



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE

Sažetak Treće revizije Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško (NEK) i Treće revizije Programa odlaganja radioaktivnog otpada (RAO) i istrošenoga nuklearnog goriva (ING) NEK

siječanj 2020.

Sažetak Treće revizije Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško (NEK) i Treće revizije Programa odlaganja radioaktivnog otpada (RAO) i istrošenoga nuklearnog goriva (ING) NEK

Sadržaj

1	Uvod	3
2	Treća revizija Programa razgradnje NEK	6
2.1	Inventar dekomisijskog otpada	7
2.2	Ključne točke projekta razgradnje NEK	8
2.3	Pregled troškova razgradnje NEK	9
2.4	Zaključci i preporuke Programa razgradnje NEK	10
3	Treća revizija Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK	11
3.1	Prethodne revizije Programa odlaganja	11
3.2	Priprema Treće revizije Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK	12
3.3	Zbrinjavanje istrošenog goriva i visokoaktivnog otpada NEK	13
3.3.1	Zbrinjavanje i skladištenje istrošenoga nuklearnog goriva prije odlaganja	13
3.3.2	Odlaganje istrošenoga nuklearnog goriva i visokoaktivnog otpada	14
3.4	Zbrinjavanje nisko i srednje aktivnog otpada NEK	16
3.4.1	Inventar NSRAO-a	16
3.4.2	Podjela i preuzimanje	17
3.4.3	Zbrinjavanje NSRAO-a u Republici Sloveniji	18
3.4.4	Zbrinjavanje NSRAO-a u Republici Hrvatskoj	21
3.5	Pregled troškova	23
3.6	Zaključci Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK	24
4	Popis skraćenica	27
5	Reference	28

1 Uvod

Nuklearna elektrana Krško (u daljnjem tekstu: NE Krško, NEK) smještena na lokaciji Vrbina u Sloveniji je u suvlasništvu Republike Slovenije i Republike Hrvatske. Izgradnja elektrane započela je 1974. godine (dobavljač je bila tvrtka Westinghouse, SAD). 1981. godine stavljen je prvi gorivni element u reaktor i elektrana je sinkronizirana na elektroenergetsku mrežu. Komercijalni rad NEK je počeo 1983. godine.

Elektrana je u vlasništvu slovenskih i hrvatskih državnih energetske tvrtki (GEN energija d.o.o. i Hrvatska elektroprivreda d.d.) u omjeru 50% / 50%. Postrojenjem upravlja Nuklearna elektrana Krško d.o.o. Sav radioaktivni otpad (RAO) i istrošeno nuklearno gorivo (ING), nastali radom elektrane skladište se na lokaciji postrojenja. Radioaktivni otpad se kondicionira i pakira u čelične posude koje se skladište u internom skladištu čvrstog radioaktivnog otpada. Istrošeno nuklearno gorivo skladišti se pod vodom u bazenu za ING. Da bi se poboljšala sigurnost skladištenja istrošenog goriva, NEK planira izgraditi suho skladište ING, a početak rada se predviđa za 2021. godinu.

Ugovorom između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško iz 2003. godine (Zakon o potvrđivanju ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško i zajedničke izjave povodom potpisivanja ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško; Narodne novine - Međunarodni ugovori broj 9/02 i Narodne novine RS-a, MP, broj 5/03.; u daljnjem tekstu "Međudržavni ugovor") regulirani su međusobni odnosi u vezi sa statusom NEK-a, iskorištavanjem, razgradnjom i zbrinjavanjem RAO-a i ING-a NEK. Sukladno Međudržavnom ugovoru obje su strane podjednako odgovorne za osiguranje svih materijalnih uvjeta, a za nadzor nuklearne i radiološke sigurnosti odgovorna je isključivo Republika Slovenija. Ugovorne stranke suglasne su da će osigurati učinkovito zajedničko rješenje za razgradnju te za odlaganje RAO-a i ING-a, kako s gospodarskog stajališta tako i sa stajališta zaštite okoliša. Ugovorom je predviđeno da će se razgradnja i zbrinjavanje ING-a i RAO-a iz pogona i razgradnje provoditi u skladu s programom odlaganja i programom razgradnje koje odobrava Međudržavno povjerenstvo, a Program razgradnje također i upravni organ Republike Slovenije nadležan za nuklearnu sigurnost. Programe treba revidirati najmanje svakih pet godina (1).

Međudržavnim ugovorom također je propisano da će stranke tražiti rješenja sporazumno i financirati ih u jednakim udjelima. Ako ugovorne stranke ne postignu dogovor o zajedničkom rješenju odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog nuklearnog goriva do kraja redovnog životnog vijeka, obvezuju se da će najkasnije dvije godine nakon tog roka završiti s preuzimanjem i odvoženjem RAO-a i ING-a s lokacije NEK i to svaka po polovicu. Daljnje preuzimanje i odvoženje odvijat će se sukladno Programu odlaganja i Programu razgradnje (1).

Sukladno članku 18. Međudržavnog ugovora stranke su osnovale Međudržavno povjerenstvo za praćenje provedbe Ugovora i obavljanje drugih zadataka u skladu s Ugovorom između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško (u daljnjem tekstu: Međudržavno povjerenstvo). Međudržavno povjerenstvo prati provedbu ovog Ugovora, potvrđuje Program odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva iz NE Krško i Program razgradnje NE Krško, rješava otvorena pitanja vezana za međudržavne odnose i ključno tijelo je za reguliranje odnosa između stranaka (1). Međudržavno povjerenstvo čine izaslanstva ugovornih stranaka, a svako izaslanstvo ima predsjednika i četiri člana. Izaslanstvo Republike Hrvatske u Međudržavnom povjerenstvu imenuje Vlada Republike Hrvatske. Na 66. sjednici održanoj 16. studenog 2017. godine, Vlade Republike

Hrvatske je donijela Odluku kojom je imenovala izaslanstvo Republike Hrvatske u Međudržavnom povjerenstvu u sastavu:

- dr. sc. Tomislav Čorić, ministar zaštite okoliša i energetike, predsjednik;
- Ivo Milatić, državni tajnik, član;
- Domagoj Validžić, pomoćnik ministra, član
- mr. sc. Danijel Žamboki, pomoćnik ministra graditeljstva i prostornoga uređenja, član;
- Andreja Metelko-Zgombić, glavna pravna savjetnica ministarstva vanjskih i europskih poslova, članica

2012. godine Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije odobrila je produljenje rada NEK do 2043. godine nakon izmjene i dopune Izvješća o sigurnosti, pod uvjetom uspješnog periodičnog pregleda sigurnosti 2023. i 2033. godine. Međudržavno povjerenstvo je 2015. godine na 10. sjednici prihvatilo odluku o produljenju rada NEK-a do 2043. godine. MDP se također složilo da se izgradi suho skladište istrošenog nuklearnog goriva na lokaciji NEK kako bi se trajno osigurala nuklearna sigurnost (2).

U skladu s odredbama Međudržavnog ugovora, Prva revizija Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO-a i ING-a (3) potvrđena je na 7. sjednici Međudržavnog povjerenstva 2004. godine. Vlada Republike Slovenije upoznala se s ovim Programom razgradnje i odlaganja NSRAO-a i ING-a Odlukom br. 311-01/2001-21, a Hrvatsku Sabor je dao prethodnu suglasnost na usvajanje (NN br. 175/04), (4).

Na temelju Prve revizije Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO-a i ING-a, Vlada Republike Hrvatske donijela je *Uredbu načinu isplate sredstava za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško* (Narodne novine, br. 50/06 i 77/06) kojom se propisuje obveza Hrvatske elektroprivrede kao suvlasnika NEK da godišnje uplaćuje sredstva u visini od 14,25 milijuna eura u Fond za financiranje razgradnje NEK. Ova je Uredba stavljena van snage 30. prosinca 2018. godine kad je zamijenjena trenutno važećom Uredbom o iznosu, roku i načinu uplate sredstava za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško (Narodne novine", br. 155/08) (5).

Na temelju Prve revizije Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO i ING, kojom je utvrđen iznos anuiteta za razgradnju NEK-a i zbrinjavanje RAO-a i ING-a, od travnja 2005. godine ELES GEN, d.o.o. (od srpnja 2006., GEN energija, d.o.o.) plaća Fondu za financiranje razgradnje NEK doprinos u iznosu od 0,003 EUR/kWh električne energije proizvedene u NEK i prodane u Sloveniji (6).

Navedeni se iznosi uplata u nacionalne fondove nisu mijenjali od njihovog usvajanja.

Izrada Druge revizije Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO-a i ING-a NEK započela je nakon 8. sjednice Međudržavnog povjerenstva 2008. godine, koja je stručnim organizacijama ARAO-Agenciji za radioaktivni otpad iz Slovenije i APO-Agenciji za posebni otpad iz Hrvatske dala mandat za pripremu dokumenta (7). Dokument je izrađen u prvoj verziji u lipnju 2010., a zatim u drugoj inačici u veljači 2011. Međudržavno povjerenstvo nije potvrdilo Drugu reviziju Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO-a i ING-a NEK.

Međudržavno povjerenstvo se ponovno sastalo u srpnju 2015. kad je upoznato sa statusom pripreme Druge revizije Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO-a i ING-a NEK (2). Na ovoj je sjednici MDP odlučilo obustaviti sve aktivnosti pripreme ovog dokumenta, ali odmah započeti aktivnosti na pripremi Programa razgradnje NEK i Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK. MDP je povjerilo stručnim organizacijama iz članka 10. Međudržavnog ugovora da zajedno s NE Krško pripreme Projektni zadatak za reviziju Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog nuklearnog

goriva, te zajedno s NEK-om pripreme Projektni zadatak za reviziju Programa razgradnje NE Krško. Oba Projektna zadatak trebalo je pripremiti u roku od 3 mjeseca. Temeljem odluke MDP, ugovorne stranke ovlastile su svako svoju strukovnu organizaciju (ARAO-Agencija za radioaktivni otpad iz Republike Slovenije i Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško iz Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu: Fond) da pripreme oba dokumenta prema Međudržavnom ugovoru.

Budući da je od potvrde Prve revizije Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO i ING proteklo skoro 15 godina, a od početka pripreme Druge revizije više od 10 godina, dokument iz 2004. više ne odražava stvarno i trenutno stanje stvari i planove za buduće gospodarenje radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom i razgradnju NE Krško, te je zbog brojnih novih i promijenjenih uvjeta koji su povezani s radom Nuklearne elektrane Krško, izgradnjom postrojenja za skladištenje i odlaganje radioaktivnog otpada i istrošenog goriva, kao i zbog promjena rubnih uvjeta, bilo potrebno što prije izraditi novu reviziju dokumenata.

Na 11. sjednici Međudržavnog povjerenstva, održanoj 17. studenoga 2017. MDP je potvrdilo nove usklađene projektne zadatke za izradu Programa razgradnje NEK i Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog nuklearnog goriva NE Krško i naložilo ARAO-u i Fondu da, u suradnji s NEK-om, izrade Treću reviziju Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK. Istodobno, MDP je naložilo NEK-u da u suradnji s ARAO-om i Fondom za financiranje razgradnje NEK izradi Treću reviziju Programa razgradnje NEK (8).

Na istom sastanku Međudržavno povjerenstvo osnovalo je Koordinacijski odbor (KO) za praćenje provedbe Treće revizije Programa razgradnje NEK i Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog nuklearnog goriva NEK (8). KO se sastoji od osam članova od kojih su četiri sa hrvatske, a četiri sa slovenske strane. Hrvatski predstavnici koordinacijskog odbora su:

- dr. sc. Vjekoslav Jukić, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, (predsjednik hrvatskog dijela odbora)
- mr. sc. Saša Medaković, Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost
- mr. sc. Hrvoje Buljan, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike,
- mr. sc. Josip Lebegner, Hrvatska elektroprivreda.

KO se redovito nalazio na sastancima 2018. i 2019. godina na kojima pratio i raspravljao o pripremi treće revizije oba programa i prijedlogu rješenja za zajedničko odlaganje nisko i srednje radioaktivnog otpada.

