




Základné pojmy radiačnej ochrany

Dozimetria a radiačná ochrana



Základné pojmy radiačnej ochrany

Rádioaktívna látka je každá látka, ktorá obsahuje jeden alebo viac rádionuklidov, ktorých aktivita alebo hmotnostná aktivita, alebo objemová aktivita nie je z hľadiska radiačnej ochrany zanedbateľná.

Rádionuklid je druh atómov, ktoré majú rovnaký počet protónov, rovnaký počet neutrónov, rovnaký energetický stav a ktoré podliehajú samovoľnej premene v zložení alebo v stave atómových jadier.



Základné pojmy radiačnej ochrany

Radiačná ochrana je ochrana ľudí a životného prostredia pred ožiarením a pred jeho účinkami vrátane prostriedkov na jej dosiahnutie.

Radiačná ochrana je jedným z determinujúcich faktorov ovplyvňujúcich úroveň verejného zdravia, na ktoré sa zameriava systém verejného zdravotníctva.

Legislatívny rámec verejného zdravotníctva je tvorený Zákonom č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia.

Základné bezpečnostné požiadavky na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením sú ustanovené v Nariadení vlády SR č. 345/2006 Z.z.



izotopy, izobary, izotony a izoméry

- ★ Jadro je určené energetickým stavom a
 - počtom protónov – atómovým číslom Z
 - počtom neutrónov N
 - počtom nukleónov - hmotnostným číslom $A=Z+N$
- ★ Izotopy majú rovnaké atómové číslo Z
- ★ Izotony majú rovnaký počet neutrónov N
- ★ Izobary majú rovnaké hmotnostné číslo A
- ★ Izoméry majú rovnaké Z a N a teda aj A ale rôzny energetický stav. Izoméry označujeme písmenom m ale len tie, ktoré majú významný polčas premeny.
 - ^{137m}Ba sa považuje za izomér ^{137}Ba s $T_{1/2}=2,55\text{m}$
 - ^{60}Ni vznikajúci po beta premene ^{60}Co je v excitovanom stave s $E=1,3325\text{MeV}$ a s $T_{1/2}=1\text{ps}$.

