

## Havária jadrových elektrární Fukušima a možný dopad na zdravie obyvateľstva SR

Denisa Nikodemová, Helena Cabáneková

S ohľadom na skúsenosti oddelenia radiačnej hygieny SZU v Bratislave, získané pri monitorovaní radiačnej situácie a následnom hodnotení možného zdravotného poškodenia v dôsledku havárie černobyľskej elektrárne v roku 1986, reagujeme v našom príspevku na množstvo informácií, ktoré sa dostávajú na verejnosť z kompetentných, ale aj menej kompetentných zdrojov a ktoré vyvolávajú mnohé otázky našich obyvateľov na možné zdravotné dôsledky ožiarenia.

### Čo sa vlastne stalo ?

Zemetrasenie v Japonsku s magnítudou 8,9 Richtrovej stupnice zasiahlo jadrové elektrárne Fukušima I a II. JE Fukušima I sa nachádza na východnom pobreží Japonska, v meste Okuma. Bola postavená firmou General Electric (USA) a je prevádzkovaná firmou TEPCO (Tokijská energetická spoločnosť). Pozostáva zo šiestich ľahkovodných reaktorov (BWR) s celkovým inštalovaným výkonom 4.7 GW, čím sa zaraďuje medzi 25 najväčších elektrární na svete. Tento typ reaktora je po tlakovodnom reaktore (PWR) druhý najpoužívanejší reaktor na svete. JE Fukušima II sa nachádza 11,5 kilometrov južnejšie a má 4 bloky, ktorých spoločný elektrický výkon je 1,1 GW. V okamihu, keď prišlo k zemetraseniu, boli v prevádzke bloky 1, 2 a 3, v ktorých bol štíepny proces automaticky ukončený zasunutím kontrolných tyčí do reaktorového jadra. Bloky 4, 5 a 6 boli ešte pred zemetrasením odstavené z dôvodov údržby. Podľa doterajších správ, cca hodinu po zemetrasení, následkom vlny tsunami (7 až 10 m) došlo k poškodeniu externého napájania a záložných diesel generátorov na blokoch 1-3, ktoré mali zabezpečiť dochladzovanie reaktorov po ich odstavení. Bez dostatočného chladenia blokov 1, 2 a 3 narastal pretlak v primárnom okruhu a poistný tlakový ventil vypustil rádioaktívnu paru, ktorá obsahovala vodík do priestoru nad reaktorom, čo malo za následok zvýšenie tlaku v budove reaktora. Pri kontakte vodíka so vzduchom došlo k výbuchu, ktorý zničil konštrukciu reaktorovej haly približne do 2/3 a spôsobil explóziu parovzdušnej zmesi. Tomu zodpovedala zvýšená miera radiácie v okolí, s dávkovým príkonom približne 500  $\mu\text{Sv/h}$ . Do prostredia sa dostal rádioaktívny jód  $^{131}\text{J}$  a cézium  $^{137}\text{Cs}$ , čo naznačuje prelomenie ochrannej bariéry, ktorou je pokrytie palivových článkov. Japonská vláda implementovala už 16. 03. 2011 prvé ochranné opatrenia v 20 km zóne JE. Išlo o ukrytie, následnú evakuáciu obyvateľov z kritickej oblasti a zabezpečenie jódovej profylaxie k zabráneniu akumulácie rádioaktívneho jódu v štítnej žľaze. Zároveň bol aktivovaný systém kontinuálneho monitorovania vonkajšieho dávkového príkonu, objemovej aktivity v ovzduší, plošnej kontaminácie terénu, vzoriek pôdy, vody (pitnej, povrchovej, morskej) ako aj vzoriek potravinového reťazca (hlavne zelenina, mlieko). Na základe nameraných údajov v prvých dňoch po udalosti, boli prijaté aj obmedzenia na konzumáciu potravín, predovšetkým špenátu a mlieka. Taktiež boli prijaté opatrenia týkajúce sa používania pitnej vody. Z množstva výsledkov monitorovania, získaných ku dňu 30.03. 2011 je možné sumarizovať nasledovné hodnoty: najvyššia nameraná hodnota vonkajšieho dávkového príkonu fotónového žiarenia na hranici 25 km zóny bola 73,5 mikroSv/h, vo vzdialenosti do 62 km to bola hodnota v rozsahu (0,5 -6,8) mikroSv/h a v Tokiu (0,02-0,19) mikroSv/h. Na Slovensku hodnota vonkajšieho dávkového príkonu fotónového žiarenia sa pohybuje v intervale (0,06-0,21) mikroSv/h, v závislosti od geologických podmienok lokality. Meranie beta-gamma povrchovej kontaminácie sa pohybovalo v rozsahu (0,05-0,45)

