



*Zbrinjavanje  
radioaktivnog  
otpada*

# Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško

## **10 odgovora na 10 mogućih pitanja o zbrinjavanju radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj**

Hrvatski je sabor na sjednici 17. listopada 2014. donio *Strategiju zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva RH* (NN 125/14). Prema tom dokumentu Republika Hrvatska će uspostaviti *Centar za zbrinjavanje radioaktivnog otpada*, središnje mjesto na kojem će se dugoročno i na siguran način zbrinjavati sav hrvatski radioaktivni otpad.

Javnost svugdje u svijetu zazire od postrojenja u kojima se pohranjuje radioaktivni otpad i obično se takvim postrojenjima žestoko protivi. Najčešće je razlog protivljenju, s jedne strane, strah za zdravlje ljudi koji žive oko postrojenja u kojima se radioaktivni otpad zbrinjava te, s druge strane, strah od mogućeg onečišćenja okoliša. Na postrojenja u kojima se skladišti ili odlaže radioaktivni otpad gleda se s velikom sumnjom; ona se uvijek doživljavaju kao opasan izvor širenja radioaktivnosti u okoliš i njezinog štetnog djelovanja. Strah je posljedica nepoznavanja načina na koji se objekti za skladištenje ili odlaganje radioaktivnog otpada smještaju u prostor, uspostavljaju i rade.

Predloženo mjesto i koncept *Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada* na lokaciji vojnog skladišta Čerkezovac, u općini Dvor na Uni, u skladu su sa *Strategijom zbrinjavanja radioaktivnog otpada Republike Hrvatske*. Svatko tko je zainteresiran za uspostavu Centra na toj lokaciji, pa tako i za mogući utjecaj Centra na ljude koji bi trebali živjeti i raditi u njegovoj blizini, ima sigurno o radu Centra što pitati. Ovaj je pregled osnovnih informacija o Centru sastavljen sa željom da se pomogne u traženju odgovora na neka očigledna pitanja.

## 1. Što je radioaktivni otpad i odakle radioaktivni otpad u Republici Hrvatskoj?

Radioaktivni otpad je svaki materijal koji nema predvidive buduće uporabe, a koji sadrži radioaktivnu tvar u količini većoj od nekog dopuštenog iznosa. Radioaktivna je ona tvar koja sadrži atome koji se sami od sebe raspadaju pri čemu su oslobođa zračenje. Pojavu takvog raspada atoma nazivamo radioaktivnost. Atome sa svojstvom radioaktivnosti nalazimo svugdje, a postoje od vremena nastanka svemira. Ljudskim se djelovanjem može proizvesti atome sa svojstvom radioaktivnosti. Za razliku od prirodne, ovakva se radioaktivnost naziva umjetnom.

Radioaktivna tvar se s vremenom raspada. Raspad nije jednako brz za sve vrste atoma koji pokazuju svojstvo radioaktivnosti pa se neke vrste atoma raspadaju brže od drugih. Kod nekih je vrsta atoma sa svojstvom radioaktivnosti potrebno svega nekoliko sekundi da se početni broj atoma smanji na jednu polovinu, drugim vrstama je za to potrebno nekoliko godina, a nekima stotine pa i tisuće godina. Svi atomi sa svojstvom radioaktivnosti s vremenom se raspadnu. No, očigledno, neke se vrste raspadaju znatno brže od drugih. Ako radioaktivni otpad, kojeg ponekad označavamo i kraticom RAO, sadrži radioaktivnu tvar koja se relativno brzo raspada, primjerice mjereno godinama ili desetljećima, taj radioaktivni otpad nakon nekog relativno kratkog vremena nema atoma sa svojstvom radioaktivnosti. S vremenom se svaki radioaktivni otpad pretvara u običan otpad: nekim vrstama RAO je za to dovoljno nekoliko dana, nekima nekoliko desetina ili stotina godina, a neke vrste RAO za to trebaju desetine ili stotine tisuća godina.

U radioaktivnom se otpadu mogu nalaziti različite koncentracije radioaktivne tvari. Otpad koji sadrži malu koncentraciju radioaktivnih atoma je nisko radioaktivni otpad. Razlikujemo, isto tako, srednje radioaktivni otpad i visoko radioaktivni otpad. Koji RAO spada u koju kategoriju određuje se propisima.