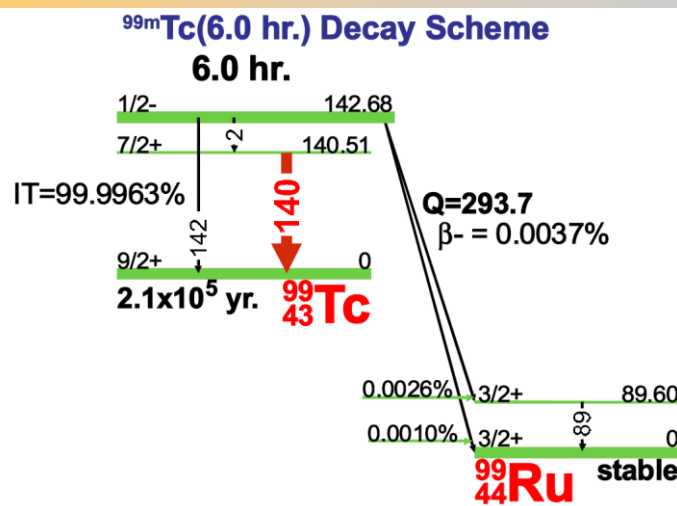


izotopy, izobary, izotony

30	Zn 58 -42290 (50) 86 ms 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 59 -47260 (40) 182.0 ms 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 60 -47260 (40) 2.58 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 61 -56342 (16) 80.1 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 62 -61167 (10) 36.47 m 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 63 -62209.3 (21) 38.47 m 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 64 -65999.5 (17) 38.47 m 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 65 -65907.8 (17) 38.47 m 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 66 -68096.3 (15) 38.47 m 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 67 -67877.2 (16) 38.47 m 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Zn 68 -70004.0 (16) 38.47 m 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s
29	Cu 57 -47305 (16) 196.1 ms 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 58 -51660.0 (25) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 59 -60351.5 (17) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 60 -58341.2 (25) 25.7 m 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 61 -61979.6 (18) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 62 -62795 (4) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 63 -65576.2 (14) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 64 -65420.8 (14) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 65 -67299.7 (17) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 66 -66254.3 (17) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w	Cu 67 -67300 (8) 3.294 s 3/2- p (7.73) (6.4) e (6.46) s γ (1113.79) (807.2443) 380 w 270 w
28	Ni 56 -53900 (11) 6.075 d 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 57 -56075.5 (29) 35.60 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 58 -60215.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 59 -61151.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 60 -64468.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 61 -64216.5 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 62 -66742.7 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 63 -65509.2 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 64 -67095.9 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 65 -65122.6 (15) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Ni 66 -66029 (16) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s
27	Co 55 -54157 (14) 175.3 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 56 -56250.8 (14) 77.233 d 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 57 -60215.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 58 -61151.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 59 -64468.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 60 -64216.5 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 61 -66742.7 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 62 -65509.2 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 63 -67095.9 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 64 -65122.6 (15) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Co 65 -66029 (16) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s
26	Fe 54 -56248.4 (13) 2.73 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 55 -57475.0 (13) 2.73 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 56 -60215.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 57 -61151.1 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 58 -62148.8 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 59 -60658.4 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 60 -61407 (4) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 61 -64216.5 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 62 -65509.2 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 63 -67095.9 (14) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Fe 64 -65122.6 (15) 7.644 a 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s
25	Mn 53 -54683.6 (14) 3.7466 a 7/2- p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 54 -55553.1 (17) 312.13 d 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 55 -57706.4 (13) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 56 -56905.6 (14) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 57 -57485 (3) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 58 -55900 (30) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 59 -55473 (29) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 60 -52910 (270) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 61 -51740 (260) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 62 -48470 (260) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Mn 63 -46750 (280) 2.5789 h 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s
24	Cr 52 -55412.8 (14) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 53 -55280.6 (14) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 54 -56928.3 (14) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 55 -55103.3 (14) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 56 -55289 (10) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 57 -52390 (90) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 58 -51930 (240) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 59 -47850 (250) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 60 -46030 (260) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 61 -42760 (230) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s	Cr 62 -41170 (370) 3.7899 s 0s p (8.14) (8.35) s e (7.86) γ (303.848) s



Izomérny rádionuklid ^{99m}Tc





Základné pojmy radiačnej ochrany

Rádioaktívny žiarič je rádioaktívna látka, ktorej aktivita a hmotnostná aktivita presahujú hodnoty aktivity a hmotnostnej aktivity uvedené v prílohe č. 2 v tabuľke č. 1. Nariadenia vlády 345/2006 Z.z. SR z 10. mája 2006 o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením

Rádioaktívna látka je **rádioaktívny žiarič** ak obsahuje

- a) jeden rádionuklid, ktorého **aktivita** a súčasne **hmotnostná aktivita** sú väčšie ako hodnoty aktivity a hmotnostnej aktivity uvedené vo Vyhláske, alebo
- b) niekoľko rádionuklidov, ktorých súčet podielov **aktivít** a hodnôt aktivít uvedených vo Vyhláske a súčasne súčet podielov **hmotnostných aktivít** a hodnôt hmotnostných aktivít uvedených vo Vyhláske je väčší ako jeden.



Rádioaktívna látka je **rádioaktívny žiarič** ak

$$\{A \geq A_i^{LIM}\} \wedge \{a_m \geq a_m^{LIM}\}$$

$$\left\{ \sum_i \frac{A_i}{A_i^{LIM}} \geq 1 \right\} \wedge \left\{ \sum_i \frac{a_{mi}}{a_{mi}^{LIM}} \geq 1 \right\}$$

Miera obsahu rádionuklidov, pri ktorej prekročení
je rádioaktívna látka rádioaktívny žiarč

Tabuľka č. 1
Aktivity a hmotnostné aktivity rádionuklidov

Rádionuklid	Aktivita [Bq]	Hmotnostná aktivita [kBq/kg]
H-3	10^9	10^6
Be-7	10^7	10^3
C-14	10^7	10^4
O-15	10^9	10^2
F-18	10^6	10
Na-22	10^6	10
Na-24	10^5	10
Si-31	10^6	10^3
P-32	10^5	10^3
P-33	10^6	10^5
S-35	10^6	10^5
C-136	10^6	10^4
C-138	10^5	10
Ar-37	10^6	10^5
Ar-41	10^9	10^2
K-40	10^6	10^2
K-42	10^6	10^2

Rádionuklid	Aktivita [Bq]	Hmotnostná aktivita [kBq/kg]
V-48	10^5	10
Cr-51	10^7	10^3
Mn-51	10^5	10
Mn-52	10^5	10
Mn-52 m	10^5	10
Mn-53	10^9	10^4
Mn-54	10^6	10
Mn-56	10^5	10
Fe-52	10^6	10
Fe-55	10^6	10^4
Fe-59	10^6	10
Co-55	10^6	10
Co-56	10^5	10
Co-57	10^6	10^2
Co-58	10^6	10
Co-58 m	10^7	10^4
Co-60	10^5	10

Základné pojmy radiačnej ochrany

- ★ **Zdroj ionizujúceho žiarenia** je rádioaktívna látka, prístroj alebo zariadenie schopné emitovať ionizujúce žiarenie alebo produkovať rádioaktívne látky.
- ★ **Generátor ionizujúceho žiarenia** je elektrický prístroj alebo elektrické zariadenie, ktoré obsahuje súčiastky pracujúce s potenciálovým rozdielom väčším ako 5 kV.



