

# Medicína katastrof a hromadných neštěstí 1

Radiační rizika a nemoc z ozáření

# Úvod

- ▶ Atomy všech látek jsou tvořeny ze 3 druhů částic:
  - ▶ protony, neutrony, elektrony
    - ▶ protony + neutrony = jádro atomu (prakticky všechna hmotnost atomu)
    - ▶ elektrony = obíhají kolem jádra po kruhových drahách
- ▶ stabilní jádra
  - ▶ libovolně dlouho neměnná jádra (bez ohledu na změny kterým atom prochází)
- ▶ atomy jejichž jádra mají přebytek energie, nejsou v čase stabilní a samovolně se přeměňují nazýváme **radioaktivní**
- ▶ **nuklid**
  - ▶ látka, jejíž všechny atomy mají stejný počet protonů i stejný počet nukleonů
- ▶ **izotop**
  - ▶ nuklidy se stejným atomovým číslem, ale jiný počet neutronů (stejně chemické, ale jiné jaderné vlastnosti)

# Radioaktivní látky

- ▶ **Radioaktivní látky:**
  - ▶ látky, které obsahují nestabilní izotopy prvků
  - ▶ jádra těchto prvků (**radionuklidy**) se přeměňují v jádra jiných izotopů a přitom vysílají (emitují) ionizující záření především ve formě:
    - ▶ částic alfa
    - ▶ částic beta
    - ▶ záření gama
    - ▶ neutronů
  - ▶ radioaktivita přirozená a radioaktivita uměle vytvořená člověkem

# Částice alfa

## ▶ Částice alfa:

- ▶ prostá heliová jádra složená ze dvou protonů a dvou neutronů (kladný elektrický náboj)
- ▶ při interakci s atomy předávají část své energie elektronům, ty jsou převážně ionizovány (odloučí se od atomu za vzniku iontu, nebo excitují) přejdou do vyšší energetické hladiny a zpravidla se vrací do původního místa na orbitě za vyzáření části své energie pomocí fotonů
- ▶ emitované elektrony mohou předávat část své energie i dále a způsobit sekundárně další ionizaci
- ▶ vzhledem k husté interakci alfa části s elektrony **není jejich dolet velký:**
  - ▶ ve vzduchu několik mm, v pevných látkách zlomky mm

# Částice beta

## ▶ Částice beta:

- ▶ vznikají při štěpení atomových jader
- ▶ mají záporný elektrický náboj
- ▶ stejně jako částice alfa mohou předávat svojí energii orbitálním elektronům
- ▶ dalším způsobem interakce beta části s hmotou je tzv. **brzdné záření**:
  - ▶ vzniká při nárazu beta částic do atomových jader
  - ▶ beta částice přitom předají část své energie a zpravidla se od jádra odrazí, atomová jádra pak svou přijatou energii vyzáří ve formě fotonu
- ▶ dolet: ve vzduchu až několik metrů, ve vodě až desítky mm, u těžších materiálu mm až centimetry

# Gama záření

- ▶ **Gama záření:**
  - ▶ je vyzařováno samotnými atomovými jádry
  - ▶ má velmi malou vlnovou délku
  - ▶ v elektrickém poli je neutrální (tzn. bez náboje, není možné jej elektricky nebo elektromagneticky vychylovat)
  - ▶ vzhledem k nízké hustotě ionizace atomů má **velmi vysoký dolet** záření:
    - ▶ ve vzduchu několik set metrů
    - ▶ v kompaktních materiálech beton, zemina až desítky centimetrů

# Neutrony

## ▶ Neutrony:

- ▶ Elektricky neutrální částice, stavební kameny atomových jader
- ▶ Ačkoliv neutrony interagují s orbitálními elektrony, důležitý je jejich účinek po nárazu do atomových jader, ty mohou neutron:
  - ▶ zcela pohltnit (záchyt neutronu)
    - ▶ provázen vznikem nestability jádra působící další radioaktivní rozpad, tento mechanismus vysvětluje vznik indukované radioaktivity, zejm. epicentrum jaderných výbuchů
  - ▶ odrazit jej v různých úhlech (emituje fotony = gama záření)
  - ▶ nebo dojde působením neutronu k rozštěpení jádra
    - ▶ vznikají dva nestabilní a různě velké fragmenty, které reagují s okolní hmotou
    - ▶ praktickou využitelnost mají velmi těžká jádra (Uran-235, Plutonium-239), při štěpení těchto jader jsou uvolňovány další 2 až 3 neutrony, které aktivně rozštěpí okolní atomy, následná tepelná energie je využívána k mírovým i vojenským účelům

# Úvod pokračování

- ▶ **Hmotové (nukleonové) číslo:**

- ▶ udává počet stavebních částic (nukleonů) v jádru atomu

- ▶ **Poločas rozpadu:**

- ▶ časový údaj, který určuje dobu za kterou se rozpadne polovina všech jader daného radionuklidu
- ▶ jsou radionuklidy s poločasem rozpadu v řádu sekund, ale i nuklidy s poločasem několik tisíc let
- ▶ většina radionuklidů emituje beta a gama záření, Uran-235 a Plutonium-239 významné množství alfa částic



# Úvod pokračování

- ▶ **Aktivita:**
  - ▶ fyzikální veličina, která udává počet radioaktivních přeměn za sekundu
  - ▶ udává se v jednotkách – **Becquerel [Bq]**
  - ▶  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ jaderná přeměna za } 1 \text{ s}$
  - ▶ míra aktivity se u radionuklidů liší
  
- ▶ komplexní úpravu otázek spojených s mírovým využíváním jaderné energie a ionizujícího záření obsahuje **Atomový zákon č. 263/2016 Sb.**

# Úvod pokračování (důležité radiobiologické veličiny)

## ▶ Absorbovaná dávka

- ▶ vyjadřuje energii, která je absorbovaná jedním kilogramem hmotnosti terče (např. člověk)
- ▶ jednotkou je **Gray [Gy]**
- ▶  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J na kilogram}$ , tzn. pokud 80kg člověk absorbuje záření o velikosti 80 J, jde o ozáření rovné 1 Gy)

