# Práce se zdroji ionizujícího záření na katedře fyziky nízkých teplot MFF UK

*Školení radiačních pracovníků*
*katedry fyziky nízkých teplot MFF UK.*

Poslední úprava: červen 2021.

# Cíl

- Školení radiačních pracovníků katedry fyziky nízkých teplot (KFNT) z bezpečné práce se zdroji ionizujícího záření (ZIZ).
- Informace pro ostatní pracovníky a studenty KFNT o ionizujícím záření, potenciálním riziku spojeným s jeho využíváním a o radiačních činnostech prováděných na KFNT.
- Ověření znalostí radiačních pracovníků.

- Periodické školení radiačních pracovníků KFNT je prováděno hromadně jednou ročně, avšak v současné situaci je konáno distanční formou.
- Vedle toho jsou na KFNT prováděna individuální školení nových zaměstnanců a studentů všech forem studia před zahájením jejich samostatné práce se ZIZ.
- Prokazatelné absolvování školení, včetně úspěšného testu znalostí, je nutnou podmínkou samostatného vykonávání radiačních činností na KFNT.

# Obsah

- Ionizující záření: historie objevu; působení na neživou a živou hmotu. Přínos × rizika používání ionizujícího záření.
- Radiační ochrana. Legislativa regulující využívání ionizujícího záření. Veličiny, pojmy a pravidla radiační ochrany.[1)]
- Povolení k nakládání se ZIZ na KFNT a dokumentace s ním související.
- Neprofesní ozáření člověka.
- Popis pracovišť KFNT se zdroji ionizujícího záření.
- Radiační činnosti na KFNT: monitorování radiace; řešení nepředvídaných situací; prostředky a postupy omezování ozáření pracovníků a kontaminace pracoviště radionuklidy.
- Ověřovací test znalostí radiačních pracovníků KFNT.

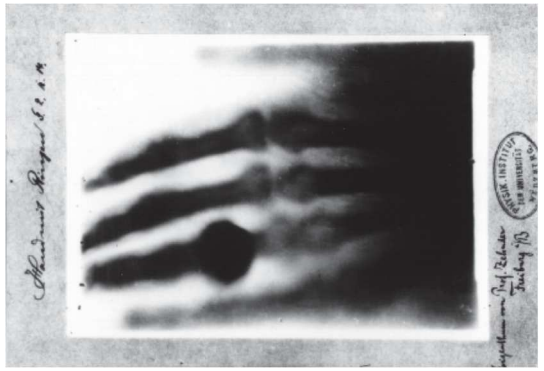
[1)] Probírána je pouze legislativa, veličiny, pojmy a pravidla vztahující se k používání ionizujícího záření na KFNT.

# Ionizující záření – historie objevu

## Objev záření *X* (1895)

**Wilhelm Conrad Röntgen** (1845 – 1923): německý fyzik, nositel Nobelovy ceny za fyziku (1901) za objev záření *X* (1895) [1)].

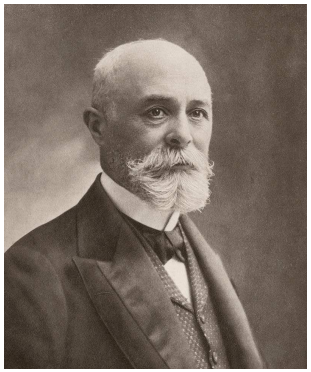
První lékařský rentgenový snímek (ruka manželky Anny-Berthy R.):



[1)] W.C. R. – pravděpodobně jediný nositel Nobelovy ceny za fyziku, který neměl maturitu.

# Ionizující záření – historie objevu

## **Objev přirozené radioaktivity** (1896)



**Antoine Henri Becquerel** (1852 – 1908): francouzský fyzik, který první prokázal existenci spontánní radioaktivity (1896). Nositel Nobelovy ceny za fyziku (1903, společně s Marií Curie-Skłodowskou a Pierrem Curie).

**Maria Curie-Skłodowska** (1867 – 1934): francouzská fyzička polského původu, spolunositelka Nobelovy ceny za fyziku (1903), nositelka Nobelovy ceny za chemii (1911, izolace čistého Ra).

**Pierre Curie** (1859 – 1906): francouzský fyzik a chemik, spolunositel Nobelovy ceny za fyziku (1903).

# Ionizující záření – historie objevu

## Objevy záření *X* a přirozené radioaktivity

+ Nová oblast jevů vedoucí k hlubšímu poznávání struktury hmoty: např. podstatný příspěvek ke vzniku a bouřlivému rozvoji kvantové mechaniky na přelomu 20. a 30. let 20. století, … .
+ Jaderné přeměny a ionizující záření – uplatnění i v řadě praktických oborů: zobrazovací metody v lékařství a materiálovém výzkumu, jaderná energetika, … .
− Již během prvních desetiletí po těchto objevech se však také ukázalo, že ozáření ionizujícím zářením

  **může přinášet závažná zdravotní poškození:**

  − někteří lékaři-rentgenologové,
  − M. Curie-Skłodowska a I. Joliot-Curie (?),
  − H.K. Daghlian a L.A. Slotin, … .

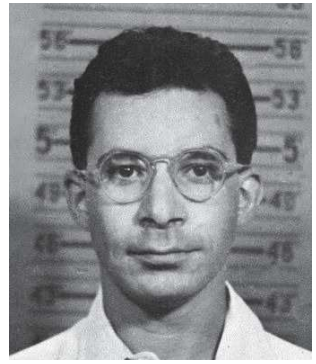
# Ionizující záření – historie objevu

## Případy nadměrného a škodlivého ozáření

? Maria Curie-Skłodowska: anemie – †66 let.
Irene Joliot-Curie (dcera M. C.-S.): leukemie – †58 let.

**Louis Alexander Slotin** (1910 – 1946): kanadský fyzik a chemik, mj. výzkum kritických množství štěpných materiálů (U, Pu).

- od r. 1942 projekt Manhattan,
- po r. 1945 LANL.



1946 – nežádané nastartování štěpné reakce v Pu při demonstračním experimentu,

L.A. S. při oddálení reflektoru neutronů rukou obdržel smrtelnou dávku ozáření neutrony a zářením $\gamma$,

zemřel po 9 dnech na akutní nemoc z ozáření,

byl oceňován za rychlou reakci, která zabránila smrti dalších přítomných osob, ale také kritizován za *nedodržování zásad bezpečné práce* během experimentu.

H.K. Daghlian (1945) – smrtelná nehoda se stejným exemplářem Pu.

# Ionizující záření – účinky na neživou a živou hmotu

**Ionizující záření** (IZ) – záření tvořené kvanty elektromagnetického pole nebo hmotnými částicemi, které jsou schopné ionizovat atomy nebo molekuly ozářené látky:

- elektromagnetické záření (krátkovlnná část UV oblasti elektromagnetického spektra, *X*, $\gamma$),
- subatomové částice ($\beta$, $\alpha$, elektrony, protony, neutrony, lehká atomová jádra, miony, …),
- energetické atomy nebo ionty.

*Přímá ionizace* – elektricky nabitá částice s dostatečnou energií.

*Nepřímá ionizace* – elektricky neutrální částice produkující sekundární nabité částice schopné ionizace.

Energetický práh ionizace činí několik desítek eV předané energie, např.:

- Fotony ≈ 10 eV neboli 124 nm – odpovídá ionizačním energiím atomů H nebo O (1. ionizační energie),
- ≈ 33 eV (biologický práh) – odpovídá ionizaci ‚typické' molekuly $H_2O$.

# Ionizující záření – účinky na neživou a živou hmotu

**Typy působení IZ na hmotu:**

- *fyzikálně-chemické* působení – závisí na *energii* deponované ve hmotě, jeho makroskopickou mírou je *absorbovaná dávka*;
- *biologický* účinek (v *živé* tkáni: chemické změny → úhyn buněk, mutace buněk, genetické změny) – závisí na deponované energii, ale i na *druhu* IZ, jeho makroskopickou mírou je *ekvivalentní dávka*.

# Ionizující záření – účinky na neživou a živou hmotu

## Projevy poškození živé tkáně ozářením

***Deterministické projevy*** – nastávají při ozáření 100 až 1000-krát převyšujícím roční přírodní ozáření:

- otrava organizmu toxickými produkty rozpadu zasažených buněk (radikály) – akutní nemoc z ozáření,
- nenádorová poškození tkáně,
- poškození embrya a plodu,
- poškození plodnosti.

Se stoupající dávkou se zvyšuje *závažnost* poškození.

# Ionizující záření – účinky na neživou a živou hmotu

## Projevy poškození živé tkáně ozářením

***Stochastické* projevy** – projevy náhodných mutací buněk:

- různé formy zhoubných nádorů indukovaných ozářením,
- projevují se (obvykle) po uplynutí delší doby od ozáření.

Se stoupající dávkou ozáření neroste závažnost poškození, ale roste *pravděpodobnost projevu* poškození.

Lidé jsou přirozeně vystaveni ‘malým’ dávkám IZ, neboť IZ je přirozenou součástí životního prostředí (přírodní radionuklidy v zemské kůře, kosmické záření).

*Prahovost* (bezprahovost?) stochastických účinků ozáření – otevřená otázka, která je stále předmětem výzkumů i diskuzí.

# Ionizující záření – účinky na neživou a živou hmotu

## 1. dílčí shrnutí

*Důležité pojmy*: Ionizující záření (složky IZ); přímá a nepřímá ionizace; energetický práh ionizace; fyzikálně-chemické a biologické působení IZ (absorbovaná a ekvivalentní dávka); deterministické a stochastické projevy poškození živé tkáně ozářením.

Používání IZ nepochybně přináší užitek v řadě oborů lidské činnosti.

Používání IZ může přinášet zdravotní rizika pro člověka a poškozovat životní prostředí. → **Proto je používání IZ regulováno zákonnými normami.**

# Radiační ochrana

**Radiační ochrana** (RO) – systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob ionizujícím zářením a k ochraně životního prostředí před účinky ionizujícího záření

- zastřešený Státním úřadem pro jadernou bezpečnost,
- zahrnuje legislativu (zákony a prováděcí předpisy) a
- na ni navazující další technická a organizační opatření k zajištění RO.

# Radiační ochrana

**Státní úřad pro jadernou bezpečnost** (SÚJB nebo Úřad) se sídlem v Praze:

- **legislativní činnost** (příprava zákonů, tvorba a vydávání prováděcích předpisů),
- **posuzování projektů a vydávání povolení** k činnostem zahrnujícím využívání IZ,
- **kontrolní činnosti,**
  - školení, konzultační činnost,
  - ověřování a vydávání osvědčení zvláštní odborné způsobilosti v oblasti využívání IZ,
  - informování veřejnosti o radiační situaci,
  - … .

Regionální centra (RC) SÚJB: Praha, České Budějovice, Brno, … .

http://www.sujb.cz/

# Radiační ochrana

## Základní legislativní normy vztahující se k RO:

- Zákon č. 263/2016 Sb., ***Atomový zákon*** (dále jen Zákon, Z263),
- Vyhláška SÚJB č. 422/2016 Sb. ***o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*** (dále jen Vyhláška, V422).
  - Vyhláška SÚJB č. 359/2016 Sb. ***o podrobnostech k zajištění zvládání mimořádné radiační události***.
  - Vyhláška SÚJB č. 409/2016 Sb. ***o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany …*** .
  - … .
  - Zákon č. 262/2006 Sb., ***Zákoník práce.***
  - Zákon č. 505/1990 Sb. ***o metrologii***.

Aktuální znění zákonů a vyhlášek:
http://www.mvcr.cz/ , http://www.sujb.cz/

# Veličiny radiační ochrany

**Aktivita** $A$ – absolutní míra množství RA látky, střední počet jaderných přeměn radionuklidu za jednotku času.

$$[A] = \mathrm{s}^{-1}$$

Jednotka SI aktivity je **becquerel** (Bq),

1 Bq ≡ 1 jaderná přeměna / 1 s .

Starší jednotkou aktivity je **curie** (Ci) – odpovídá aktivitě 1 g izotopu 226-Ra.

- 1 Ci ≈ $3.7 \times 10^{10}$ Bq.

