

Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky		
Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy zásahu		
Název:		4
Nebezpečí ionizujícího záření	Metodický list číslo	N
	Vydáno dne: 22. prosince 2004	Stran: 5

I. Charakteristika

- 1) Ionizující záření je proud fotonů (krátkovlnné elektromagnetické záření), elektronů, protonů, neutronů a jiných částic, schopný přímo nebo nepřímo ionizovat atomy a molekuly prostředí, kterým prochází. Ionizující záření je měřitelné, zpravidla se měří dávkový příkon v $\mu\text{Gy/h}$, mGy/h nebo v Gy/h (pro účely tohoto metodického listu lze použít převodní vztah pro záření gama $1 \text{ Gy/h} = 1 \text{ Sv/h} = 100 \text{ R/h}$). Přístroje, které měří dávkový příkon, se nazývají radiometry. Dávkový příkon měřený v 1 m nad terénem v nepřítomnosti zdrojů ionizujícího záření, či rozptýlených radioaktivních látek (dále „RaL“) je odhadem přírodního pozadí v daném místě; v České republice se pohybuje v rozmezí od 0,05 do 0,30 $\mu\text{Gy/h}$ ($\mu\text{Sv/h}$). Ionizující záření emitují radioaktivní látky a jiné zdroje ionizujícího záření, jakými jsou rentgeny, urychlovače částic, jaderný reaktor a jiné. U radioaktivních látek rozptýlených na ploše (v objemu) se měří plošná (popř. objemová) aktivita zdroje v Bq/cm^2 (popř. v Bq/cm^3). Přístroje, které měří plošnou aktivitu, se nazývají měřiče kontaminace.
- 2) Ionizující záření rozdělujeme na pronikavé (záření gama, X a neutrony) a na záření nepronikavé (beta, alfa a ostatní nabitě částice). Pronikavé záření se obecně dá velmi obtížně odstínit, lze jej však vhodnými stínícími materiály významně zeslabit. Nepronikavé záření se dá odstínit již tenkou vrstvou stínícího materiálu, kterou nabitá částice neproletí.
- 3) Nebezpečí z ionizujícího záření pramení ze zevního ozáření ionizujícím zářením (celotělově, lokálně nebo povrchově) nebo z možnosti vnější či vnitřní kontaminace těla rozptýlenou radioaktivní látkou. Účinnost povrchového ozáření se zvyšuje, když jsou nechráněné části těla povrchově kontaminovány radioaktivními látkami (takovéto ozáření může vést až k popálení kůže). Ozáření osob je měřitelné, měří (oceňuje) se dávka v μGy , mGy nebo v Gy . Přístroje, které měří (oceňují) dávku, se nazývají dozimetry.
- 4) Biologické účinky ionizujícího záření se rozdělují na stochastické a deterministické:
 - a) stochastické - nahodilé (pozdní) - jsou účinky ionizujícího záření, které vznikají v průběhu let. Při stochastických účincích vznikají rakoviny a genetické následky, jejich pravděpodobnost vzniku je úměrná obdržené dávce. Účinky nevznikají až po překročení určité prahové dávky, ale každá obdržená dávka zvyšuje pravděpodobnost vzniku poškození. Z toho vyplývá jeden z principů radiační ochrany - aby obdržená dávka byla minimalizována,
 - b) deterministické (mohou vyvolat nemoc z ozáření, poškození oční čočky, popálení kůže, poškození jiného orgánu či tkáně) - jsou účinky ionizujícího záření, vznikající až při ozáření člověka vyšší než prahovou dávkou. Onemocnění může nastat jak po vnějším ozáření, tak i po významné vnitřní kontaminaci radioaktivními látkami.

Klinické příznaky nemoci z ozáření mohou nastat při celotělovém, jednorázovém ozáření již po dávce 1 Gy obdržené v průběhu 24 hodin, změny krevního obrazu se projevují již po dávce 0,5 Gy za 1 až 3 dny po jejím obdržení. Při lokálním jednorázovém ozáření se klinické příznaky (poškození kůže) mohou objevit již za 1 až 2 týdny po dávce 3 Gy. Z těchto účinků vyplývá další princip radiační ochrany, tj. princip nepřekročitelnosti limitních hodnot.