## ▶ Dávkový příkon

- ▶ vyjadřuje absorbovanou dávku za jednotku času (Gy za čas)

## ▶ Efektivní dávka

- ▶ určuje míru postižení organismu stochastickými účinkami
- ▶ jednotkou je **Sievert [SV]**,  $1 \text{ SV} = 1 \text{ J na kilogram}$

# Zdroje ionizujícího záření

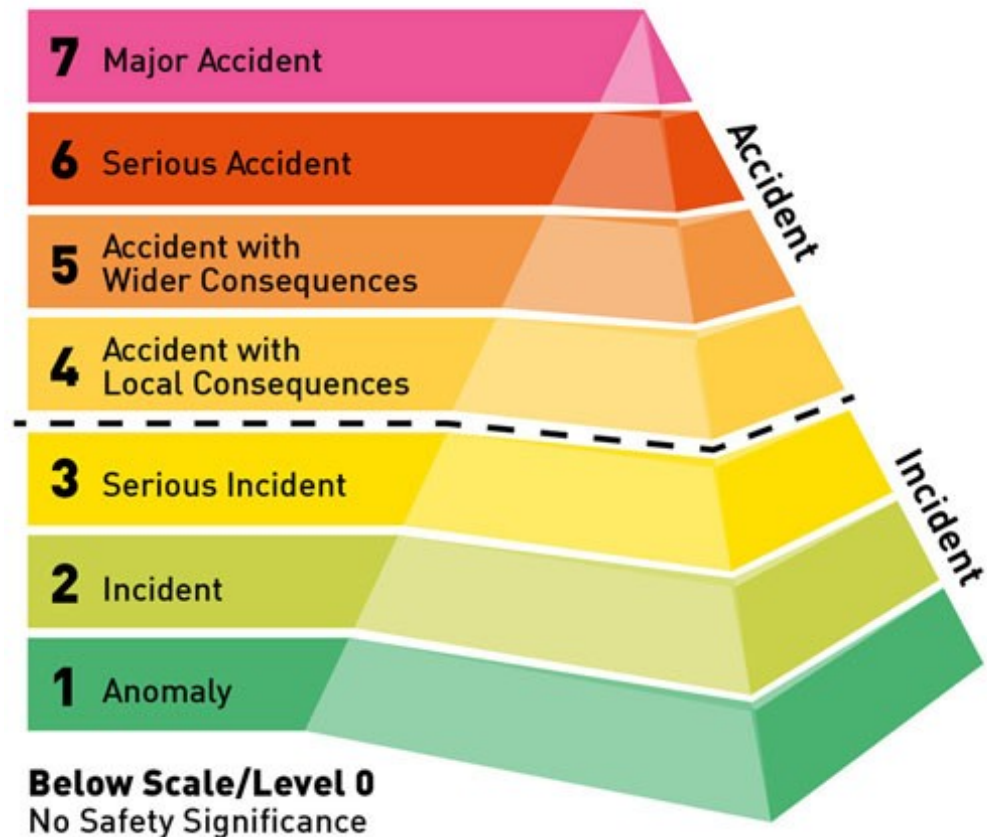
- ▶ přírodně se vyskytující radionuklidy, kosmické záření
- ▶ generátory, rtg přístroje
- ▶ cyklotrony (vysokofrekvenční urychlovač), monitory
- ▶ jaderné reaktory, jaderné zbraně
- ▶ obecně má jakákoliv část hmoty kolem nás nepatrné množství radionuklidů (de facto jsou zářiči)
- ▶ nebezpečné jsou určené radioaktivní látky, před kterými je třeba ochrany (de iure – podle práva)

# Radiační nehoda a havárie

- ▶ riziko vzniku v dnešní době spíše minimální, nicméně pravděpodobnost stále existuje
- ▶ **Radiační nehoda:**
  - ▶ stav, při kterém jsou hodnoty expozic jsou vyšší než limitní
- ▶ **Radiační havárie:**
  - ▶ stav, při kterém dojde k úniku radioaktivních látek do životního prostředí a je nutné uplatnit významná opatření pro ochranu obyvatel
- ▶ škála událostí v jaderných zařízeních podle IAEA (International Atomic Energy Agency)

