



## Nuklearni akcidenti u svetu od 1950. do 2005. godine

### Nuclear accidents in the world from 1950 to 2005

Silva Dobrić\*, Branka Đurović†

Vojnomedicinska akademija, \*Institut za naučne informacije, †Institut za medicinu rada,  
Beograd

#### Ključne reči:

černobilj, nuklearni akcident; katastrofe; nuklearni reaktori; povrede, radijacione; lečenje.

#### Key words:

chernobyl nuclear accident; disasters; nuclear reactors; radiation injuries; therapeutics.

#### Uvod

Počeci nuklearnih akcidenata obično se vezuju za Röntgenovo otkriće X zraka 1895. godine, odnosno za Becquerelovo otkriće radioaktivnosti 1896. godine. Već 1887. godine upravo Becquerel prvi opisuje štetna dejstva zračenja na osnovu sopstvenog iskustva s pojavom eritema na abdomenu prouzrokovanog radiokativnim materijalom koji je držao u džepu. Da je pojava eritema zaista posledica dejstva zračenja potvrdio je prebacivanjem radiokativnog materijala u drugi džep i pojavom istog fenomena na toj strani tela. Godinu dana ranije bio je dat prikaz deteta kome je opala kosa posle izlaganja visokim dozama X zraka. Porter 1909. godine daje prikaz 49 bolesnika podvrgnutih hirurškom tretmanu zbog lezija na koži izazvanih X zračenjem<sup>1</sup>.

Period posle Drugog svetskog rata, čiji je početak označen upotrebom prve atomske bombe, karakteriše nagli procvat nuklearne tehnike. Uz razvoj nuklearnog oružja dolazi do razvoja i sve šire upotrebe radiokativnog materijala i nuklearne energije u mirnodopske svrhe: u industriji, energetici, medicini, istraživačkim i razvojnim laboratorijama. Iako su ove aktivnosti uvek bile praćene i odgovarajućim merama zaštite, u skladu sa stepenom naučno-tehnološkog razvoja u datom momentu, nuklearni akcidenti postali su njihov gotovo neizostavan pratilac. Prema podacima organizacije *Greenpeace* gotovo da nije bilo dana u godini u proteklih 55 godina da nije bilo nekog nuklearnog akcidenta<sup>2</sup> od kojih, na sreću, većina nije imala značajniji uticaj na zdravlje stanovništva i stanje životne sredine. Međunarodna agencija za atomsku energiju (*International Atomic Energy Agency* – IAEA) u svom izveštaju iz 1999. godine dala je pregled većih nuklearnih akcidenata koji su se dogodili u svetu od 1945. do 1999. godine. Iz tog izveštaja proizilazi da su se u tom periodu svake godine u proseku desila 2–3 veća nuklearna akcidenta u kojima je došlo do prekomernog ozračenja

jedne ili više osoba<sup>3</sup>. Od 2000. do 2005. godine u svetu je zabeleženo još devet takvih akcidenata (osam u civilnom i jedan u vojnom sektoru)<sup>4,5</sup>. Ovome treba pridodati i slučaj radnika iz Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ koji je u toku priprema za uklanjanje isluženog nuklearnog goriva iz reaktora upao u bazen sa uskladištenim gorivom<sup>6</sup>. Ovi podaci nesumnjivo potvrđuju upozorenja mnogih stručnjaka da još uvek prisutni tehničko-tehnološki nedostaci pojedinih nuklearnih postrojenja, udruženi sa ljudskim faktorom (neznanje, nemar, greške, nepridržavanje mera zaštite), predstavljaju stalnu opasnost od nuklearnih akcidenata. Mogućnost upotrebe radioaktivnog materijala u terorističke svrhe dodatno usložnjava ovaj problem<sup>7</sup>.