U 2018. godini u tijeku su intenzivne pripreme za 12. sjednicu Međudržavnog povjerenstva koja je održana 22. siječnja 2019. nakon saziva predsjednika hrvatske delegacije. Na sastanku je Međudržavno povjerenstvo primilo na znanje izvješće Koordinacijskog odbora o napretku u pripremi treće revizije Programa razgradnje NEK i Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog nuklearnog goriva NEK te zadužilo članove KO i stručne organizacije da pripreme oba programa, uz dodatnu optimizaciju troškova i završetak treće revizije do svibnja 2019. godine (9).

Na istoj je sjednici MDP pozvalo ARAO i Fond da angažiraju pravne stručnjake koji će do kraja svibnja 2019. proučiti koji bi pravni akti trebali biti izmijenjeni ili usvojeni kako bi dvije zemlje dale najbolji mogući pravni temelj za provedbu projekta zajedničkog odlagališta NSRAO-a i o tome izvještavaju KO. Međudržavno povjerenstvo uputila je KO da imenuje članove tehničke skupine koju čine slovenski i hrvatski predstavnici i predstavnik NEK da do kraja svibnja 2019. pregledali sva dosad predviđena tehnička rješenja za odlaganje radioaktivnog otpada i pripremili izvještaj o tome mogu li ih uskladiti s očekivanjima ugovornih stranaka iz Međudržavnog ugovora (9).

Krajem svibnja 2019. tehnička skupina pripremila je predviđeno izvješće koje je KO primio na znanje na 20. sastanku 18. lipnja 2019. Do kraja svibnja 2019. pravni stručnjaci iz Slovenije i Hrvatske pripremili su pravna mišljenja o projektu zajedničkog odlagališta NSRAO-a. U skladu sa zaključcima Međudržavnog povjerenstva, pravna mišljenja i izvješće Tehničke skupine predmet su izvještaja KO-a za MDP i nisu dio Treće revizije Programa razgradnje NEK i Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK (9).

2 Treća revizija Programa razgradnje NEK

Preliminarni plan razgradnje NEK pripremljen je 1996. godine (10). Prva revizija Programa razgradnje NEK i odlaganja nisko i srednje radioaktivnog otpada (NSRAO) i ING-a iz 2004. godine pripremljena je kao opsežna revizija Preliminarnog plana razgradnje NEK (3). U razdoblju od 2008. do 2011. godine pripremana je Druga revizija Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO i ING, za koju je pripremljena tehnička dokumentacija, uključivo i 5. revizija Preliminarnog plana razgradnje NEK (PDP, rev 5) (11).

Na osnovu odluke Međudržavnog povjerenstva da Treću reviziju Programa razgradnje NEK pripremi NEK d.o.o. u suradnji s ARAO i Fondom za financiranje razgradnje NEK, NEK je s tvrtkom Siempelkamp NIS GmbH (koja je izradila revizije Preliminarnog plana razgradnje 1996. i 2010. godine) ugovorio izradu treće revizije Programa razgradnje i svih potrebnih potpornih studija.

U Trećoj reviziji Programa razgradnje NEK (PR, rev.3) (12) predviđa se strategija brze razgradnje (*Immediate Dismantling Strategy, SID*) s rastavljanjem i uklanjanjem svih sastavnih dijelova, sustava i konstrukcija odmah nakon trajnog prestanka rada elektrane 2043. godine. U trećoj reviziji opisan je i rad suhog skladišta istrošenoga nuklearnog goriva i njegova razgradnja te postupno konvencionalno rušenje drugih preostalih građevina. Tijekom rada suhog skladišta predviđene su tri faze premještanja gorivnih elemenata iz bazena ING u suho skladište. U suhom skladištu istrošenog goriva (SSIG) će se uskladištiti 2.282 ukupno gorivna elementa u HI-STORM spremnicima. Do 2028. godine u suho skladište će se premjestiti 1.184 gorivna elementa (1. i 2. faza), a preostalih 1.098 gorivna elementa nakon 2043. godine (3. faza, za koju će biti potrebno 30 HI-STORM spremnika). Predviđena su dva scenarija ovisno o duljini rada SSIG-a: "osnovni scenarij" prema kojemu bi suho skladište radilo do 2103. godine te "drugi ili scenarij osjetljivosti" koji pretpostavlja rad suhog skladišta ING-a do 2075. godine.

PR, rev. 3 daje troškove gradnje, rada i razgradnje suhog skladišta ING-a. Troškovi gradnje i rada suhog skladišta do prestanka rada NEK, uključivo 1. i 2. fazu premještanja ING-a iz bazena u suho skladište, dio su operativnih troškova NEK, koje plaćaju suvlasnici NEK (sukladno zaključku MDP-a). Svi troškovi rada suhog skladišta nakon 2043. godine kao i 3. faza premještanja ING-a (u razdoblju 2048. - 2051. godine) te troškovi razgradnje SSIG-a uključeni su u troškove razgradnje u okviru Treće revizije Programa razgradnje NEK, Projekt br. 16 (sukladno zaključku KO-a i dogovoru NEK-a, ARAO i Fonda). Sukladno važećem Međudržavnom ugovoru i zaključcima 10. sjednice Međudržavnog povjerenstva iz srpnja 2015. godine, SSIG u okviru NEK na lokaciji elektrane omogućuje skladištenje hrvatskog i slovenskog dijela ING-a samo do kraja produljenog životnog vijeka NEK (2043. godine). Za mogući nastavak rada suhog skladišta nakon 2043. godine bit će potrebni dodatni dogovori i sklapanje odgovarajućeg ugovora između hrvatske i slovenske vlade.

Rezultati Treće revizije Programa razgradnje temeljeni su na potpornim dokumentima: Šestoj reviziji preliminarnog plana razgradnje NEK (PDP, rev. 6) (13) i elaboratu o izračunu anuiteta za razgradnju NEK (14) koji se za potrebe razgradnje moraju uplaćivati u nacionalne fondove za financiranje razgradnje i odlaganja RAO-a i ING-a NEK.

PR, rev.3 temelji se na reviziji dokumenta PDP, rev. 5. iz 2010. koji je pripremljen za PR, rev. 2. iz 2011. godine. PR, rev. 3 započinje opisom objekta i revizije fizičkog inventara u 2. poglavlju, dok je strategija razgradnje opisana u 3. poglavlju. Poglavlje 4. sadrži opis tehnika razgradnje i rastavljanja te planirane aktivnosti razgradnje. U 5. poglavlju opisan je plan vođenja projekta, a u 6. poglavlju kratak plan inspekcija i održavanja. 7. poglavlje opisuje zbrinjavanje otpada, uključivo i obradu i pakiranje radioaktivnog otpada. Sigurnosna analiza, procjena utjecaja na okoliš, zaštita na radu, osiguranje kvalitete, plan zaštite i spašavanja, fizička zaštita i nuklearna sigurnost prikazani su u poglavljima 8. do 13. Poglavlje 14. daje opis i rezultate konačnog radiološkog statusa, koji uključuje inventar RAO-a nakon završetka razgradnje. Poglavlje 15. daje procjenu troškova razgradnje i zbrinjavanja dekomisijskog radioaktivnog otpada, dok je 16. poglavlju dana analiza neodređenosti i osjetljivosti procjene troškova i postupaka razgradnje.

PR, rev.3 predviđa da se 50% NSRAO-a (hrvatski dio) pakira u višenamjenske betonske spremnike (RCC)¹, a preostalih 50% (slovenski dio) pakira u odlagališne spremnike tipa N2d. U prilogima 1 i 2 dodatno su prikazani rezultati u slučaju da se cjelokupna količina dekomisijskog NSRAO-a pakira u isti tip spremnika (ili u N2d ili u RCC). U Prilogu 3 su obrađene različite opcije cementiranja, odnosno pakiranja NSRAO-a iz razgradnje NEK. Dodatno u Prilogu 4 prikazani su rezultati pakiranja očekivanih 6.100 t NSRAO-a koji će nastati radom NEK do kraja produljenog životnog vijeka (2043. godine), a u skladu s dogovorima recenzentskih sastanaka i zaključcima KO-a.

Strategija gospodarenja otpadom uzima u obzir moguće najniže troškove zbrinjavanja, ako se 50% NSRAO-a pakira u RCC kontejnere, a ostalih 50% u N2d kontejnere. Ukupni troškovi razgradnje u PR, rev. 3 ne uključuju troškove navedene u Prilogu 4, jer su ti troškovi, u skladu s odlukom KO-a, dio Treće revizije Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK.

2.1 Inventar dekomisijskog otpada

U sljedećoj se (Tablica 1) prikazuju ukupne mase koje se uzimaju u obzir u PR, rev. 3. Podaci su posebno revidirani i ažurirani s obzirom na novoizgrađene i planirane objekte.

Tablica 1 Fizički inventar NE Krško (12)

Vrsta objekta	Planirano (t)	Područje nadziranja (t)	Planirano (t)	Ukupno (t)
Konstrukcija zgrade	147.527	155.593	128.289	431.409
Beton u zaštitnoj zgradi	7.000			7.000
Biološka zaštita (štiti)	1.600			1.600
Oprema	8.080	9.527	4.460	22.067
Ukupno	164.207	165.120	132.749	462.076

Pregledom radiološke evaluacije i pristupa zbrinjavanju otpada dobivaju se mase po ruti za odlaganje koje su prikazane u sljedećoj tablici (Tablica 2) s obzirom na ažurirani inventar i sekundarne mase. Pretpostavlja se da će se imobilizacija provesti cementiranjem u novoj zgradi koja će se sagraditi na lokaciji NE Krško. Troškovi te zgrade i cementiranja nisu uključeni u PR, rev. 3 jer su uračunati u program odlaganja RAO-a i ING-a NEK (15).

¹ RCC – (iron) reinforced concrete container

Tablica 2 Primarne i sekundarne mase otpada ovisno o načinu zbrinjavanja (obrade i odlaganja) (12)

Način zbrinjavanja (Način odlaganja i postupak obrade)	Masa otpada (t)
Odlaganje na odlagalištu VRAO-a + bez obrade	140,0
Odlaganje na odlagalištu NSRAO-a + bez obrade	3.179,4
Odlaganje na odlagalištu NSRAO-a + superkompaktiranje	57,7
Odlaganje na odlagalištu NSRAO-a + isparavanje	2.820,6
Vanjska obrada + taljenje	351,1
Vanjska obrada + spaljivanje	171,4
Konvencionalni otpad (odlagalište) + bez obrade	444.089,2
Otpuštanje iz nadzora + mehanička dekontaminacija	970,0
Otpuštanje iz nadzora + mokra dekontaminacija	1.022,7
Otpuštanje iz nadzora + bez obrade	13.639,3
Ukupno	447.441,7

NAPOMENA: navedene mase sekundarnog otpada odnose se na masu prije obrade, tj. masa radioaktivnog otpada za pakiranje je nakon obrade manja. Primjerice: tekućine i koncentрати (4,9 t otpada); zapaljivi materijal i pepeo (8,6 t otpada). Od navedene primarne mase za taljenje dobiva se 17,6 t radioaktivnog otpada (grumenja i filtara) i taj je otpad uključen u masu "odlaganja na odlagalištu NSRAO-a + superkompaktiranje".

Mase NSRAO-a (nisko i srednje radioaktivnog otpada) pakiraju se u N2d kontejnere (50 % mase) i RCC kontejnere (50 % mase). Broj potrebnih pakiranja u odlagalištu i posljedični volumeni za odlaganje prikazani su u sljedećoj tablici (Tablica 3).

Tablica 3 Predviđene količine radioaktivnog otpada iz razgradnje i potreban broj spremnika (prema (12))

Ukupno:			
Spremnik N2d (za 50% NSRAO)	1.625	205	2.517
Spremnik Holtec HI-SAFE	140	7	237
Spremnik RCC (za 50% NSRAO)	1.625	537	2.636

Osim prikaza potrebnog broja N2d spremnika za 50% NSRAO i RCC spremnika za 50% NSRAO iz prethodne tablice, u Prilogu 1. PR, rev. 3 prikazani su rezultati kada bi se 100% NSRAO pakiralo u N2d kontejnere, a u Prilogu 2 rezultati kada bi se kada bi se 100% NSRAO pakiralo RCC kontejnere.