Typické aktivity zářičů v některých aplikacích:

- Zářiče pro mössbauerovskou spektrometrii: 1.85 GBq = 50 mCi.
- Zářiče pro spektrometrii dob života pozitronů: ≈ 1 až 2 MBq ≈ 30 μCi.
- Zářiče pro 1D $\gamma$-spektrometrii s HPGe: ≈ 100 kBq ≈ několik μCi.

**Hmotnostní aktivita** $\alpha$ – aktivita jednotky hmotnosti látky.

$$[\alpha] = \mathrm{Bq \cdot kg}^{-1}$$

# Veličiny radiační ochrany

**Absorbovaná dávka** *D* – makroskopická *fyzikální* veličina, která udává energii deponovanou při průchodu záření v jednotkovém množství hmoty v určitém místě ozařované látky:

$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$ , $d\bar{\varepsilon}$ – střední energie předaná objemovému elementu o hmotnosti $dm$ .[1)]

$[D] = \mathrm{J \cdot kg^{-1}}$ Jednotka SI absorbované dávky je **gray** (Gy),

$1\ \mathrm{Gy} \equiv 1\ \mathrm{J} / 1\ \mathrm{kg}$ .

1) Obdobně je zaváděna střední absorbovaná dávka $D_{TR} = \bar{\varepsilon}_{TR} / m_T$ pro energii deponovanou zářením *R* v tkáni (orgánu) *T*.

**Louis Harold Gray** (1905 – 1965): anglický fyzik, který se zabýval především účinky záření na biologické systémy. Definoval jednotku absorbované dávky (1960), která byla později pojmenována po něm a přijata jako jednotka SI.

# Veličiny radiační ochrany

Absorbovaná dávka v sobě nezahrnuje *okamžité lokální* rozložení energie přenesené na látku, které může ovlivňovat výsledné účinky záření, *zejména v živé tkáni*, kde jimi mohou být:

- chemické změny,
- úhyn buněk,
- mutace buněk,
- genetické změny.

Mírou účinku okamžitého lokálního rozložení energie přenesené na látku je veličina *lineární přenos energie* $L_{\Delta}$.

# Veličiny radiační ochrany

**Lineární přenos energie** (linear energy transfer, LET) – míra *hustoty* předávání energie IZ prostředí (‚brzdící síla‘):

- Energie *dE* předaná ‚v daném místě‘ nabitou částicí podél její dráhy *dx* elektronům prostředí v nepružných srážkách (ionizace nebo excitace) provázených přenosem energie menším než $\Delta$ (tj. dráhy sekundárních elektronů s energiemi přesahujícími $\Delta$ , tzv. $\delta$-elektronů, jsou již chápány jako samostatné).
- LET závisí jak na povaze záření, tak na materiálu, kterým záření prochází.

  - Obvyklá konvence: $\Delta \approx 100$ eV.
  - $\Delta \to \infty$ : $L_\infty$ ekvivalentní lineární srážkové brzdné schopnosti $S_{col}$ (všechny srážky).

# Veličiny radiační ochrany

**Lineární přenos energie** (linear energy transfer, LET) – míra *hustoty* předávání energie IZ prostředí (‚brzdící síla‘):

$$L_\Delta = \left( \frac{dE}{dx} \right)_\Delta ,$$

$L_\Delta$ – lineární přenos energie,

$\Delta$ – omezující hodnota na přenos energie v jedné kolizi (vyloučení $\delta$-záření),

$dx$ – element dráhy, kterou ionizující částice v látce prošla,

$dE$ – ztráta energie částice v důsledku srážek s elektrony při jejím průchodu po dráze $dx$ v látce a přenosem energie v jedné kolizi menším než $\Delta$ .

Jednotkou LET v SI je $\mathrm{J/m}$, v praxi se užívá $\mathrm{keV/\mu m}$ nebo MeV/cm.

# Veličiny radiační ochrany

Hustě ionizující záření: $\alpha$, protony, těžké ionty, štěpné produkty, … (vysoké hodnoty LET).

Řídce ionizující záření: elektrony, $\gamma$, *X*, … (nízké hodnoty LET).

Záření nebo materiály s vysokými hodnotami LET :

- efektivnější stínění, menší hloubka průniku IZ,
- lokálně vyšší koncentrace deponované energie → silnější lokální poškození materiálu v okolí dráhy částice

  → vysvětlení, proč projevy radiačního poškození bývají neproporciální (makroskopické) střední deponované energii (absorbované dávce) v ozářené látce (mikroelektronika, buněčná tkáň).

| **Typ záření** | $L_{100\,eV}$ **ve vodě** [keV/μm] |
|---|---|
| $\gamma$, 60-Co | 0.225 |
| $e^-$, 2 MeV | 0.20 |
| $\beta^-$, 3-H | 4.7 |
| $\alpha$, 5.3 MeV | 43 |

V dozimetrii jsou efekty LET uvažovány zaváděním *radiačních váhových faktorů*.

# Veličiny radiační ochrany

**Dávkový ekvivalent** *H* – makroskopická *biofyzikální* veličina, která charakterizuje biologický účinek ionizujícího záření v *určitém bodě* tkáně. Závisí na absorbované dávce *D* a typu záření.

$H = Q \times D$ ,

$[H] = \mathrm{J/kg}$ .

*Q* – bezrozměrný jakostní činitel (faktor kvality záření), vyjadřující rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření.

Jednotkou SI dávkového ekvivalentu je **sievert** (Sv).

**Rolf Maximilian Sievert** (1896 – 1966): švédský fyzik, který se věnoval studiu nepříznivých biologických efektů radiace. Je po něm pojmenována jednotka ekvivalentní dávky v soustavě SI.

# Veličiny radiační ochrany

**Jakostní činitel *Q*** – souvisí s LET.

| **Typ záření** | ***Q*** (podle příl. 2 Vyhlášky) |
|---|---|
| fotony, elektrony | 1 |
| protony | 5 |
| neutrony | 2 až 20 v závislosti na energii |
| těžká jádra, štěpné produkty | 20 |

Dávkový ekvivalent tedy vyjadřuje absorbovanou dávku záření $\gamma$ ($Q$=1), která by vyvolala stejné poškození organismu, jako absorbovaná dávka záření daného typu a množství.

Ozáření *fotony* 1 Gy: ~ 1 Sv – lehčí nevolnost,
Ozáření *neutrony* 1 Gy: až 20 Sv – smrtelné.

L.A. S. obdržel ≈ 200 Sv ve zlomku vteřiny.

# Veličiny radiační ochrany

**Ekvivalentní dávka** $H_T$ – makroskopická *biofyzikální* veličina vyjadřující velikost absorbované dávky záření $\gamma$, která by vyvolala stejné poškození tkáně (orgánu) $T$, jako záření daného druhu $R$ a střední absorbované dávky $D_{TR}$.

$H_T = \sum_R w_R \times D_{TR}$ , $w_R$ – radiační váhový faktor záření druhu $R$.

$[H_T] = \mathrm{J \cdot kg^{-1}}$

Jednotkou SI ekvivalentní dávky je **sievert** (Sv),

$$1\ \mathrm{Sv} \equiv w_R \times 1\ \mathrm{Gy}\ .$$

# Veličiny radiační ochrany

**Efektivní dávka** $E$ – makroskopická *biofyzikální* veličina vyjadřující součet ekvivalentních dávek $H_T$ v jednotlivých tkáních či orgánech vážených tkáňovým váhovým faktorem $w_T$. [1)]

$$E = \sum_T w_T \times H_T \ , \qquad [E] = \mathrm{J/kg} \ .$$

$w_T$ – tkáňový váhový faktor tkáně $T$, vyjadřující rozdílnou radiosenzitivitu orgánů a tkání z hlediska pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků (zhoubných nádorů a genetických změn).

Jednotka – **sievert.**

Efektivní dávka $E$ vyjadřuje

- podíl jednotlivých orgánů a tkání na celkovém riziku stochastických poškození při celotělovém ozáření ($\sum_T w_T = 1$),
- jediným číslem radiační zátěž těla při nerovnoměrném ozáření.

[1)] Hodnoty radiačních i tkáňových faktorů, $w_R$ i $w_T$, jsou průběžně upřesňovány Mezinárodní komisí radiologické ochrany (ICRP) v souladu s posledními výsledky bádání v oblasti – aktuální doporučení ICRP jsou dostupná na webu SÚJB.

# Veličiny radiační ochrany

## Doporučované hodnoty $w_T$: [1)]

| *tkáň* | $w_T$ | $\sum w_T$ |
|---|---|---|
| kostní dřeň (červená), tlusté střevo, plíce, žaludek, mléčná žláza, zbytek tkání * | 0.12 | 0.72 |
| gonády | 0.08 | 0.08 |
| močový měchýř, jícen, játra, štítná žláza | 0.04 | 0.16 |
| povrch kostí, mozek, slinné žlázy, kůže | 0.01 | 0.04 |
| **Celkem** | | **1.00** |

* nadledvinky, horní cesty dýchací, žlučník, srdce, ledviny, lymfatické uzliny, svalstvo, sliznice dutiny ústní, slinivka, prostata, tenké střevo, slezina, brzlík, děloha/hrdlo.

Nejdůležitější veličiny v radiační ochraně: ekvivalentní dávka $H_T$ a efektivní dávka $E$ (pro ně jsou stanoveny dávkové limity).

Veličiny $H_T$ ani $E$ od vnějšího ozáření však není možné *přímo měřit*.

[1)] Vyhláška 422/2016 Sb., příl. 2.

# Veličiny radiační ochrany

**Operační veličiny** – měřitelné veličiny zaváděné pro monitorování osob a pracoviště. Jsou definované na základě hodnoty dávkového ekvivalentu (jednotka Sv) ve zvoleném bodě jednoduchého fantomu z tkáňově ekvivalentního materiálu (tzv. ICRU koule). [1)]

*Osobní dávkový ekvivalent Hp*(*d*) [1)] – dávkový ekvivalent v měkké tkáni v hloubce *d* pod povrchem těla. Slouží jako operační veličina k *monitorování osob*:

- hodnocení ozáření kůže, rukou a nohou – *d* = 0.07 mm,
- ozáření oční čočky – *d* = 3 mm,
- hodnocení efektivní dávky – *d* = 10 mm.

Operační veličiny k *monitorování prostředí:*

- *prostorový dávkový ekvivalent H**(10) [1)] – odhad obdržené efektivní dávky;
- *směrový dávkový ekvivalent H'*(*d*) [1)] – oceňování obdržené ekvivalentní dávky kůže (*d* = 0.07 mm) nebo čoční očky (*d* = 3 mm).

[1)] Kolektiv: *Radiobiologie.* http://fbmi.sirdik.org/7-kapitola/74/742.html .

# Veličiny radiační ochrany

*Příkon* ekvivalentní (efektivní) dávky nebo dávkového ekvivalentu:
ekvivalentní (efektivní) dávka nebo dávkový ekvivalent za jednotku času.

*Úvazek* efektivní (ekvivalentní) dávky:
časový integrál příkonu efektivní (ekvivalentní) dávky po dobu $\tau$ od příjmu radionuklidu v čase $t_0$ vdechnutím nebo požitím.

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t)\,dt \ ,$$

$$E(\tau) = \sum_T w_T \cdot H_T(\tau) \ ,$$

$\tau$ – 50 let pro příjem radionuklidů u dospělých, nebo období do 70 let věku pro příjem radionuklidů u dětí.

# Veličiny radiační ochrany

## 2. dílčí shrnutí:

*Důležité pojmy*: Aktivita (hmotnostní aktivita); absorbovaná dávka; LET; radiační váhové faktory; dávkový ekvivalent; jakostní činitel; ekvivalentní dávka; efektivní dávka; tkáňové váhové faktory; příkony dávek; úvazek ekvivalentní (efektivní) dávky; operační veličiny pro monitorování; osobní dávkový ekvivalent.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Ionizující záření** (IZ) – přenos energie v podobě částic nebo elektromagnetických vln vlnové délky ≤ 100 nm (s frekvencí ≥ $3\times10^{15}$ Hz), který je schopen vytvářet ionty (odpovídající energie 12.4 eV). [1)]

**Radioaktivní látka** (RA) – jakákoliv látka, která obsahuje radionuklid nebo je jím kontaminovaná v míře, která z hlediska možného ozáření vyžaduje regulaci podle Zákona.