U cilju omogućavanja brze i tačne informacije o težini nuklearnog akcidenta IAEA je donela kriterijume za njihovo razvrstavanje u sedam bezbednosnih kategorija ili nivoa, poznatih kao Internacionalna skala nuklearnih događaja (*International Nuclear Event Scale* – INES)<sup>8</sup>:

- nivo 0 – devijacija (bez značaja za bezbednost),
- nivo 1 – anomalija (funkcionisanje nuklearnog postrojenja izvan propisanog režima rada, ali bez bezbednosnih posledica),
- nivo 2 – incident bez uticaja na spoljašnju sredinu (odnosi se na značajno širenje kontaminacije u zoni rada uz ekspoziciju zaposlenih),
- nivo 3 – manji uticaj na spoljašnju sredinu iako postoji značajna kontaminacija u zoni rada (pojava akutnih efekata kod jednog ili više radnika),
- nivo 4 – odnosi se na oštećenje jezgra reaktora/ radioloških barijera i/ili fatalno izlaganje zračenju jedne ili više osoba, ali bez većeg uticaja na spoljašnju sredinu (izloženost stanovništva zračenju je u propisanim granicama),
- nivo 5 – ograničeno oslobađanje radioaktivnosti u spoljašnju sredinu što zahteva delimičnu implementaciju planiranih protivmera,

– nivo 6 – značajno oslobađanje radiokativnosti u spoljašnju sredinu; zahteva punu implementaciju predviđenih protivmera,

– nivo 7 – veliki uticaj na spoljašnju sredinu (izvan zone rada) sa široko rasprostranjenim posledicama po zdravlje stanovništva i životnu sredinu (primer: černobiljski akcident).

Nivoi od 5 do 7 odnose se na teško oštećenje jezgra reaktora i radioloških barijera. Postoje i događaji označeni kao „izvan skale“ za koje je karakteristično da nemaju nikakav bezbednosni značaj.

### Definicija i podela nuklearnih akcidenata

Nuklearni akcident\* se može definisati kao iznenadno, nepredvidivo i nekontrolisano oslobađanje i delovanje radioaktivnog materijala, odnosno jonizujućeg zračenja što za posledicu ima, ili bi moglo da ima, oštećenje ljudskog zdravlja. Ovom definicijom obuhvaćen je širok dijapazon doza jonizujućeg zračenja: od onih koje tek prelaze gornju granicu dozvoljenih vrednosti, pa do onih koje izazivaju patološke znake i simptome zbog kojih je potrebno preduzeti odgovarajuće mere lečenja<sup>1</sup>.

Postoji više podela nuklearnih akcidenata: prema uzroku koji je do njih doveo (ljudska greška, kvar na uređaju, zastarela tehnologija), poreklu (kritični nuklearni sistemi, reaktor, radiokativni izvor), broju osoba izloženih dejstvu zračenja, prema tome da li su se desili u civilnim ili vojnim ustanovama, itd. Nadalje, nuklearni akcidenti se mogu podeliti i na one koji su bili ili koji se mogu prepoznati odmah, odnosno na one koji se prepoznaju tek kasnije. Ovo je velikim delom uslovljeno karakterističnim tokom akutnog radijacionog sindroma (ARS)<sup>10, 11</sup> koji, zbog perioda latencije, može da dovede do pogrešnog zaključivanja o postojanju akcidenta budući da se po definiciji nuklearni akcident oslanja uglavnom na vidljive štete po zdravlje<sup>1</sup>.

S medicinske tačke gledišta svakako je najvažnija podela nuklearnih akcidenata s obzirom na broj eksponiranih osoba, kao i vreme prepoznavanja akcidenta jer to, svakako, može da utiče na kvalitet preduzimanja odgovarajućih mera zbrinjavanja i lečenja žrtava akcidenta. Stoga će u ovom radu nuklearni akcidenti biti razmatrani, upravo, sa tog aspekta.

### Nuklearni akcidenti s velikim brojem žrtava

Černobiljski akcident primer je nuklearnog akcidenta s velikim brojem žrtava, ali i akcidenta koji je, do sada, imao najveći uticaj i na zdravlje stanovništva i na životnu sredinu i koji po svim kriterijumima odgovara nivou 7 na Internacionalnoj skali nuklearnih događaja. U septembru 2005. godine IAEA i Svetska zdravstvena organizacija (*World*

\* Pojedini autori prave razliku između nuklearnih i radijacionih akcidenata<sup>9</sup>. Po njima, nuklearni akcidenti odnose se na one koji nastaju kao posledica kvara i propusta u radu nuklearnih reaktora, dok se pod radijacionim akcidentom podrazumevaju oni koji nastaju zbog nepropisnog rukovanja (uključujući i transport i odlaganje) radiokativnim izvorima. Međutim, ovi termini najčešće se koriste kao sinonimi.