2.2 Ključne točke projekta razgradnje NEK

Revizija planiranih rezultata projekta razgradnje NE Krško prema sljedećim ključnim točkama prikazani u sljedećoj tablici (Tablica 4).

Tablica 4 Ključne točke projekta razgradnje NE Krško (12)

	Osnovni scenarij	Drugi scenarij (smanjena sigurnost)
Početak projekta (Postupci prije razgradnje)	7./2040.	
Konačna obustava rada / odobrenje razgradnje	12./2043.	
Stari parogeneratori demontirani i zapakirani	12./2045.	
Finaliziranje rada - primarni krug	7./2047.	
Finaliziranje rada - unutrašnjost reaktorske posude (RPV internals)	6./2049.	
Finaliziranje rada - reaktorska posuda	3./2051.	
Finaliziranje rada - biološka zaštita	10./2052.	

Uklonjene konstrukcije zgrada (stanje lokacije "Brown field")	2./2058.	
Završetak rada suhog skladišta ING	1./2103.	1./2075.
Krajnje stanje lokacije "Green field"	7./2107.	7./2079.

NAPOMENA: Različiti scenariji rada suhog skladišta ING-a odabrani su na temelju Tehnički specifikacija za reviziju Programa razgradnje NEK. Odstupanje ključnih točaka projekta suhog skladišta ING-a od nacionalnih programa u Republici Hrvatskoj i Republici Sloveniji odobrio je Koordinacijski odbor zaključkom sa 4. sastanka. Radioaktivni otpad koji će nastati razgradnjom suhog skladišta ING-a će se nakon obrade odložiti zajedno s ostalim visoko radioaktivnim otpadom (VRAO) i ING-om (po osnovnom scenariju između 2093. i 2103. godine), jer će odlagališta NSRAO u Sloveniji i Hrvatskoj tada biti zatvorena.

2.3 Pregled troškova razgradnje NEK

Rezultati evaluacije i procjene troškova projekta razgradnje i demontaže NEK u smislu troškova rada i troškova aktivnosti razgradnje osnovni scenarij i scenarij osjetljivosti prikazani su u sljedećoj tablici.

Za oba scenarija računa se porez na dodanu vrijednost (PDV) u iznosu od 22% s izuzetkom troškova radne snage i naknada na koje se ne zaračunava PDV.

Tablica 5 Pregled troškova razgradnje NEK po aktivnostima u milijunima eura (12)

Struktura troškova po aktivnostima razgradnje (WBS) (u milijunima eura)		Osnovni scenarij		Scenarij osjetljivosti	
		Bez PDV-a	S PDV-om*	Bez PDV-a	S PDV-om*
01	Aktivnosti prije razgradnje	3,2	3,7	3,2	3,7
02	Pripremni radovi	31,1	36,8	31,1	36,8
03	Radioaktivni materijal (operativni RAO)	0,0	0,0	0,0	0,0
04	Demontaža (rastavljanje) izvan kontroliranog područja	10,8	12,4	10,8	12,4
05	Demontaža u kontroliranom području	11,2	12,8	11,2	12,8
06	Demontaža komponenti u primarnom krugu	3,4	4,0	3,4	4,0
07	Demontaža unutarnjih komponenti reaktorske posude (RPV internals)	28,6	34,4	28,6	34,4
08	Demontaža reaktorske posude (RPV)	17,6	21,3	17,6	21,3
09	Demontaža biološkoga štita	5,3	6,2	5,3	6,2
10	Demontaža ostalih sustava	7,9	9,2	7,9	9,2
11	Opuštanje građevina iz nadzora	14,5	17,4	14,5	17,4
12	Rušenje, obnova lokacije, čišćenje i uređenje okoliša	14,6	17,4	14,6	17,4
13	Vođenje projekta, inženjering i potpora	28,9	30,4	28,9	30,4
14	Osiguranje lokacije, nadzor i održavanje	112,0	118,8	112,0	118,8
15	Obrada, skladištenje i odlaganje RAO	36,2	44,2	36,2	44,2
16	SSiG (premještanje ING, rad, razgradnja)	75,6	88,4	63,3	75,8
17	Naknada za ograničenu uporabu prostora	11,6	16,6	11,6	16,6
Ukupno		417,6	474,0	405,3	461,4

* Porez na dodanu vrijednost (PDV) u Sloveniji iznosi 22%; na troškove rada ljudi i naknade se ne zaračunava PDV

Ukupni nominalni troškovi razgradnje NEK bez PDV za osnovni scenarij iznose 417,6 milijuna eura. Uz dodatak PDV-a, koji iznosi 56,4 milijuna eura, ukupni nominalni troškovi razgradnje NEK za osnovni scenarij iznose 474,0 milijuna eura.

Ukupni nominalni troškovi razgradnje NEK bez PDV-a za scenarij osjetljivosti iznose 405,3 milijuna eura. Uz dodatak PDV-a, koji iznosi 56,1 milijuna eura, ukupni nominalni troškovi razgradnje NEK za scenarij osjetljivosti iznose 461,4 milijuna eura. (12)

U prethodnoj tablici (Tablica 5) prikazani su troškovi pojedinih aktivnosti i ukupni troškovi projekta razgradnje NEK za oba scenarija. Jedina razlika između scenarija je u izračunu troškova suhog skladišta ING za koje se prema scenariju osjetljivosti predviđa da će prestari s radom 28 godina ranije nego u slučaju osnovnog scenarija, te su posljedično i operativni troškovi suhog skladišta u scenariju osjetljivosti niži.

U sljedećoj tablici (Tablica 6) prikazani su troškovi razgradnje po kategorijama za oba scenarija. Iz tablice je vidljivo da se scenariji razlikuju u troškovima rada NEK i potrošnog materijala (zbog razlike u predviđenoj duljini rada suhog skladišta ING, odnosno dodatnim troškovima za razdoblje rada suhog skladišta od 2075. do 2103. godine u osnovnom scenariju).

Tablica 6 Pregled troškova razgradnje NEK po aktivnostima u milijunima eura

Struktura troškova razgradnje NEK po kategorijama (u milijunima eura)	Osnovni scenarij		Scenarij osjetljivosti	
	Bez PDV-a	S PDV-om	Bez PDV-a	S PDV-om
Troškovi rada NEK	144,6	144,6	133,7	133,7
Troškovi vanjskih izvođača	70,9	86,5	70,9	86,5
Investicije	12,8	15,6	12,8	15,6
Potrošni materijal	85,8	104,7	84,4	103,0
Drugo (spremnici, vanjska obrada...)	86,9	106,0	86,9	106,0
Naknada za ograničenu uporabu prostora	16,6	16,6	16,6	16,6
Ukupno	317,6	375,0	306,3	361,4

* Porez na dodanu vrijednost (PDV) u Sloveniji iznosi 22%; na troškove rada ljudi i naknade se ne zaračunava PDV

2.4 Zaključci i preporuke Programa razgradnje NEK

Pri planiranju ovog Programa razgradnje nisu utvrđeni kritični tehnički problemi, niti se očekuje da će do njih doći. Odgovarajuća tehnologija razgradnje dovoljno je razvijena za provedbu svih sadašnjih i budućih projekata razgradnje. Međutim, budući da će obujam razgradnje nuklearnih objekata, a posebno elektrana tijekom narednih desetljeća dosegnuti dosad neviđene razine, poželjno je unaprijediti nekoliko aspekata postojećih tehnika, primjerice, u pogledu smanjenja doze ionizirajućeg zračenja, pojednostavljenja postupaka, povećanja učinkovitosti, smanjenja količine otpada i smanjenja troškova.

Stoga se preporuča praćenje međunarodnih projekata razgradnje i usporedbu prikupljenih iskustava te ažuriranje Programa razgradnje i procjene troškova u skladu s time.

Glavni su izvor troškova aktivnosti upravljanja postrojenjem (aktivnosti 13 i 14 navedene u Tablici 5) koji predstavljaju više od 40 % ukupnih troškova razgradnje (bez troškova SSIG i naknada za ograničenu uporabu prostora). Stoga se preporučuje dodatna analizu sljedećih važnih stavki:

- organizacija osoblja tijekom razgradnje,
- održavanje i pregledi sustava,
- sigurnosna procjena i sigurnosni zahtjevi.

Osim toga, obrada i odlaganje otpada (npr. dostupnost konačnog odlagališta i odgovarajući uvjeti odlagališta) znatno utječu na cijeli projekt razgradnje, a stoga i na troškove razgradnje. Vrlo je važno donijeti pravodobnu odluku o tim aspektima radi pouzdanijeg planiranja narednih studija.

Kao i pri svakom velikom projektu, temeljito ispitivanje i provjera valjanosti baza podataka mogu dovesti do poboljšanja kvalitete rezultata. Valja spomenuti sljedeće ključne čimbenike ovoga projekta:

- bilježenje i dokumentiranje mase RAO,

- radiološka karakterizacija (kontaminacija i aktivacija) opreme i površina zgrada,
- upravljanje osobljem.

3 Treća revizija Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK

3.1 Prethodne revizije Programa odlaganja

Čim je Međudržavni ugovor stupio na snagu, sastalo se Međudržavno povjerenstvo i odlučilo da bi umjesto izrade dvaju programa u skladu sa zahtjevima Međudržavnog ugovora trebalo sastaviti jedinstveni dokument u kojem će se obuhvatiti razgradnja i zbrinjavanje RAO-a i ING-a pod naslovom Program razgradnje Nuklearne elektrane Krško i odlaganja istrošenoga goriva te nisko i srednje radioaktivnog otpada (NSRAO) (Prva rev. PR-a).

Glavna svrha Prve revizije Programa razgradnje bila je procijeniti troškove razgradnje i odlaganja RAO-a i ING-a za Nuklearnu elektranu Krško radi uspostavljanja fonda za razgradnju u Hrvatskoj i korigiranja godišnjih obroka za tadašnji fond za razgradnju u Sloveniji.

Prva revizija Programa razgradnje dovršena je tijekom prve polovice 2004. godine, a stručni pregled obavilo je društvo Electricite de France (EDF). Nakon što je Međudržavno povjerenstvo odobrilo dokument, slovenska je Vlada na 93. redovnoj sjednici 7. listopada 2004. obaviještena o tom dokumentu (16). Hrvatska Vlada odobrila je dokument, a nakon toga je Hrvatski sabor 8. prosinca 2004. odobrio Prvu reviziju Programa razgradnje (4).

Diskontirani troškovi razgradnje Nuklearne elektrane Krško i odlaganja RAO-a i ING-a procijenjeni su na približan iznos od 350 milijuna eura (cijene iz 2002.). Tome odgovara 19 jednakih obroka procijenjenih na 28,5 milijuna eura, uplaćenih od 2004. do 2022. godine u jedan zajednički fond koji je prazan na početku 2004. godine.

Na 8. sjednici Međudržavnog povjerenstva, održanoj 29. kolovoza 2008. potvrđen je Projektni zadatak za izradu Druge revizije Programa razgradnje.

U 2. rev. PR-a potraga za zajedničkim rješenjima za zbrinjavanje RAO-a i ING-a određena je nacionalnim strategijama zbrinjavanja RAO-a i ING-a te zasebnim projektom za odlagalište NSRAO-a koji je Slovenija pokrenula 2004. godine. Uz uvažavanje mogućnosti različitih interesa dviju strana Međudržavnog ugovora, u okviru rubnih uvjeta navedenih u projektnom zadatku, u 2. rev. PR-a razmotreno je pet različitih scenarija razgradnje i odlaganja RAO-a i ING-a.

Na 10. sjednici MDP-a održanoj 20. srpnja 2015. Međudržavno povjerenstvo prihvatilo je izvješće o napretku Druge revizije PR-a i, uzevši u obzir nove okolnosti, odlučilo zaustaviti sve postupke u okviru 2. rev. PR-a. Osim toga, Međudržavno povjerenstvo odlučilo je da će se suho skladište ING-a uspostaviti u Nuklearnoj elektrani Krško. Trošak izgradnje i rada suhog skladišta treba biti operativni trošak NEK.

Za sastavljanje Projektnog zadatka za izradu Treće revizije Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva Nuklearne elektrane Krško i Treće revizije Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško Međudržavno povjerenstvo zadužilo je ARAO i Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško (dalje Fond) koji je u međuvremenu prema hrvatskom zakonu (17) imenovan nacionalnom operativnom organizacijom za zbrinjavanje RAO-a i ING-a.