**Zdroj ionizujícího záření** (ZIZ):

- RA látka a předmět nebo zařízení ji obsahující nebo uvolňující,
- generátor ionizujícího záření.

[1)] Zákon 263/2016 Sb.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Radionuklidový zdroj** (RZ) – ZIZ obsahující RA látku, pro nějž podíly

$$\frac{\text{aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň aktivity}} > 1 \quad \underline{\text{a současně}} \quad \frac{\text{hmotnostní aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň hmotnostní aktivity}} > 1$$

Zprošťovací úrovně jsou pro většinu radionuklidů tabelované ve Vyhlášce (příl. 7), a slouží dále ke *kategorizaci* RZ podle stupně rizika.

**Zprošťovací úrovně aktivity a zprošťovací úrovně hmotnostní aktivity pro malé množství látky (<1 t) pro vybrané radionuklidy:**

| Radionuklid | Aktivita [Bq] | hm. akt. [kBq/kg] | Radionuklid | Aktivita [Bq] | hm. akt. [kBq/kg] |
|---|---|---|---|---|---|
| 22-Na | $10^6$ | 10 | 64-Cu | $10^6$ | $10^2$ |
| 44-Ti | $10^5$ | 10 | 68-Ge | $10^5$ | 10 |
| 55-Fe | $10^6$ | $10^4$ | 137-Cs | $10^4$ | 10 |
| 57-Co | $10^6$ | $10^2$ | 181-Hf | $10^6$ | 10 |
| 60-Co | $10^5$ | $10^2$ | 207-Bi | $10^6$ | 10 |

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Expoziční situace** (ES) – všechny v úvahu připadající okolnosti vedoucí k vystavení fyzických osob nebo životního prostředí ionizujícímu záření: [1)]

- plánovaná ES,
- nehodová ES.

**Radiační činnosti**: [1)]

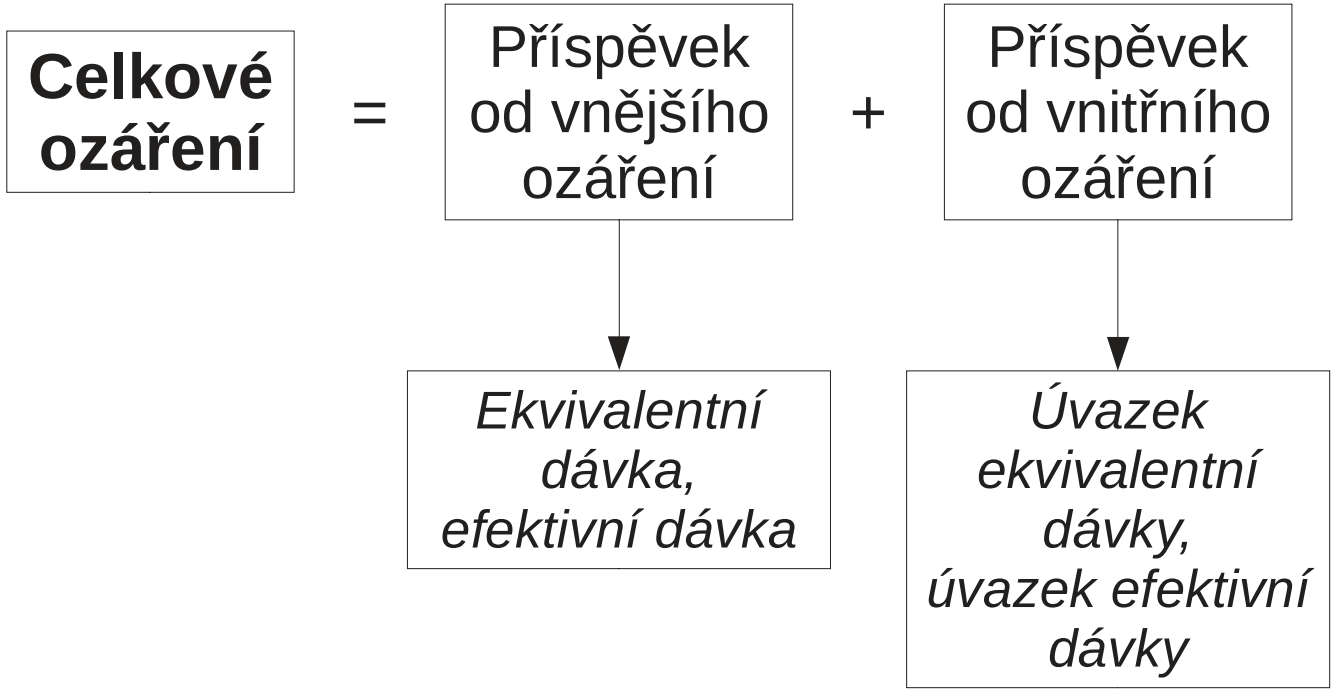
- činnost s *umělým* ZIZ v rámci *plánované* ES (včetně poskytování služeb ... ),
- činnost, při které je *přírodní radionuklid* v rámci *plánovaných* ES využíván pro své radioaktivní, štěpné nebo množivé charakteristiky, včetně činností souvisejících se získáváním radioaktivního nerostu.

[1)] Zákon 263/2016 Sb.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Ozáření** – vystavení *fyzické osoby* IZ (s výjimkou ozáření z přírodního pozadí): [1)]

- profesní, lékařské, havarijní, … ,
- vnější a vnitřní.




[1)] Zákon 263/2016 Sb.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Radiační pracovník** – fyzická osoba vystavená *profesnímu* ozáření, a to *vědomě* a *dobrovolně*. [1)]

**Zasahující osoba** – fyzická osoba připravená zasahovat v rámci nehodové ES. [1)]

**Optimalizace radiační ochrany** – iterativní proces k dosažení a udržení úrovně radiační ochrany takové, aby ozáření fyzické osoby bylo tak nízké, jakého lze rozumně dosáhnout při uvážení všech hospodářských a společenských hledisek. [1)]

KFNT – radiační činnosti jsou pokládány za optimalizované, nedochází-li u radiačních pracovníků k soustavnému překračování ročních efektivních dávek 1 mSv.

[1)] Zákon 263/2016 Sb.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Monitorování** – cílené měření veličin charakterizujících ozáření (pole záření, výskyt radionuklidů v životním prostředí vč. např. potravin, na pracovišti nebo v jeho okolí, osobní dávky) a hodnocení těchto veličin z hlediska radiační ochrany. [1)]

**Osobní dozimetrie:** [1)]

- odečet a výklad hodnot zaznamenaných zařízením určeným k osobnímu monitorování (včetně kalibrace monitoru),
- měření radioaktivity v lidském těle nebo biologických vzorcích,
- posuzování osobních dávek jako míry vnějšího i vnitřního ozáření jednotlivých osob.

**Činnosti zvláště důležité z hlediska RO** [1)] – např. soustavný dohled, přímý dohled, zajišťují plnění požadavků na RO stanovených Zákonem. K výkonu těchto činností je vyžadována *zvláštní odborná způsobilost* osvědčovaná Úřadem.

[1)] Zákon 263/2016 Sb.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Radiační mimořádná událost** (RMU) – událost, která vede (může vést) k překročení limitů ozáření a která vyžaduje opatření bránící překročení limitů nebo zhoršení situace z pohledu zajištění radiační ochrany. [1)]

- *RMU 1. stupně – zvládnutelná* silami a prostředky obsluhy v aktuální směně.
- *Radiační nehoda*
  - *nezvládnutelná* silami a prostředky obsluhy v aktuální směně,
  - ztráta, nález, zneužití RZ,
  - *nevyžaduje* zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo.
- *Radiační havárie*
  - *nezvládnutelná* silami a prostředky obsluhy v aktuální směně,
  - ztráta, nález, zneužití RZ,
  - *vyžaduje* zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo.

[1)] Zákon 263/2016 Sb., §4.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

*Zvládání RMU* – systém postupů a opatření k zajištění

- analýzy v úvahu připadajících RMU a hodnocení jejich dopadů,
- připravenosti k odezvě na RMU,
- odezvy na RMU.
- nápravy stavu po RMU.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Kategorizace** [1)] – odstupňovaný přístup k radiační ochraně.

- Kategorie ZIZ.
- Kategorie zabezpečení RZ.
- Kategorie radiačních pracovníků.
- Kategorie pracoviště, v němž se vykonává radiační činnost.

Kritéria pro zařazení do kategorií jsou stanovena Vyhláškou (422/2016 Sb.).

[1)] Zákon 263/2016 Sb.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Kategorizace RZ podle zapouzdření: [1)]

- *Uzavřené* (URZ) – RZ, jejichž úprava zapouzdřením nebo ochranným překryvem zajišťuje těsnost a vylučuje za předvídatelných podmínek použití a opotřebování únik radionuklidu. Těsnost musí být periodicky ověřována.
- *Otevřené* (ORZ) – RZ, které nejsou URZ.

[1)] Zákon, §60.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

*Předepsané zkoušky URZ a zařízení s URZ*

- *Přejímací zkouška* (PZ):
  - ověření údajů v dodacím listu,
  - zkouška těsnosti, osvědčení URZ (provádí autorizovaná osoba, zajišťuje prodejce),
  - protokol PZ (kopie protokolu a ověřovacího listu) se zasílá držitelem URZ do 1 měsíce SÚJB.
- *Zkouška dlouhodobé stability* (ZDS):
  - ZDS se provádí v rozsahu a periodicitě stanovené při PZ nebo typovém schvalování (provádí autorizovaná osoba, zajišťuje držitel URZ),
  - po údržbě nebo při jakémkoliv podezření na nesprávnou funkci URZ či zařízení s URZ.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

*Předepsané zkoušky URZ a zařízení s URZ* (pokrač.)

- *Zkouška provozní stálosti* (ZPS) zařízení s URZ):
  - zajišťuje ji nebo provádí držitel URZ i zařízení, a to v rozsahu stanoveném při typovém schvalování na základě návrhu výrobce/dovozce a upřesněném při PZ a ZDS (držitel také vede protokol o ZPS),
  - ZPS se provádí zpravidla nepřímo otěry částí zařízení v kontaktu se zářičem,
  - součástí ZPS je i sledování klíčových parametrů a ukazatelů zařízení s URZ,
  - četnost ZPS je nejméně 12 měsíců, a to i v chemicky neaktivním prostředí, a také po každé údržbě/čištění.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

*Přejímací zkouška ORZ*:

- PZ spočívá v ověření údajů průvodního listu ORZ, který vydává autorizovaný dodavatel (prodejce, distributor nebo výrobce),
- součástí PZ je i vizuální kontrola zářiče při převzetí od autorizovaného dodavatele,
- URZ s prošlou platností osvědčení nebo zkoušek lze používat jako ORZ pouze, pokud bylo na takový ORZ vydáno povolení a pokud k němu byl vydán autorizovanou osobou průvodní list ORZ.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Kategorizace ZIZ** – nevýznamný ZIZ [1)]:

- Generátor záření emitující IZ s energií ≤ 5 keV, který není významným ZIZ.
- Katodová trubice, určená k zobrazování nebo jiné elektrické zařízení pracující při rozdílu potenciálů ≤ 30 kV, u něhož je příkon *prostorového* dávkového ekvivalentu na kterémkoliv přístupném místě ve vzdálenosti 0.1 m od povrchu < 1 μSv/h.
- RA látka, pro kterou

$$\sum_i \left( \frac{\text{aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň aktivity}} \right)_i \ \underline{\text{nebo}} \ \sum_i \left( \frac{\text{hmotnostní aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň hmotnostní aktivity}} \right)_i \leq 1 \quad *).$$

[1)] Vyhláška, §12.

*) Sumace se provádí přes všechny radionuklidy obsažené v látce.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Kategorizace ZIZ** – drobný ZIZ [1)]:

- Generátor záření, který není nevýznamným nebo významným ZIZ, konstruovaný tak, že je příkon *prostorového* dávkového ekvivalentu na kterémkoliv přístupném místě ve vzdálenosti 0.1 m od povrchu < 1 μSv/h a na místech, určených za běžných pracovních podmínek k manipulaci a obsluze zařízení výhradně rukama, je příkon *směrového* dávkového ekvivalentu ≤ 250 μSv/h.
- URZ, který není nevýznamný ZIZ a pro který

$$\sum_i \left( \frac{\text{aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň aktivity}} \right)_i \underline{\text{nebo}} \sum_i \left( \frac{\text{hmotnostní aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň hmotnostní aktivity}} \right)_i < 100$$

  v případě dlouhodobých RZ emitujících záření *α*, včetně RZ emitujících neutrony, a < 1000 v ostatních případech *).

