

INFOKUTAK O RADIOAKTIVNOM OTPADU U TEHNIČKOME MUZEJU NIKOLA TESLA

RENATO FILIPIN □ Tehnički muzej Nikola Tesla, Zagreb

IM 51, 2020.
TEMA BROJA
TOPIC OF THIS VOLUME



sl.1.-4. Infokutak o radioaktivnom otpadu u Tehničkom muzeju Nikola Tesla

Transformacija energije jedan je od triju najstarijih odjela stalnog postava Tehničkog muzeja Nikola Tesla. Riječ je o odjelu s nekima od najvrjednijih eksponata Muzeja, koji ima i iznimno snažnu edukativnu komponentu. Za sve organizirane grupe posjetitelja, a najčešće su to grupe učenika viših razreda osnovnih te srednjih škola, Muzej organizira stručna vodstva. Odjel je izvorno koncipiran tako da prikazuje različite načine transformacije, odnosno pretvorbe energije u mehanički rad, od prvih oblika (mišićna energija), preko hidroenergije (vodenice, vodene turbine), parnih strojeva, motora s unutarnjim izgaranjem te avionskih i mlaznih motora. Dio posvećen elektroenergiji čini posebnu cjelinu, a 1992. otvoren je i stalni postav *Primjena nuklearne fizike*. Stalni postav posvećen nuklearnoj energiji obnovljen je 2014. u suradnji s Hrvatskom elektroprivredom i Mrežom mlade generacije Hrvatskoga nuklearnog društva. Valja istaknuti da Muzej od 1989. uspješno surađuje s Hrvatskom elektroprivredom i Nuklearnom elektranom Krško (NEK) u realizaciji informativno-edukativnog programa pod na-

slovom *Primjena nuklearne fizike jučer – danas – sutra*, koji obuhvaća predavanja i posjet Nuklearnoj elektrani Krško za srednjoškolce.

Nuklearna elektrana Krško svojim radom stvara radioaktivni otpad (koji nastaje i nizom drugih ljudskih aktivnosti) te se Muzeju obratio Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanje radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnoga goriva Nuklearne elektrane Krško kako bi se na informativan i edukativan način predstavile aktivnosti nužne za razgradnju i zbrinjavanje radioaktivnog otpada kao posljedice rada NEK-a te kao aktualno pitanje vezano za energetiku, ali i za javnost. Tehnički muzej Nikola Tesla bio je logičan odabir s obzirom na stalni postav o transformaciji energije i nuklearnoj energiji te s obzirom na velik broj posjetitelja, osobito mladih.

Dogovori s predstavnicima Fonda za financiranje razgradnje i zbrinjavanje radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnoga goriva Nuklearne elektrane Krško o postavljanju dijela stalnog postava u Muzeju vezanoga za temu



nuklearne tehnologije počeli su tijekom 2015. godine. Fond je financirao projekt i pripremio materijale, a ja sam kao kustos sudjelovao u poslovima vezanima za muzeološki dio. Infokutak o radioaktivnom otpadu otvoren je u siječnju 2016.

Infokutak o radioaktivnom otpadu sastoji se od tri dvodimenzionalna dijela unutar kojih su slikom i tekstom dane informacije o tome što je radioaktivni otpad (RAO) i gdje sve nastaje, kako se razvrstava, obrađuje, transportira i skladišti te, naposljetku, kako se trajno odlaže na siguran i kontroliran način. Izložena je bačva za zbrinjavanje niskoradioaktivnog otpada u presjeku, kako bi zorno bio vidljiv sam otpad. Bačva sa sadržajem autentični je eksponat ustupljen iz Nuklearne elektrane Krško, ali u njoj, naravno, nema radioaktivnog materijala.

Na dva multimedijaska ekrana dostupne su teme vezane za radioaktivnost – radioaktivni otpad i gospodarenje njime, uz interaktivne animacije i tekstove, kao i kviz znanja te igre koje na privlačan način prikazuju zanimljivosti i činjenice o navedenim temama. Posjetitelj se može fotografirati s animiranom zaštitnom kacigom i naočalama, likom *Otpadoždera* ili s likovima Nikole Tesle odnosno Wilhelma Conrada Röntgena te ih poslati elektroničkom poštom na željenu adresu.