3.2 Priprema Treće revizije Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK

Na 11. sjednici Međudržavnog povjerenstva, održanoj 21. studenoga 2017. prihvaćen je Projektni zadatak za izradu Treće revizije Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva Nuklearne elektrane Krško (3. rev. PO-a), a ARAO i Fond zaduženi su za pripremu 3. rev. PO-a. Osim toga, Međudržavno povjerenstvo imenovalo je Koordinacijski odbor za provedbu projekta (sa po četiri člana sa svake strane) za praćenje pripreme obaju Programa i traženje mogućeg zajedničkog rješenja u vezi s odlagalištem NSRAO-a. Na istoj je sjednici, hrvatska strana obavijestila slovensku da ponuda za uključivanje u projekt zajedničkog odlagališta NSRAO-a na Vrbini, onako kako je taj projekt predstavljen u "Investicijskom programu za odlagalište NSRAO-a na lokaciji Vrbina, rev. C" na prethodnoj sjednici MDP-a, nije prihvatljiva za hrvatsku stranu (8).

U Projektnom zadatku za izradu Treće revizije PO-a navode se sljedeći općeniti ciljevi revizije:

- pregled Prve i Druge revizije PR-a u skladu s člankom 10., stavcima 3., 6. i 7. Međudržavnog ugovora s obzirom na: (1) nove količine RAO-a i ING-a procijenjene u Trećoj reviziji Programa razgradnje NE Krško, (2) nove procjene operativnog inventara RAO-a, (3) nove okolnosti do kojih je došlo od posljednje revizije, kao što su: nove nacionalne strategije i programi odlaganja RAO-a i ING-a, produljenje životnog vijeka NE-a Krško, ugovor između suvlasnika o suhom skladištu ING-a na lokaciji NE Krško itd., (4) moguću podjelu RAO-a u skladu s člankom 10., stavcima 3. i 7. Međudržavnog ugovora.
- razvoj mogućih scenarija zbrinjavanja/odlaganja RAO-a i ING-a na temelju provedenog pregleda i u tehničkom i tehnološkom smislu najboljih poznatih praksi kojima se određuje: koja su skladišta i odlagališta potrebna za učinkovito odlaganje RAO-a i ING-a (vrsta objekata, kapaciteti i lokacije), kada ih treba pustiti u pogon i koliko dugo moraju raditi da bi zbrinjavanje/odlaganje bilo sigurno i isplativo te upravljanje tim objektima, uključujući broj i vrstu zaposlenika, itd.,
- procjene nominalnih troškova (cijene iz 2018. u eurima) za razvijene scenarije zbrinjavanja / odlaganja RAO-a i ING-a Nuklearne elektrane Krško. Nominalni troškovi trebaju se posebno diskontirati za Hrvatsku i Sloveniju.

Zajednička rješenja za zbrinjavanje i odlaganje RAO-a i ING-a ograničena su i određena nacionalnim strategijama zbrinjavanja RAO-a i ING-a u Hrvatskoj i Sloveniji te nacionalnim zakonodavstvom koje je u objema zemljama usklađeno s mjerodavnim direktivama EU-a. Hrvatska nacionalna strategija za zbrinjavanje RAO-a, iskorištenih izvora i ING-a odobrena je u Hrvatskom saboru 2014. godine (18), a Nacionalni program provedbe strategije odobrila je Hrvatska vlada 2018. (19). Slovenska je Vlada u ožujku 2016. nakon postupka javne rasprava usvojila Drugi nacionalni program zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva za razdoblje 2016. – 2025. koji je zatim odobrio slovenski parlament Odlukom iz travnja 2016. (20) godine.

Zbog odobrenog produljenja životnog vijeka NE Krško i u skladu s projektnim zadatkom i nacionalnim strategijama zbrinjavanja RAO-a i ING-a, u ovoj se reviziji razmatra samo jedna inačica razgradnje i zbrinjavanja RAO-a i ING-a prema kojoj NE Krško prestaje s radom 2043. godine. Zbog trenutnog nedostatka odluka u ovoj se reviziji ne uzimaju u obzir neki aspekti kojima bi se mogla optimizirati strategija za RAO i ING te povezane procjene troškova kao što je moguće produljenje životnog vijeka NE Krško za više od 60 godina ili mogućnost izgradnje drugog bloka elektrane Krško. Prema Međudržavnoj agenciji za atomsku energiju (*International Atomic Energy Agency, IAEA*) i američkoj Nuklearnoj regulatornoj komisiji (*Nuclear Regulatory Commission, NRC*) (21), (22) mnogi operateri elektrana u Sjedinjenim Američkim Državama traže obnovu licencije. Tako se izbjegava manjak opskrbe i državi pomaže smanjiti emisije ugljika. Zahvaljujući produljenom radu odgodit će se proizvodnja otpada iz razgradnje i produljit će se raspoloživo razdoblje za prikupljanje sredstava za

podmirenje troškova razgradnje. Osim toga, godine dodatne proizvodnje električne energije smanjit će troškove zbrinjavanja otpada i razgradnje po jedinici proizvedene električne energije (23).

Nadalje, razvojem novih tehnologija za zbrinjavanje RAO-a i ING-a i uspostavljanjem dijeljenih ili višenacionalnih objekata za zbrinjavanje RAO-a i ING-a sveukupni troškovi mogli bi se dodatno optimizirati.

Prema projektnom zadatku i u svrhu analize troškova, ING i VRAO koji nastaju razgradnjom zbrinjavaju se i odlažu zajedno, prvo u suhom skladištu ING-a na lokaciji NEK, a zatim se odlažu u zajedničko odlagalište. Na temelju postojećega Međudržavnog ugovora i zaključaka sa 10. sjednice Međudržavnog povjerenstva, održane u srpnju 2015., postrojenjem suhog skladišta ING-a može se upravljati isključivo na lokaciji NE Krško u okviru NEK sve do završetka rada elektrane (2043. godine za skladištenje slovenskog i hrvatskog dijela ING-a). Daljnji rad suhog skladišta ING-a na lokaciji NE Krško podliježe dodatnim pregovorima i mogućem novom ugovoru između slovenske i hrvatske vlade.

NSRAO koji nastaje radom i razgradnjom NE Krško zbrinjava se i odlaže zasebno. Obje strane dijele i preuzimaju NSRAO koji se zatim zbrinjava i odlaže u nacionalna skladišta / odlagališta. Izuzetak je radioaktivni otpad iz razgradnje suhog skladišta ING-a koji će nastati nakon obustave rada nacionalnih odlagališta NSRAO-a i odložit će se u zajedničko odlagalište VRAO-a. Podjela postojećega operativnog NSRAO-a u skladištu NE Krško te njegovo preuzimanje i uklanjanje s lokacije NE Krško započet će 2023. kao što je utvrđeno u članku 10. Međudržavnog ugovora.

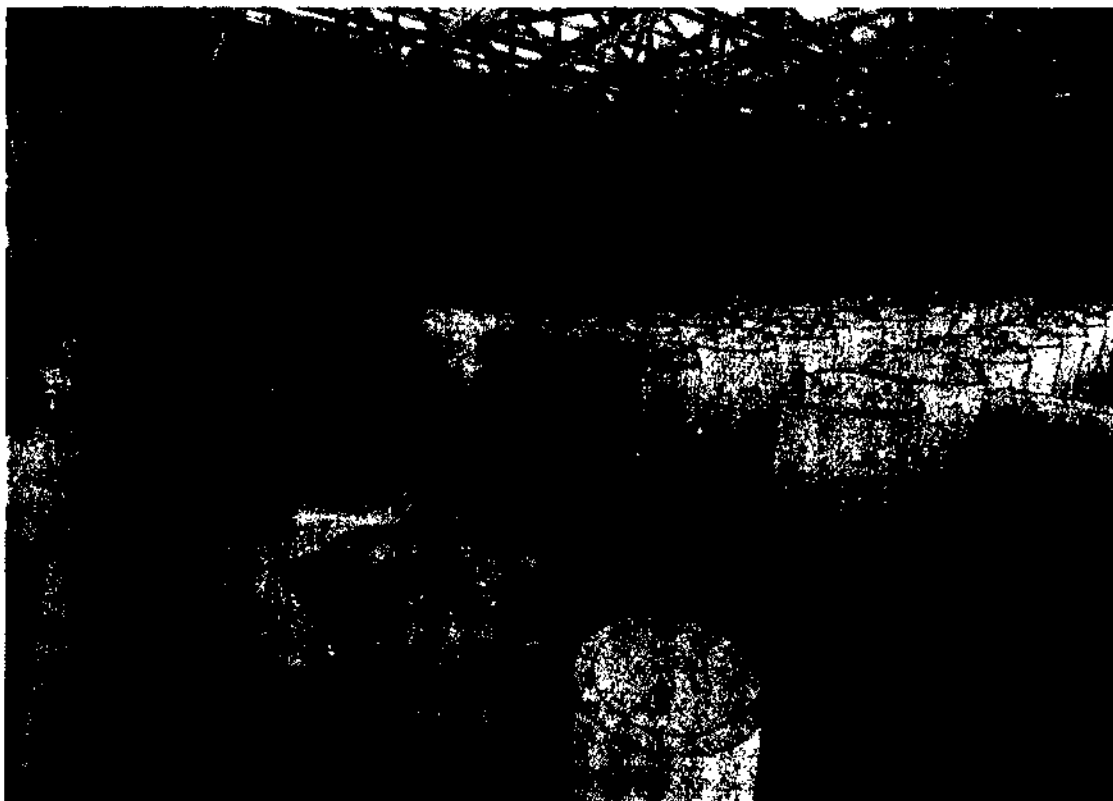
3.3 Zbrinjavanje istrošenog goriva i visokoaktivnog otpada NEK

Krajem 2017. u bazenu za istrošeno nuklearno gorivo na lokaciji NE Krško bilo je pohranjeno 1.210 istrošenih gorivnih elemenata, u koje se ubrajaju i dva kontejnera s gorivnim šipkama iz rekonstitucije goriva (24). Konačna obustava rada reaktora NE Krško predviđena je za 2043. godinu. Prema konzervativnim procjenama po prestanku rada, 2043. godine bit će manje od 2.500 istrošenih gorivnih elemenata. Tijekom razgradnje NE Krško proizvest će se i 82,1 t visokoradioaktivnog otpada (VRAO) (25). Taj VRAO predstavlja aktivirani materijal koji uglavnom nastaje u sustavima instrumentacije u jezgri, nuklearne instrumentacije te kontrole i pozicioniranja šipki. Trenutno se istrošeni gorivni elementi pohranjuju u bazen za istrošeno gorivo.

3.3.1 Zbrinjavanje i skladištenje istrošenoga nuklearnog goriva prije odlaganja

Na 10. sjednici u srpnju 2015. Međudržavno povjerenstvo odlučilo je da je izgradnja suhog skladišta istrošenoga goriva (SSIG) na lokaciji Nuklearne elektrane Krško koje će se upotrebljavati do prestanka rada elektrane dio zajedničkog rješenja za odlaganje ING-a i u skladu s člankom 10. Međudržavnog ugovora. SSIG je dio Programa nadogradnje sigurnosti NE Krško te će unaprijediti nuklearnu sigurnost s obzirom na to da je pasivan i će smanjiti broj gorivnih elemenata u bazenu za ING.

Troškovi projekta SSIG koji uključuje ulaganje u izgradnju, rad, premještanje ING-a iz bazena za mokro skladištenje u zgradu suhog skladišta (DSB) i troškove spremnika za skladištenje ING-a do prestanka rada elektrane trebaju se podmiriti i uključiti u operativne troškove NEK (Slika 1). Izgradnja suhog skladišta na lokaciji NE Krško planira se za 2020. Prva kampanja premještanja iz bazena za istrošeno gorivo u postrojenje za suho skladištenje očekuje se 2021. U okviru strategije Treće revizije Programa razgradnje NEK pretpostavlja se da će SSIG biti aktivan najmanje 60 godina nakon završetka rada NEK (12).