# Škála událostí v jaderných zařízeních podle IAEA

The International Nuclear and Radiological Event Scale



Hodnotící stupeň	Popis typu události	Příklad
INES 1	Anomálie od schváleného režimu, ale se zbývající významnou hloubkovou ochranou. K tomu může dojít v důsledku poruchy zařízení, lidské chyby nebo nedostatků postupů a mohou nastat v jakékoliv oblasti, kterou stupnice pokrývá, například provoz jaderné elektrárny, transport radioaktivního materiálu, manipulace s jaderným palivem a skladování odpadů.	Mezi příklady patří: porušení technických podmínek nebo přepravních předpisů, nehody bez přímých důsledků, které odhalí nedostatky v organizačním systému nebo kultuře bezpečnosti, defekty v potrubí, menší než předpokládá kontrolní program.
INES 2	Nehoda s významným selháním bezpečnostních opatření, ale se zbývající dostatečnou hloubkovou ochranou k vypořádání se dodatečnými poruchami. To zahrnuje události, kde by skutečné události byly klasifikovány stupněm 1, ale odhalují významné dodatečné organizační nedostatky.	Mihama-2, jaderná elektrárna, Japonsko, 1991
	Událost, která vyústila v dávku pracovníkovi, překračující povolený roční limit nebo událost, která vede k přítomnosti významných množství radioaktivity uvnitř zařízení v prostorách, kde to projekt nepředpokládal, a které vyžadují nápravná opatření.	Pickering A-B, jaderná elektrárna, Kanada, 2003
INES 3	Únik radioaktivních materiálů do okolí s následkem dávky pro kritickou skupinu v řádu desetin milisievertů. Při takovém úniku nemusí být vnější ochranná opatření zapotřebí.	Vandellós, jaderná elektrárna, Španělsko, 1989
	Událost uvnitř zařízení s důsledkem takového ozáření zaměstnanců, že by způsobilo akutní zdravotní následky nebo událost s výsledkem těžkého rozšíření kontaminace, například několika tisíc TBq aktivity uvolněné v sekundárním kontejnmentu, kde lze materiál vrátit do vyhovujících skladovacích prostor.	Davis Besse-1, jaderná elektrárna, USA, 2002
	Nehoda, při níž by další porucha bezpečnostních systémů mohla vést k havarijním podmínkám, nebo situace, ve které by nebyly bezpečnostní systémy schopné zabránit havárii, pokud by nastaly určité iniciační události.	Paks, jaderná elektrárna, Maďarsko, 2002
INES 4	Únik radioaktivních materiálů do okolí s následkem dávky pro kritickou skupinu v řádu několika milisievertů. S takovým rozsahem úniku by pravděpodobně obecně nebyly spojovány žádné vnější ochranné zásahy s výjimkou místní kontroly potravin.	Windscale Pile, přepracovatelský závod, Velká Británie, 1973
	Významné poškození zařízení. Taková havárie může zahrnovat poškození vedoucí k velkým potížím uvnitř zařízení, jako je částečné tavení aktivní zóny v energetickém jaderném reaktoru a srovnatelné události v zařízeních bez reaktoru.	Saint Laurent, jaderná elektrárna, Francie, 1980
	Takové ozáření jednoho nebo více zaměstnanců, že je vysoká pravděpodobnost rychlého úmrtí.	Tokaimura, závod na výrobu paliva, Japonsko, 1999

INES 5	<p>Únik radioaktivních materiálů do okolí (s aktivitou stovek až tisíců TBq <math>^{131}\text{I}</math>). Takový únik by pravděpodobně vyústil do částečného uplatnění protipatření zahrnutých v místních havarijních plánech ke zmenšení pravděpodobnosti zdravotních následků.</p>	Windscale Pile, Velká Británie, 1957
	<p>Těžké poškození jaderného zařízení. Může to zahrnovat těžké poškození velké části aktivní zóny energetického reaktoru, velká havárie s kritičností, nebo velký požár či exploze uvolňující velké množství radioaktivity uvnitř zařízení.</p>	Three Mile Island, jaderná elektrárna, USA, 1979
INES 6	<p>Únik radioaktivních materiálů do okolí (s aktivitou tisíce až desítky tisíc TBq <math>^{131}\text{I}</math>). Takový únik by pravděpodobně vyústil do plného uplatnění protipatření zahrnutých v místních havarijních plánech ke zmenšení pravděpodobnosti zdravotních následků.</p>	Kyštym, přepracovatelský závod, SSSR (nyní v Ruské Federaci), 1957
INES 7	<p>Únik značné části radioaktivních materiálů z velkého zařízení (například z aktivní zóny energetického reaktoru) do okolí. Typicky obsahující směs radioaktivních štěpných produktů s dlouhými i krátkými poločasy rozpadu (s aktivitou přesahující desítky tisíc TBq <math>^{131}\text{I}</math>). Takový únik by vyústil do možnosti akutních zdravotních účinků; zpožděné zdravotní účinky v rozsáhlé oblasti s možností zasažení více než jedné země; dlouhodobé důsledky pro životní prostředí.</p>	Černobyl, jaderná elektrárna, SSSR (nyní Ukrajina), 1986  Fukušima Daiiči, jaderná elektrárna, Japonsko, 2011

# Úložiště radioaktivního odpadu (ÚRAO)

## ▶ **Úložiště RAO (ÚRAO)**

- ▶ je prostor, objekt nebo zařízení na povrchu nebo v podzemí sloužící k ukládání radioaktivního odpadu

## ▶ **ÚRAO Dukovany**

- ▶ bylo vybudováno v areálu JE Dukovany pro ukládání upraveného RAO z jaderné energetiky, případnému úniku radionuklidů do biosféry zabraňuje soustava bariér s dlouhodobou životností

## ▶ **ÚRAO Richard**

- ▶ bylo vybudováno v komplexu bývalého vápencového dolu (v podzemí vrchu Bídnice - 70 m pod povrchem – nedaleko Litoměřic)



# Úložiště radioaktivního odpadu (ÚRAO)

- ▶ **ÚRAO Bratrství**

- ▶ vzniklo adaptací těžní štoly bývalého uranového dolu, Jáchymov

- ▶ **ÚRAO Hostím** bylo vybudováno ve vápencovém lomu poblíž vesnice Hostím

- ▶ v ČR předpokládá vybudování **hlubinného úložiště (HÚ)**

- ▶ program jeho vývoje byl zahájen již v roce 1992
  - ▶ budoucí HÚ přijme všechny RAO, který nelze uložit do přípovrchových úložišť
  - ▶ zahájení provozu HÚ se předpokládá kolem roku 2065

# Cesta za jadernou zbraní

- ▶ r.1895 – W.C. Röntgen – objev rentgenového záření, paprsky X
- ▶ r.1896 – H. Becquerel – objev radioaktivity uranu
- ▶ r. 1897 – J.J. Thomson – objev náboje elektronu
- ▶ r. 1898 – P. a M. Curie, G. Bémont – radium a polonium
- ▶ r. 1900 – E. Rutherford, F. Soddy – objev radonu
- ▶ r. 1902 – E. Rutherford, F. Soddy – teorie radioaktivního rozpadu
- ▶ r. 1919 – E. Rutherford – štěpení atomových jader
- ▶ r. r.1933 – F. a I. Joliot-Curie – objev umělé radioaktivity