Definície

Prírodný zdroj ionizujúceho žiarenia je zdroj IŽ prírodného zemskeho alebo kozmického pôvodu.

Umelý zdroj ionizujúceho žiarenia je zdroj IŽ iný ako prírodný zdroj ionizujúceho žiarenia.

Uzavretý rádioaktívny žiarič je rádioaktívny žiarič, ktorého konštrukcia zabezpečuje tesnosť a ktorý za podmienok bežného používania vylučuje únik rádioaktívnych látok zo zdroja ionizujúceho žiarenia.

Otvorený rádioaktívny žiarič je rádioaktívny žiarič, ktorý nespĺňa podmienky uzavretého rádioaktívneho žiariča.



Základné pojmy radiačnej ochrany

★ **Ionizujúce žiarenie** je žiarenie prenášajúce energiu vo forme častíc alebo elektromagnetických vln s vlnovou dĺžkou do 100 nm alebo frekvenciou nad $3 \cdot 10^{15}$ Hz, ktoré má schopnosť priamo alebo nepriamo utvárať ióny.

(Mobily fungujú v pásme 900 resp. 1800 MHz, teda jedná sa o neionizujúce žiarenie.)

★ **Prírodné ionizujúce žiarenie** je ionizujúce žiarenie prírodného zemskeho alebo kozmického pôvodu.



Ionizujúce žiarenie

$$\nu^{\min} = 3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,141 \cdot 10^{-21} \text{ MeV} \cdot \text{s}$$

$$E_{\gamma} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda^{\max} = 10^{-7} \text{ m} = 100 \text{ nm}$$

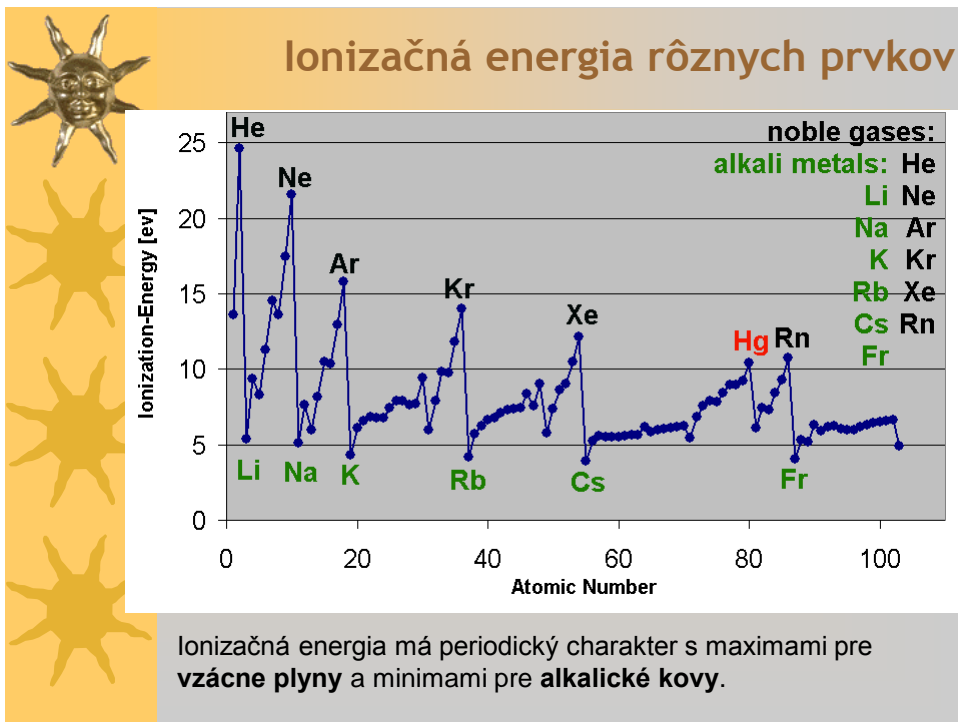
$$E_{\gamma}^{\min} = 12,4 \text{ eV}$$



Odkiaľ sa vzal prah 13 eV

- ★ Energetický ekvivalent maximálnej vlnovej dĺžky fotónov, ktoré môžu byť emitované atómom vodíka.
- ★ Alternatívne to predstavuje minimálnu energiu fotónov, ktoré dokážu excitovať atóm vodíka.
- ★ Táto hodnota sa nazýva **Rydbergova konštanta**
- ★ Môže byť vypočítaná pomocou kvantovej mechaniky a je využívaná v atómovej fyzike na výpočet spektier žiarenia.

$$1\text{Ry} = 13,6056923 \cdot \text{eV}$$



Ožiarenie

Ožiarenie je vystavenie pôsobeniu ionizujúceho žiarenia.