Slika 1 Poprečni presjek zgrade suhog skladišta ING-a (SSIG)

SSIG će se temeljiti na sustavu suhog skladištenja HI-STORM FW proizvođača Holtec International. Sustav HI-STORM FW predviđen je za pružanje fizičke zaštite ING-a, zaštite od zračenja te za pasivno uklanjanje topline i učinkovito hlađenje prirodnom konvekcijom tijekom privremenog skladištenja. U ovom se sustavu istrošeno gorivo pohranjuje u višenamjenski kontejner (MPC) te se ulaže u HI-STORM spremnik (natpaketa). Na lokaciji NE Krško, u zgradi suhog skladišta (DSB) nalazi se betonski oslonac za skladištenje HI-STORM natpaketa. Betonski oslonac u DSB-u je ploča od armiranog betona približnih dimenzija 47 x 69 m i debljine od otprilike 1,75 m. Glavna funkcija betonskog oslonca je skladištenje HI-STORM natpaketa u seizmički stabilnom i izoliranom području koje može podnijeti sva moguća strukturna i seizmička opterećenja povezana s dugoročnim skladištenjem. Na betonski oslonac može se pohraniti do 70 HI-STORM natpaketa, a u svaku od njih može se staviti do 37 gorivnih elemenata uz maksimalni kapacitet od 2.590 gorivnih elemenata (26).

3.3.2 Odlaganje istrošenoga nuklearnog goriva i visokoaktivnog otpada

SSIG u NE Krško upotrebljavat će se za skladištenje sveg ING-a i VRAO-a koji nastaje u nuklearnoj elektrani sve do izgradnje dubokoga geološkog odlagališta (DGO). Razdoblje skladištenja određuje se s obzirom na hlađenje ING-a i optimalno punjenje spremnika za odlaganje u dvama scenarijima: razdoblje skladištenja od 60 godina nakon obustave rada NE Krško, tj. do 2103. godine kao optimalno rješenje i razdoblje skladištenja od 32 godine nakon obustave rada NE Krško, tj. do 2075. godine (alternativno rješenje). Planira se cestovni prijevoz ING-a od suhog skladišta do odlagališta. U oba slučaja sve potrebne aktivnosti za lociranje, izgradnju i licenciranje te rad DGO bile bi jednake, a rad DGO bi trajao samo 10 godina (25).

Koncept odlaganja slijedi švedski model odlaganja SKB KBS-3V i na lokaciji odlagališta uključuje sve konstrukcije, sustave i komponente potrebne za rad odlagališta kao samostalnog nuklearnog

postrojenja. Zbog uvjeta rada i potrebnih mjera fizičke zaštite cijelo će se područje odlagališta podijeliti na četiri dijela: neograđeno područje s pomoćnim zgradama i sustavima, industrijsko područje s ogradom za industrijsku fizičku zaštitu (uključujući urede, proizvodne objekte i radionice), nadzemno tehnološko područje s ogradama za radiološku i nuklearnu zaštitu (s postrojenjem za pakiranje, servisnim zgradama i pomoćnim sustavima) i podzemne objekte (pristupna rampa i tuneli, servisno područje i odlagališni tuneli s bušotinama za odlaganje) (25).

Postrojenje za pakiranje dio je koncepta odlaganja u obama osnovnim scenarijima i predviđeno je na lokaciji odlagališta. Postrojenje će sadržavati jedinice za prihvrat transportnih kontejnera s ING-om, za pakiranje ING-a u bakrene odlagališne spremnike, uključujući područje za rukovanje, za otpremu i prijevoz spremnika do podzemnih objekata za odlaganje, jedinicu za obradu i pakiranje NSRAO-a, poslovnu zgradu, trgovinu te pomoćne objekte i sustave.

Prema predloženom konceptu, postrojenje za pakiranje ima kapacitet za pakiranje 60 spremnika godišnje, što je dostatno za sav ING nastao u operativnom razdoblju. Nakon završetka pakiranja postrojenje će se razgraditi, a radioaktivni otpad koji nastane razgradnjom odložit će se u odlagalištu. Predviđeno razdoblje rada postrojenja za pakiranje je 10 godina nakon godine dana pokusnog rada. Rad postrojenja završava kada i rad odlagališta.

Istrošeno gorivo pakirat će se prema švedskom konceptu. Gorivni elementi umetnut će se u velike bakrene spremnike i zabrtviti. Njihova je glavna funkcija izolirati istrošene gorivne elemente iz okoliša. Spremnik je cilindar promjera od otprilike 1 m i visine 4,7 m s antikorozivnim bakrenim plaštem debljine 5 cm. Iznutra je ojačan umetkom od lijevanog željeza u koji se mogu postaviti četiri gorivna elementa tipa PWR. Taj umetak služi kao komponenta za prijenos tlačnih opterećenja. Nakon postavljanja istrošenih gorivnih elemenata u spremnik, poklopac spremnika brtvi se strojem za zavarivanje elektronskim snopom. Težina spremnika napunjenog ING-om bit će približno 25 t.

Podzemni dio odlagališta nalazi se na dubini od 500 m ispod razine tla. Alternativno se razmatra i dubina od 800 m. Sastoji se od dva područja: središnjeg servisnog područja i područja za odlaganje. Postoji nekoliko načina za pristup podzemnoj razini: kroz servisno okno za osoblje, spiralnom rampom za otpad i drugi teret (s polumjerom krivulje od najmanje 15 m da bi se omogućio pristup dugim vozilima i nagibom od 10 %) ili, kao alternativa, kroz okomito pristupno okno promjera 8,0 m. Rampa je dugačka 5 km (ili 8 km), široka 7 m i visoka 7 m. Servisno okno ima promjer od 5 m. Sadržava dva dizala (kabine). Glavna kabina upotrebljavat će se za prijevoz osoblja i lagane opreme. Mala kabina upotrebljavat će se u hitnim slučajevima za spašavanje osoblja. Obje kabine mogu se upotrebljavati za provjeru okna. Servisno okno upotrebljava se i u okviru sustava ventilacije. Odlagalište je opremljeno ventilacijskim oknom širokim 3 m koje može poslužiti i kao izlaz u nuždi.

Od 571 bušotine za odlaganje potrebne za prihvrat svih spremnika za gorivo, za početak rada potrebno ih je samo nekoliko desetaka. Ostale će se izbušiti prema potrebi smještanja otpada (25).

Dugoživući institucionalni NSRAO, VRAO iz razgradnje i dugoživući NSRAO iz NE Krško, VRAO i drugi RAO iz razgradnje SSIG-a, dugoživući NSRAO i mogući VRAO nastao radom i razgradnjom geološkog odlagališta i postrojenja za pakiranje odložit će se u jedno od napuštenih kazetnih odlagališta u servisnom području. Druga je mogućnost iskopati posebnu prostoriju odlagališta otprilike 70 m iznad poprečnog tunela.

Zatvaranje geološkog odlagališta započet će popunjavanjem podzemnih tunela i područja za odlaganje. Tuneli za odlaganje zabrtvit će se betonskim čepom debljine od 6 m. Pretpostavlja se da će faza razgradnje trajati 5 godina, a faza zatvaranja 2 godine.

Izgradnja geološkog odlagališta započet će 6 godina prije početka redovnog rada. Započet će izgradnjom pomoćnih nadzemnih konstrukcija, a potom postrojenja za pakiranje te podzemnih konstrukcija. Izgradnja podzemnih konstrukcija trajat će 5 godina (25).

Troškovi uspostavljanja DGO-a u Hrvatskoj i Sloveniji procijenjeni su u osnovnom scenariju. PDV (porez na dodanu vrijednost) primjenjuje se u skladu sa slovenskim i hrvatskim poreznim propisima (27), (28) koji su bili na snazi 2018. godine. Naknade lokalnim zajednicama određene su na temelju prijedloga izmjene slovenske Uredbe (29), (30).

Osim toga, analizirale su se mogućnosti i druga rješenja, npr. post-operativni monitoring tijekom 50 godina, pakiranje u regionalnom postrojenju za pakiranje i odlaganje u višenacionalno odlagalište te nekoliko alternativnih mogućnosti osnovne izvedbe.

3.4 Zbrinjavanje nisko i srednje aktivnog otpada NEK

3.4.1 Inventar NSRAO-a

Ukupna količina NSRAO-a koju će podijeliti Hrvatska i Slovenija prikazana je u sljedećoj tablici (Tablica 7) na temelju inventara skladišta NE Krško i procjena budućih količina NSRAO-a koji će nastati radom NE Krško i razgradnjom postrojenja. RAO koji nastaje razgradnjom postrojenja SSIG-a odložiti će se u zajedničko duboko geološko odlagalište (DGO), jer će u razdoblju razgradnje oba nacionalna odlagališta NSRAO-a već biti zatvorena.

Tablica 7 Ukupne količine⁽¹⁾ NSRAO-a koje će podijeliti Hrvatska i Slovenija

Period	Vrsta projekta	Tip projekta	Hrvatska	Slovenija	Ukupno	Opis
1983. – 2018.	Operativni	Inventar	4.877,4	2.294,9	$5,98 \times 10^{13}$	Na lokaciji nema objekta za zbrinjavanje otpada ⁽³⁾ . Hrvatska polovica: prijevoz i obrada s kondicioniranjem u RCC kontejnerima u trećoj zemlji.
2018. – 2023.		Procjena	264,0	163,4	$1,44 \times 10^{13}$	Slovenska polovica: prijevoz i obrada s kondicioniranjem u N2d kontejnerima u Sloveniji
2024. – 2043.			883,7	546,6	$4,33 \times 10^{13}$	Na lokaciji nema objekta za zbrinjavanje otpada ⁽⁴⁾ . (31) Hrvatska polovica: prijevoz i obrada s kondicioniranjem u RCC kontejnerima u trećoj zemlji. Slovenska polovica: prijevoz i obrada s kondicioniranjem u N2d kontejnerima u Sloveniji
2043. – 2058.	Razgradnja	Procjena	2.860,0	2.842,0	$4,93 \times 10^{12}$	Na lokaciji postoji objekt za zbrinjavanje otpada ⁽³⁾ . Obrada i kondicioniranje u N2d i RCC kontejnerima u skladu s planom iz Treće revizije Programa razgradnje NEK. Prijevoz u odgovarajuća odlagališta NSRAO-a u Hrvatskoj i Sloveniji nakon 2050.
2103. – 2106.			392,0	407,4	$6,7 \times 10^{11}$	Na lokaciji postoji objekt za

Razdoblje nastanka NSRAO-a	Vrsta NSRAO-a	Ukupni podatak	Masa (t)	Volumen (m ³)	Aktivnost ⁽²⁾ (Bq)	Zbrinjavanje nakon podjele i preuzimanja
						zbrinjavanje otpada ⁽³⁾ . Obrada i kondicioniranje na lokaciji NE Krško. Ovaj će se NSRAO odložiti u odlagalište za VRAO.
Ukupno			177,1	25,1	1,23×10 ¹⁴	

- (1) Prikazane su količine u skladištima NE Krško ili projekcije količina koje će nastati radom NE-a Krško nakon 2023. i njezinom razgradnjom. Konačne količine za odlaganje odredit će se na temelju tih količina i prilagoditi svakoj strani ovisno o vrsti kontejnera za odlaganje.
- (2) Prikazane su nominalne aktivnosti. Radi se o aktivnosti NSRAO-a u vrijeme stavljanja NSRAO-a u spremnike za skladištenje ili za daljnju obradu ili kondicioniranje. Budući da je većina radionuklida u NSRAO-u kratkoživuća (vrijeme poluraspada kraće je od 30 godina), aktivnost će biti znatno drugačija u vrijeme njihova odlaganja u odlagalište.
- (3) To se pretpostavlja u Šestoj reviziji Preliminarnog plana razgradnje i Trećoj reviziji Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško.
- (4) Trenutno na lokaciji NE Krško nema kapaciteta za obradu i kondicioniranje operativnog NSRAO-a. Izgradnja takvog objekta bila je planirana i pribavljena je građevinska dozvola (građevinska dozvola br. 35105-25/2014/5-01031383 TŠ, GB; 16. 6. 2014.), ali nadzorni odbor NE Krško i dalje nije odobrio ulaganje u objekt.