*Health Organization* – WHO) objavile su dokument u kome se navodi procena međunarodnog tima, sastavljenog od preko 100 naučnika i eksperata iz različitih oblasti, da će od posledica nuklearnog akcidenta u Černobilju umreti gotovo 4 000 ljudi. Do sada je umrlo 56 osoba čija se smrt dovodi u direktnu vezu s akcidentom: 47 radnika koji su se u vreme akcidenta ili u prvim satima posle njega zatekli na mestu udesa i devetoro dece sa karcinomom štitaste žlezde nastalim zbog kontaminacije životne sredine radiokativnim jodom, oslobođenim u toku akcidenta<sup>12</sup>. Preostalih 3 940 fatalnih ishoda, za koje se procenjuje da će biti posledica karcinoma i leukemije izazvanih zračenjem, očekuje se u grupi od 200 000 radnika koji su u periodu 1986/1987. godina radili na dekontaminaciji mesta udesa, zatim u grupi od 116 000 evakuisanih stanovnika sa područja u blizini nuklearne elektrane, kao i među 270 000 stanovnika najkontaminiranih zona što čini ukupno oko 600 000 ljudi. Do sada je u grupi radnika koji su bili angažovani na sanaciji mesta akcidenta i koji su bili i najviše izloženi dejstvu zračenja, već uočen porast učestalosti leukemija<sup>12</sup>.

Drugi primer nuklearnog akcidenta tokom kojeg je veći broj ljudi bio izložen dejstvu zračenja je akcident koji se desio 1. marta 1954. godine, kada su američke oružane snage izvele termonuklearnu probu na atolu Bikini u Tihom okeanu. Neočekivana snaga eksplozije, 17 megatona umesto predviđenih 5, udružena sa nepovoljnim meteorološkim uslovima, dovela je do radioaktivnih padavina na udaljenosti od 100 do 300 milja od mesta eksplozije, tako da su njima bila zahvaćena i četiri Maršalska ostrva sa 239 lokalnih stanovnika i 28 Amerikanaca koji su se tu zatekli kao tehničko osoblje. Najviše doze zračenja primili su stanovnici Rongelapa, njih 67. Dugogodišnjim praćenjem njihovog zdravstvenog stanja ustanovljen je da veći broj poremećaja u radu štitaste žlezde sa zaostajanjem u rastu i pojavom hipotireoidizma, i to uglavnom kod dece<sup>13</sup>.

U isto vreme, japanski ribarski brod Fukuryumaru (Srećni zmaj) sa 23 člana posade bio je oko 100 milja udaljen od atola Bikini i nalazio se izvan zabranjene zone eksperimenta. Uprokos tome, tri sata posle eksplozije na brod je počeo da pada pepeo s radiokativnim materijalom. Istog dana, uveče, kod članova posade počeli su se javljati znaci ARS. Brod se vratio u matičnu luku 14. marta 1954. i tom prilikom je procenjeno da su ribari primili dozu zračenja na celo telo od 2 do 6 Gy. Kod njih su se ispoljili različiti znaci ARS praćeni lezijama na koži i epilacijom. Jedan član posade umro je šest meseci posle akcidenta. Kod većine ribara došlo je do poremećaja u spermatogenezi u trajanju od oko osam meseci. Oporavak je trajao oko dve godine i većina njih je kasnije mogla da ima zdravo potomstvo<sup>14</sup>.

I černobiljski akcident i akcident prouzrokovan eksplozijom termonuklearne bombe na atolu Bikini primeri su akcidenata koji su prepoznati odmah, što je rezultovalo i brzim zbrinjavanjem i lečenjem eksponiranih osoba. Međutim, postoje akcidenti s većim brojem žrtava koji nisu odmah prepoznati i koji su, najverovatnije zbog toga, i svrstani u tu kategoriju akcidenata.

Akcidenti koji nisu na vreme prepoznati mogu kod velikog broja ljudi prouzrokovati dugotrajnu ekspoziciju razli-

čitim nivoima doza zavisno od vremena u kome je izvor zračenja ostao neprepoznat kao uzrok. Verovatnoća da će veći broj ljudi da bude izložen zračenju povećava se s vremenom u kojem je izvor izvan kontrole. Najčešće se radi o izgubljenim izvorima, ali, ponekad, i primena zračenja u medicinske svrhe može prouzrokovati ovaj tip akcidenta.