Radioaktivna tvar je posljednjih pedesetak godina našla mnoge praktične i svakodnevne primjene. Koristi se u mnogim medicinskim ustanovama u Republici Hrvatskoj (u radioterapiji, nuklearnoj medicini ili laboratorijskim istraživanjima) te u industriji (izvori zračenja) i istraživačkim institutima. Uporaba radioaktivne tvari stvara RAO. To mogu biti istrošeni izvori zračenja, koje ponekad kraticom označavamo s II, te rukavice, epruvete ili šprice na kojima su ostali tragovi radioaktivne tvari.

Raznovrstan RAO nastaje i radom nuklearnih elektrana. Kako je Republika Hrvatska suvlasnica NE Krško, prema međudržavnom *Ugovoru između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško (NN Međunarodni ugovori 9/02)*, odgovorna je za zbrinjavanje polovice RAO koji nastaje njezinim radom. RAO koji nastaje u nuklearnim elektranama sačinjavaju iskorištena zaštitna odijela, filtri za vodu, različiti alati, rukavice i drugi potrošeni materijal na kojemu se nalazi radioaktivna tvar. Republika Hrvatska je, isto tako, odgovorna za polovicu RAO koji će nastati u rastavljanju i razgradnji objekata NE Krško nakon predviđenog završetka rada 2043. Po volumenu, najveći dio RAO iz NE Krško je nisko i srednje radioaktivni otpad ili NSRAO. Radom NE Krško nastaje i istrošeno nuklearno gorivo. Istrošeno će gorivo na lokaciji NE Krško biti uskladišteno do 2080.

## **2. Zašto se za lokaciju Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada predlaže upravo vojarna Čerkezovac u općini Dvor na Uni?**

Početakom 90-ih godina pokrenut je postupak izbora lokacije za trajno zbrinjavanje hrvatskog dijela NSRAO nastalog radom NE Krško. Izbor podobne lokacije temeljio se na eliminacijskim kriterijima odobrenim 1992. od strane Vlade Republike Hrvatske (*Kriteriji za izbor lokacija za termoelektrane i nuklearne objekte, NN 78/1992*). Proces izbora lokacije vodio je *Urbanistički institut Hrvatske*, a u njemu je sudjelovalo više stručnih institucija. Najveći je dio posla obavilo posebno osnovano *Javno poduzeće za zbrinjavanje NSRAO i ING*, utemeljeno odlukom Vlade RH 1991.

Eliminiranjem dijelova teritorija Republike Hrvatske koji nisu zadovoljavali postavljene kriterije (odbačena su krška područja, područja guste naseljenosti, područja izložena poplavama, itd.) tijekom 1993. izdvojeno je nekoliko podobnih područja. Unutar njih su 1994. izabrana 34 manja područja kao potencijalne lokacije. Tijekom 1995. potencijalne lokacije su međusobno uspoređene. Nakon detaljne analize 1996. odabrane su 4 preferentne lokacije koje su se nalazile na planinama: Pšunju, Papuku, Moslavačkoj gori i Trgovskoj gori. Cijeli je postupak opsežno dokumentiran. Proces izbora lokacija pratili su stručnjaci za RAO *Međunarodne agencije za atomsku energiju* iz Beča.

U Hrvatskom je saboru 1999. raspravljan *Program prostornog uređenja Republike Hrvatske (NN 50/99)*. Odlučeno je da se u njega uvrsti samo jedna od spomenute 4 lokacije pa u njemu stoji: „Trgovska gora se, na temelju preliminarnih istraživanja, utvrđuje prostorom za izgradnju odlagališta. Na utvrđenom prostoru treba osigurati uvjete za daljnja istraživanja. Potrebna istraživanja treba nastaviti u skladu s međunarodnim standardima i sudjelovanja javnosti. Isto tako treba utvrditi postupke koji će osigurati partnersku ulogu lokalne zajednice s jasnim uvidom u sve aspekte izgradnje i korištenja ovog objekta (nadzor nad sigurnošću, gospodarske koristi i ograničenja, mogući oblici nadoknade lokalnoj zajednici i sl.)“