[1)] Vyhláška, §13.

*) Sumace se provádí přes všechny radionuklidy obsažené v látce.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Kategorizace ZIZ** – drobný ZIZ [1)]:

- Zařízení s URZ, který není nevýznamným ZIZ, konstruované tak, že je příkon *prostorového* dávkového ekvivalentu na kterémkoliv přístupném místě ve vzdálenosti 0.1 m od povrchu < 1 μSv/h a na místech určených za běžných pracovních podmínek k manipulaci a obsluze zařízení výhradně rukama je příkon *směrového* dávkového ekvivalentu ≤ 250 μSv/h.
- ORZ, který není nevýznamný ZIZ, a pro který

$$\sum_i \left( \frac{\text{aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň aktivity}} \right)_i \ \underline{\text{nebo}} \ \sum_i \left( \frac{\text{hmotnostní aktivita}}{\text{zprošťovací úroveň hmotnostní aktivity}} \right)_i < 10 \quad *).$$

[1)] Vyhláška, §13.

*) Sumace přes všechny radionuklidy obsažené v látce.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Kategorizace ZIZ** – jednoduchý ZIZ [1]:

- ZIZ, který není nevýznamným, drobným, významným nebo velmi významným ZIZ.

**Ostatní kategorie ZIZ** [2]:

- *Významný ZIZ* (generátor IZ určený k lékařskému ozáření, kromě kostního denzitometru a zubního rentgenu, jiného než zubní výpočetní tomograf; urychlovač částic; ZIZ k radioterapii protony, neutrony a jinými těžkými částicemi; zařízení s URZ k radioterapii, ozařování předmětů včetně potravin, surovin, předmětů běžného používání aj.; mobilní defektoskop s URZ; vysokoaktivní zdroj [3]).
- *Velmi významný ZIZ* je jaderný reaktor.

[1] Vyhláška, §14.
[2] Vyhláška, §§15,16.
[3] Vyhláška, §11 a příloha 8.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Kategorizace zabezpečení RZ: [1)]

- Kategorie zabezpečení *souboru* RZ – podle *D*-hodnot pro jednotlivé radionuklidy [2)].
- Rozlišují se kategorie 1 – 5 *sestupně* podle klesající míry rizika.
- Kriteriem pro zařazení souboru do kategorie zabezpečení je *agregovaný poměr A/D* ($D_n$ – *D*-hodnota pro radionuklid *n* [2)], $A_{i,n}$ – aktivita *i*-tého zdroje radionuklidu *n*):

$$\frac{A}{D} = \sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$$

### *D*-hodnoty pro vybrané radionuklidy

| Nuklid | *D*-hodnota [TBq] | Nuklid | *D*-hodnota [TBq] | Nuklid | *D*-hodnota [TBq] |
|---|---|---|---|---|---|
| 22-Na | $3\times10^{-2}$ | 57-Co | $7\times10^{-1}$ | 68-Ge | $7\times10^{-2}$ |
| 44-Ti | $3\times10^{-2}$ | 60-Co | $3\times10^{-2}$ | 137-Cs | $1\times10^{-1}$ |
| 54-Mn | $8\times10^{-2}$ | 64-Cu | $3\times10^{-1}$ | 207-Bi | $5\times10^{-2}$ |

[1)] Zákon, §61. Vyhláška, §§17,18. [2)] *D*-hodnoty tabelovány ve Vyhlášce, příl. 1.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Kategorizace zabezpečení RZ:

Kategorie zabezpečení 3: $1 \leq A/D < 10$.

Kategorie zabezpečení 2: $0.01 \leq A/D < 1$.

Kategorie zabezpečení 1: zprošťovací úroveň $\leq A/D < 0.01$ .

*A* – aktuální aktivita URZ a nejvýše zpracovávaná aktivita ORZ u kategorií 2, 3, aktuální aktivita u kategorie 1.

Soubor RZ držených na KFNT (URZ+ORZ) spadá do kategorie zabezpečení 3 a úroveň jejich zabezpečení splňuje požadavky stanovené Zákonem a Vyhláškou [1)]: protipožární čidla v místnostech a čidla pohybu na chodbách; kamerový systém na plášti budovy L; uzamykání místností při nepřítomnosti pracovníka; stálá ostraha budovy.

[1)] Zákon, §61. Vyhláška, §§17,18.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Kategorizace radiačních pracovníků [1)]

- Kategorie radiačních pracovníků se zavádějí pro účely monitorování a pracovně lékařských služeb.
- Podle možné míry zdravotního rizika – kategorie A nebo B (kriteria pro zařazení radiačních pracovníků do příslušné kategorie jsou stanovena Vyhláškou, §20 [2)]):
  - Radiační pracovníci kategorie A – ti, kteří mohou obdržet roční efektivní dávku > 6 mSv, roční ekvivalentní dávku > 15 mSv na oční čočku nebo > 0.3 limitu ozáření na kůži a končetiny.
  - Radiační pracovníci kategorie B – ti, kteří nejsou radiačními pracovníky kategorie A.
- Povinnost lékařských prohlídek pro obě kategorie radiačních pracovníků. [3)]

1) Zákon, §61.
2) Kategorizace radiačních pracovníků je povinností držitele povolení.
3) Neplnění povinnosti projít lékařskou prohlídkou má na KFNT mj. za následek vyřazení pracovníka z radiačních činností.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

*Radiační pracovníci kategorie A* [1)] :

- lze předpokládat překročení dávek ozáření pro zařazení do kat. A stanovených Vyhláškou;
- povinné lékařské prohlídky u poskytovatele *specifických zdravotních služeb*: vstupní, periodické (alespoň 1×ročně), mimořádné (byl-li překročen některý z limitů pro radiační pracovníky), výstupní prohlídky;
- osobní monitorování filmovými nebo prstovými dozimetry (právo na informování o obdržených dávkách nejméně 1×ročně),
- pravidelné *prokazatelné* poučování a ověřování způsobilosti k bezpečné práci (alespoň 1×ročně).

1) Zákon o ochraně veřejného zdraví: radiační činnosti, které smějí vykonávat pouze radiační pracovníci kategorie A, jsou rizikovými pracemi kategorie *druhé*.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

*Radiační pracovníci kategorie B* [1)] :

- obvykle *na KFNT* pracují pod dohledem pracovníka kat. A nebo konají pouze méně rizikové radiační činnosti a nepředpokládá se překročení limitů pro zařazení do kat. A;
- povinné lékařské prohlídky u všeobecného lékaře s periodicitou
  - pro pracovníky *do 50 let věku* 6 roků nebo, je-li souběh dvou a více rizikových faktorů (např. vystavení IZ a práce se studenty), 4 roky;
  - pro pracovníky *nad 50 let věku* 2 roky;
- nebyl-li pracovníkovi přidělen osobní dozimetr, provádějí se u něj konzervativní odhady obdržených dávek na základě monitorování pracoviště a odpracované doby;
- poučování a ověřování způsobilosti, stejné jako u kat. A.

1) Zákon o ochraně veřejného zdraví: ostatní práce, zahrnující vystavení pracovníka IZ na pracovišti kromě těch, které smějí vykonávat pouze radiační pracovníci kategorie A, jsou rizikovými pracemi kategorie *první*.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Kategorizace pracovišť [1)]

- Pracoviště, kde se vykonávají radiační činnosti jsou zařazovány do I. až IV. kategorie, *vzestupně* se stoupající mírou rizika radiačních činností. O zařazení pracoviště do kategorie rozhoduje SÚJB, přičemž zohledňuje:
  - typický způsob provozu pracoviště,
  - míru možného ozáření pracovníků a obyvatelstva a
  - potenciální riziko plynoucí z předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu pracoviště.
- Kritéria pro zařazení pracoviště do příslušné kategorie (Vyhláška, §19 a příl. 9) zahrnují:
  - charakter radiačních činností (např. práce s potenciálně prašnými nebo těkavými RA látkami),
  - vybavení pracoviště (ventilační, izolační, stínící vybavení a provedení kanalizace),
  - maximální aktivity RZ zpracovávané na jednom pracovním místě.

[1)] Zákon, §61.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Sledované a kontrolované pásmo na pracovišti se ZIZ [1)]

*Sledované pásmo* (SP) – prostor kde lze očekávat překročení roční efektivní dávky 1 mSv nebo 0,1 limitu ozáření radiačního pracovníka pro oční čočku, kůži a končetiny, a který podléhá *dohledu* pro účely radiační ochrany:

- provádí se monitorování pracoviště a sleduje se pohyb osob;
- radiační činnosti mohou konat pouze radiační pracovníci (A i B).

[1)] Zákon, §§61,73. Vyhláška §§46-48 a příl. 18.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Sledované a kontrolované pásmo na pracovišti se ZIZ [1)]

*Kontrolované pásmo* (KP) – prostor s *kontrolovaným vstupem*, kde lze očekávat překročení roční efektivní dávky 6 mSv nebo 0,3 limitu ozáření radiačního pracovníka pro oční čočku, kůži a končetiny, a v němž jsou zaváděna zvláštní pravidla k zajištění radiační ochrany a předcházení šíření kontaminace:

- právo vstupu do KP mají pouze fyzické osoby poučené a vybavené ochrannými pomůckami,
- radiační činnosti v KP mohou za normálních okolností provádět pouze pracovníci kategorie A, kterým to jmenovitě povolil vedoucí pracoviště
- provádí se osobní monitorování (filmová nebo prstová dozimetrie) i monitorování pracoviště,
- provádí se dozimetrická kontrola osob a předmětů při opouštění pracoviště,
- zákaz vstupu těhotných žen za účelem práce v KP,

[1)] Zákon, §§61,73. Vyhláška §§46,47,49 a příl. 18.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Radioaktivní odpad** [1)] – věc, která je RA látkou, předmět nebo zařízení ji obsahující nebo jí kontaminované:

- nepředpokládá se jeho další využití,
- nesplňuje podmínky Zákona pro uvolňování z pracoviště (limity stanovené Vyhláškou, §104 a příl. 7 – *uvolňovací úrovně*).

*Nakládání s radioaktivním odpadem* – shromažďování, třídění, skladování, zpracování, …, ukládání.

*Skladování* × *ukládání* radioaktivního odpadu:

- Ukládání je *trvalé* do úložiště radioaktivního odpadu a může být prováděno *pouze oprávněnou* osobou.
- Skladování je *dočasné* před předáním odpadu oprávněné osobě k uložení do úložiště.

Povolení SÚJB *není potřeba* ke shromažďování, třídění a skladování odpadu přímo u jeho původce, pokud je oprávněn s ním nakládat jako s ORZ.

[1)] Zákon, §61.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Pracovní místo –** měřicí poloha zářiče ve spektrometru, pracovní stůl, box, digestoř, … .

SÚJB schvaluje pro jednotlivé radionuklidy jmenovitě maximální aktivity, které mohou být používané na jednom pracovním místě.

**Limity a podmínky** – soubor požadavků, při jejichž nepřekročení (splnění) je výkon radiačních činností považován za bezpečný (například limity ozáření).

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Limity ozáření osob** [1)] – kvantitativní ukazatelé pro omezení ozáření fyzických osob z činností v rámci *plánovaných ES* :

- obecné limity pro obyvatele,
- limity pro radiační pracovníky,
- limity pro žáky a studenty,
- odvozené limity (kvantitativní ukazatele pro radiační pracovníky vyjádřené v *měřitelných* veličinách).

Limitům ozáření nepodléhá lékařské ozáření.

Hodnoty limitů ozáření a způsob nakládání s nimi jsou stanoveny Vyhláškou, §§3 až 6.

[1)] Zákon, §63.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Obecné limity pro obyvatele: [1)]

- pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření **1 mSv** za kalendářní rok,
- pro ekvivalentní dávku v čoční očce **15 mSv** za kalendářní rok,
- pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 $cm^2$ kůže **50 mSv** za kalendářní rok bez ohledu na velikost ozářené plochy.