Prvi ozbiljan akcident s medicinskim izvorom zračenja dogodio se u Columbusu, Ohio, SAD. U periodu od 1974. do 1976. godine pogrešna kalibracija izvora, zbog greške u proračunu korekcije za radioaktivni raspad  $^{60}\text{Co}$ , dovela je do povećane ekspozicije 426 bolesnika. Oni su primili doze koje su bile 15–45% više od planiranih. Od 183 bolesnika koji su još bili živi godinu dana posle terapije, više od 30% imalo je ozbiljne poremećaje centralnog nervnog sistema i gastrointestinalnog trakta<sup>15</sup>.

Drugi primer prekomernog ozračivanja bolesnika desio se u San Hozeu, Kostarika, u periodu od 28. avgusta do 27. septembra 1996. godine. Zbog pogrešne kalibracije izvora  $^{60}\text{Co}$  u teleterapijskoj jedinici došlo je do ozračivanja bolesnika dozama koje su bile za 50–60% više od planiranih<sup>3,16</sup>. Prekomerno ozračivanje dovelo je do teških zdravstvenih posledica koje su bile pridodate bolestima zbog kojih su bolesnici bili podvrgnuti radioterapiji. U nekim je slučajevima zračenje, uz primenu akcidentnih doza, i pogoršalo postojeće stanje. Ovaj akcident je prouzrokovao dramatične efekte kod četiri bolesnika (kvadrilegiju, paraplegiju, demijelinizaciju kičmene moždine, teške gastrointestinalne i kožne oblike ARS-a), dok su kod ostalih zabeleženi neželjeni efekti manjeg intenziteta i povećan rizik za njihovo ispoljavanje. Samo kod 22 bolesnika nije došlo do značajnijih posledica zato što je radioterapija bila obustavljena pre nego što je došlo do pojave prekomernog ozračivanja. Tokom dve godine posle akcidenta umro je 61 bolesnik. Smatra se da je kod njih 13 smrt nastupila kao direktna posledica izlaganja previsokim dozama zračenja.

Sledeći akcident, koji nije odmah prepoznat, desio se 1987. godine u Goianni u Brazilu. Pored veoma teških zdravstvenih posledica imao je značajan uticaj i na životnu sredinu. Prouzrokovan je napuštenim izvorom za radioterapiju koji se sastojao od visokorastvornog  $^{137}\text{Cs}$ -a hlorida aktivnosti 50,9 TBq. Laici u čije ruke je izvor došao, otvorili su zaštitnu kapsulu i, na taj način, stvorili uslove za kontaminaciju većeg broja ljudi i spoljašnje sredine<sup>3,17</sup>.

Prvi znaci ARS-a koji su se ispoljili kod akutno ekspoziranih osoba bili su pripisani tropskoj bolesti, tako da su prošle pune dve nedelje dok akcident nije prepoznat. Za 20 osoba bila je neophodna hitna hospitalizacija (10 je primilo doze između 3 i 7 Gy). Većini žrtava bilo je ozraчено celo telo, imali su radijacione opekotine, a mnogi od njih bili su i interno kontaminisani. Četiri su žrtve umrle, a neki su morali da budu podvrgnuti hirurškim zahvatima. Zbog bojazni od većih posledica po zdravlje stanovništva pregledano je više od 100 000 ljudi. S dekontaminacijom životne sredine, uključujući i rušenje kontaminisanih kuća, započelo se posle tri nedelje. Smatra se da grad i njegova okolina nisu bili u dovoljnoj meri dekontaminisani sve do marta 1988. godine. Visoki troškovi preduzetih mera imali su značajan uticaj na ekonomiju čitave regije.

### Nuklearni akcidenti s ograničenim brojem žrtava

Ovi akcidenti najčešće se dešavaju u industrijskim postrojenjima i istraživačkim laboratorijama, obično nemaju značajniji uticaj na spoljašnju sredinu i uglavnom se odmah prepoznaju. Najčešće ne završavaju letalno, a ako se to desi, onda se, u pravilu, radi o veoma teškom stepenu ekspozicije, kasnom prepoznavanju i neblagovremenom preduzimanju odgovarajućih terapijskih mera. Oni čine i najveći broj akcidentata registrovanih u poslednjih 50 godina<sup>3</sup>. U nastavku je dato nekoliko karakterističnih primera ove vrste akcidentata.