Oružane snage Republike Hrvatske smatraju da je lokacija vojnog skladišta Čerkezovac na Trgovskoj gori neperspektivna za postojeće namjene vojske Republike Hrvatske pa imaju namjeru u doglednoj budućnosti lokaciju predati civilnim vlastima na korištenje, a skladištenje organizirati na drugim podobnijim lokacijama u RH. S obzirom na to da se vojno skladište Čerkezovac nalazi unutar područja preferentne lokacije koja se spominje u *Programu prostornog uređenja RH* kao prostor za izgradnju odlagališta NSRAO te da se u vojnom skladištu Čerkezovac nalaze objekti koji bi mogli biti iskorišteni pri uspostavi različitih postrojenja *Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada*, bilo je logično da *Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost* predloži da se upravo na toj lokaciji uspostavi Centar.

### **3. Kakvi bi objekti bili izgrađeni u Centru, kada i koliko bi dugo radili?**

*Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva RH* predviđa da bi Centar za zbrinjavanje RAO obuhvaćao sljedeće objekte: središnje skladište za RAO i II, dugoročno skladište za NSRAO iz NE Krško te odlagalište za NSRAO.

Za zbrinjavanje RAO koriste se dvije vrste objekata: skladišta i odlagališta. Skladišta su objekti u kojima se RAO privremeno izolira od okoliša i čuva do vremena kada će se ponovno koristiti ili prerađivati ili trajno spremiti u odlagalište. Namjena odlagališta je drugačija. Odlagalište su prirodni ili izgrađeni spremnici u koje se RAO trajno smješta bez namjere da ga se bilo kada iz njega premješta. Uloga je odlagališta izolacija RAO sve dok se radioaktivna tvar u njima ne raspadne u toj mjeri da se odloženi

RAO ne smatra opasnim za ljude i okoliš. Smatra se da je NSRAO u odlagalištu potrebno izolirati do tristo godina.

U Centru za zbrinjavanje RAO u vojnom skladištu Čerkezovac bilo bi dakle uređeno središnje skladište za smještaj RAO i II koji nastaju korištenjem radioaktivnih tvari u Republici Hrvatskoj. K tome, bilo bi sagrađeno i skladište u kojega bi se smještao NSRAO iz NE Krško nastao redovitim radom nuklearke i njezinom razgradnjom. Skladište bi prihvaćalo hrvatski dio NSRAO sve dok bi se istraživala lokacija odlagališta te dok se odlagalište NSRAO ne bi osposobilo prihvatiti NSRAO na odlaganje.

Treći objekt Centra bilo bi odlagalište NSRAO. Odlagalište NSRAO bi bilo na lokaciji vojnog skladišta Čerkezovac, ako se istraživanjima utvrdi da je lokacija za to povoljna, ili bi bilo na nekoj drugoj lokaciji unutar preferentne lokacije na Trgovskoj gori. Nakon uspostave odlagališta u njega bi se premjestio sadržaj skladišta NSRAO te onaj RAO i II iz središnjeg skladišta za smještaj RAO i II koji zadovoljavaju potrebne kriterije.

Središnje skladište za RAO i II započelo bi s radom odmah nakon dogovora o korištenju vojnog skladišta Čerkezovac. Skladište za NSRAO iz NE Krško trebalo bi biti spremno za prihvrat NSRAO do 2023. U to bi vrijeme trebali započeti istražni radovi usmjereni na izbor najbolje lokacije za odlagalište NSRAO. Odlagalište NSRAO bi, prema sadašnjim procjenama, trebalo započeti s radom tek 2058.

#### **4. Postoje li drugdje u EU postrojenja kakva se previđaju u Centru za zbrinjavanje RAO?**

Skladištenje i odlaganje RAO uobičajena su praksa u mnogim državama. Prema podacima *Međunarodne agencije za atomsku energiju* ovoga časa postoji više od stotinu odlagališta NSRAO na svijetu. Svako je od njih projektirano i izvedeno u ovisnosti o lokalnim okolnostima, raspoloživim sredstvima i zahtjevima javnosti. Neka od njih su površinska, a neka su od njih geološka, tj. smještena ispod razine tla.