# Cesta za jadernou zbraní

- ▶ r. 1934 – J. Chadwick – objev neutronu
- ▶ r. 1934 – E. Fermi – první umělé štěpen uranu
- ▶ r. 1939 – L. Meitnerová – objev možnosti jaderné řetězové štěpné reakce
- ▶ r. 1942 , USA, ženiijní útvar Manhattan District (práce označeny jako vývoj náhradních materiálů)
- ▶ r. 1942 – E. Fermi – Chicagská univerzita, uskutečnil jadernou řetězovou reakci
- ▶ 16.7.1945 – USA, Nové Mexiko, úspěšný test Trinity (první jaderný test)

# Japonsko

- ▶ pro bombardování Japonska bylo určeno 5 cílů:
  - ▶ Kókura, Hirošima, Nagasaki, Niigata a Kjóto (Kjóto později vyřazeno pro množství kulturních památek)
  - ▶ velká města vynechána (poničena dřívějšími nálety, efekt nové zbraně by nebyl dostatečný)

# Hirošima

- ▶ 6.8.1945 byla svržena puma **LITTLE BOY**
  - ▶ ve výšce 900 m byla zapojena roznětka a kolem výšky 600 m došlo k záblesku a vzniku ohnivé koule
  - ▶ podle amerických údajů:
    - ▶ naráz zahynulo (stalo se neznámých) 70 000 lidí a dalších 70 000 bylo zraněno
    - ▶ stavby zcela zničeny na ploše 12 km<sup>2</sup>
  - ▶ podle japonských údajů:
    - ▶ okamžité ztráty 140 000 lidí, další desetitisíce na pozdní následky
    - ▶ 70 000 zničených domů





# Nagasaki

- ▶ 9.8.1945 byla svržena puma **FAT MAN**
- ▶ jako primární cíl byla určena Kókura, ale pro potíže s viditelností nad Kókurou byla puma svržena na náhradní cíl – Nagasaki
- ▶ vzhledem k umístění (kopcovitý terén) a velikosti Nagasaki
  - ▶ nižší ztráty než v Hirošimě
  - ▶ podle USA: 36 000 mrtvých a nezvěstných, 40 000 zraněných, zničená městská zóna 5,8 km<sup>2</sup>
  - ▶ podle Japonska: 72 000 obětí, 18 000 zničených domů







# Jaderné zbraně - typy

## ▶ Štěpné zbraně

- ▶ klasické atomové pumy, štěpná (řetězová) reakce těžkých kovů jader
- ▶ ostřelováním jádra radionuklidu Uranu-235 primárním neutronem vnikne tato částice do jádra, které je nestabilní a rozpadne se na dvě zhruba stejně velké jádra, přičemž se z něj uvolní 1 až 3 další neutrony.
- ▶ v dostatečném množství čistého Uranu-235 pak může každý sekundární neutron vyvolat štěpení dalších jader, které vždy uvolní další neutrony, toto štěpení je doprovázeno velkým množstvím energie

## ▶ Termojaderné zbraně

- ▶ uvolňují energii opačným procesem než štěpení, proces spočívá na vzniku těžších jader z lehčích, jediným použitým prvkem byl zatím vodík (deuterium, tritium)

# Jaderné zbraně - typy

- ▶ **Třífázová jaderná nálož (F-F-F, fission-fusion-fission)**
  - ▶ uvolňuje energii ve třech fázích, první je štěpení v roznětce, druhá termojaderná reakce, třetí následné štěpení
- ▶ další modifikované typy:
  - ▶ štěpná se zvýšeným účinkem
  - ▶ štěpná se zvýšenou radioaktivní kontaminací
- ▶ jaderná nálož se zvýšeným tokem neutronů
- ▶ jaderná zbraň s intenzivním elektromagnetickým impulsem (EMP)

# Jaderné zbraně - účinky

- ▶ **Podle typu výbuchu:**
  - ▶ vzdušný (vysoký, nízký)
  - ▶ pozemní
  - ▶ hladinový
  - ▶ podzemní
  - ▶ podhladinový

# Jaderné zbraně - účinky

## ▶ **Primární účinky**

- ▶ vzdušná tlaková vlna
- ▶ rázová vlna a seizmické účinky
- ▶ ionizující záření (pronikavá radiace)
- ▶ světelné (tepelné) záření
- ▶ elektromagnetický impuls

# Jaderné zbraně - účinky

- ▶ **Sekundární účinky**
  - ▶ radioaktivní kontaminace
  - ▶ zničení infrastruktury
  - ▶ požáry

# Jaderné zbraně - dnes

- ▶ USA
- ▶ Rusko
- ▶ Izrael
- ▶ Čína
- ▶ Indie
- ▶ Velká Británie
- ▶ Francie
- ▶ Pákistán
- ▶ Severní Korea



# Zamezení vzniku MU

- ▶ každé pracoviště, kde se manipuluje se zdroji ionizujícího záření, musí mít připraveny plány činnosti při vzniku radiační události, plány obsahují základní principy činnosti:
  - ▶ zamezení vzniku radiační události
  - ▶ zamezení šíření kontaminace
  - ▶ opětovné převedení zdroje záření pod kontrolu
  - ▶ evakuace nebo ukrytí zaměstnanců
  - ▶ nahlášení události kompetentním orgánům

# Radiační mimořádná událost

- ▶ pro potřeby IZS – typová činnost STČ-01 / IZS (Špinavá bomba)
- ▶ odlišný postup oproti jiným nehodám a haváriím
- ▶ jednotky požární ochrany vytvářejí **předběžnou ochranou zónu** (nejméně 50 m od zdroje ionizujícího záření)
  - ▶ v této zóně dochází k průzkumu a měření dávkového příkonu ionizujícího záření a aktivity zářiče
  - ▶ členové ZZS se v předběžné ochranné zóně nesmí pohybovat (vyčkat na návětrné straně)
  - ▶ v případě, že členové ZZS budou na místě MU první a dojde k jejich kontaminaci, poté musí projít dozimetrickou kontrolou a dekontaminací