U Sorequ, Izrael, 21. juna 1990. jedan radnik je ozračen previskom dozom gama-zraka ( $^{60}\text{Co}$ ) zbog nepridržavanja odgovarajućih propisa prilikom ulaska u komoru za ozračivanje. Žrtva je odmah zbrinuta na odgovarajući način i hospitalizovana dva sata posle akcidenta. Apsorbovana doza zračenja je procenjena na 10–20 Gy. Posle šest sati započeta je antibiotska profilaksa kombinovana s primenom hematopoeznih faktora rasta (GM-CSF). Presađivanje kostne srži izvršeno je četvrtog dana hospitalizacije. Međutim, uprkos svim merama, bolesnik je preminuo 36 dana posle akcidenta, zbog veoma teškog gastrointestinalnog sindroma i zatajenja respiratornog trakta<sup>3,18</sup>.

Sledeći slučaj dogodio se 26. oktobra 1991. u Nesvižu (120 km od Minska, Belorusija), na postrojenju za sterilizaciju poljoprivrednih i medicinskih proizvoda<sup>3,19</sup>. Procenjeno je da je žrtva primila dozu 9–16 Gy s neravnomernom raspodelom u telu. Odmah je prepoznata težina ozračivanja i žrtva je prebačena u Moskvu, gde je započet tretman s repopulacijom kostne srži iz manje ozračenog područja, zbog procene lekara da bi rizik od transplantacije srži bio veći od potencijalne koristi. Bolesnik je uz to primio i hematopoezne faktore rasta (GM-CSF i IL-3) i ponavljane transfuzije krvi. Iako je došlo do oporavka hematopoeze, funkcije drugih organa su se pogoršale. Posle nedelju dana ispoljili su se znaci gastrointestinalnog oblika ARS-a, uz pojavu promena na koži. Sledele su insuficijencije bubrega i jetre i komplikacije od strane respiratornog sistema koje su bile i neposredni uzrok smrti (13 dana posle akcidenta).

U akcidentima u Sorequ i Nesvižu po prvi put su u terapiji ARS-a primenjeni hematopoezni faktori rasta odmah posle ozračivanja. Iako se ne može sa sigurnošću oceniti efikasnost ovih mera, s obzirom da je u prvom slučaju izvršeno i presađivanje kostne srži, a u drugom su primenjivane ponavljane transfuzije krvi, može se pretpostaviti da je lečenje hematopoeznim faktorima rasta doprinelo bržem prihvatanju transplantata kod bolesnika iz Sorequa, te da je ubrzalo hematološki oporavak kod ozračenog u akcidentu u Nesvižu.

Svi slučajevi akcidentnog ozračivanja u zoni rada radioaktivnog izvora ne moraju uvek da budu odmah prepoznati. Primer za to je akcident koji se dogodio u San Salvadoru, El Salvador, 05. februara 1989., kada su tri radnika u industrijskom pogonu za sterilizaciju, gde se koristio izvor  $^{60}\text{Co}$ , bila ozračena kada su pokušali deblokirati držač izvora<sup>3,20</sup>. Akcident je otkriven tek kada su se trećeg dana posle ozračivanja kod radnika pojavile opekotine. Doze koje su žrtve primile procenjene su na 8, 4 i 3 Gy, sa lokalnim dozama koje su kod najekspoziranije žrtve prelazile 10 Gy. Kod dva

povredena lica izvršena je amputacija noge. U daljem toku bolesti jednom od njih amputirana je i druga noga, dok se kod drugog razvila respiratorna insuficijencija koja je bila i uzrok smrti za vreme jedne operacije.

Drugi primer odnosi se na akcident u Hanoju, Vijetnam (17. novembar 1991) kada je jedan inženjer pretrpeo teško ozračenje ruku iz snopa linearnog akceleratora dok je postavljao uzorak za analizu<sup>3,21</sup>. Iako je žrtva bila odmah svesna akcidentne ekspozicije i prijavila je, njegove rano nastale opekotine bile su povezane s tim događajem tek dve nedelje kasnije kada je njegovo celokupno stanje postalo ozbiljno. Četiri meseca posle akcidenta povređeni je premešten u specijalizovanu bolnicu u Francuskoj gde je ostao na lečenju duže od godinu dana. Oštećenja su bila takva da se morala izvršiti amputacija desne ruke i dva prsta leve ruke.

Ova dva slučaja ponovo ukazuju na ljudski faktor kao najodgovorniji za pojavu akcidenta, uz dodatno komplikovane stanje eksponovanih zbog neblagovremenog prepoznavanja akcidenta i preduzimanja odgovarajućih mera lečenja.