Sadržaj postava koncipiran je ovako: u prvom su dijelu dane informacije o vlasnicima Nuklearne elektrane Krško, a to su Republika Slovenija i Republika Hrvatska, svaka s udjelom od 50 %. Sukladno tome, Republika Hrvatska dužna je nakon prestanka rada i razgradnje NEK-a, predviđene za 2043., zbrinuti polovicu radioaktivnog otpada. Riječ je o 4450 m³ niskoradioaktivnog i srednjoradioaktivnog otpada nastalog tijekom rada i nakon razgradnje NEK-a te o 1142 istrošena goriva elementa (visokoradioaktivni otpad). Cjelokupni radioaktivni otpad i istrošeno gorivo nastali do danas sada su uskladišteni u krugu NEK-a.

U tom je dijelu prikazan i trokut odgovornosti koji čine Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost (DZRNS) (op.ur., danas Ravnateljstvo civilne zaštite - Služba za radiološku sigurnost pri MUP-u RH), Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanje radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnoga goriva Nuklearne elektrane Krško (Fond) i korisnici sustava za gospodarenje (NEK,



medicina, stomatologija, veterina, industrija, znanstvene ustanove).

Tu je navedeno i što sve obuhvaća radioaktivni otpad u Hrvatskoj, a svrstano je u sljedeće tri kategorije.

1. Niskoradioaktivni i srednjoradioaktivni otpad te iskorišteni izvori u skladištima Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) i Instituta *Ruder Bošković* (IRB) kao što su radioaktivni gromobrani, medicinski izvori, industrijski izvori, izvori iz istraživačkih ustanova, različiti otpad iz medicine, svjetleća boja, dijelovi optičkih uređaja, radioaktivni dojavljivači dima.
2. Prirodno radioaktivni materijali: pepeo i šljaka Termoelektrane (TE) Plomin, pepeo i šljaka u Kaštel Sućurcu i fosfogips kod Kutine.
3. Pogonski niskoradioaktivni i srednjoradioaktivni otpad iz Nuklearne elektrane Krško (NEK) i otpad nakon njezine razgradnje, i to 50 % ukupne količine, te 50 % istrošenoga nuklearnoga goriva iz NEK-a.

Drugi dio slikovito prikazuje put radioaktivnog otpada. Navedeni su medicina, znanost i industrija kao glavna mjesta stvaranja radioaktivnog otpada. U industriji su najveći proizvođači takvog otpada nuklearne elektrane u kojima se obavlja priprema i privremeno skladištenje niskoradioaktivnog i srednjoradioaktivnog otpada, a u posebnim se bazenima hladi istrošeno nuklearno gorivo. Nakon određenog vremena ono se stavlja u spremnike za suho skladištenje, koji se spremaju u suho skladište za istrošeno nuklearno gorivo. Posljednja postaja za takvu vrstu radioaktivnog otpada jest duboko geološko odlagalište visokoradioaktivnog otpada i iskorištenoga nuklearnoga goriva. Niskoradioaktivni i srednjoradioaktivni otpad nakon pripreme se odlažu u dugoročno skladište, gdje moraju biti osigurani nadzor, kontrola zračenja, provjera cjelovitosti i dostupnost spremnika. U konačnici, ta vrsta radioaktivnog otpada završava u betonskim kontejnerima na pripovršinskim odlagalištima niskoradioaktivnog i srednjoradioaktivnog otpada.

U trećem je dijelu prikazan spektar elektromagnetskog zračenja od najnižih do najviših frekvencija s primjerima u praksi. Rendgenske ili X-zrake imaju frekvenciju između ultraljubičastoga i γ -zračenja, prolaze kroz tvari i upotrebljavaju se u medicini za rendgensko snimanje. Wilhelm Conrad Röntgen otkrio ih je 1895. i za to je



otkriće dobio Nobelovu nagradu za fiziku, dok je Nikola Tesla njima eksperimentirao još 1894.