[1)] Vyhláška, §3.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Limity pro radiační pracovníky: [1)]

- pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření **20 mSv** za kalendářní rok, nebo hodnota schválená SÚJB (nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok).
- pro ekvivalentní dávku v čoční očce **100 mSv** za 5 po sobě jdoucích let a současně **50 mSv** za jeden kalendářní rok,
- pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 $cm^2$ kůže **500 mSv** za kalendářní rok bez ohledu na velikost ozářené plochy,
- pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky **500 mSv** za kalendářní rok.

[1)] Vyhláška, §4.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Limity pro radiační pracovníky: [1)]

Posuzování, zda nedošlo k překročení limitů:

- musí být soustavné,
- zohledňovat všechny cesty ozáření při všech pracovních činnostech a
- u interních pracovníků zohledňovat všechny radiační činnosti pro více ohlašovatelů, registrantů, držitelů povolení.

[1)] Vyhláška, §4.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

**Limity pro žáky a studenty,** kteří jsou *povinni* v průběhu studia pracovat se ZIZ, jsou [1)]

- pro žáky a studenty *mladší 16 let* – shodné s obecnými limity pro obyvatele,
- pro žáky a studenty *ve věku 16 až 18 let* ≈0.3 limitů pro radiační pracovníky, tj.
  - součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření **6 mSv** za kalendářní rok,
  - pro ekvivalentní dávku v čoční očce **15 mSv** za jeden kalendářní rok,
  - pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 $cm^2$ kůže **150 mSv** za kalendářní rok bez ohledu na velikost ozářené plochy,
  - pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky **150 mSv** za kalendářní rok.
- pro žáky a studenty *nad 18 let věku* – shodné s limity pro radiační pracovníky.

[1)] Vyhláška, §5.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Odvozené limity pro zevní ozáření: [1)]

- osobní dávkový ekvivalent $H_p$(0.07 mm) **500 mSv** za kalendářní rok,
- osobní dávkový ekvivalent $H_p$(3 mm) **20 mSv** za kalendářní rok,
- osobní dávkový ekvivalent $H_p$(10 mm) **20 mSv** za kalendářní rok.

$H_p(d)$ – osobní dávkový ekvivalent v hloubce $d$ v jednotkách Sv.

[1)] Vyhláška, §6.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Odvozené limity pro vnitřní ozáření: [1)]

- limit pro příjem jednotlivého radionuklidu *vdechnutím* – aktivita $A_{inh}$ [Bq] = 0.02 Sv / $h_{inh}$ pro radiační pracovníky za kalend. rok,
- limit pro příjem jednotlivého radionuklidu *požitím* – aktivita $A_{ing}$ [Bq] = 0.02 Sv / $h_{ing}$ pro radiační pracovníky za kalend. rok.

$h_{inh}$ , $h_{ing}$ – konverzní faktory pro příjem daného radionuklidu vdechnutím nebo požitím v jednotkách Sv/Bq (tabelovány ve Vyhlášce, příl. 3).

[1)] Vyhláška, §6.

**Konverzní faktory pro příjem vdechnutím a požitím pro radiační pracovníky a vybrané radionuklidy:**

| Nuklid | $h_{inh}$ , Sv·Bq$^{-1}$ | $A_{inh}$ , MBq | $h_{ing}$ , Sv·Bq$^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 22-Na | 1.3e-09 | 15 | 3.2e-09 |
| 57-Co | 9.4e-10 | 21 | 2.1e-10 |
| 60-Co | 2.9e-08 | 0.69 | 3.4e-09 |

| Nuklid | $h_{inh}$ , Sv·Bq$^{-1}$ | $A_{inh}$ , MBq | $h_{ing}$ , Sv·Bq$^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 68-Ge | 1.3e-08 | 1.5 | 1.3e-09 |
| 137-Cs | 4.8e-09 | 4.2 | 1.3e-08 |
| 207-Bi | 5.2e-09 | 3.8 | 1.3e-09 |

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## Odvozené limity při současném zevním a vnitřním ozáření směsí radionuklidů:

$$H_p(0.07) \leq 0.5 \text{ Sv} \quad \text{a současně}$$

$$H_p(10) + \sum_i h_{i,ing} A_{i,ing} + \sum_i h_{i,inh} A_{i,inh} \leq 0.02 \text{ Sv} \ .$$

$A_{i,inh}$ , $A_{i,ing}$ – aktivity ročního příjmu *i*-tého radionuklidu vdechnutím nebo požitím (v jednotkách Bq),

$h_{i,inh}$ , $h_{i,ing}$ – konverzní faktory pro příjem *i*-tého radionuklidu vdechnutím nebo požitím v jednotkách Sv/Bq (tabelované ve Vyhlášce, příl. 3).

Limity pro radiační pracovníky se pokládají za nepřekročené, nejsou-li překročené žádné odvozené limity.

# Pojmy a pravidla radiační ochrany

## 3. dílčí shrnutí

*Nejdůležitější pojmy*: Ionizující záření; RA látka; zdroj IZ; radionuklidový zdroj; zprošťovací úrovně; radiační činnosti; ozáření; radiační pracovník; radiační ochrana a optimalizace RO; monitorování; osobní dozimetrie; radiační mimořádná událost a její zvládání; radioaktivní odpad; pracovní místo.

Kategorizace; kategorizace RZ (URZ, ORZ); kategorizace ZIZ (nevýznamný, drobný, jednoduchý, …); kategorizace zabezpečení RZ; kategorizace radiačních pracovníků; kategorizace pracovišť; kontrolované pásmo; sledované pásmo.

Limity a podmínky; limity ozáření osob (obecné limity, limity pro radiační pracovníky, pro žáky a studenty); odvozené limity pro zevní a vnitřní ozáření; konverzní faktory pro příjem radionuklidu.

# Legislativa regulující využívání IZ

## Základní zákonné normy:

- Zákon č. 263/2016 Sb., ***Atomový zákon*** (dále jen Zákon),
- Vyhláška SÚJB č. 422/2016 Sb. ***o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*** (dále jen Vyhláška),
  - další relevantní normy – viz. snímek #15.

## Tři stupně regulace využívání IZ [1)]:

- Registrace činnosti Úřadem (Zákon, §10),
- Ohlášení činnosti Úřadu (Zákon, §11),
- Povolení Úřadu k vykonávání činnosti (Zákon, §9).

[1)] Neodkladný zásah směřující ke zmírnění nebo odvrácení RMU nebo odstranění jejích následků lze provést bez Povolení, ohlášení nebo registrace.

# Legislativa upravující využívání IZ

**Ohlášení** činnosti Úřadu (některé méně rizikové činnosti, pro které není potřeba Povolení úřadu):

- např. používání *typově schváleného* [1)] drobného ZIZ, s výjimkou používání ZIZ k nelékařskému ozáření.

[1)] O typové schválení ZIZ žádá Úřad distributor zdroje.

# Legislativa regulující využívání IZ

**Povolení SÚJB** je nutné mj. k *nakládání se ZIZ* (Zákon, §9), kam spadají radiační činnosti konané na KFNT, zejména:

- používání radionuklidových zářičů (odst. (2), písm. f), bod 7.),
- nakládání s radioaktivním odpadem (odst. (3), písm. a) ).

*Žádost o Povolení k nakládání se ZIZ* (dále jen Povolení) – je podávána spolu s požadovanou dokumentací místnímu RC SÚJB statutárním zástupcem pracoviště žadatele (kolek 1 kKč !).

Dokumentace potřebná k žádosti o vydání povolení *):

- dokumentace požadovaná Zákonem a v rozsahu upřesňovaném prováděcími předpisy (Vyhláška, ...),
- vnitřní předpisy pracoviště žadatele.

*) Předkládá se SÚJB k *posouzení* ve správním řízení. SÚJB vydá Rozhodnutí ve lhůtě 90 dnů od podání žádosti, která se prodlouží o eventuální dobu přerušení správního řízení (řešení připomínek).

# Legislativa regulující využívání IZ

*Výčet dokumentace* pro povolovanou činnost požadované Zákonem, příl. 1, část 2, "Činnosti v rámci expozičních situací", písm. f): [1)]

- Odůvodnění činnosti.
- Specifikace zdroje ionizujícího záření, jeho typ a příslušenství.
- Popis vymezení sledovaného pásma (SP) ... včetně schematického plánu, doplněný o informaci o stínění, ochranných zařízeních a vybavení pracovních míst.
- Postupy optimalizace radiační ochrany (PORO).
- Přehled pracovníků, kteří budou konat činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany.
- Program monitorování (PM).
- Vymezení kontrolovaného pásma (KP) a předpokládaný počet fyzických osob pracujících v něm a způsob zábrany vstupu nepovolaných do tohoto pásma.

Pokračování na následujícím snímku.

# Legislativa regulující využívání IZ

*Výčet dokumentace* pro povolovanou činnost požadované Zákonem, příl. 1, část 2, "Činnosti v rámci expozičních situací", písm. f): [1)] (pokr.):

- Analýza a hodnocení radiační mimořádné události (AHRMU) pro nakládání se zdroji ionizujícího záření.
- Vnitřní havarijní plán na pracovišti II. a vyšší kategorie (VHP).
- Při očekávaném ... vzniku radioaktivního odpadu ... předpokládaný druh a množství vznikajícího radioaktivního odpadu a doklad o jeho zneškodňování.
- **Program zajištění radiační ochrany (PZRO).**
- Plán zabezpečení zdroje ionizujícího záření v případě radionuklidového zdroje 1. až 3. kategorie zabezpečení.
- Doklad o zajištění bezpečného nakládání s radioaktivním odpadem včetně financování tohoto nakládání.

[1)] Zde a v dalším jsou uvažovány pouze položky relevantní k radiačním činnostem na KFNT. Další podrobnosti k těmto činnostem a jednotlivým složkám dokumentace viz snímky 85 – 95.

# Legislativa regulující využívání IZ

**Držitel povolení** – KFNT MFF UK reprezentovaná statutárním zástupcem (děkan MFF UK).

*Obecné povinnosti držitele Povolení* z hlediska zajištění radiační ochrany a prevence a likvidace radiačních mimořádných událostí [2)]:

- zajistit materiální a organizační zabezpečení podmínek stanovených v Povolení,
- zajistit dodržování těchto podmínek,
- vést a udržovat dokumentaci související s činnostmi obsaženými v Povolení.

[2)] Zákon, §§24,25 a navazující části Vyhlášky.

# Legislativa regulující využívání IZ

**Držitel povolení** – KFNT MFF UK reprezentovaná statutárním zástupcem (děkan MFF UK) [1)].

*Nakládání se zdroji IZ* – popis všech radiačních činností na KFNT je obsažen v dokumentu PZRO. Jeho hlavními součástmi jsou:

- nákup radionuklidových zářičů (RZ),
- vývoj, provozování, údržba aparatur obsahujících RZ,
- skladování RZ, nakládání s radioaktivním odpadem,
- monitorování pracoviště a pracovníků,
- soustavný a přímý dohled, zdravotní dohled,
- řešení RMU,
- vzdělávání radiačních pracovníků a ověřování jejich znalostí,
- vedení dokumentace o radiačních činnostech na KFNT.

[1)] Obecné požadavky na statut. orgán právnické osoby – žadatele: věk > 21 let, bezúhonnost, odborná způsobilost (Zákon, §§13-15).

# Neprofesní ozáření člověka

## Zdroje neprofesního ozáření člověka

- ***Přírodní ozáření***
  - *Vnější* ozáření radionuklidy v zemské kůře ($^{40}$K, rozpadové řady $^{238,235}$U, $^{232}$Th, ... ) nebo kosmickým zářením a jeho produkty ($^{14}$C).
  - *Vnitřní* ozáření přírodními radionuklidy obsaženými v lidském těle [1] : radon a jeho produkty, $^{40}$K (≈ 4.3 kBq, 0.39 mSv/rok), $^{14}$C (≈ 3 kBq, 0.01 mSv/rok), $^{87}$Rb (≈ 0.6 kBq), $^{210}$Pb, $^{3}$H, $^{238}$U, $^{228}$Ra, $^{226}$Ra.
- ***Umělé ozáření*** (civilizační zdroje, lékařské ozáření):
  - Vnější i vnitřní ozáření.
  - Důsledek využívání IZ člověkem (generátory záření, urychlovače částic, radionuklidy, ...):
    zobrazovací metody, lékařství (diagnostika, terapie), jaderná energetika, těžba a zpracování rud, … .