3.4.2 Podjela i preuzimanje

Ovaj dokument sadržava prvu analizu podjele i preuzimanja. Analizom se potvrđuje da su preuzimanje i podjela tehnički izvedivi te da nisu pretjerano zahtjevni u ekonomskom smislu, ali i da bi se trenutne okolnosti u SSIG-u i trenutna razina znanja o pakiranju otpada trebale unaprijediti.

S obzirom na kapacitet skladišta u NE-u Krško, potrebno je što prije započeti pražnjenje. S druge strane, time bi se mogla ugroziti strategija optimalnog pražnjenja. Zbog toga bi moglo biti prilično teško spojiti strategiju pražnjenja i bilo koju planiranu podjelu i preuzimanje ako se ne isplaniraju i izgrade skladište za manipulaciju i privremeno skladište za sve potrebne postupke.

Prijedlog podjele NSRAO-a pravedan je i razuman, ali iz perspektive dugoročne sigurnosti i opterećenja okoliša, sadržaj dugoživućih radionuklida u otpadu predstavlja najvažniji aspekt. Stoga podjela na temelju ukupne aktivnosti bez cjelovitog uvida u dugoživuće radionuklide i uz trenutnu razinu znanja o otpadu nije najbolji pristup. Obnovljenom karakterizacijom otpada, koja uključuje bolje određivanje teško mjerljivih radionuklida, utvrdit će se usklađenost inventara i podjele s kriterijima prihvatljivosti otpada (WAC) za dugoročno skladištenje i odlaganje, s obzirom na to da se očekuje preuzimanje paketa otpada iz NE Krško u skladu s tehničkim specifikacijama i nacionalnim kriterijima prihvatljivosti otpada (za skladištenje i/ili odlaganje).

Preuzimanje NSRAO-a iz razgradnje trajat će od 2050. do 2058. godine. Do tog razdoblja strategije se mogu drastično promijeniti (recikliranje, ponovna uporaba, slobodno otpuštanje). Umjesto određivanja broja kontejnera koji će se dijeliti, u sljedećoj inačici ovog dokumenta bolje je dogovoriti se o načelima i redovitoj reviziji promjena koje bi mogla utjecati na podjelu.

Svaka će strana zbrinjavati svoju polovicu NSRAO-a u skladu s nacionalnim strategijama i programima zbrinjavanja RAO-a (18), (19), (20).

3.4.3 Zbrinjavanje NSRAO-a u Republici Sloveniji

U slovenskoj nacionalnoj strategiji koja je uključena u ReNPRRO16-25 (20) definira se izgradnja odlagališta NSRAO-a za NSRAO iz NE Krško i odlaganje inventara NSRAO-a što je prije moguće. U strategiji se predviđaju dva scenarija: osnovni scenarij u kojemu se dopušta odlaganje isključivo polovice otpada nastalog u NE Krško i sveg slovenskog NSRAO-a koji nije nastao u NE Krško te dodatni scenarij prema kojemu se Slovenija i Hrvatska dogovaraju o zajedničkom odlaganju NSRAO-a u skladu s Međudržavnim ugovorom. U dodatnom scenariju predviđa se odlaganje NSRAO otpada iz NE Krško i sveg slovenskog NSRAO-a koji ne potječe iz NE Krško.

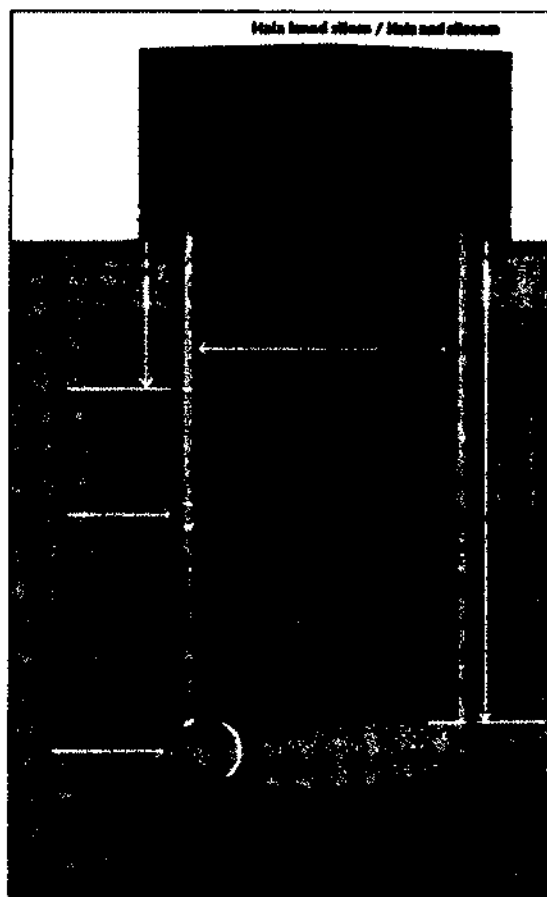
Prema osnovnom scenariju odlaganje se predviđa u dvjema fazama: u prvoj će se fazi od 2020. do 2025. trenutno uskladišteni operativni NSRAO odlagati zajedno s drugim izvorima, a u drugoj fazi od 2050. do 2061. odlagat će se ostatak operativnog NSRAO-a zajedno s NSRAO-om iz razgradnje pri zatvaranju odlagališta. NSRAO iz drugih izvora odnosi se na NSRAO koji ispunjava kriterije prihvatljivosti otpada za odlaganje, ali potječe iz Središnjeg skladišta radioaktivnog otpada u Brinju i njegove razgradnje i iz razgradnje istraživačkog reaktora TRIGA. Od 2025. do 2050. odlagalište će biti u režimu privremenog mirovanja. Odlagalište će se izgraditi u tri godine, a nakon toga se predviđa najviše dvije godine pokusnog rada. Odlagalište će se zatvoriti 2062. i započet će dugoročni monitoring i održavanje.

U prosincu 2009. Vlada Republike Slovenije usvojila je Uredbu o nacionalnom prostornom planu odlagališta NSRAO-a u Vrbini u općini Krško (32). Usvajanjem Uredbe određen je koncept odlaganja s odlaganjem u silose. Silos se gradi s površine, ali se postavlja u slojeve mulja niske propusnosti u zasićenoj zoni ispod razine podzemnih voda. U okviru tog koncepta objedinjuju se svojstva površinskih odlagališta (odlaganje na površini) i svojstva podzemnih odlagališta (postavljanje jedinica za odlaganje u zasićene geološke formacije niske propusnosti). Zahvaljujući lokaciji i izvedbi odlagališta, moguće je povećanje kapaciteta odlagališta dodatnim silosima. Planira se kapacitet odlaganja od 9.400 m³ radioaktivnog otpada nastalog u Sloveniji. Odlagalište NSRAO-a uključuje sve konstrukcije, sustave i komponente potrebne za rad samostalnog nuklearnog postrojenja (33).

Silos se izvodi kao cilindrična konstrukcija od armiranog betona s unutarnjim promjerom od 27,3 m. Sastav stjenke silosa uključuje primarnu oblogu od 1,2 m i sekundarnu oblogu, a njihova zajednička debljina iznosi 2,2 m. Prva razina kontejnera u silosu odlaže se na dubinu od 49,2 m. Unutar silosa nalazi se okomiti komunikacijski kanal u obliku okna. Središnji dio komunikacijskog kanala sastoji se od stuba i dizala, a bočni dijelovi namijenjeni su za instalacijske vodove. Komunikacijski kanal završava kao ulazni objekt u dvorani iznad silosa.

Na neto površinu silosa može se postaviti 99 kontejnera na svakoj razini. Visina i lokacija objekta prilagođavaju se tako da se 10 razina kontejnera i planirani nepropusni sloj, tj. ploča od armiranog betona i dio sloja gline nalazi ispod razine postojećeg vodonosnika, a cijeli sloj gline nastavlja se gotovo do površine. Za okomiti komunikacijski kanal planiraju se uzdužni privremeni izlazi koji vode u unutrašnjost silosa i kojima će se olakšati pristup radnim područjima tijekom uporabe odlagališta. Kako će punjenje silosa napredovati, ti će se izlazi postupno prestati upotrebljavati/puniti betonom (35).

Otpad će se odlagati u metalne bačve koje će se postaviti u betonske kontejnere i puniti žbukom na vrhu (20).



Slika 2 Prikaz koncepta izvedbe silosa (34)

Kao natpaket za NSRAO koji će se postavljati u silos upotrebljavat će se kontejner N2d (Tablica 8) koji se proizvodi od armiranog betona i predviđen je za odlaganje otpada u odlagalište NSRAO-a. Za odlaganje će se upotrebljavati isključivo taj kontejner. Za spremnik N2d izdan je RS STS (slovensko tehničko odobrenje). U konačnom položaju unutar silosa, kontejner N2d omogućuje 300 godišnju zaštitu okoliša od opasnosti koju predstavlja NSRAO.

Tablica 8 Svojstva spremnika N2d

Dimenzije (mm)	
Vanjske: širina x duljina x visina	1.950 x 1.950 x 3.300
Unutrašnje: dno/vrh	1.490/1.490 x 1.550/1.550
visina prije/nakon postavljanja poklopca	3.070/2.870
Debljina donje ploče	230
Debljina stijenke (gornje/donje)	230/220
Debljina poklopca	200
Volumen kontejnera	
Bruto obujam, vanjske dimenzije	12,28 m ³
Neto visina nakon postavljanja poklopca	6,31 m ³
Težina	
Prazni kontejner s poklopcem	14,92 t
Poklopac	1,36 t
Maksimalna dopuštena težina kontejnera	40 t

Otpad će se pripremiti za odlaganje u Nuklearnoj elektrani Krško, u kojoj će se zapakirati u tzv. konačne jedinice za pakiranje (kontejnere). Trenutno na lokaciji NE Krško nema kapaciteta za obradu i kondicioniranje operativnog NSRAO-a. Taj je kapacitet bio u planu, ali ga još nije odobrio nadzorni odbor NE Krško (31).

Postupci unošenja i zaprimanja otpada provodit će se na mjestu ulaza u odlagalište gdje će se provjeriti službena usklađenost paketa za odlaganje s kriterijima prihvatljivosti otpada za odlaganje, uključujući vizualni pregled, mjerenje površinskog zračenja i provjeru popratne dokumentacije i oznaka. Ako su svi uvjeti ispunjeni, otpad se prevozi u dvoranu iznad silosa u kojoj se svaki pojedinačni kontejner portalnom dizalicom odlaže na prethodno određeno mjesto u silosu za odlaganje (35), (36).

NE Krško osigurat će prijevoz kontejnera do odlagališta NSRAO-a (37). Prijevoz će se obavljati lokalnom cestom ili dionicom buduće regionalne ceste od Krškog do Brežica te lokalnom cestom i pristupnim putom do odlagališta NSRAO-a. Cijeli je put dugačak približno 1.200 m.

Projektna i ostala dokumentacija sastavljaju se od usvajanja Uredbe o nacionalnom prostornom planu (32). Projektna rješenja i njihov razvoj predstavljaju temelj za pripremu dokumentacije potrebne za postupke koji se odnose na procjenu utjecaja na okoliš i ishođenje građevinske dozvole.

Terenskim istraživanjima potvrđeni su preliminarni rezultati te su dobiveni potrebni ulazni podaci za izvedbu odlagališta i analizu sigurnosti. Većina glavnih terenskih istraživanja provedena je na mikrolokaciji prvog silosa za odlaganje. Analize sigurnosti usklađene su s razvojem projektnih rješenja. Dokumentacija o idejnom rješenju (34) pripremljena je 2016. na temelju projektne dokumentacije za ishođenje građevinske dozvole i uz optimizaciju projektnih rješenja (uvođenje perioda mirovanja, optimizacija tehnologije za odlaganje, optimizacija obrade i kondicioniranja) te predstavlja sastavni dio zahtjeva za ishođenje okolišne dozvole. Priprema se i dokumentacija Idejnog projekta, koja je u završnoj fazi revizije.