### Nove terapijske mere u nuklearnim akcidentima

Nuklearni akcidenti mogu da imaju različite oblike i ne moraju uvek da prouzrokuju iste zdravstvene probleme, pa, shodno tome, i primenjene terapijske mere ne moraju uvek da budu iste.

Dosadašnja iskustva iz nuklearnih akcidenata pokazala su da akutno ozračenje celog tela zahteva kompletnu paletu intenzivnog lečenja, pogotovo hematološkog. Lokalizovana ekspozicija, u pravilu, donosi probleme povezane s opekotinama koje mogu da budu duboke ili površinske, više ili manje proširene i koje, neretko, mogu zahtevati hirurški tretman.

Interna kontaminacija, povezana ili ne sa spoljašnjom kontaminacijom, zahteva posebne mere zbrinjavanja i lečenja.

Lečenje aplazije kostne srži znatno je uznapredovalo u poslednjih 25 godina, tako da bolesnici mogu da prežive radijacionu aplaziju, ali tada ih može ugroziti zatajivanje drugih vitalnih organa, kao što je to i pokazano u napred navedenim primerima<sup>3,18,19</sup>.

Nade koje su se polagale u transplantaciju kostne srži kod žrtava černobiljskog akcidenta nisu se obistinile. Ustanovljeno

je da su indikacije za transplantaciju kostne srži u lečenju posledica akcidentnog ozračivanja ograničene i da su doze kod kojih treba razmišljati o ovoj proceduri veće od 8 Gy<sup>22</sup>.

Medicinska obrada lokalizovanih radijacionih povreda na koži izuzetno je teška u uslovima apsorpcije visokih doza zračenja od strane bazalnog sloja kože, kada nastaje nekroza, odnosno kada veći deo kože biva zahvaćen opekotinama. Nove tehnike transplantacije kože koje se koriste kod konvencionalnih opekotina, primenjene su i kod lezija prouzrokovanih zračenjem. Jedna od žrtava akcidenta u Gruziji, koja je imala različite oblike opekotina izazvanih zračenjem (35 različitih lezija), lečena je primenom transplantata veštačke kože<sup>23</sup>. Ovaj metod bio je uspešniji u odnosu na klasične metode zbrinjavanja opekotina. Međutim, iskustva su, za sada, još ograničena da bi se sa sigurnošću moglo tvrditi koji metod je najbolji za tretman takvih ozleda.

Metodi uspešne borbe protiv drugih oblika ARS-a i dalje su daleko od zadovoljavajućeg, tako da treba nastaviti s intenzivnim istraživanjima na tom području.

### Zaključak

Iako se na osnovu registrovanih nuklearnih akcidenata u svetu u proteklih 55 godina može steći utisak da oni nisu retki, treba imati u vidu da se u najvećem broju slučajeva radilo o akcidentima ograničenim na mesto događaja i bez značajnijeg uticaja na zdravlje većeg broja ljudi i životnu sredinu (INES ocena od 0 do 3). S druge strane, većina ovih akcidenta mogla se izbeći jednostavnim pridržavanjem postojećih propisa vezanih za rukovanje, transport i odlaganje radioaktivnog materijala i pravovremenim prepoznavanjem nuklearnog akcidenta kao uzroka nastalih zdravstvenih problema. U tom smislu posebnu pažnju treba posvetiti ljudskom faktoru jer redosled događanja u većini akcidenata uključuje ljudske greške i ozbiljne povrede bezbednosnih propisa. S tim u vezi neophodno je sprovesti kontinuiranu edukaciju o pravilnom postupanju tokom rada s izvorima zračenja, kao i o merama i postupcima zbrinjavanja i lečenja kada do akcidenta dođe. Jedino na taj način moći će se broj nuklearnih akcidenata i težina njihovih posledica svesti na najmanju moguću meru.