1) https://web.archive.org/web/20110205025628/http://www.rerowland.com/BodyActivity.htm

# Neprofesní ozáření člověka

## Přírodní ozáření v ČR

*Radionuklidy v horninovém podloží ČR*

- 40-K – několik hm.%,U-, Th-řady – 10000×méně než 40-K,
- příkon prostorového dávkového ekvivalentu na zemském povrchu 0.006 – 0.245 μSv/h
  - nejvyšší hodnoty – žulové podloží (např. v Třebíčském masivu, bývalé uranové doly na Příbramsku nebo Jáchymovsku),
  - nejnižší hodnoty – vápencové podloží, mramor.

# Neprofesní ozáření člověka

## Přírodní ozáření v ČR

*Radionuklidy v horninovém podloží ČR*

Radiometrická mapa ČR

# Neprofesní ozáření člověka

## Přírodní ozáření v ČR

*Radionuklidy v horninovém podloží ČR*:

- 40-K – několik hm.%,U-, Th-řady – 10000×méně než 40-K,
- příkon prostorového dávkového ekvivalentu na zemském povrchu 0.006 – 0.245 μSv/h
  - nejvyšší hodnoty – žulové podloží (např. v Třebíčském masivu, bývalé uranové doly na Příbramsku nebo Jáchymovsku),
  - nejnižší hodnoty – vápencové podloží, mramor.

*Kosmické záření na území ČR* (příkon prostorového dávkového ekvivalentu):

- na zemském povrchu – 0.03 až 0.07 μSv/h,
- v dopravním letadle v cestovní výšce ≈ 10 km – přes 3 μSv/h.

# Neprofesní ozáření člověka

## Ozáření z civilizačních zdrojů:

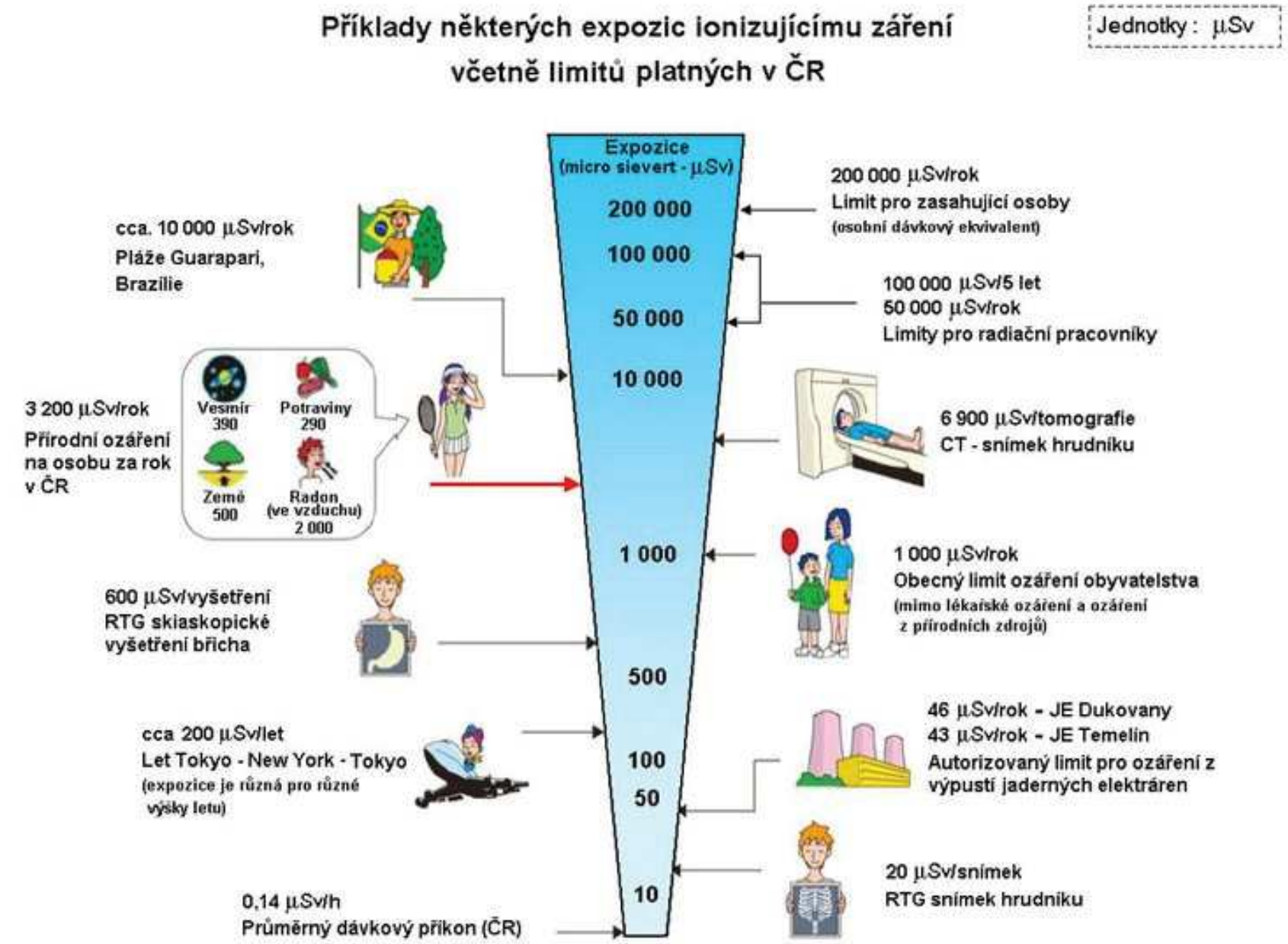
- Cestující v letadle ve výšce 10 km: 1 až 10 µSv/hod.
- Personál v letadlech: až 4 mSv/rok.
- Ostatní civilizační zdroje na obyvatelstvo: 1 mSv/rok.

## Lékařské ozáření: [1)]

- Rentgenové vyšetření
  - ruka <10 µSv,
  - hrudník 20 µSv,
  - mamografie 100 µSv,
  - zuby 1.5 mSv,
  - žaludek, střeva 3 mSv.
- CT
  - hlava 2.3 mSv,
  - hrudník 8 mSv.

[1)] https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni/

# Neprofesní ozáření člověka

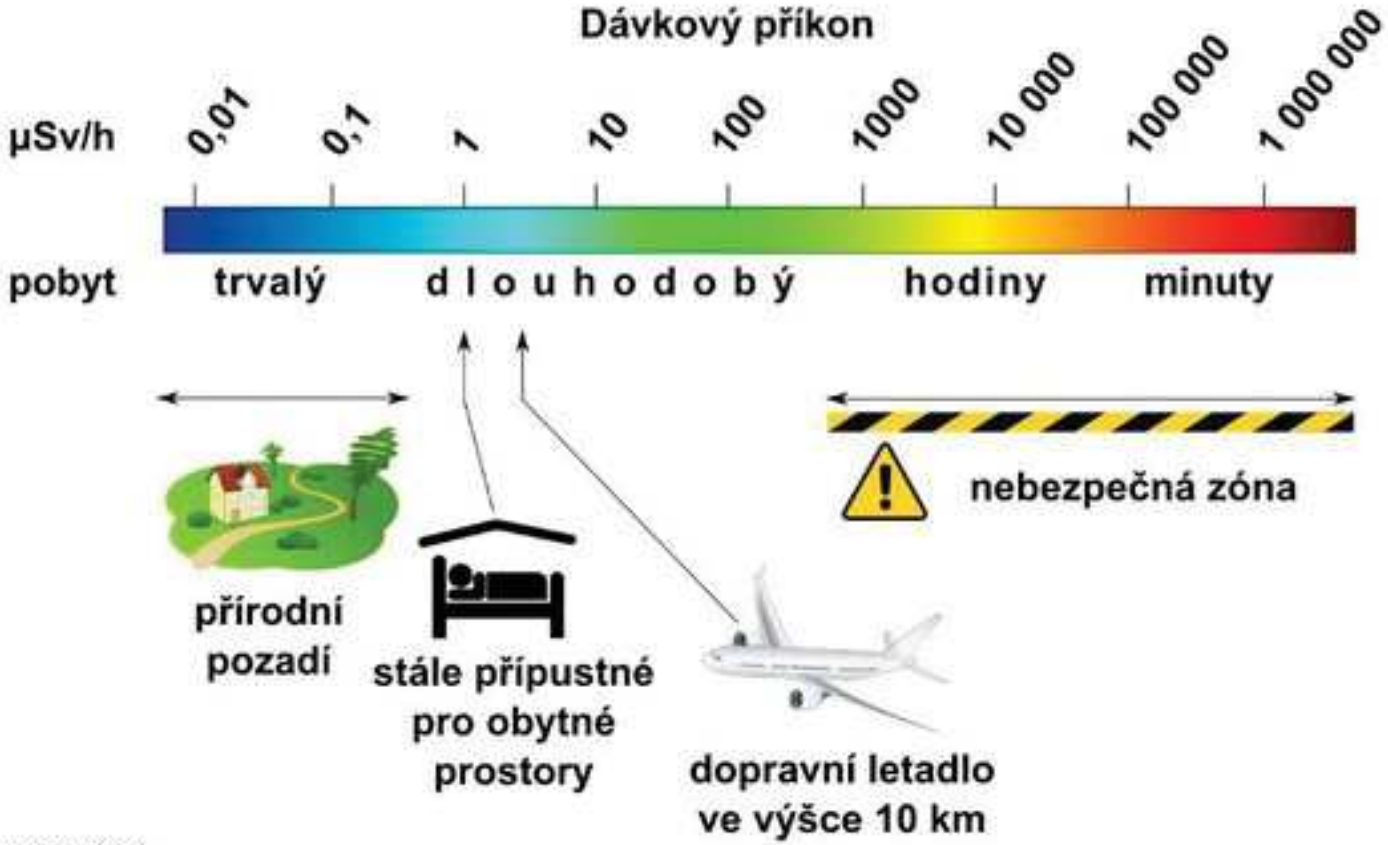



*zdroj: SÚJB*

# Neprofesní ozáření člověka

www.suro.cz/cz/faq/ :

Podle české legislativy je příkon prostorového dávkového ekvivalentu záření $\gamma$ 1 μSv/h přípustný pro obytné prostory.




*zdroj: SÚJB, upraveno*

# Neprofesní ozáření člověka

**Nejvyšší hodnoty příkonu prostorového dávkového ekvivalentu záření $\gamma$ ve světě:**

- pláž Guarapari, Brazílie – až 50 μSv/h (monazitové písky – Th),
- Kerala, Indie ≈ 2 μSv/h (monazitové písky – Th),
- Ramsar, Írán – až 10 μSv/h (horké prameny v horninách s vysokou koncentrací radia).

**Fatální dávky:**

- Smrtelná dávka: > 4000 mSv.
- Závažné akutní zdravotní poškození: > 400 mSv.

Přijatelné ozáření obyvatelstva: < 5 mSv/rok.

# Pracoviště s RZ na KFNT

**ZIZ na KFNT** (vesměs RZ emitující záření $\gamma$ nebo $\beta$, ne $\alpha$ ani neutrony): [1)]

- jednoduché URZ pro Mössbauerovu spetroskopii (57-Co, 119-Sn),
- zařízení s URZ – Mössbauerovy spektrometry,
- jednoduché nebo drobné ORZ pro konvenční pozitronovou anihilační spektroskopii a provozování svazku monoenergetických pozitronů (22-Na, 44-Ti),
- Některé další jednoduché nebo drobné ORZ
  - pro kalibrační a pomocná měření, nebo
  - indukované ve studovaných materiálech modifikovaných ozářením na externích urychlovačích iontů nebo neutronových zdrojích.

1) Jmenovitý výčet radionuklidů, pro které je vydáno povolení (včetně maximálních aktivit na jednom pracovním místě), je povinnou součástí dokumentace předkládané Úřadu k posouzení.