Pripremljena je projektna dokumentacija za potrebe procjene utjecaja odlagališta na okoliš kao i referentna dokumentacija za nacrt Sigurnosnog izvješća u skladu s uputama iz Praktičnih smjernica Slovenske uprave za nuklearnu sigurnost (SNSA), (33). U sklopu postupka ishođenja suglasnosti za okoliš, u travnju 2019. SNSA je izdala preliminarnu suglasnost za radiološku i nuklearnu sigurnost u nuklearnom postrojenju (38). Za potrebe ishođenja građevinske dozvole za izgradnju odlagališta NSRAO-a projektna dokumentacija će se dovršiti i finalizirati na temelju recenzije vanjskih stručnjaka u skladu sa zahtjevima iz ZVISJV-1 (39), a treba provesti i postupak procjene prekograničnog utjecaja na okoliš i izdavanja okolišne dozvole.

Izgradnja i rad odlagališta financirat će se iz slovenskog Fonda za financiranje razgradnje Nuklearne elektrane Krško i odlaganja radioaktivnog otpada Nuklearne elektrane Krško (Sklad NEK) i proporcionalno iz državnog proračuna za radioaktivni otpad koji ne potječe iz NE Krško.

Na temelju predstavljene tehnološkog idejnog rješenja i scenarija utvrđenih u nacionalnoj strategiji procijenjeni su troškovi zbrinjavanja NSRAO-a, uključujući troškove ulaganja za izgradnju svih potrebnih objekata. Uračunati su i odgovarajući nepredviđeni troškovi. PDV je izračunat u skladu s nacionalnim propisima.

U lipnju 2019. na 36. sjednici, Vlada Republike Slovenije potvrdila je izvješće o međuresorskoj radnoj skupini koja je ispitala sustav isplate naknada za ograničeno korištenje zemljišta na prostoru odlagališta NSRAO-a. U skladu s Vladinim dokumentima, Ministarstvo okoliša i prostornog planiranja

treba pripremiti izmjene Uredbe o kriterijima za određivanje naknade za ograničeno korištenje prostora i mjera intervencije u područjima nuklearnih postrojenja (29) i podnijeti ih Vladi Republike Slovenije radi potvrde. Trošak naknade u ovoj reviziji temelji se na nacrtu prijedloga Uredbe i uključuje se prema odluci koju je Koordinacijski odbor za provedbu projekta donio na 19. sastanku. Svi izmijenjeni troškovi naknade pripremljeni su u ovom dokumentu u skladu s prezentacijom s tog sastanka.

3.4.4 Zbrinjavanje NSRAO-a u Republici Hrvatskoj

Dana 17. listopada 2014. Hrvatski je sabor donio *Strategiju zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva* (Strategija). U Strategiji se utvrđuju osnovni ciljevi i smjernice za zbrinjavanje institucionalnog radioaktivnog otpada (IRAO-a) proizvedenog u Hrvatskoj, iskorištenih izvora, NSRAO-a i ING-a iz NE Krško te za sanaciju lokacija na kojima se nalaze prirodni radioaktivni materijali.

Ciljevi utvrđeni u Strategiji uključuju uspostavljanje dugoročnog skladišta, a zatim i odlagališta IRAO-a, iskorištenih izvora i NSRAO-a iz Nuklearne elektrane Krško. Radi ispunjavanja tih ciljeva u Strategiji se navode opće smjernice o zakonodavnom okviru, odgovornostima, financiranju, ljudskim resursima i sudjelovanju javnosti. Osim toga, što se tiče zbrinjavanja RAO-a, u Strategiji se nudi službeno tumačenje ključnih članaka Međudržavnog ugovora u vezi s NSRAO-om i ING-om (članci 10 i 11.).

Nakon usvajanja Strategije, 18. studenoga 2018. Vlada Republike Hrvatske usvojila je *Nacionalni program provedbe Strategije (program za razdoblje do 2025. godine s pogledom do 2060. godine)*. U Nacionalnom programu određuju se datumi za dva cilja navedena u Strategiji za razdoblje do 2025. godine: uspostavljanje središnjeg nacionalnog skladišta za IRAO i iskorištene izvore te uspostava dugoročnog skladišta za NSRAO iz Nuklearne elektrane Krško. Dugoročno skladište NSRAO-a iz NE Krško planirano je za razdoblje od 40 godina. Budući da se uspostavljanje dugoročnog skladišta za NSRAO predviđa 2023. godine, uspostavljanje odlagališta za NSRAO nije potrebno prije 2051. Stoga se radnje povezane s odabirom i karakterizacijom te potvrdom lokacije odlagališta ne planiraju u sljedećih 10 godina, unutar raspona ovog Nacionalnog programa.

U Strategiji se predviđa uspostavljanje posebnog Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada (CZRAO). Preferentna lokacija CZRAO-a je Čerkezovac, lokacija vojnog logističkog kompleksa za koji je izgledno da ga vojska neće upotrebljavati u budućnosti. Čerkezovac je smješten u općini Dvor na južnim padinama masiva Trgovske gore.

Tablica 9 Osnovni tehnički podaci i svojstva RCC kontejnera

	Vrijednost/karakteristika
Oblik i vanjske dimenzije	kocka, 1,7 x 1,7 x 1,7 m
Unutarnje dimenzije	1,43 x 1,45 x 1,45 m
Masa NSRAO-a koja se može postaviti u kontejner	~ 5000 kg
Masa betonskog kontejnera	do 7500 kg
Maksimalna masa RCC kontejnera napunjenih otpadom	15.000 kg
Korisni volumen	2,85 m ³
Trajanje	300 godina
Armatura	Čelična armatura
Mogućnost slaganja	3 sloja
Prijevoz	Prikladno za prijevoz

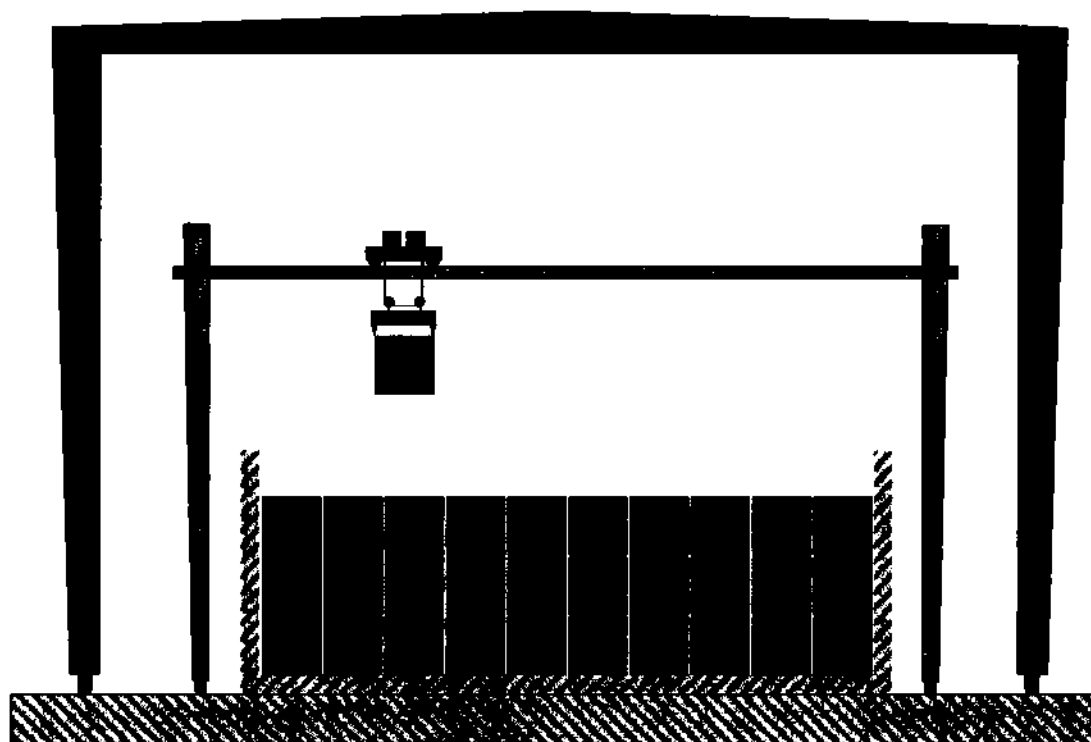
Scenarij zbrinjavanja NSRAO-a Nuklearne elektrane Krško osmišljen je i financijski optimiziran na temelju Strategije i Nacionalnog programa, pri čemu su uzeti u obzir hrvatski propisi, najbolje sigurnosne prakse i međunarodne preporuke. Nakon preuzimanja iz skladišta u Nuklearnoj elektrani Krško, NSRAO će se obraditi i kondicionirati u prikladni oblik za daljnje postupke u namjenskom postrojenju za zbrinjavanje otpada. Hrvatska polovica NSRAO-a kondicionirat će se pakiranjem u betonske kontejnere. Kontejneri će se pohraniti u dugoročno skladište (koje će početi raditi 2023. godine), a kasnije će se odlagati u odgovarajuće odlagalište NSRAO-a koje će se uspostaviti u Hrvatskoj (počinje s radom 2051. godine).

Budući da na lokaciji NE Krško neće biti postrojenja za zbrinjavanje otpada, vjerojatno ne prije početka razgradnje NE Krško, u scenariju se pretpostavlja da će se hrvatska polovica operativnog NSRAO-a obrađivati i kondicionirati u odgovarajućem postrojenju u trećoj zemlji i naknadno se prevoziti u Hrvatsku. Međutim, budući da se u *Trećoj reviziji Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško* pretpostavlja da će postrojenje za obradu i kondicioniranje raditi tijekom postupka razgradnje Nuklearne elektrane Krško, u scenariju zbrinjavanja NSRAO-a pretpostavlja se da će se hrvatska polovica NSRAO-a iz razgradnje obrađivati i kondicionirati na lokaciji i zatim prevoziti u Hrvatsku.

Za prijevoz, skladištenje i odlaganje hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško upotrebljavat će se kontejneri od armiranog betona od željeza (RCC, *Reinforced Concrete Container*) (Tablica 9).

Radi ispunjavanja obveza utvrđenih Međudržavnim ugovorom, Republika Hrvatska preuzet će hrvatsku polovicu operativnog NSRAO-a nakon podjele, u paketima u kojima se NSRAO trenutno skladišti u internom skladištu krutog radioaktivnog otpada u NEK. Operativni NSRAO zatim će se prevesti u treću zemlju, u kojoj će se obraditi i kondicionirati u RCC kontejnerima. Potrebna obrada i kondicioniranje NSRAO-a detaljno su opisani u popratnoj studiji (40). Operativni NSRAO podijelit će se u dvije pošiljke: NSRAO koji nastane do 2023. će se nakon 2023. prevesti u treću zemlju, u kojoj će se obraditi i kondicionirati u RCC kontejneru, a NSRAO koji nastane između 2024. i 2043. također će se prevesti u treću zemlju nakon 2050. godine te će se obraditi i kondicionirati u RCC kontejnerima. Međutim, prva serija RCC kontejnera s NSRAO-om prevest će se u dugoročno skladište u CZRAO-u u Hrvatskoj te će ondje ostati do otvaranja odlagališta NSRAO-a, a druga serija RCC kontejnera s NSRAO-om prevest će se izravno u odlagalište NSRAO-a u Hrvatskoj koje će početi raditi 2051. godine.

Površina skladišta bit će 1643 m^2 s dimenzijama $62,7 \times 26,2 \text{ m}$ i visinom od 12 m unutar dvorane. Moći će zaprimiti 230 RCC kontejnera u jednom sloju uz razmak između kontejnera od 0,3 m ili ukupno 690 kontejnera u trima slojevima. Dio skladišnog prostora od 373 m^2 bit će namijenjen za preglede kontejnera i za vatrogasni prilaz. U skladištu je predviđen i prostor od 396 m^2 za manipuliranje RCC kontejnerima. Taj će se prostor upotrebljavati za postavljanje kontrola mosnih dizalica, opreme za odvlaživanje zraka i vatrogasne opreme. Dio prostora bit će namijenjen pregledu prihvata RCC kontejnera ili će služiti kao rezervno skladište. Skladište će se izvesti u skladu sa zahtjevima za potresne zone područja Čerkezovca. Osnovna konstrukcija načinjena je od dijelova od armiranog betona.