## L I T E R A T U R A

1. Nénot JC. Overview of the radiological accidents in the world, updated December 1989. *Int J Radiat Biol* 1990; 57(6): 1073–85.
2. Calendar of nuclear accidents and events (updated 21st March) Calendar of nuclear accidents. Available from: <http://archive.Greenpeace.org/comms/nukes/chernob/rep02.html>
3. Gonzales AJ. Strengthening the safety of radiation sources and security of radioactive materials: Timely action. *IAEA Bulletin* 1999; 41(3): 2–17.
4. List of civilian radiation accidents. Available from: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_civilian\\_radiation\\_accidents](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_civilian_radiation_accidents)
5. List of military nuclear accidents. Available from: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_military\\_nuclear\\_accidents](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_military_nuclear_accidents)
6. Ilić Ž, Čuknić O, Milanović S, Perišić J, Đurić J, Vasiev G, et al. Case of contamination with spent nuclear fuel stored in the Nuclear Sciences Institut "Vinča". In: Kovačević M, editor. Proceedings of 23rd Symposium of Radiation Protection Society of Serbia and Montenegro; 2005 Sept 26–28; Donji Milanovac. Beograd: Institute of Nuclear Sciences "Vinča" & Radiation Protection Society of Serbia and Montenegro; 2005. p. 241–52. (Serbian)
7. Živanov D. Risks of nuclear weapons and radioactive materials in terrorism. In: Kovačević M, editor. Proceedings of 23rd Symposium of Radiation Protection Society of Serbia and Montenegro; 2005 Sept 26–28, Donji Milanovac. Belgrade: Institute of Nuclear Sciences "Vinča" & Radiation Protection Society of Serbia and Montenegro; 2005. p. 335–8. (Serbian)
8. International Nuclear Event Scale. Available from: [http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Nuclear\\_Event\\_Scale](http://en.wikipedia.org/wiki/International_Nuclear_Event_Scale).

9. List of nuclear and radiation accidents. Available from: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_nuclear\\_accidents](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nuclear_accidents)
10. Dobrić S, Cvetković M, Milanović S. Acute radiation disease. Symptomatology and medical care. Arch Toxicol Xenobiot Metab 1994; 2: 713–22.
11. Dobrić S. Biological effects of ionizing radiation and possibility of chemical radioprotection. Scr Med 1995; 26(1–4): 33–7. (Serbian)
12. WHO Chernobyl: The true scale of the accidents. 20 years later a UN Report provides definitive answers and ways to repair lives. London, Vienna, Washington, Toronto: IAEA & WHO; 2005. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/en/index.html>
13. Conard RA. The 1954 Bikini atoll incident: an update of the findings in the Marshallese people. In: Hübner KF, Fry SA, editors. The medical basis of radiation accident preparedness. New York: Elsevier; 1980. p. 55–8.
14. Kumatori H, Izhibara t, Hirashima K, Sugiyama H, Ishii S, Miyoshi K. Follow-up studies over a 25-year period on the Japanese fishermen exposed to radioactive fallout in 1954. In: Hübner KF, Fry SA, editors. The medical basis of radiation accident preparedness. New York: Elsevier; 1980. p. 33–54.
15. Cohen L, Schultheiss TE, Kennaugh RC. A radiation overdose incident: initial data. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1995; 33(1): 217–24.
16. International Atomic Energy Agency. Accidental overexposure of radiotherapy patients in San José, Costa Rica. Vienna: IAEA; 1998. Available from: <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/1996csr1.html>
17. International Atomic Energy Agency. The radiological accident in Goianna. Vienna: IAEA; 1988. Available from: <http://www.vanderbilt.edu/radsafe/9707/wsg00369.html>
18. International Atomic Energy Agency. The radiological accident in Soreq. Vienna: IAEA; 1993. Available from: [http://www.pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/p040\\_scr.pdf](http://www.pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/p040_scr.pdf)
19. International Atomic Energy Agency. The radiological accident at the irradiation facility in Nesvz. Vienna: IAEA; 1996. Available from: <http://www.ecunuclear.gov.ec/ecu/biblio.htm>
20. International Atomic Energy Agency. The radiological accident in San Salvador. Vienna: IAEA; 1990. Available from: <http://www.ecunuclear.gov.ec/ecu/biblio.htm>
21. International Atomic Energy Agency. An electron accelerator accident in Hanoi, Vietnam. Vienna: IAEA; 1996. Available from: <http://www.pub.iaea.org/mtcd/publications/acres.asp>
22. Baranov AE, Guskova AK. Acute radiation disease in Chernobyl accident victims. In: Ricks RC, Fray SA, editors. The medical basis for radiation accident preparedness II. Clinical experience and follow-up since 1979. New York: Elsevier; 1990. p. 79–87.
23. International Atomic Energy Agency. The radiological accident in Lilo. Vienna: IAEA; 2000. Available from: [http://www.who.int/ionizing\\_radiation/pub\\_meet/joint/en/index.html](http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/joint/en/index.html)

Rad je primljen 4. IV 2006.