MBq.m<sup>-2</sup>. Priemerná celková depozícia <sup>131</sup>J od (0,2-25) MBq.m<sup>-2</sup> a <sup>137</sup>Cs od (0,2-3,7) MBq.m<sup>-2</sup>. Najvyššia zistená kontaminácia pitnej vody <sup>131</sup>J bola na úrovni 28 Bq.l<sup>-1</sup> a <sup>137</sup>Cs 2,6 Bq.l<sup>-1</sup>. Limitné hodnoty pre pitnú vodu podľa japonskej legislatívy sú 300 Bq.l<sup>-1</sup> pre <sup>131</sup>J a 200 Bq.l<sup>-1</sup> pre <sup>137</sup>Cs. Obávaná kontaminácia <sup>138</sup>Pu a <sup>139</sup>Pu, pre ich vysokú toxicitu bola zistená len vo dvoch prípadoch, vo vzdialenosti 500 m od JE. Táto kontaminácia bola na úrovni koncentrácií sledovaných v ovzduší po skúškach jadrových zbraní. V žiadnej vzorke potravín sa kontaminácia plutóniom nezistila.

### **Stručná charakteristika vplyvu ionizujúceho žiarenia na zdravie**

Pôsobenie ionizujúceho žiarenia (IŽ) na biologický systém sa riadi všeobecnými zásadami jeho interakcie s hmotou, pričom dochádza k vzniku fyzikálnych, chemických a biologických dejov. Charakteristickým účinkom žiarenia je na fyzikálno-chemickej úrovni ionizácia molekúl a na ňu nadväzujúce deje, spôsobujúce ich nevratné poškodenie s ďalšími dôsledkami na bunčej úrovni. Rozsah a závažnosť biologického účinku na človeka závisí od spôsobu expozície (jednorazová, opakovaná, externá, interná), druhu žiarenia (rozdielny biologický účinok charakterizovaný radiačným váhovým faktorom), veľkosti absorbovanej dávky, veľkosti exponovanej časti tela, rádiosenzitivity (citlivosť na IŽ) a individuálnej biologickej variabilite exponovaného jedinca. IŽ poškodzuje DNA vytváraním zlomov alebo chromozómových aberácií, ktoré sú vo väčšine prípadov nezlučiteľné so životnými funkciami bunky. Najčastejšie prichádza k zániku bunky pri pokuse o delenie. V prípade, že sa bunky môžu ďalej deliť, ich vlastnosti môžu byť zmenené (mutácie), čo môže viesť až k ich nádorovému bujneniu. Z tohto hľadiska platí pravidlo: „*mŕtva bunka je dobrá bunka*“. Pri ožiarení tkaniva nedochádza len k jednosmerným a nevratným zmenám vedúcim k poškodeniu bunčných štruktúr, ale prebiehajú aj reparačné a regeneračné procesy, ktoré obnovujú schopnosť bunčej delenia a funkcií tkanív a orgánov. Reparačné a regeneračné procesy vedú k zmierneniu biologických účinkov žiarenia a prejavujú sa na úrovni poškodenia DNA, chromozómových aberácií, prežitia bunky, mutagenézy a pod.

Z hľadiska ochrany zdravia pred žiarením rozdeľujeme biologické účinky ionizujúceho žiarenia na „stochastické“ (náhodné) a „nestochastické“ (deterministické). Stochastické účinky sú bezprahové a so stúpajúcou dávkou stúpa pravdepodobnosť vzniku poškodenia. Pri stochastických účinkoch závažnosť postihnutia a priebeh vzniknutého ochorenia nezávisia od veľkosti absorbovanej dávky. Od veľkosti absorbovanej dávky závisí iba pravdepodobnosť výskytu nádorového či genetického poškodenia, tieto chorobné stavy sa spontánne vyskytujú v populácii aj bez vplyvu IŽ. Deterministické účinky sa prejavujú len pri dosiahnutí určitej „prahovej“ dávky. Závažnosť poškodenia narastá s veľkosťou prekročenia prahovej dávky. Typickým deterministickým účinkom IŽ je akútna choroba z ožiarenia, ktorá má rôzne formy prejavu, je diagnostikovaná po celotelovom ožiarení dávkou (1-2) Gy. Pri latentnej dávke 4 Gy spravidla zomrie 50% exponovaných osôb v priebehu 30-60 dní.

### **Ako sa chrániť pred zdravotným rizikom z ožiarenia**

Základnými ochrannými opatreniami sú ukrytie, jódomá profylaxia, zákaz konzumácie kontaminovanej potravy a vody a evakuácia. Jednotlivé opatrenia sa uvádzajú do života na základe ich predpokladanej účinnosti, s uvažovaním nepriaznivých sprievodných javov týchto opatrení. Účelom ukrytia a evakuácie je zníženie vonkajšieho ožiarenia obyvateľstva, k obmedzeniu príjmu rádionuklidov do organizmu (interná kontaminácia) slúži obmedzenie príjmu kontaminovanej potravy a vody. Úlohou jódomá profylaxie je blokovanie štítnej žľazy pred príjmom rádioaktívneho jódu, ktorý sa uvoľňuje pri jadrovej havárii ak dôjde k porušeniu palivových článkov, podaním