- 5) Průběh nemoci z ozáření je obvykle rozdělován do čtyř časových úseků. Po ozáření následuje období počátečních příznaků (celková nevolnost, nechutenství, pocit na zvracení, žízeň, bolesti hlavy, krvácení z nosu, vnitřní krvácení apod.), které trvají několik hodin, max. dnů. Intenzita obtíží a délka počátečních příznaků závisí na velikosti dávky. Následuje období bez klinických příznaků (druhé stadium). Délka období, kdy postižení nemají žádné potíže, je opět různá - podle velikosti dávky. Třetím stádiem akutní nemoci z ozáření je období vystupňovaných klinických příznaků. U postižených se projevuje zhoršení celkového stavu, nemocný trpí horečkami, zhroucením imunitních obranných mechanismů, krvácí ze sliznic, projevuje se obecně zvýšená krvácivost zejména na kůži. Tyto projevy vrcholí při dávkách kolem 6 Gy mezi 7. až 9. dnem po ozáření, při dávkách kolem 4 Gy kolem 20. dne. Při dávkách od 6 do 10 Gy nastupují již po 4 až 7 dnech silné střevní potíže a průjmy, někdy krvavé zvracení, krvácení ze střev s nebezpečím chirurgických komplikací. Při dávkách nad 4 Gy je asi 50% pravděpodobnost úmrtí do jednoho měsíce. Při dávkách kolem desítek Gy dochází ke vzniku neuropsychické formy nemoci z ozáření, která v závislosti na velikosti dávky může vést během několika hodin ke klinické smrti. Pokud celotělová dávka není příliš vysoká (jednotky Gy), v závislosti na individuální „odolnosti“ ozářené osoby, nastupují po 6 až 8 týdnech známky postupného zlepšování zdravotního stavu, rekonvalescence postiženého (čtvrté stadium).
- 6) Zdroje ionizujícího záření (dále „ZIZ“) ¹:
- a) radionuklidový zářič (dále jen „zářič“) je radioaktivní látka nebo předmět, který obsahuje radionuklidy nebo je jimi znečištěn, v míře vyšší, než stanoví právní předpis; základní charakteristiky zářičů jsou
 - i) druh radionuklidu (druh a energie emitovaného záření),
 - ii) aktivita (určuje kolik jader se rozpadne za sekundu – měří se v Bq),
 - iii) poločas rozpadu (určuje dobu, za kterou klesne aktivita zářiče na polovinu),
 - iv) stav zářiče z hlediska možnosti rozptylu radionuklidů,
 - v) uzavřený zářič (není-li mechanicky poškozen prakticky nemůže dojít k rozptylu radionuklidů mimo zářič),
 - vi) otevřený zářič (možný rozptyl radionuklidů do okolí),
 - vii) dávkový příkon v definované vzdálenosti od zářiče (např. na povrchu zdroje, ve vzdálenosti 1m od zářiče, v místech možného pobytu osob),
 - viii) chemické složení zářiče,
 - ix) údaje o obalu a stínění zářiče,
 - b) zařízení, které zářič obsahuje (např. různé měřicí přístroje - vlhkoměry, tloušťkoměry, hladinoměry),
 - c) zařízení, při jehož provozu vznikají radionuklidy (např. jaderný reaktor, urychlovače na pracovištích experimentální fyziky),

¹ Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

- d) zařízení, při jehož provozu vzniká ionizující záření o energii větší než 5 keV (např. rentgenové přístroje a urychlovače sloužící k ozařování zářeními gama a elektrony).

II.

Předpokládaný výskyt

- 7) Možná místa s nebezpečím ionizujícího záření jsou:
- objekty, v nichž se nacházejí pracoviště s otevřenými nebo uzavřenými zářiči nebo místa jejich uložení, příp. skladování. Jsou to především jaderná zařízení, dále oddělení nukleární medicíny, radioterapeutická pracoviště, defektoskopická pracoviště. Státní úřad pro jadernou bezpečnost provádí licencování a evidenci těchto pracovišť. Tato pracoviště musí mít zpracovaný havarijní plán. HZS kraje musí mít pro svůj hasební obvod seznam těchto objektů se základními údaji z havarijního plánu charakterizujícími používané ZIZ, druh radiačního rizika (zda může dojít k akutnímu ozařování, rozptýlu radioaktivních látek a kontaminaci, radiační havárii) při různých zásazích². Pracoviště se zdroji ionizujícího záření jsou označena bezpečnostní značkou,
 - místa mimo stálé objekty kde se vyskytují zářiče, zařízení je obsahující a radioaktivní látky z různých důvodů umístěné mimo stálé objekty, např. mobilní defektoskopická pracoviště,
 - přepravní prostředky, ve kterých se dopravují ZIZ v přepravních kontejnerech a obalech. Přepravní prostředky přepravující radioaktivní látky nebo jiné ZIZ musí odpovídat příslušným předpisům³,
 - místa, kde se nepředpokládá, že by se zde ZIZ mohl nalézat (např. ZIZ bez řádného označení, zapomenuté nebo úmyslně odložené ZIZ, v železném šrotu nebo ve výrobcích z tohoto šrotu),
 - místa teroristického útoku (např. místo výbuchu klasické výbušniny na pracovištích se ZIZ, výbuch zbraně obsahující ZIZ či RaL s cílem jejich rozptýlení, rozptýlení otevřeného ZIZ do ventilační jednotky určitého objektu, úmyslné vyvolání požáru zejména na pracovištích s otevřenými ZIZ, místa vhodná pro kontaminaci pitné vody tzv. radiotoxickými látkami.
- 8) Pravděpodobnou možností vzniku nebezpečí ozařování a kontaminace pro jednotky představuje i dopravní nehoda přepravního prostředku s nákladem RaL či jiného ZIZ, při které dojde k porušení obalu zářiče.

III.

Ochrana

- 9) Z hlediska taktiky jednotek při zásahu spočívá ochrana životů a zdraví hasičů před nebezpečím ionizujícího záření a kontaminace RaL zejména v následujících zásadách:
- minimálně 50 m od předpokládaného zářiče na místě události vytýčit předběžnou ochrannou zónu a zahájit průzkum a měření dávkového příkonu ionizujícího záření a plošné aktivity zářiče (při rozptýleném zdroji ionizujícího záření),
 - hasiči provádějící průzkum musí být vystrojeni tak, jako při činnosti v prostředí kontaminovaném rozptýlenými RaL,

² Sbírka pokynů náčelníka HS Sboru PO MV č. 1/1993 Pokyny pro zásahy při událostech s radiačním rizikem.

³ Např. Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR).

- c) vytýčit hranici tzv. **bezpečnostní zóny** (dále jen „BZ“) v úrovni dávkového příkonu záření **10 $\mu\text{Gy/h}$** (10 $\mu\text{Sv/h}$, 1 mR/h) nebo v úrovni plošné aktivity 10 Bq/cm². Bezpečnostní zóna je prostor, ve kterém je třeba zavést režimová opatření, dodržovat zásady radiační ochrany a na obvodu této zóny omezit pohyb jednotlivé zasahující osoby na dobu nižší než 30 až 100 hodin za rok (100 hodin pobytu v této zóně může způsobit dávku odpovídající ročnímu limitu ozáření jednotlivců z obyvatelstva, tzn. 1 mSv/rok⁴),
- d) režimovými opatřeními jsou zamezení vstupu nepovolaných osob, omezení doby pobytu zasahujících osob, měření a sledování obdržených dávek pro každou jednotlivou zasahující osobu pomocí vydaných dozimetrů (dávka je součin hodnoty dávkového příkonu a doby ozáření), zavedení evidence těchto osob, provádění dozimetrické kontroly na hranici BZ, provádění dekontaminace osob a věcných prostředků,
- e) zásady radiační ochrany - respektování přípustné dávky
- i) dostatečnou vzdáleností od zářiče (dávkový příkon klesá s druhou mocninou vzdálenosti),
 - ii) minimální dobou ozařování (zkrátit pobyt v BZ nebo v blízkosti zářiče na nejkratší možnou míru; kolikrát se zkrátí doba ozařování, tolikrát se sníží dávka),
 - iii) stíněním zářiče nebo osob (např. zeslabení pro „běžné“ záření gama 2 krát pro 2 cm oceli, 100 krát pro 12 cm oceli nebo 30 cm cihelné zdi),
- f) místo dislokace jednotek musí být vždy mimo BZ, tzn. ve vnější zóně,
- g) po vytýčení BZ pokračovat v radiačním průzkumu vytýčením hranice **nebezpečné zóny** (dále jen „NZ“), t.j. hranice s naměřeným dávkovým příkonem rovným **1 mGy/h** (1 mSv/h, 100 mR/h) nebo naměřenou plošnou aktivitou rovnou 1 kBq/cm². Nebezpečná zóna je prostor, ve kterém pobyt znamená potenciální ohrožení zasahujících osob. Pohyb jednotlivé zasahující osoby na hranici NZ třeba omezit na max. 50 hodin za rok a 100 hodin za 5 let (50 hodin pobytu při příkonu 1 mSv/h odpovídá ročnímu limitu dávky pro radiační pracovníky⁴). V NZ smějí pracovat zasahující jednotky jen v případě nezbytnosti za podmínek uvedených pod písmeny h) a i), a to s nezbytně nutným počtem hasičů a při dodržování režimových opatření a zásad taktiky zásahů jednotek na radioaktivní látky a dalších předpisů⁴,
- h) v případě vstupu do NZ je nutné změřit dávkový příkon v místě zásahu a stanovit (vypočítat) dobu pobytu s ohledem na přípustné dávky,
- i) přípustná dávka pro hasiče, jakožto jednotlivce z obyvatelstva, je 1 mSv ročně⁴; připustit lze za předem stanovených podmínek dávky odpovídající limitům ozáření pro radiační pracovníky, tzn. 50 mSv/rok, příp. 100 mSv za 5 let. Výjimečně lze jednorázově připustit dávku 200 mSv⁵ a ve zdůvodněných případech při záchraně života nebo při zabránění rozvoje radiační mimořádné situace s rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky je ospravedlnitelné ozáření zasahujících osob na úroveň prahu deterministických účinků (1 až 2 Sv celotělové ozáření, 5 až 10 Sv lokální ozáření kůže),

⁴ Zákon č. 18/1997 Sb. a § 19 a 20 vyhlášky SUJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.

⁵ § 92 odst. 5 vyhlášky č. 307/2002 Sb.

- j) o vzniklé radiační události je nutno informovat Státní úřad pro jadernou bezpečnost (dále jen „SÚJB“) a Policii ČR. SÚJB je nutno navíc informovat o pobytu zasahujících osob při zásahu v BZ i NZ,
- k) evidenci osobních dávek je nutno archivovat v souladu s platnými předpisy⁶,
- l) v případě potřeby při ozáření přivolat odborníky SÚJB a zakreslit polohu zasahujících ozářených osob a polohu zdroje ionizujícího záření,
- m) v případě důvodného podezření na ozáření zasahující osoby je třeba zajistit její přesun do „Střediska speciální zdravotnické péče o osoby ozářené při radiačních nehodách“,
- n) v případě požáru, kdy není potvrzen rozptyl radioaktivních látek, vést zásah tak, aby nedošlo k zasažení zářiče požárem případně k poškození ochranného obalu zářiče.

10) Ochranné prostředky a další zařízení:

- a) jako ochrana před rozptýlenými RaL, kdy hrozí povrchová a vnitřní kontaminace osob vdechnutím nebo požitím RaL, se používají izolační dýchací přístroje a protichemické oděvy, které chrání proti kontaminaci, neposkytují však ochranu proti vnějšímu ozáření zářením gama a neutrony,
- b) radiometry pro měření dávkového příkonu (např. DC-3E-98) a měřiče kontaminace pro stanovení plošné kontaminace,
- c) osobní diagnostické dozimetry pro evidenci obdržených dávek u jednotlivých hasičů nebo osob (jsou vyhodnocovány nezávislou dozimetrickou službou) a skupinové elektronické dozimetry pro měření dávek a dávkových příkonů s nastavitelnou úrovní signalizace (používá se pro regulaci pobytu osob v radiačním poli).

IV.

Související literatura

1. Neruda O. - Prouza Z.: Problematika zásahů při událostech s radiačním rizikem, učební texty, MV ČR - Hlavní správa Sboru požární ochrany, Praha, 1992.
2. Příloha A a B Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR).
3. Tabulky k radiačnímu riziku - pomůcka pro jednotky požární ochrany, Sdružení pro nadaci GALUSS - RUBER, Praha, 1996.

⁶ § 84 vyhlášky č. 307/2002 Sb.