U EU rade sljedeća površinska odlagališta: u Francuskoj *La Manche* i *L'Aube*; u Španjolskoj *El Cabril*; u Slovačkoj *Mochovce*; u Češkoj *Dukovany*; te u Velikoj Britaniji *Drigg*. Isto tako, podpovršinska su odlagališta: u Švedskoj *SFR*; u Finskoj *Olkiluoto* i *Loviisa*; u Mađarskoj *Bátaapáti*; te u Njemačkoj *Morsleben*. Sva spomenuta odlagališta imaju informacijske centre, otvorena su za posjete, i njih se, uz stručno vodstvo, može obići.



**Slika 1.** Dugoročno skladište NSRAO u mjestu Borssele, gdje se nalazi središte nizozemske organizacije za zbrinjavanje RAO *Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA)*

*Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva RH preferira za NSRAO iz NE Krško površinski tip odlaganja.*

Na slici 1. prikazano je skladište nisko i srednje radioaktivnog otpada u Nizozemskoj, kao primjer uređenog i sigurnog načina skladištenja.

## **5. Koliko bi radioaktivnog otpada bilo uskladišteno i/ili odloženo u Centru za zbrinjavanje RAO na lokaciji skladišta Čerkezovac?**

Centar bi trebao zbrinuti sveukupni II, RAO za kojega je odgovorna RH. Ovoga se časa prema *Strategiji zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva RH* na teritoriju Republike Hrvatske nalazi 7,5 m<sup>3</sup> RAO nastalog u medicini, industriji i istraživanjima. Isto tako, procjenjuje se da će do 2040. godine nastati još približno 10 m<sup>3</sup> takvog RAO. Taj bi RAO bio smješten u Središnje skladište za RAO i II prije odlaganja.

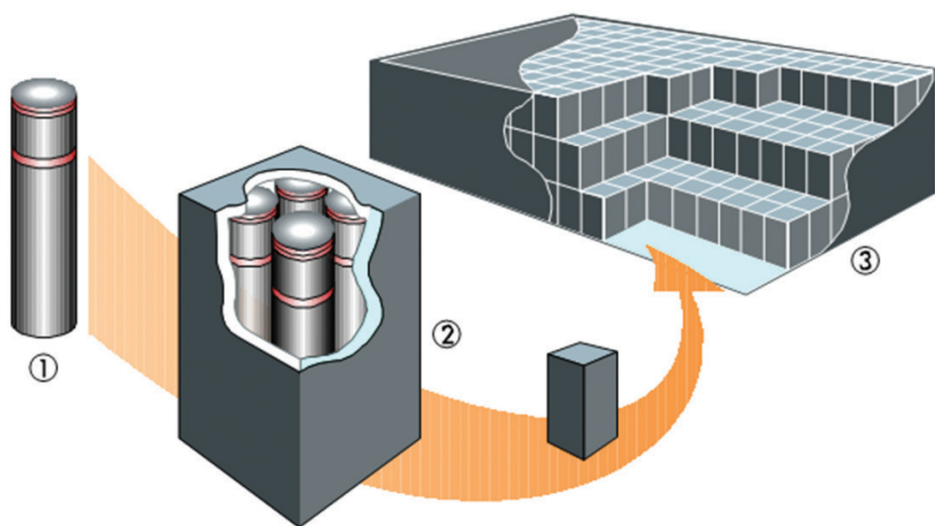
Prema količini NSRAO nastaloj do sada, procijenjena je količina NSRAO koji će nastati radom NE Krško do 2043., kada je predviđen završetak rada elektrane. Prema sadašnjim procjenama drži se da je ukupan volu-

men NSRAO iz NE Krško kojeg bi trebalo skladištiti i potom odlagati u Centru za zbrinjavanje RAO otprilike 5,000 m<sup>3</sup>.

## 6. Kakav bi bio utjecaj Centra za zbrinjavanje RAO na ljude i okoliš?

Jednostavno rečeno – nikakav. Postrojenja za zbrinjavanje grade se u današnje vrijeme svugdje u svijetu tako da u njima uskladišteni ili odloženi NSRAO ne može utjecati na ljude i okoliš. To znači da sve vrijeme rada iz postrojenja nema ni izravnih štetnih zračenja niti istjecanja radioaktivne tvari u plinovitom ili tekućem obliku, ni širenja radioaktivne tvari kroz tlo. To se postiže tako što se pri planiranju građevina i rada postrojenja identificiraju različiti mehanizmi, kritični putovi i količine radioaktivne tvari koje bi, čak i u izuzetno malo vjerojatnim situacijama poput plavljenja, požara ili eksplozija, mogle prodrijeti u okoliš.

