky RZP* [online]. , 32 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.komorazachranaru.cz>
- GIESBRECHT, Gordon G.** *Hypothermia, frostbite, and other cold injuries: prevention, survival, rescue and treatment*. 2nd ed. Seattle, WA: Mountaineers Books, c2006. ISBN 0898868920.
- ÖSTERREICHER, Jan a Jiřina VÁVROVÁ.** *Přednášky z radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Manus, 2003. ISBN 80-86571-01-7.

Practical radiation technical manual. Individual monitoring. Vienna: IAEA, 2004.

I N E S Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí: Uživatelská příručka. Překlad vydání z roku 2001. Připraveno v SÚJB, 2001.

Zákon 239/2000 Sb. In: . 2000, číslo 239.

Katalogový soubor - Typová činnost složek IZS při společném zásahu: Uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně STČ-01/IZS. I. Ministerstvo Vnitřní - Generální ředitelství HZS ČR: VCNP, 2004.

HRSG. VON KERSTEN ENKE .. Allgemeine und spezielle Notfallmedizin, Schwerpunkt Traumatologie. 4., aktualisierte und erw. Aufl. Edewecht: Stumpf Kossendey, 2011. ISBN 978-393-8179-703.

Radiobiologie [online]. Praha: Fakulta biomedicínského inženýrství [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org>

Online prodej dozimetrického vybavení. *Dozimetry.eu* [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: www.dozimetry.eu

Airway and breathing. SharkMed Tactical Equipment [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.sharkmed.fi/Tactical-equipment/Airway-and-breathing/TPAKK>

ICC post tension pneumothorax. Life in the fastlane [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://lifeinthefastlane.com/icc-post-tension>

Astro Nukl Fyzika: Vojtěch Ullmann [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz>

Zabezpečení osob za MU v ČR: Integrovaný záchranný systém. *Survival* [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.komenskeho66.cz/materialy/ocmu/teorie15.html>

Typy radioaktivity. *TRIVES* [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://trivistreb.cz/typy-radioaktivity>

LundBrowder Rule. *MyFirefighternation* [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://my.firefighternation.com>