# Pracoviště s RZ na KFNT

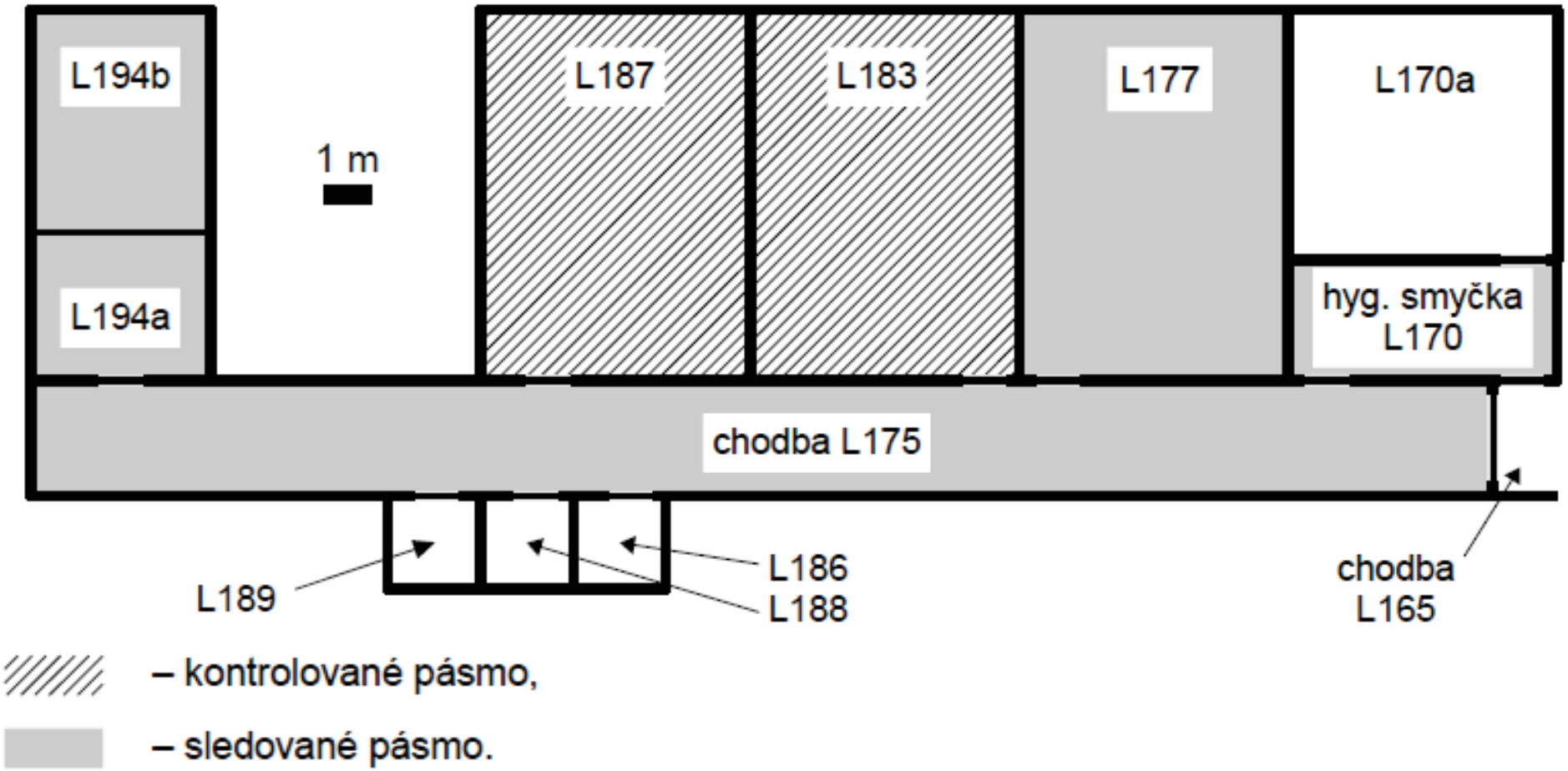
Všechna pracoviště s RZ na KFNT jsou *kategorie II*.

- Dvě *sledovaná* pásma:
  - přízemí budovy L – hyg. smyčka L170, chodba L175, L184 (laboratoře pozitronové anihilační spektroskopie), L194a,b (společný sklad nepoužívaných zářičů a radioaktivního odpadu);
  - 1. suterén budovy L – L006 (laboratoř Mössbauerovy spektroskopie).
- *Kontrolované* pásmo:
  - přízemí budovy L – L183, L187 (laboratoře pozitronové anihilační spektroskopie).

# Pracoviště s RZ na KFNT

**Oddělení spinové fyziky** – Laboratoř pozitronové anihilační spektroskopie (LPAS).

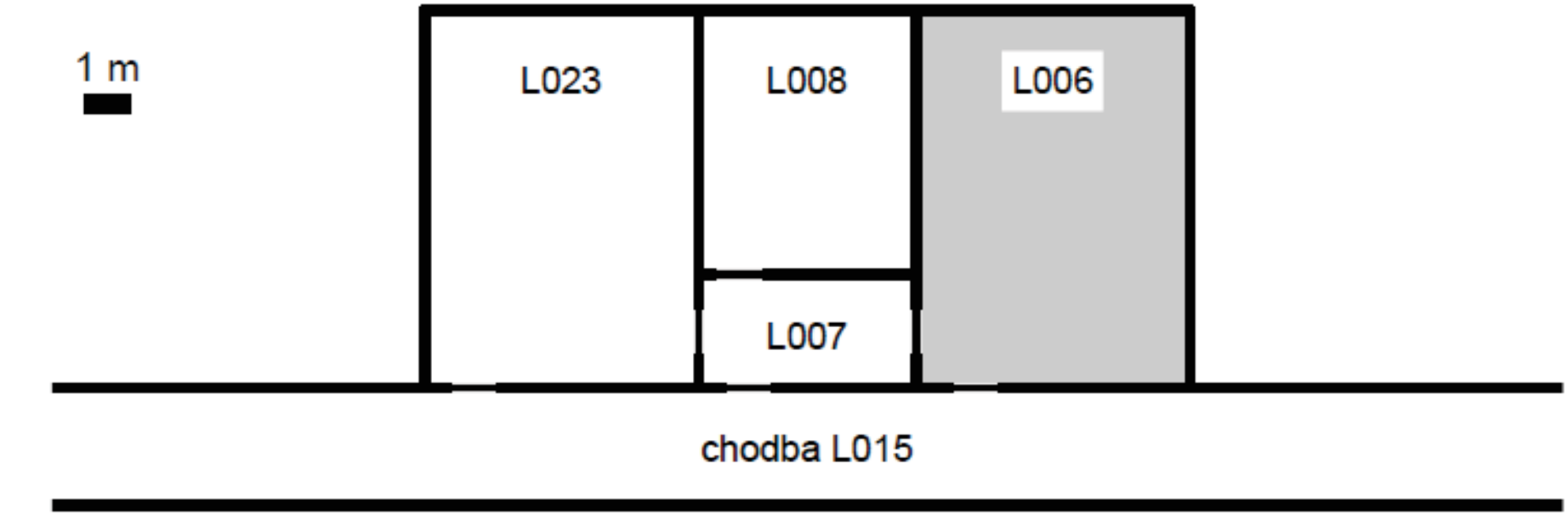
Sledované pásmo (A) a kontrolované pásmo (A) – přízemí budovy L:



# Pracoviště s RZ na KFNT

**Oddělení fyziky nízkých teplot** – Laboratoř Mössbauerovy spektroskopie (LMS).

Sledované pásmo (B) – 1. suterén budovy L:




– kontrolované pásmo,

– sledované pásmo.

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

**Výčet dokumentace** předložené SÚJB k posouzení s poslední žádostí o povolení k nakládání s ZIZ: [1)]

(1) Program zajištění radiační ochrany (KFNT/PZRO/2019/1).
(2) Návrh vymezení kontrolovaného pásma (KFNT/KP/2019/1).
(3) Popis vymezení sledovaného pásma (KFNT/SP/2019/1).
(4) Program monitorování (KFNT/PM/2019/1).
(5) Postupy optimalizace radiační ochrany (KFNT/PORO/2019/1).
(6) Analýza a hodnocení radiační mimořádné události (KFNT/AHRMU/2019/1).
(7) Vnitřní havarijní plán (KFNT/VHP/2019/1).
(8) Provozní pokyny (KFNT/PP/2019/1).
(9) Ostatní dokumentace k žádosti … (KFNT/Ost/2019/1).

[1)] Aktuální znění dokumentů (1) – (9) je k dispozici v elektronické podobě (pdf, ≈ 50 MB) u dohlížející osoby.

Povolení SÚJB k nakládání se ZIZ podle předložené dokumentace bylo vydáno Rozhodnutím ze dne 19.2.2020.

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

*Program zabezpečení radiační ochrany* (PZRO – KFNT/PZRO/2019) stěžejní součást dokumentace, která je implementací obecných požadavků Zákona nebo Vyhlášky v podmínkách radiačních činností na KFNT. PZRO má následující hlavní části:

- Podrobný popis pracoviště a povolovaných radiačních činností.
- Specifikace používaných ZIZ včetně jmenovitého výčtu RZ a maximálních aktivit zpracovávaných na jednom pracovním místě.
- Organizační schéma zajištění RO a vymezení zodpovědnosti osob.
- Vedení dokumentace na pracovišti.
- Způsoby řešení neshod.
- Informování, vzdělávání pracovníků v RO a ověřování znalostí.
- Rozsah sledování, měření a hodnocení veličin důležitých z hlediska RO.
- Revize a změny PZRO a Vnitřního havarijního plánu.

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

## Monitorování radiace na KFNT

- Provádí se podle Programu monitorování (PM) – dokument KFNT/PM/2019,
- sestává se z
  - monitorování osob a
  - monitorování pracoviště.

V PM jsou stanoveny

- monitorované veličiny,
- postupy monitorování a
- *monitorovací úrovně*, po jejichž dosažení nebo překročení je třeba provádět příslušné akce specifikované rovněž v PM, a to
  - záznamová – zaznamenávání a uchovávání údaje,
  - vyšetřovací – zjištění příčiny a revize pracovních postupů,
  - zásahová – neodkladná nápravná opatření (jde-li navíc o RMU, je další postup určován i Vnitřním havarijním plánem – dokument KFNT/VHP/2019).

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

*Monitorování osob*:

- všichni pracovníci kategorie A – osobní dozimetry,
  - filmové dozimetry (prostorový dávkový ekvivalent H*(10),
  - u vybraných pracovníků i prstové dozimetry (ekvivalentní dávka $H_T$ na kůži);
- vyhodnocení dozimetrů se provádí autorizovanou osobou (Nuvia, a.s.) s frekvencí vyhodnocení 1 měsíc;
- měsíční i roční přehledy obdržených dávek zpřístupňuje Nuvia pracovišti, kde jsou vedeny u dohlížející osoby (alespoň 10 let);
- pracovníci mají právo být informováni o svých obdržených dávkách (v souladu s GDPR);
- pracovníci kategorie B, kteří nemají osobní dozimetr – provádějí se konzervativní odhady obdržených dávek, např. na základě dat z monitorování pracoviště a doby trvání vykonávaných radiačních činností.

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

*Monitorování pracoviště*:

- Provádí se pravidelná měření příkonu efektivní dávky *E* a plošné kontaminace stanovenými měřidly [1)]
- v monitorovacích bodech stanovených v PM (periodicita 1 měsíc na pracovišti s ORZ, 3 měsíce na pracovišti s URZ – zodpovídají vedoucí oddělení/laboratoří).
- Stanovená měřidla musí být ověřována autorizovanou osobou (ČMI, perioda 2 roky), musí mít rovněž ZPS (perioda 1 rok).
- Dozimetrická kontrola povrchové kontaminace pracovního místa musí být provedena a zaznamenána do provozního deníku laboratoře *po každé manipulaci se zářiči.*
- Záznamy o monitorování jsou vedeny na pracovišti a uchovávány po dobu nejméně 10 roků.

1) Měřidly stanovenými Úřadem jsou Tema RM 552 GS pro monitorování příkonu efektivní dávky *E* (od ≈ 0,1 μSv/h) a CoMo170 pro monitorování plošné kontaminace (od ≈ 0,1 Bq/cm$^2$).