Postrojenje se projektira, i potom gradi, tako da NSRAO efikasno izolira pri svim predvidivim — iako malo vjerojatnim — okolnostima, ali i pri najnepovoljnijem slijedu događaja. Posebna se pažnja posvećuje praćenju mogućeg utjecaja skladišta ili odlagališta na okoliš. Tijekom



**Slika 2.** Čelične se bačve s otpadom (1) slažu u armiranobetonske spremnike (2). Ti se spremnici u više slojeva slažu u posebnu armiranobetonsku građevinu oblika kasete (3). Nakon što se kasete ispuni betonskim spremnicima, međuprostor se ispunjava pa se gornja ploha kasete zatvara armiranobetonskim poklopcem.

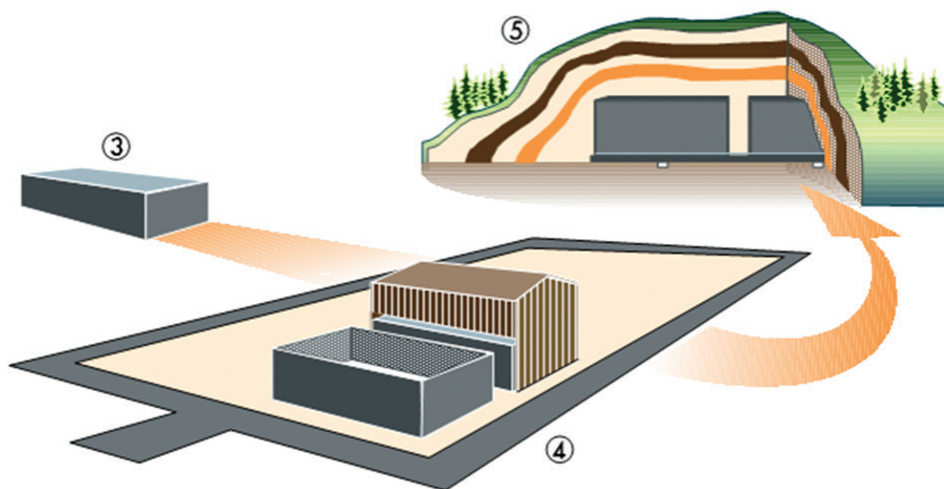
rada postrojenja, a i godinama nakon njegovog zatvaranja, izvode se različita mjerenja oko postrojenja kako bi se pravovremeno zapazila bilo kakva odstupanja od normale.

## 7. Na koji se način ostvaruje dobra izolacija NSRAO u skladištu i odlagalištu?

Svako moderno skladište ili odlagalište svoj sadržaj izolira od ljudi i okoliša sustavom prepreka ili barijera. Barijere imaju dvostruku ulogu: one, s jedne strane, sprječavaju širenje zračenja i radioaktivne tvari u okoliš i, s druge strane, onemogućuju prodor vode do uskladištenog ili odloženog otpada. Za izolaciju NSRAO i ING u skladištu ili odlagalištu se uvijek koristi više barijera pri čemu svaka od barijera ima neku posebnu ulogu.

Kako to izgleda na primjeru površinskog odlagališta NSRAO?

RAO se pakira u čelične bačve od nehrđajućeg čelika debljine 2 mm (prva barijera). Sadržaj bačve se stabilizira tako da se bačva dopunjuje smolom ili posebnom betonskom smjesom. Više se bačava umeće u armiranobetonske spremnike (druga barijera). Međuprostor u sprem-



**Slika 3.** Tijekom punjenja kazete (3) koje može trajati i više godina, nad njom se nalazi pokretna nadstrešnica (4) koja priječi nakupljanje kišnice. Nakon zatvaranja kazete armiranobetonskim poklopcem nastavlja se punjenje sljedeće kazete. Odlagalište je niz blokova s NSRAO ili ispunjenih betonskih kaseti. Nakon što je sav NSRAO smješten u kazete, završava rad odlagališta. Tada se kazete prekrivaju s više metara debelom višeslojnim pokrovom (5).