Havarijné ožiarenie je ožiarenie jednotlivcov, ktoré je bezprostredným dôsledkom radiačnej havárie alebo radiačnej nehody; nezahŕňa ožiarenie v ohrození.

Ožiarenie v ohrození je ožiarenie jednotlivcov, ktorí vykonávajú potrebný neodkladný zásah s cieľom

- **pomôcť** ohrozeným osobám,
- **zabrániť** ožiareniu veľkého počtu osôb, alebo
- **zachrániť** materiálne hodnoty alebo majetok,

pričom by mohol byť **prekročený niektorý z limitov** ožiarenia ustanovených pre pracovníkov. Ožiarenie v ohrození je prípustné len u **dobrovoľníkov**.



Činnosť vedúca k ožiareniu

★ **Činnosť vedúca k ožiareniu je ľudská aktivita, ktorá vedie alebo by mohla viesť ku zvýšeniu ožiarenia osôb**

- a) umelým zdrojom ionizujúceho žiarenia,
- b) prírodným zdrojom ionizujúceho žiarenia v prípadoch, keď sú prírodné rádionuklidy spracúvané pre ich rádioaktívne, štiepne alebo množivé charakteristiky,
- c) okrem prípadu ožiarenia v ohrození.



Zdravotná ujma

Zdravotná ujma je odhad rizika skrátenia dĺžky života a zhoršenia kvality života v populácii po ožiarení ionizujúcim žiarením. Zahŕňa **ujmu** následkom somatických poškodení, nádorových ochorení a vážnych genetických porúch.



Rádioaktívna kontaminácia

- ★ **rádioaktívna kontaminácia** je kontaminácia ľubovoľného materiálu, povrchu alebo prostredia alebo jednotlivca rádioaktívnymi látkami; ak ide o ľudské telo, rádioaktívna kontaminácia je vonkajšia kontaminácia kože a vnútorná kontaminácia bez ohľadu na spôsob príjmu rádionuklidov,



Inštitucionálny rádioaktívny odpad

- ★ **inštitucionálny rádioaktívny odpad** je rádioaktívny odpad vznikajúci pri činnostiach vedúcich k ožiareniu so zdrojmi ionizujúceho žiarenia s výnimkou vyhoretého jadrového paliva a rádioaktívnych odpadov z jadrových zariadení; inštitucionálnym rádioaktívnym odpadom sú aj nepoužívané žiariče



Vyňatie rádioaktívnej látky spod administratívnej kontroly

Úrovne umožňujúce vyňatie rádioaktívnej látky spod administratívnej kontroly sú hodnoty hmotnostnej aktivity a celkovej aktivity uvedené v prílohe č. 2 v tabuľke č. 1, NV 345/2006 ;

pri neprekročení týchto úrovní je riziko spojené s používaním rádioaktívnej látky z hľadiska radiačnej ochrany také nízke, že nie je nutná ani ich administratívna kontrola.



Smerná hodnota, Medzná dávka

Smerná hodnota je ukazovateľ alebo kritérium na posudzovanie radiačnej ochrany, ktorého prekročenie alebo nesplnenie spravidla signalizuje podozrenie, že radiačná ochrana nie je **optimalizovaná**.

Medzná dávka je obmedzenie budúcej dávky jednotlivca, ktorá môže byť spôsobená daným zdrojom ionizujúceho žiarenia, používa sa v etape plánovania alebo projektovania pri optimalizácii radiačnej ochrany.



Limity ožiarenia

Limit ožiarenia je hodnota ročnej alebo päťročnej efektívnej dávky alebo ročnej ekvivalentnej dávky, ktorá zodpovedá hornej hranici prijateľného rizika stochastického poškodenia zdravia v dôsledku ožiarenia pre jednotlivca aj spoločnosť a ktorá vylučuje výskyt deterministických účinkov ožiarenia

Sú ustanovené pre **pracovníkov, praktikantov, študentov a obyvateľov**.

Vzťahujú sa na **súčet príslušných dávok z vonkajšieho ožiarenia počas daného obdobia a úväzkov dávok z príjmu rádionuklidov** počas toho istého obdobia, pričom pre osoby staršie ako 18 rokov veku sa uvažuje časové obdobie 50 rokov a pre osoby mladšie ako 18 rokov veku časové obdobie do dosiahnutia veku 70 rokov.



Horná hranica tolerovateľnosti

Celoživotné profesionálne ožiarenie na úrovni 20mSv/rok v období od 18. roku po 65. rok života (celkovo 0,94 Sv) predstavuje riziko ročnej úmrtnosti 10^{-3} teda jedno úmrtie na 1000 pracovníkov za rok považujeme akceptovateľné riziko.

Pre obyvateľstvo celoživotné ožiarenie na úrovni 1mSv/rok predstavuje pravdepodobnosť úmrtia $5,7 \cdot 10^{-5}$.