# Radiační mimořádná událost

- ▶ při dalším průzkumu je **stanovena hranice nebezpečné zóny** (dávkový příkon 1 mSv/h)
  - ▶ potenciální ohrožení zasahujících osob
  - ▶ v zóně pracují pouze jednotky požární ochrany (dle metodiky bojového řádu)
  - ▶ Výjezdové skupin ZZS zde nepracují za žádných okolností (nemají vybavení, výcvik, došlo by k jejich ohrožení)
  - ▶ třídění (START) provádějí zasahující jednotky požární ochrany

# Radiační mimořádná událost

- ▶ kolem nebezpečné zóny je stanoveno **místo kontrolovaného vstupu do nebezpečné zóny** (dávkový příkon 0,1 – 1 mSv/h) a **nástupní prostor složek IZS** (jeho zevní hranice má dávkový příkon 0,1 mSv/h)
- ▶ v rámci dalšího průzkumu a měření je ve spolupráci s PČR vytvořena hranice **vnější zóny** (dávkový příkon 30  $\mu$ Sv/h a méně)

# Radiační mimořádná událost

- ▶ po stanovení zón je velitelem zásahu určeno **stanoviště pro dekontaminaci zasažených osob**
- ▶ velitel zásahu společně s vedoucím zdravotnické složky určí **stanoviště PNP** (třídění a ošetřování)
  - ▶ musí být umístěno vně nebezpečné zóny na návětrné straně
  - ▶ dávkový příkon 30  $\mu\text{Sv/h}$  a méně
  - ▶ za provoz zodpovídá vedoucí zdravotnické složky

# Kontaminace radioaktivními látkami

## ▶ **Zevní (povrchová)**

- ▶ znečištění nekrytého tělesného povrchu, kůže a sliznic radionuklidy z různých zdrojů

## ▶ **Vnitřní**

- ▶ vzniká při:
  - ▶ vdechnutí (inhalace)
  - ▶ požitím kontaminované vody a potravy (ingesce)
  - ▶ vstřebáváním z poraněné nebo intaktní (neporušené) kůže nebo sliznic

# Dekontaminace

- ▶ provádí se na stanovišti dekontaminace
- ▶ dekontaminace úst
  - ▶ zubní kartáček + kloktání kyselého roztoku (3% roztok kyseliny citrónové)
- ▶ dekontaminace hltanu
  - ▶ kloktání naředěného roztoku peroxidu vodíku (3%)
- ▶ dekontaminace dutiny nosní
  - ▶ výplach vodou nebo fyziologickým roztokem

# Dekontaminace

- ▶ dekontaminace očí
  - ▶ výplach vodou nebo fyziologickým roztokem
  - ▶ od vnitřního k vnějšímu koutku (zabránit kontaminaci slzného kanálku)
- ▶ vnější část oděvu se odkládá do předem určených nádob
- ▶ následně se provádí dozimetrická kontrola
  - ▶ pokud je hodnota nad 10 Bq/cm<sup>2</sup> je nutné sundat i zbytek oblečení a provést osprchování a omytí mýdlem a osušení
  - ▶ u nechodících osob je dekontaminace provedena pomocí mulů namočených ve fyziologickém roztoku



# Dekontaminace

- ▶ pozor na otevřené rány a popáleniny
  - ▶ jako prevence infekce používat sterilní muly
- ▶ pokud jsou naměřené hodnoty i po omytí nadlimitní, je nutné uvažovat o vnitřní kontaminaci
- ▶ ošetření těžce poraněného (provedení život zachraňujících úkonů) pacienta má přednost před celkovou dekontaminací
- ▶ dekontaminaci a zajištění likvidace oděvů a kontaminované vody zajišťuje HZS ve spolupráci s SÚJB

# Činnost ZZS při RMU – STČ 01 / IZS

- ▶ upřesnění tísňového volání zdravotnickému operačnímu středisku vedoucím první výjezdové skupiny z pohledu rozsahu, typu a závažnosti zdravotnických následků.
- ▶ provedení orientačního zdravotnického průzkumu místa události.
- ▶ projednání prvotních požadavků pro zajištění činnosti ZZS v místě zásahu s velitelem zásahu včetně použití osobních ochranných prostředků a dozimetrů.
- ▶ poskytování PNP
- ▶ přebírání dekontaminovaných pacientů probíhá zásadně na předem určeném místě blízko hranice nebezpečné zóny

# Činnost ZZS při RMU

- ▶ třídění postižených osob pro stanovení pořadí pro poskytnutí PNP
- ▶ směrování pacientů k poskytovateli akutní lůžkové péče nebo do středisek specializované zdravotní péče pro ozářené osoby při radiačních nehodách
- ▶ další činnosti dle traumatologického plánu ZZS, pokud byl aktivován zdravotnickým operačním střediskem
- ▶ stanovení případné spolupráce s dalšími poskytovateli ZZS
- ▶ součinnost s dalšími základními složkami IZS a ostatními složkami IZS prostřednictvím operačních a informačních středisek složek IZS
- ▶ poskytnutí informací PČR o pacientech zemřelých během transportu do cílového zdravotnického zařízení

# Činnost ZOS při RMU

- ▶ zajištění vedení zdravotnické části zásahu osobou zodpovědnou za splnění úkolů ZZS, která se v případě potřeby stává členem štábu velitele zásahu
- ▶ na základě orientačního zdravotnického průzkumu aktivace traumatologického plánu ZZS, pokud událost vykazuje prvky mimořádné události s hromadným postižením osob
- ▶ povolání záložních sil podle traumatologického plánu ZZS
- ▶ informování středisek specializované zdravotní péče pro ozářené osoby při radiačních nehodách o možnosti přijetí pacientů
- ▶ informování kontaktních míst poskytovatelů akutní lůžkové péče.
- ▶ vyžádání informací z místa zásahu o možnosti vhodného místa pro přistání vrtulníku s ohledem na zabránění rozšiřování radioaktivních látek