niku se ispunjava, spremnici se zatvaraju poklopcem. Više stotina takvih spremnika slaže se u slojevima u posebnu jednostavnu armiranobetonsku građevinu oblika kasete ili kontejnera (treća barijera). Međuprostori u građevini se ispunjavaju, a građevina se zatvara armiranobetonskim poklopcem. Dobiven je homogeni i mehanički vrlo stabilan blok koji se prekriva s više različitih slojeva prirodnih i umjetnih materijala. Za pokrov se koriste različiti šljunkoviti, pjeskoviti i glinoviti prirodni materijali s lokacije i plastificirane folije. Slojevi pijeska i šljunka prikupljaju oborinske i površinske vode kako bi se spriječio njihov prodor u odlagalište (gornji dio četvrte barijere). Spremnik s NSRAO smješta se uvijek na pomno odabranu geološku podlogu koja svojim prirodnim svojstvima umanjuje mogućnost dodira voda i spremnika s NSRAO te onemogućava širenje radioaktivne tvari u okoliš, ako do njega dođe (donji dio četvrte barijere).

Odlagalište može imati i više od ovih nekoliko osnovnih barijera.

## **8. Zašto do sada nije napravljeno istraživanje lokacije vojnog skladišta Čerkezovac?**

Zna se da na Trgovskoj gori prevladavaju nepropusne stijene koje su dobra barijera mogućem širenju radioaktivne tvari u okoliš. To je, između ostalog, razlog zašto je u postupku izbora, lokacija na Trgovskoj gori uvrštena u *Strategiju prostornog uređenja RH*. No, da bi se dokazalo da neka konkretna lokacija na kojoj se želi izgraditi skladište i odlagalište doista ima sva druga potrebna svojstva, tj. da je učinkovita i vrlo važna prirodna barijera, potrebno je vrlo detaljno i dugotrajno istraživanje s analizom rezultata. Takvo je istraživanje predviđeno u *Strategiji prostornog uređenja RH*, a moguće je tek nakon što se u dogovoru s lokalnom zajednicom doista odluči da će upravo na lokaciji vojnog skladišta Čerkezovac biti uspostavljen Centar za zbrinjavanje RAO RH.

## **9. Ako nema zračenja i nema širenja radioaktivne tvari u okoliš, nema niti štete od njihovog rada. Zašto se onda daje naknada lokalnoj zajednici koja pristane da se izgradi Centar?**

Riječ naknada sugerira kako se radi o naknadi za štetu ili o naknadi za strah. To je krivo. Ponuđena bi sredstva lokalnoj zajednici koja pris-

tane da se u njezinoj sredini izgrade skladišta i odlagalište trebalo shvatiti prije svega kao dodanu vrijednost. Naime, ta sredstva možda nadoknađuju gubitke koji bi mogli stanovnici općine Dvor na Uni imati zbog izgradnje i rada Centra te štetu zbog psihološkog utjecaja na život, no ona su ponuđena stoga da budu poticaj kojim se može znatno poboljšati stanje lokalne zajednice, od unapređenja infrastrukture do poticanja zapošljavanja mladih stručnih ljudi, što bi doprinijelo kvaliteti života i razvitku – dodalo novu vrijednost zajednici. A ta bi dodana vrijednost mogla značajno promijeniti regionalni položaj inače nerazvijene općine.

## **10. Gdje se informirati o radu postrojenja za zbrinjavanje RAO?**

Na sljedećim internetskim stranicama:

- Zbrinjavanje radioaktivnog otpada <http://radioaktivniotpad.org/>
- Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost RH <http://cms.dzrns.hr/>
- Fonda za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško <http://www.fond-nek.hr/home/>
- Međunarodne agencije za atomsku energiju <https://www.iaea.org/>
- Svjetske nuklearne organizacije <http://www.world-nuclear.org/info/>



*Zbrinjavanje  
radioaktivnog  
otpada*

---

[www.radioaktivniotpad.org](http://www.radioaktivniotpad.org)



Fond za financiranje razgradnje NEK  
[www.fond-nek.hr](http://www.fond-nek.hr)