nerádioaktívneho jódu. Jód je v ľudskom organizme nevyhnutný pre produkciu hormónov štítnej žľazy a jeho denná spotreba je (0,15-0,2) mg, pričom jeho vychytávanie štítnou žľazou je 80 násobne vyššie oproti iným orgánom. Avšak vzhľadom na viaceré nežiaduce účinky podávanej dávky jódu, je jeho podanie odôvodnené až od určitej hodnoty odvrátenej dávky (dávka, ktorú štítna žľaza nedostane v dôsledku podania neaktívneho jódu). Pravdepodobnosť vzniku rakoviny štítnej žľazy v dôsledku ožiarenia silne závisí od veku, preto aj dávkovanie neaktívneho jódu musí presne sledovať vekové rozdelenie rizikovej skupiny obyvateľstva. Nežiaduce účinky potrebnej dávky jodidu draselného u dospelých nad 40 – 45 rokov prevyšujú negatívne karcinogénne účinky rádioaktívneho jódu. Pre optimálnu ochranu proti inhalovaniu rádioaktívneho jódu musí byť jodid draselný podaný pred alebo súčasne s prechodom rádioaktívneho mraku, najneskôr do troch hodín po expozícii.

### **Radiačná situácia na Slovensku ku dňu 30. 03. 2011**

Monitorovanie radiačnej situácie na území Slovenska sa kontinuálne zabezpečuje stálymi zložkami monitorovacej siete SR z rezortov MZ SR, MŽP SR, MO SR, MV SR a MH SR už od havárie černobyľskej jadrovej elektrárne. V prípade mimoriadnej situácie sa do monitorovania radiačnej situácie zapájajú aj pohotovostné skupiny z ďalších vedeckých a výskumných pracovísk. V rámci monitorovania sa sleduje kontaminácia ovzdušia (príkon dávky z fotónového žiarenia, aktivita aerosólov a spádov), kontaminácia potravinového reťazca, vôd (pitná, povrchová a spodná), obsah rádionuklidov v pôde.

Výsledky meraní poukazujú na skutočnosť, že sa jedná o stopové množstva rádioaktívnych látok prenášaných výškovým prúdením vzduchu a ktoré sú vo väčšine prípadov na hranici citlivosti najmodernejších detekčných zariadení. Doteraz najvyššia nameraná hodnota koncentrácie aerosólov na území SR bola pre  $^{131}\text{J}$  2,5  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ , pre  $^{134}\text{Cs}$  0,374  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ , a pre  $^{137}\text{Cs}$ : 0,379  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Takáto kontaminácia ovzdušia bola týchto dňoch nameraná aj v iných krajinách EU a jej porovnanie so zásahovými úrovňami platnými v európskej legislatíve pre zavedenie nápravných opatrení poukazuje nato, že akékoľvek obavy z ožiarenia sú pri súčasnej situácii absolútne neopodstatnené. Chceme upozorniť na skutočnosť, že ožiarenie obyvateľov z prírodného zdroja  $^{222}\text{Rn}$  pri rovnakej dobe expozície predstavuje pre každého obyvateľa na Slovensku minimálne 1500x vyššiu hodnotu. Súčasná radiačná situácia na Slovensku nevyžaduje prijímať žiadne opatrenia radiačnej ochrany, ani celospoločensky, ani individuálne, a ani meniť zaužívané zvyklosti.

Na rozdiel od predchádzajúcich havárií v Černobyle (ZSSR) v Three Mile Island (USA), prvotnou príčinou havárie v Japonsku boli vonkajšie faktory a nie zlyhanie ľudského faktora a technológie.

### **Zdroje:**

Fukushima Nuclear Accident Update Log. Dostupné na internete: [www.iaea.org](http://www.iaea.org), navštívené v dňoch 20.- 30. 03. 2011

Správy ÚJD SR o situácii na AE v Japonsku. Dostupné na internete: [www.ujd.gov.sk](http://www.ujd.gov.sk), navštívené v dňoch 15.-30. 03. 2011

Stanovisko ÚVZ SR k nameranej rádioaktivite na území SR. Dostupné na internete: [www.uvzsr.sk](http://www.uvzsr.sk), navštívené v dňoch 20.- 30. 03. 2011

Cabáneková H., Melicherová T.: Správa o radiačnej situácii na území Slovenskej republiky za rok 2009. Bezpečnosť jaderné energie, 11/12, 2010, str.321-343.

**Adresa autora:**

doc. RNDr. Denisa Nikodemová, PhD.

RNDr. Helena Cabánková, PhD.

Oddelenie radiačnej hygieny

Ústav pracovnej zdravotnej služby

Fakulta verejného zdravotníctva

Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave

Limbová12

833 03 Bratislava,

e-mail: [denisa.nikodemova@szu.sk](mailto:denisa.nikodemova@szu.sk)