U tom je dijelu postava moguće vidjeti kako zaustaviti α -zračenje, β -zračenje i γ -zračenje te usporediti prosječne ukupne godišnje doze zračenja koje primi stanovnik Hrvatske (4 mSv), godišnje dopuštene doze za radnike u nuklearnoj elektrani (20 mSv) i smrtonosne doze zračenja (2 Sv).

Živeći na Zemlji, okruženi smo radijacijom i radioaktivnim elementima. Slikovit je primjer banana, koja sadržava izotop kemijskog elementa kalija (^{40}K), a on je prirodno radioaktivan. Kada pojedemo jednu bananu, dobijemo dozu zračenja od 0,1 μSv .

Voditelji projekta izrade infokutka o radioaktivnom otpadu stalnog postava bili su Sanja Mišćević (Fond) i Renato Filipin (Tehnički muzej Nikola Tesla).

Tekstove za stalni postav napisao je Želimir Veinović, a oblikovao ga je Hrvoje Đukez.

Programsko rješenje za računala multimedijjskih ekrana napravila je tvrtka Doline d.o.o.

Presjek bačve izradila je tvrtka Končar – Metalne konstrukcije d.d.

Fond je tiskao i tri brošure: Što su radioaktivnost i ionizirajuće zračenje?, *Radioaktivni otpad* i *Gospodarenje s radioaktivnim otpadom u Republici Hrvatskoj*, a dostupne su i posjetiteljima – mogu ih uzeti pri posjetu Muzeju.

Tijekom 2020. Fond je predložio Muzeju proširenje po-

stava, što je Stručno vijeće Muzeja prihvatilo. Određen je prostor, a slijede izrada sinopsisa i scenarija te izrada financijskog plana.

Postav se ne bavi lokacijom predviđenom za trajno zbrinjavanje radioaktivnog otpada niti prijedporima vezanima za to pitanje. Te su teme predviđene za predavanja, okrugle stolove i slična događanja.

Riječ je, bez daljnjega, o problematici koja ne samo da ne zastarijeva nego postaje sve aktualnija, pa su mogućnosti njezine popularizacije brojne, uz nužan oprez da se ne prijeđu granice znanstvenih činjenica i ne zađe u promoviranje određenih interesa.

Primljeno: 19. listopada 2020.

INFO CORNER ABOUT RADIOACTIVE WASTE IN THE TECHNICAL MUSEUM NIKOLA TESLA

Since 1989 the museum has successfully collaborated with Croatian Electricity and with Krško NPP on the creation of an informative and educational programme entitled *The application of nuclear physics, yesterday, today and tomorrow*, which covers lectures and visits to Krško NPP for secondary school children.

The Info Corner about radioactive waste is a logical supplementation of the theme of the NPP and gives information about what radioactive waste is and where it is formed, how it is classified, processed, transported and stored, and finally, about the ultimate disposal of waste in a controlled and secure manner. A barrel for the handling of low-activity nuclear waste on show vividly depicts the waste itself.

Themes related to radioactivity, radioactive waste and its disposal are available via multimedia, along with interactive animations and texts, while knowledge quizzes and games interestingly depict features and facts about the themes discussed above. The content of the display includes information about the owners of Krško NPP, i.e., the Republic of Slovenia and the Republic of Croatia, each with a fifty-percent share, which makes Croatia obliged to look after a half of the waste after the NPP stops working and is decommissioned, an event envisaged for 2043.

The display depicts the triangle of responsibility consisting of the Civil Defence Directorate's Radiological Safety Division in the Republic of Croatia's Ministry of the Interior, the Fund for Financing Decommissioning and the Disposal of Radioactive Waste and Depleted Nuclear Fuel of the NPP (a Fund) and users of the management system (NPP, medicine, dentistry, veterinary services, industry, research institutes). For the first time radioactive waste is presented, as well as the main factors in the creation of waste (medicine, science and industry), as well as the spectrum of electromagnetic radiation from the lowest to the highest frequencies with examples in practice.