## Činnosti a úkoly vedoucího zdravotnické složky při RMU

- ▶ ihned po příjezdu kontaktuje velitele zásahu, kterému ohlašuje dostupné síly a prostředky ZZS.
- ▶ společně s vedoucím odsunu jako jediný komunikuje se zdravotnickým operačním střediskem ZZS
- ▶ ve spolupráci s velitelem zásahu rozhodne o určení místa pro poskytnutí PNP, které bude organizováno v rámci třídících skupin, skupin přednemocniční neodkladné péče a skupiny odsunu, včetně určení jejich stanovišť
- ▶ určí vedoucího odsunu a vedoucího lékaře, který je současně vedoucím skupiny třídění, skupiny PNP

## Činnosti a úkoly vedoucího zdravotnické složky při RMU

- ▶ stanoví úkoly osobám začleněným do zdravotnické složky k plnění úkolů ve skupinách na stanovištích (třídění, PNP a odsunu)
- ▶ rozhodne společně s velitelem zásahu o podmínkách pro zajištění bezpečnosti postižených osob a zasahujících členů zdravotnické složky
- ▶ pokud je pro zajištění činnosti členů zdravotnické složky nezbytné doplnit materiál a jeho dopravu do místa mimořádné události prostřednictvím ZOS ZZS
- ▶ posuzuje rozsah další nutné pomoci z jiných krajů, eventuálně další dosažitelné pomoci

## Činnosti a úkoly vedoucího zdravotnické složky při RMU

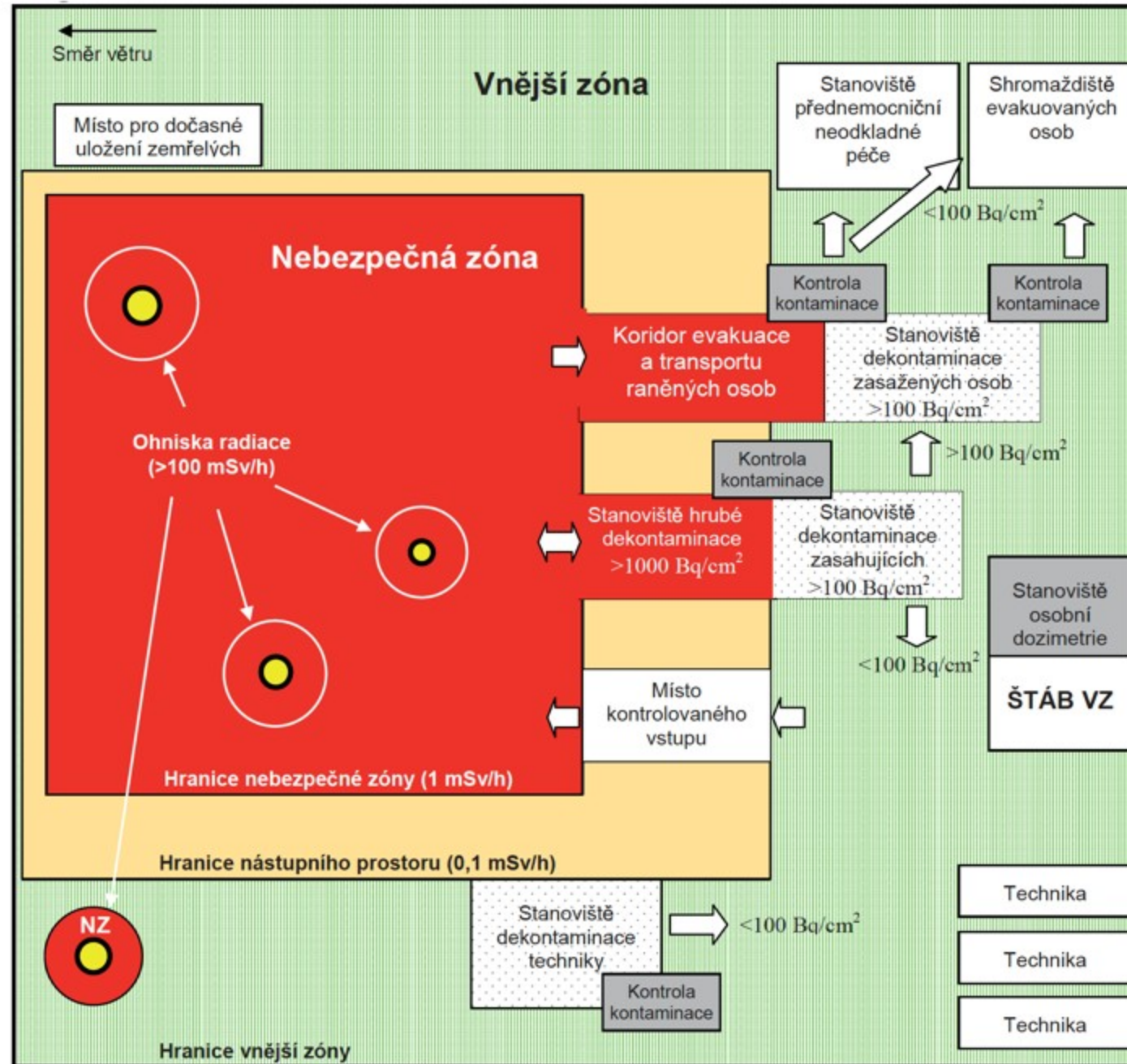
- ▶ zajistí přítomnost zdravotnického pracovníka na dekontaminačním stanovišti pro případ určení způsobu dekontaminace postižených osob (individuálně podle charakteru poranění osoby)
- ▶ společně s velitelem zásahu stanovuje stupeň ochrany a použití OOPP
- ▶ zajistí doprovod zdravotnickým pracovníkem pro osoby přepravované smluvními dopravními prostředky pro hromadný odsun postižených osob nevyžadujících v době přepravy poskytování PNP