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

Monitorovací úrovně při *osobním monitorování* (efektivní dávka *E* za jeden měsíc, mSv) [1)] :

| kategorie | A | B |
|---|---|---|
| záznamová | 2,0 | 1,0 |
| vyšetřovací | 6,0 | 2,0 |
| zásahová | 10,0 | 6,0 |

Monitorovací úrovně při *monitorování pracoviště* (příkon efektivní dávky *E*, *μ*Sv/h, a plošná kontaminace *c*, Bq/cm$^2$):

| | *E* | *c* v KP | *c* v SP |
|---|---|---|---|
| záznamová | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| vyšetřovací | 3,0 | 1,2 | 0,2 |
| zásahová | 10,0 | 4,0 | 0,4 |

1) Pracovník je povinen neprodleně ohlásit držiteli Povolení, tj. KFNT, veškeré radiační činnosti konané pro jiné instituce. Týká se to např. činností v rámci OSVČ a spoluprací KFNT+ÚJV/ÚJF Řež, KFNT+CERN, apod.

Vždy k 31.3. běžného roku má dále pracovník povinnost sdělit KFNT i obdržené dávky za uplynulý kalendářní rok v rámci činností pro externí instituce, protože při posuzování, zda byla/nebyla překročena některá úroveň osobního monitorování, je nutno zahrnovat i takto obdržené dávky.

Překročení *zásahové* úrovně při takových činnostech, např. 6 mSv pracovníkem kategorie B v průběhu roku, je nutno ohlásit KFNT *neprodleně*.

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

## Zvládání radiační mimořádné události na KFNT

- Obecné kroky ke zvládání RMU zahrnují [1] :
  - Analýzu a hodnocení RMU připadajících v úvahu a jejich možných dopadů,
  - připravenost k odezvě na RMU,
  - odezvu na RMU,
  - nápravu stavu po RMU.
- Konkrétní postupy zvládání RMU pro jednotlivé radiační činnosti na KFNT jsou obsaženy v *Zásahových instrukcích* (ZI):
  - součást VHP jako příloha 2,
  - pro každý typ experimentů jsou ZI vyvěšeny ve všech místnostech KP a SP.

1) Relevantní dokumenty – položky (6), (7) výčtu na snímku #85:
   - Analýza a hodnocení radiační mimořádné události (AHRMU).
   - Vnitřní havarijní plán (VHP).

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

Výčet RMU připadající v úvahu na KFNT [1)]:

- požár na pracovišti,
- ztráta kontroly nad ZIZ, zneužití neoprávněnou osobou,
- zvýšený příkon dávkového ekvivalentu na pracovišti,
- zvýšená povrchová kontaminace na pracovišti,
- fyzická ztráta ZIZ,
- vodní škodní událost.

Vzhledem k charakteru radiačních činností provozovaných na KFNT a velikosti zpracovávaných aktivit jsou všechny RMU uvažované v dokumentu AHRMU klasifikovány jako události nejvýše 2. stupně.

1) Podle dokumentu “Analýza a hodnocení RMU” (AHRMU).

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

*Prioritní kroky po vzniku RMU*: [1)]

- Neprodleně informovat vedoucího oddělení/laboratoře, který s dohlížejícím pracovníkem stanoví a řídí další postup.
- Došlo-li ke kontaminaci osob, provést jejich dekontaminaci (dekontaminační prostředky se nacházejí v hyg. smyčce L170).
- Došlo-li ke kontaminaci předmětů nebo pracovního místa, provést jejich dekontaminaci. Není-li účinná, označit kontaminované místo a kontaminované předměty uložit do radioaktivního odpadu (sklad L194).
- Protokol o likvidaci RMU zaslat ve stanovené lhůtě SÚJB.

1) Podrobnosti – viz ZI v každé laboratoři.

*Účinné omezení dopadu RMU:*

- Předem připravit plán experimentů, včetně konkretizace postupu likvidace myslitelných RMU (zodpovídá vedoucí oddělení/laboratoře).
- Součást přípravy na experiment – nácvik zvládání RMU.

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

## Omezení ozáření a kontaminace radionuklidy na pracovišti:

- Ochrana před ozářením *vzdáleností*: nebrat RZ do ruky, používat distanční držáky (alespoň pinzety).
- Ochrana před ozářením *stíněním*: Pb cihly, plechy.
- Ochrana před zářením *časem*: předejít zbytečným prostojům.
- Používat osobní ochranné pomůcky (plášť, obuv, rukavice, štít, …).
- Víčka kontejnerů s RZ zajistit proti uvolnění (při transportu a pod.) např. přelepením izolepou.
- Bariéry proti šíření radionuklidů (práce v digestoři s odtahem, boxu, zatavení RZ do PE obalů).
- Po manipulaci s RZ prověřit kontaminaci rukou a oděvu a i v negativním případě si umýt ruce.
- Nejíst, nepít, nekouřit v kontrolovaném a ani sledovaném pásmu.
- Nepracovat o samotě.
- Používat vždy *osobní dozimetr* (ale neuchovávat dozimetry v místnostech, kde jsou zářiče ! ).

# Jednotlivé radiační činnosti na KFNT

*Význam stínění a vzdálenosti pro snížení ozáření*:

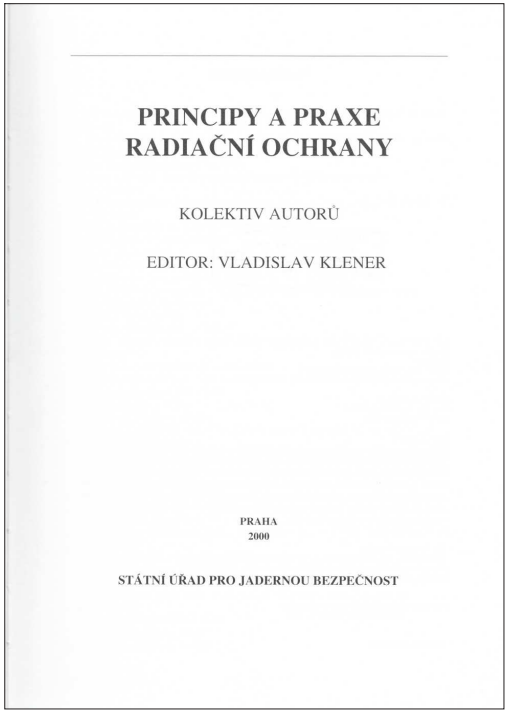
- $\gamma$ 22-Na, 1 MBq, vzdálenost: 100 cm, 50 cm, 15 cm
  příkon [1], µSv/h: 0,28 1,1 12
- $\gamma$ 22-Na, 37 MBq, vzdál. 100 cm,
  stínění Pb: 0 mm, 2 mm, 5 cm
  příkon [1], µSv/h: 10 8,3 0,44
- $\gamma$ 57-Co, 1850 MBq, vzdál. 5 cm,
  stínění Pb: 0 mm, 2 mm, 5 mm
  příkon [1], µSv/h: 9800 21 0,012

[1] Příkon směrového dávkového ekvivalentu podle http://www.radprocalculator.com/Gamma.aspx .

**Každé *zbytečné profesní ozáření* je škodlivé.**

# Doporučená literatura

- Kolektiv autorů. Editor Vladislav Klener: *Principy a praxe radiační ochrany.* Vydal Azin pro Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha (2000), 620 stran.


PRINCIPY A PRAXE
RADIAČNÍ OCHRANY

KOLEKTIV AUTORŮ

EDITOR: VLADISLAV KLENER

PRAHA
2000

STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST

- Kolektiv: J. Halaška, J. Kubeš, L. Navrátil, V. Navrátil, J. Sabol, (FBMI ČVUT), Z. Freitinger Skalická, R. Havránková, L. Sirový, F. Zölzer (ZSF JU): *Radiobiologie.* fbmi.sirdik.org/ .
- Vojtěch Ulman (FN Ostrava): *Radiobiologie, radiační ochrana.* astronuklfyzika.cz/strana2.htm .

***Konec***

**Test znalostí radiačního pracovníka na KFNT MFF UK – 1/4**

Fyzikálně-chemický účinek ionizujícího záření na hmotu se vyjadřuje veličinou (dopište jednotku):

× absorbovaná dávka (Gy),
□ aktivita zářiče
□ dávkový ekvivalent.

Biologický účinek ionizujícího záření na živou tkáň se vyjadřuje veličinou (dopište jednotku):

□ absorbovaná dávka,
□ aktivita zářiče
× dávkový ekvivalent (Sv).

Biologický účinek ionizujícího záření závisí

□ pouze na energii záření,
□ pouze na aktivitě zářiče a délce ozáření,
□ pouze na druhu záření a energii emitovaných částic/kvant,
× na druhu záření a jeho energii deponované v tkáni.

Při deterministickém účinku ionizujícího záření na člověka roste se stoupající dávkou ozáření

× závažnost poškození tkáně a organizmu,
□ pravděpodobnost výskytu poškození.

Při stochastickém účinku ionizujícího záření na člověka roste se stoupající dávkou ozáření

□ závažnost poškození tkáně a organizmu,
× pravděpodobnost výskytu poškození.

**Test znalostí radiačního pracovníka na KFNT MFF UK – 2/4**

Závažnost biologického účinku ozáření stoupá podle druhu částic následovně:

□ částice β, částice α, protony, fotony,
□ fotony a částice β, částice α, protony,
× fotony a částice β, protony, částice α.

Zprošťovací úrovně aktivity a hmotnostní aktivity slouží mj. ke

□ kategorizaci pracoviště s radionuklidovými zářiči,
× kategorizaci radionuklidových zářičů.

K nakládání s jednoduchými radionuklidovými zářiči

× je zapotřebí povolení SÚJB vydané jmenovitě pro daný radionuklid,
□ není zapotřebí povolení SÚJB vydané jmenovitě pro daný radionuklid, lze pracovat na ohlášení.

Nákup/dovoz radionuklidových zářičů může být realizován

□ pouze prostřednictvím distributora s platnou licencí v ČR a pro libovolný zářič tabelovaný ve vyhlášce 422/2016 Sb.,
× pouze prostřednictvím distributora s platnou licencí v ČR a pro zářič jmenovitě uvedený v povolení nebo v ohlášení,
□ libovolného distributora nabízejícího veřejně své služby.

Likvidace radioaktivního odpadu se provádí prostřednictvím

□ služeb svozu komunálního odpadu v místě držitele Povolení,
□ služeb svozu nebezpečného odpadu v místě držitele Povolení,
× autorizované osoby s licencí pro likvidaci radioaktivního odpadu do úložiště.

## Test znalostí radiačního pracovníka na KFNT MFF UK – 3/4

Obecné limity ozáření činí pro součet efektivních dávek zevního a úvazků efektivních dávek vnitřního ozáření

- □ 50 mSv/rok,
- □ 20 mSv/rok,
- □ 10 mSv/rok,
- × 1 mSv/rok,
- □ 0,1 mSv/rok.

Limity ozáření radiačních pracovníků činí pro součet efektivních dávek zevního a úvazků efektivních dávek vnitřního ozáření (pokud nepovolil SÚJB výjimku)

- □ 50 mSv/rok,
- × 20 mSv/rok,
- □ 10 mSv/rok,
- □ 1 mSv/rok,
- □ 0,1 mSv/rok.

Periodicita lékařských prohlídek radiačních pracovníků kategorie A činí

- × 1 rok,
- □ 2 roky,
- □ 2.5 roku.

## Test znalostí radiačního pracovníka na KFNT MFF UK – 4/4

Periodicita lékařských prohlídek radiačních pracovníků kategorie B, <50 let věku, konajících také výuku studentů činí

□ 2 roky,
× 4 roky,
□ 6 roků.

Zásahová monitorovací úroveň plošné kontaminace $\beta$, $\gamma$ v kontrolovaném pásmu činí

□ 0,4 Bq/cm$^2$,
× 4 Bq/cm$^2$.

Zásahová monitorovací úroveň plošné kontaminace $\beta$, $\gamma$ ve sledovaném pásmu činí

× 0,4 Bq/cm$^2$,
□ 4 Bq/cm$^2$.

Tři nejúčinnější způsoby snížení vnějšího ozáření při manipulaci se zdroji ionizujícího záření jsou

□ používání osobních dozimetrů,
× vzdálenost pracovníka od zářiče,
□ používání pracovního pláště a rukavic,
× používání distančních manipulátorů (pinzety),
□ nácvik manipulace se zářičem předem na neaktivním fantomu,
× stínění (Pb, W, …) pracovníka od zářiče.

Datum:
Jméno a podpis radiačního pracovníka:

Hodnocení testu (vyhověl / nevyhověl)
Podpis dohlížející osoby: