



Nuklearne nesreće u prošlosti i njihove refleksije u sadašnjosti

Nuclear accidents in the past and their reflections in the present

Željko Grahek¹

¹Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Ključne riječi

NUKLERANA NESREĆA;
NE KRŠKO;
PLAN ZAŠTITE

Keywords

NUCLEAR ACCIDENT;
NPP KRŠKO;
RESPONSE PLAN

SAŽETAK. U radu je dana kratka usporedba nuklearnih nesreća u Černobilu i Fukushima s ciljem planiranja zaštite stanovništva od posljedica moguće nuklearne nesreće u NE PAKS i NE Krško koje se nalaze u blizini Republike Hrvatske. Proučavanje posljedica nesreća u Černobilu i Fukushima rezultiralo je prikupljanjem znanja i iskustva koja nam mogu pomoći u uklanjanju ili ublažavanju barem dijela neželjenih posljedica ako bi kojim slučajem do toga došlo. Sažimajući iskustva iz ovih nesreća Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja ICRP izdala je 2020. godine smjernice za očuvanje zdravlja ljudi i okoliša u sličnim slučajevima. Komisija razlikuje ranu i srednju fazu, koja se smatra hitnim situacijama izloženosti, i dugotrajnu fazu, koja se smatra postojećom situacijom izloženosti. Nadalje preporučuje skup referentnih razina za optimizaciju zaštite stanovništva za sve faze nesreće, a provedba zaštitnih radnji uz radiološke čimbenike mora uzeti u obzir sociopsihološke, ekološke i ekonomske aspekte kako bi se zaštitilo zdravlje i osigurali održivi životni uvjeti. Uzimajući u obzir ove smjernice te nacionalni zakonodavni okvir, Vlada Republike Hrvatske donijela je Plan pripravnosti i odgovora države na izvanredan nuklearni događaj. U tom planu detaljno su razrađeni načini postupanja u slučaju najtežih havarija u obje spomenute nuklearne elektrane. Plan detaljno navodi angažman niza tijela državne uprave, lokalne samouprave te ostalih organizacija koje sudjeluju u različitim fazama intervencije i sanacije. Međutim, iskustva iz prethodnih nesreća u Fukushima i Černobilu ostavljaju otvorenim pitanje efikasnosti provedbe plana u realnoj situaciji.

SUMMARY. The paper provides a brief comparison of the nuclear accidents in Chernobyl and Fukushima with the aim of planning the protection of the population in case of possible nuclear accident in NE PAKS and NE Krško, which are located near the Republic of Croatia. Studying the consequences of these accidents resulted in the collection of knowledge and experience that can help us eliminate or mitigate some of the unwanted consequences. Summarizing the experiences from these accidents, the International Commission on Radiation Protection ICRP issued guidelines for the preservation of human health and the environment in similar cases. The Commission distinguishes between the early and intermediate phases, which are considered emergency exposure situations, and the long-term phase, which is considered an existing exposure situation. It recommends a set of reference levels to optimize the protection of the population for all phases of an accident. The implementation of protective actions must take into account radiological, socio-psychological, ecological and economic aspects in order to protect health and ensure sustainable living conditions. Taking into account these guidelines and the national legislative framework, the Government of the Republic of Croatia adopted the State Preparedness and Response Plan for an nuclear event. The plan details the engagement of a number of state administration bodies, local governments and other organizations that participate in the various phases of intervention. However, experiences from previous accidents in Fukushima and Chernobyl leave open the question of the effectiveness of the plan's implementation in a real situation.

Nuklearne nesreće rezultat su iznenadne havarije u nuklearnim postrojenjima uzrokovane ljudskom pogreškom ili spletom okolnosti na koje nije moguće utjecati. Dvije najpoznatije, Černobilska i ona u Fukushima rezultat su takvih događanja uz popratnu veliku emisiju radioaktivnih tvari u okoliš na širokom prostoru uz dubok utjecaj na pojedinca i zajednicu¹⁻³. U takvim situacijama radiološka zaštita predstavlja samo jedan faktor u nizu potrebnih za rješavanje nastalih problema s kojima se suočavaju svi pogođeni od pojedinaca do zajednice u cjelini. U blizini granica RH nalaze se dvije nuklearne elektrane, NE PAKS i NE Krško. NE Krško je u blizini Zagreba, najnaseljenijeg i najrazvijenijeg područja Hrvatske pa svako nekontrolirano ispuštanje radioaktivnosti može rezultirati radioaktivnim zagađenjem uz dugoročno nesagledive posljedice. Od spomenutih

nesreća prošlo je dosta vremena pa nam skupljena znanja i iskustva mogu pomoći u uklanjanju ili ublažavanju barem dijela neželjenih posljedica. Stoga je svrha ovog rada dati kratki usporedni prikaz spomenutih nesreća uz kratki osvrt na spremnost našeg društva na reakciju u takvim okolnostima.

Rasprava

Černobil i Fukushima-sličnosti i razlike

Karakteristično je za obje nesreće da je velika količina radionuklida završila u okolišu kao rezultat pregri-

Adresa za dopisivanje:

Željko Grahek, <https://orcid.org/0000-0002-2731-7070>
Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb;
e-pošta: zgrahek@irb.hr

javanja reaktora i posljedično konstrukcijskih oštećenja tako da je emisija radioaktivnosti u okoliš bila neizbježna. Nesreća u Fukushima dogodila se nakon što je niz valova tsunamija pogodio postrojenje i onespobio sustave potrebne za hlađenje nuklearnog goriva, dok je nesreća u Černobilu proizašla iz dizajna reaktora i ljudske pogreške^{2,3}. U Černobilu je ispuštanje započelo kritičnim nuklearnim incidentom koji je izazvao eksploziju pare u jezgri, uzrokujući intenzivno izbacivanje pregrijanog materijala jezgre reaktora te sagorijevanje grafita i reaktorskih materijala i njihovu emisiju u okoliš tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Ispuštanje nije moglo biti ograničeno jer takva vrsta sovjetskih reaktora nije imala strukturu zadržavanja kakva je dizajnirana u reaktorima zapadnog tipa². U Fukushimi nije bilo eksplozija unutar jezgri nego se zagrijavanje, oksidacija i taljenje jezgri događalo tijekom puno dužeg vremenskog razdoblja, a radioaktivni produkti su se oslobađali mnogo postupnije jer su strukture zadržavanja djelomično spriječile emisiju³. Posljedice černobilske nesreće daleko premašuju one od nesreće u Fukushimi^{1,4}. U obje nesreće najveći dio ispuštene radioaktivnosti nastao je zbog hlapljivih radionuklida (⁸⁵Kr, ¹³¹I, itd). Količina refraktornih elemenata (^{89,90}Sr, ²³⁹Pu) emitiranih tijekom nesreće u Černobilu bila je otprilike četiri reda veličine veća nego tijekom nesreće u Fukushimi⁴. Procjena je da je ukupna ispuštena aktivnost radionuklida $5.3 \cdot 10^{18}$ PBq (bez plemenitih plinova) pri Černobilskoj nesreći, a kod Fukušime $3.4\text{--}8.0 \cdot 10^{18}$ PBq. (1 Bq = 1 rapad u sekundi). Nakon Fukušime više od 80% radionuklida završilo je u Tihom oceanu a nakon Černobila većina je depozirana na kopnu⁴. Monitoring nakon nesreća pokazuje da je utjecaj černobilske nesreće na okoliš bio puno veći, a projicirani zdravstveni učinci u Japanu znatno su niži. U Fukushima nije bilo smrtnih slučajeva uslijed akutnih učinaka zračenja. U Černobilu je preminula 31 osoba, a oko 140 osoba imalo je različite stupnjeve radijacijske bolesti i akutno oštećenje zdravlja. Nitko iz opće populacije nije pretrpio ovakve učinke. Nakon nesreće je došlo do stvarnog i značajnog porasta karcinoma štitnjače (zbog emisije ¹³¹I) među populacijom dojenčadi i djece izložene u vrijeme nesreće u kontaminiranim područjima bivšeg SSSR-a a prognozirani su porast raka štitnjače i među odraslim osobama. Znanstveno i medicinsko promatranje pogođenog stanovništva nije otkrilo značajan porast drugih vrsta raka, leukemije, kongenitalnih abnormalnosti, nepovoljnih ishoda trudnoće ili bilo koje druge bolesti izazvane radijacijom koja bi se mogla pripisati nesreći u Černobilu¹. U Fukushima kod djelatnika hitnih intervencija efektivne doze koje je primila većina njih bile su ispod granica profesionalnih doza u Japanu. Rani zdravstveni učinci zračenja među radnicima ili među stanovništvom nisu uočeni, a uz općenito utvrđene niske razine doza zračenja nije za očekivati povećanu učestalost zdravstvenih učinaka povezanih sa zračenjem. Važan učinak obiju nesreća je pojava psihičkog

stresa u pogođenom stanovništvu, a rezultat svega je degradacija zdravlja stanovništva na zagađenim područjima. Opažene bolesti (Černobil) obično nisu povezane s izloženošću zračenju već sa psihosocijalnim statusom pogođenog stanovništva o čemu je nakon nesreće u Fukushima provedeno opsežno istraživanje^{1,5}.

Epilog-Republika Hrvatska

Stečena iskustva poslužila su Međunarodnoj komisiji za zaštitu od zračenja ICRP izdavanje smjernice za očuvanje zdravlja ljudi i okoliša u sličnim situacijama¹. Komisija preporučuje skup referentnih mjera za optimizaciju zaštite za sve faze nesreće (ranu, srednju i dugotrajnu), a provedba zaštitnih radnji uz radiološke čimbenike uzima u obzir sociopsihološke, ekonomske i ostale aspekte s osigurnja održivih životnih uvjeta za pogođene ljude. Temeljem navedenih smjernica te zakonodavnog okvira, Vlada RH donijela je Plan odgovora države na izvanredan nuklearni događaj⁶. U planu su razrađeni načini postupanja niza tijela državne i lokalne uprave te ostalih organizacija koje sudjeluju u različitim fazama intervencije i sanacije. Međutim, plan ne predviđa komunikaciju i koordinaciju s osobljem nuklearnih elektrana u ranoj fazi nesreće već komunikacija ide preko Ministarstava sukladno međudržavnim sporazumima. Otvoreno je pitanje kako bi plan funkcionirao u realnoj situaciji kada je u početnoj fazi potrebno brzo i efikasno djelovanje.

Zaključak

- Nesreće u Černobilu i Fukushima pokazale su da se u optimizacija mjera zaštite zdravlja opće populacije uz zaštitu od zračenja moraju uzeti u obzir psihološke i socioekonomske posljedice moguće nesreće pri čemu posebnu pozornost treba posvetiti zaštiti ranjivih skupina društva.

LITERATURA

1. ICRP, 2020. Radiological protection of people and the environment in the event of a large nuclear accident: update of ICRP Publications 109 and 111. ICRP Publication 146. Ann. ICRP 49(4).
2. CHERNOBYL Assessment of Radiological and Health Impacts. OECD report 2002.
3. IAEA, THE FUKUSHIMA DAIICHI ACCIDENT REPORT BY THE DIRECTOR GENERAL. PUB 1710, 2015.
4. *Steinhauser G, Brandl A, Johnson TE*. Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: A review of the environmental impacts. *Science of the Total Environment* 2015; (470–471):800–817.
5. *Hasegawa A, Tanigawa K, Ohtsuru A, Yabe H, Maeda M, Shigemura J, et al*. From Hiroshima and Nagasaki to Fukushima 2: Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. *Lancet* 2015; 386(9992): 479–488.
6. Plan pripravnosti i odgovora Republike Hrvatske na Radio-loški ili Nuklearni izvanredni događaj. <https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages>.