## ZZS - OOPP

- ▶ Obličejová maska s ochranným filtrem nebo kombinace ochranných brýlí a filtrační polomasky s úrovní ochrany FFP3
- ▶ holinky nebo dobře omyvatelná pracovní obuv
- ▶ dvoje ochranné rukavice (chirurgické)
- ▶ ochranný oděv s kapucí



# Organizace místa zásahu



<b>M</b>	<b>MAJOR INCIDENT</b>	Has a major incident or standby been declared? (Yes / No - if no, then complete ETHANE message)
<b>E</b>	<b>EXACT LOCATION</b>	What is the exact location or geographical area of the incident?
<b>T</b>	<b>TYPE OF INCIDENT</b>	What kind of incident is it?
<b>H</b>	<b>HAZARDS</b>	What hazards or potential hazards can be identified?
<b>A</b>	<b>ACCESS</b>	What are the best routes for access and egress?
<b>N</b>	<b>NUMBER OF CASUALTIES</b>	How many casualties are there, and what condition are they in?
<b>E</b>	<b>EMERGENCY SERVICES</b>	Which and how many, emergency responder assets/personnel are required or are already on-scene?

## Střediska specializované zdravotní péče pro ozářené osoby při radiačních nehodách

Poskytovatelé zdravotních služeb	Rozsah poskytované zdravotní péče	Počet lůžek
<b>Fakultní nemocnice Královské Vinohrady</b> SSZP při Klinice popáleninové medicíny Šrobárova 50, Praha 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• příjem a léčení ozářených osob s lokálními kožními projevy vyvolanými ionizujícím zářením</li> <li>• chirurgické ošetření lokálního depozitu radionuklidu a kontaminovaných poranění</li> <li>• ošetření pozdních lokálních následků akutního ozáření</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>15</b></p> Pozn. Doba, po kterou je zaručena schopnost léčit: péče o 15 pacientů po dobu 4 týdnů
<b>Všeobecná fakultní nemocnice v Praze</b> SSZP při Dermatovenerologické klinice; Budova A13 U Nemocnice 2, Praha 2 - Nové Město	<ul style="list-style-type: none"> <li>• příjem a léčení ozářených osob při podezření na vnitřní kontaminaci radionuklidy</li> <li>• příjem a léčení ozářených osob při indikaci diagnostické hospitalizace (např. při celotělovém ozáření ionizujícím zářením dávkou pod 1 Gy)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>20</b></p> Pozn. Doba, po kterou je zaručena schopnost léčit: péče o 20 pacientů po dobu 1 - 2 týdnů
<b>Fakultní nemocnice H. Králové</b> SSZP při IV. Interní hematologické klinice Sokolská 581, Hradec Králové	<ul style="list-style-type: none"> <li>• příjem a léčení ozářených osob při podezření na celotělové ozáření ionizujícím zářením dávkou převyšující 1 Gy, bez ohledu na kontaminaci radionuklidy</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>6</b></p> Pozn. Doba, po kterou je zaručena schopnost léčit: péče o 6 pacientů po dobu 4 týdnů
<b>Thomayerova nemocnice</b> SSZP při Oddělení lékařské genetiky Vídeňská 800, Praha 4 - Krč	<ul style="list-style-type: none"> <li>• provedení a vyhodnocení cytogenetických vyšetření lymfocytů periferní krve ozářených osob a určení ekvivalentu celotělové dávky ionizujícího záření</li> </ul>	Pozn. Kapacita: analýza krve 2 osob ozářených/ 1 týden

# Účinky ionizujícího záření na člověka

## ▶ **Stochastické účinky (pravděpodobnostní):**

- ▶ vznikají důsledek změny jedné nebo několika málo buněk (mutace, maligní transformace)
- ▶ nádory, genetické mutace
- ▶ neexistuje prahová dávka, žádná dávka není pokládána za bezpečnou
- ▶ s dávkou vzrůstá pravděpodobnost vzniku

## ▶ **Deterministické účinky (nepravděpodobnostní):**

- ▶ vznikají důsledkem zániku velkého množství buněk
- ▶ ke svému projevu potřebují prahovou dávku, se vzrůstající dávkou roste pravděpodobnost i závažnost poškození
- ▶ ANO, radiační dermatitida...

# Akutní nemoc z ozáření (ANO)

- ▶ komplex patologických změn v organismu vyvolaných účinkem vysokých dávek ionizujícího záření (vzniká v důsledku ozáření o dávce vyšší než **0,7 Gy**)
- ▶ v závislosti na dávce = klinický obraz
  - ▶ dřevňový, střevní (gastrointestinální), neurovaskulární syndrom (toxemický a cerebrální)
- ▶ typický klinický průběh, ve 4 fázích:
  - ▶ prodromální (první reakce na ozáření)
  - ▶ latentní (skrytá – bez příznaků)
  - ▶ manifestní
  - ▶ rekonvalescence (pokud nedojde k smrti)

## Klinické formy a stupně závažnosti ANO

Dávka (Gy)	Klinická forma	Stupeň závažnosti	Prognóza	Mortalita (%)	Doba úmrtí (dny)
0,7 - 2	dřeňová	I (lehký)	zcela příznivá	0	x
2 - 4		II (střední)	relativně příznivá	5	40 - 60
4 - 6		III (těžký)	poměrně příznivá	50	30 - 40
6 - 10			nepříznivá	95	10 - 20
10 - 20	střevní (gastrointestinální)	IV (velmi těžký)	zcela nepříznivá	100	8 - 16
20 - 50	toxemická (cévní)				4 - 7
50 +	cerebrální				1 - 3

# Akutní nemoc z ozáření (ANO) – dřeňová forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **1 Gy**, tzv. **dřeňový syndrom** – útlum krve tvorby
- ▶ **Prodromální fáze**
  - ▶ nauzea, zvracení, malátnost, únava, bolesti hlavy, průjem, hypertermie u vysokých dávek (8-10 Gy)
  - ▶ tachykardie, nadměrné pocení, leukocytóza
  - ▶ vyšší dávka záření dělá symptomatologii intenzivnější, příznaky nastupují dříve a doba trvání je delší
- ▶ **Latentní fáze**
  - ▶ obtíže částečně nebo zcela ustupují
  - ▶ zvyšuje se neutropenie, trombocytopenie
  - ▶ čím vyšší dávka ozáření, tím kratší latentní fáze
  - ▶ při lehkém stupni trvání do 30 dne, při velmi těžkém může pokračovat rovnou do fáze manifestace

# Akutní nemoc z ozáření (ANO) – dřevňová forma

## ▶ **Manifestní fáze:**

- ▶ rozvoj hemoragického syndromu (krevní výrony na sliznici ústní, kůži, krvácení z nosu, v těžkých případech vnitřní krvácení), infekce
  - ▶ tonzilitida, pneumonie
  - ▶ ulcerózní a nekrotické změny na kůži a sliznicích
  - ▶ celková intoxikace = radiační endotoxikóza, radiační alopecie
  - ▶ pokud dojde ke smrti = důvodem bývá infekce nebo vnitřní krvácení
- ▶ Terapie (antiemetika často vynechána z důvodu sledování vývoje)
- ▶ při nižších dávkách – růstové faktory krve tvorby,
  - ▶ při vyšších transplantace kostní dřevně, vzhledem k výrazné leukocytóza – izolace a ATB



# Akutní nemoc z ozáření (ANO) – dřevňová forma

## ▶ **Fáze rekonvalescence:**

- ▶ částečná nebo úplná normalizace organismu
- ▶ průměrná délka rekonvalescence 3 – 6 měsíců
- ▶ během života mohou vzniknout pozdní důsledky:
  - ▶ onkologické onemocnění
  - ▶ šedý zákal
  - ▶ sklerotické změny
  - ▶ celkové zkrácení doby života

# Akutní nemoc z ozáření (ANO) – střevní (gastrointestinální) forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **vyšší než 10 Gy**
- ▶ klinické změny jsou podmíněny radiačním poškozením sliznice tenkého střeva – tzv. **gastrointestinální syndrom**
- ▶ **Prodromální fáze:**
  - ▶ větší závažnost projevů než u dřeňové formy
  - ▶ celková slabost, úporná nauzea, silné bolesti břicha, nezkrotný průjem, může být paréza žaludku či střeva, výrazný erytém, febrilní teplota, bolesti hlavy a kloubů
  - ▶ doba trvání 2-3 dny, následně může nastat krátkodobé zlepšení stavu (1-2 dny, obdoba latentní fáze), nicméně projevy nemizí úplně

# Akutní nemoc z ozáření (ANO) – střevní (gastrointestinální) forma

## ▶ **Manifestní fáze:**

- ▶ náhle zhoršení zdravotního stavu, vysoké teploty (39-40)
- ▶ snížená chuť k jídlu, atonie žaludku
- ▶ poruchy reabsorpce živin, snižování tělesné hmotnosti
- ▶ drastický pokles leukocytů
- ▶ střevní hemoragie, infekční komplikace
- ▶ smrt (do 18 dnů) důsledkem enteritidy, parézy a neprůchodnosti střev (ileus), poruchy homeostázy, kardiovaskulární selhání
- ▶ smrti předchází sopor a kóma

## Akutní nemoc z ozáření (ANO) – toxemická forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **20 – 50 Gy**
- ▶ **neurovaskulární syndrom**
- ▶ toxemie
  - ▶ vzniká rozpadem produktů tkání, radiotoxinů, endotoxinů střevní mikroflóry
  - ▶ vede ke vzniku poruch oběhu – hemodynamické poruchy, otok mozku
- ▶ poruchy funkce nervových center
- ▶ pouze symptomatická terapie
- ▶ smrt během 4 – 7 dne po ozáření v důsledku otoku mozku

## Akutní nemoc z ozáření (ANO) – cerebrální forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **vyšší než 50 Gy**
- ▶ rozvoj cerebrálního radiačního syndromu (přímé poškození nervových buněk)
- ▶ úporné zvracení, dezorientace, křečové stavy, poruchy vědomí, poruchy dýchání, kóma
- ▶ symptomatická terapie
- ▶ smrt do 48 hodin v důsledku paralýzy dýchacího centra

# Radiační dermatitida

- ▶ vzniká při lokálním ozáření dávkou **vyšší než 3 Gy**, rozsah a závažnost určuje obdržená dávka
- ▶ časná forma:
  - ▶ projevuje se erytémem několik dní po ozáření
  - ▶ po latentní fázi následuje suchá, vlhká dermatitida, jizvení a nekróza kůže v závislosti na dávce záření
  - ▶ poškození pokožky (
- ▶ pozdní forma:
  - ▶ několik měsíců po ozáření
  - ▶ poškození škráry a podkožního vaziva

## Chronická nemoc z ozáření (CHNO)

- ▶ vzniká při dlouhodobém působení ionizujícího záření na organismus (měsíce, roky) v dávkách 10x a více než jsou přípustné dávky pro profesionály
- ▶ příznaky a jejich intenzita dle dávky
- ▶ terapie dle obecných principů radiačního poškození, somatických a nádorových onemocnění
- ▶ důležité je zamezit dalšímu radiačnímu působení na člověka

## Literatura

- ▶ MATOUŠEK, Jiří, Jan ÖSTERREICHER a Petr LINHART. *CBRN: jaderné zbraně a radiologické materiály*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-029-6.
- ▶ HAVRÁNKOVÁ, Renata, ed. *Klinická radiobiologie*. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-247-4098-0.
- ▶ KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.
- ▶ ŠÍN, Robin. *Medicína katastrof*. Praha: Galén, [2017]. ISBN 978-80-7492-295-4.