Slika 3 Tehnologija odlaganja u jednoj jedinici odlagališta NSRAO-a – bočni prikaz

Uspostava odlagališta NSRAO-a za hrvatsku polovicu NE Krško započet će 2038. godine istraživanjem lokacije i pokretanjem raznih postupaka za ishođenje potrebnih dozvola u skladu s propisima, počevši od lokacijske dozvole. Planirano je ishođenje lokacijske dozvole do 2044., a građevinske do kraja 2046. godine. Odlagalište NSRAO-a bit će pripovršinskog tipa, a sadržavat će kazete od armiranog betona za postavljanje RCC kontejnera s NSRAO-om. Za potrebe ove analize, originalni dizajn društva Elektro-projekt iz Zagreba u obliku idejnog rješenja (41) prilagođen je dimenzijama RCC kontejnera (Slika 3).

U jednu betonsku ćeliju (kazetu) ili jedinicu dimenzija 19 x 24 x 7 m (š x d x v) može se postaviti 390 betonskih RCC kontejnera koji se postavljaju u formatu 10 x 13 x 3 RCC-a u odlagališnoj jedinici. Za odlaganje hrvatske polovice NSRAO-a iz NE Krško, institucionalnog RAO i iskorištenih izvora potrebne su četiri ćelije odlagališta. Većina RCC kontejnera sadržavat će NSRAO iz NE Krško, ali čuvat će se prostor i za dodatnih 98 kontejnera s IRAO-om i iskorištenim izvorima te RAO-om koji će nastati razgradnjom dugoročnog skladišta. Četiri ćelije s RCC kontejnerima zauzet će površinu dimenzija 50 x 70 m. Odlagališne jedinice izgradit će se od armiranog betona.

Na temelju predstavljene tehnološke ideje i scenarija utvrđenih u nacionalnoj strategiji procijenjeni su troškovi zbrinjavanja NSRAO-a, uključujući troškove ulaganja za uspostavu svih potrebnih objekata. Uračunati su i odgovarajući nepredviđeni troškovi. PDV je izračunat u skladu s nacionalnim propisima.

3.5 Pregled troškova

Pregled troškova podijeljen je na pet kategorija: (1) troškovi investicije, (2) operativni troškovi, (3) nepredviđeni troškovi, (4) PDV i (5) nadoknada lokalnoj zajednici (NLZ).

Što se tiče suhog skladišta za ING, troškovi izgradnje dio su operativnih troškova NE-a Krško (troškovi operatera NEK). Isto vrijedi i za operativne troškove skladišta ING-a tijekom životnog vijeka NE Krško. Operativni troškovi suhog skladišta ING-a i VRAO-a nakon 2043. i troškovi razgradnje SSIG uključeni

su u Treću reviziju Programa razgradnje NE Krško. U Trećoj reviziji Programa odlaganja, razmatraju se isključivo troškovi naknade za ograničeno iskorištavanje zemljišta (NLZ).

U troškovima investicije za odlaganje ING-a prikazanim u ovom dokumentu u jednoj su stavci objedinjeni troškovi ulaganja i izgradnje odlagališta i postrojenje za pakiranje, troškovi razgradnje i zatvaranja te troškovi iznalaženja lokacije, upravljanja projektom, istraživanja i razvoja te kupnje lokacije koji se uspoređuju s operativnim troškovima koji obuhvaćaju troškove rada i održavanja postrojenja za odlaganje te nadzemnih objekata. Zbog različitog PDV-a u Sloveniji i Hrvatskoj ukupni se troškovi razlikuju u osnovnom scenariju (slovenski PDV za odlagalište u Sloveniji iznosi 22 % u usporedbi s hrvatskim PDV-om od 25 % za odlagalište u Hrvatskoj).

U pregled troškova uključeni su optimizirani troškovi podjele i preuzimanja NSRAO-a, npr. troškovi uz pretpostavku da će ARAO i osoblje Fonda aktivno sudjelovati u podjeli i preuzimanju.

Različiti prikazi troškova zbrinjavanja NSRAO-a u Sloveniji i Hrvatskoj ujednačeni su preraspodjelom troškova u pet sličnih kategorija. To je učinjeno tako da je za Sloveniju uračunat isključivo trošak koji snosi Sklad NEK, a za Hrvatsku je uzeta u obzir pretpostavka da su troškovi obrade, kondicioniranja i prijevoza dio troškova ulaganja.

Pregled troškova prikazan je u sljedećoj tablici (Tablica 10). Troškovi su zaokruženi na milijune eura u 2018. godini.

Tablica 10 Ukupni troškovi zbrinjavanja ING-a i NSRAO-a NE-a Krško

Troškovi u milijunima eura 2018.	Investicija	Operativni troškovi	Upravljanje projektom	Istraživanja i razvoj	Ukupno	Ukupno
Suho skladište IG-a	-	-	-	-	37,12	37,12
Odlaganje ING-a SLO	405,07	240,47	193,67	171,53	126,12	1.136,86
HR	405,07	240,47	193,67	194,92	126,12	1.160,25
Podjela i preuzimanje	-	0,24	-	-	-	0,24
Zbrinjavanje ½ NSRAO-a u Sloveniji	84,89	58,00	5,56	27,38	164,47	340,30
Zbrinjavanje ½ NSRAO-a u Hrvatskoj	93,59	31,07	13,47	24,31	44,00	206,44
				UKUPNO DGO u SLO		1.720,96
				UKUPNO DGO u HR		1.744,35

Napomena: Stavke "UKUPNO DGO u SLO" i "UKUPNO DGO u HR" predstavljaju ukupne troškove 3. rev. PO-a uz pretpostavku da se Duboko geološko odlagalište ING-a i VRAO-a (DGO) nalazi u Sloveniji, odnosno u Hrvatskoj.

3.6 Zaključci Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK

Zbrinjavanje i skladištenje istrošenog ING-a i VRAO-a prije odlaganja

- a) U skladu s novim nacionalnim propisima u Sloveniji i Hrvatskoj odobrena je izgradnja suhog skladišta za istrošeno gorivo (SSIG) na lokaciji NE Krško čiji će radni vijek iznositi najmanje 60 godina uz mogućnost produljenja rada. Kapacitet SSIG-a dostatan je za skladištenje sveg planiranog inventara ING-a i VRAO-a od početka rada 2021. godine do završnog pražnjenja reaktorske jezgre 2043. godine. Osim toga, SSIG-om će se omogućiti sigurno i isplativo rješenje za skladištenje RAO-a nastalog razgradnjom NE Krško, uključujući visoko aktivirane metalne komponente. Skladište SSIG može se upotrijebiti i za skladištenje krutog i kondicioniranog NSRAO-a i VRAO-a koji nastaje potencijalnom ponovnom obradom ING-a. Osnovni i dodatni scenarij razmatraju se u odnosu na razdoblje rada i razgradnje SSIG-a.

Zbrinjavanje i odlaganje ING-a

- a) Pripremljen je referentni scenarij za odlagalište u odgovarajućoj čvrstoj stijeni. Osnovni i dodatni scenarij razmatraju se u odnosu na početak rada i razgradnje odlagališta za ING/VRAO. Razmatrale su se mogućnosti odlaganja ING-a u regionalno odlagalište i/ili uporabe regionalnog postrojenja za pakiranje. U odlagalište za ING pohranit će se i VRAO nastao razgradnjom NE Krško te dugoživi NSRAO nastao radom i razgradnjom nuklearnih postrojenja i drugim nuklearnim primjenama.
- b) Lokacija odlagališta i dalje je generička, a pretpostavlja se da je negdje na teritoriju Slovenije i Hrvatske.
- c) Planira se cestovni prijevoz istrošenoga nuklearnog goriva do odlagališta.

Zbrinjavanje RAO-a prije odlaganja

- a) Pitanje podjele i preuzimanja u skladu sa zahtjevima Međudržavnog ugovora i projektnog zadatka za Treću reviziju Programa odlaganja RAO-a i ING-a Nuklearne elektrane Krško u ovoj se reviziji izravno obrađuje na temelju popratne studije.
- b) Stanje skladišta SKRO-a u Nuklearnoj elektrani Krško nameće potrebu da se što prije započne s pražnjenjem. S druge strane, time bi se mogla ugroziti strategija optimalnog pražnjenja. Zbog toga bi moglo biti prilično teško spojiti strategiju pražnjenja i bilo koju planiranu podjelu i preuzimanje ako se ne isplaniraju i izgrade skladište za manipulaciju i privremeno skladište za sve potrebne postupke u budućnosti.
- c) Trenutni prijedlog podjele NSRAO-a pravedan je i razuman, ali iz perspektive dugoročne sigurnosti i onečišćenja, sadržaj dugoživućih radionuklida u otpadu predstavlja najvažniji aspekt. Stoga je prije podjele i preuzimanja potrebna bolja karakterizacija uskladištenog otpada radi stjecanja cjelovitog uvida u dugoživuće radionuklide, osobito teško mjerljive radionuklide.
- d) Prema popratnoj studiji postoje najmanje tri vrste (toka) otpada kojima je potrebna dodatna obrada. Te vrste otpada (visoko korozivni otpad zbog sadržaja borne kiseline, higroskopi otpad s neželjenim svojstvima bubrenja i otpad koji nije cementiran s nezadovoljavajućim udjelima šupljina) trenutno nisu dovoljno stabilizirane da bi zadovoljile zahtjeve u vezi s odlaganjem. Stoga je potrebna dodatna obrada.
- e) Obje strane planiraju kondicionirati NSRAO u različitim kontejnerima (natpaketima): Slovenija u N2d kontejnerima, a Hrvatska u RCC kontejnerima.
- f) Prije podjele i preuzimanja potrebna je dodatna karakterizacija trenutno uskladištenog NSRAO-a te obrada i kondicioniranje operativnog NSRAO-a radi pripreme otpada za stavljanje u kontejnere i ispunjavanja zahtjeva kriterija prihvatljivosti otpada za dugoročno skladištenje ili odlaganje. Budući da se u RCC kontejnere ne mogu postaviti cjevasti spremnici (TTC, *tube type container*) (većina NSRAO-a trenutno se skladišti u TTC natpaketima), za kondicioniranje hrvatske polovice operativnog NSRAO-a potrebno je ponovno pakirati (ako ne i obraditi) gotovo sav otpad.
- g) Postrojenje za obradu i kondicioniranje nije predviđeno u planu za odlagalište u Vrbini, a niti u planu za CZRAO-a. Zasad među vlasnicima NE Krško nema dogovora o ulaganju kojim bi se uspostavio potreban kapacitet za obradu i kondicioniranje u NE Krško prije završetka rada elektrane (2043. godine).
- h) U Trećoj reviziji Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško pretpostavlja se da će kapacitet za kondicioniranje (ali ne i za obradu) za dekomisijski otpad na lokaciji NE Krško biti dostupan nakon 2043. godine.

- i) Zasad Hrvatska smatra da je odgovarajuće postrojenje u trećoj zemlji jedina mogućnost za obradu i kondicioniranje operativnog NSRAO-a čije se preuzimanje prema Međudržavnom ugovoru predviđa od 2023. godine. Slovenija planira kondicioniranje NSRAO-a na lokaciji NE Krško prije odlaganja.

Zbrinjavanje i odlaganje RAO-a

- a) Slovenija i Hrvatska imaju različit raspored zbrinjavanja otpada kao i tehnologije skladištenja i odlaganja. Zbog različitih lokacija za odlaganje i odabranih tehnologija odlaganja postoje razlike i između hrvatskih preliminarnih kriterija prihvatljivosti otpada za odlaganje i slovenskih kriterija prihvatljivosti otpada za odlaganje.
- b) U ovoj su se reviziji procjene volumena operativnog NSRAO-a i NSRAO-a iz razgradnje (dekomisijki NSRAO) koji će se odlagati drastično smanjile (u *Trećoj reviziji Programa razgradnje NE-a Krško* procijenjen je volumen od 6.254,3 m³) u usporedbi s Prvom revizijom (17.599 m³ procijenjenih u *Planu razgradnje Nuklearne elektrane Krško 1996. i Prijedlogu strategije zbrinjavanja NSRAO-a*, (42)).
- c) Hrvatska je odabrala preferentnu lokaciju CZRAO-a i započela je preliminarne radove.
- d) Glavna istraživanja lokacije odlagališta Vrbina u Sloveniji završena su 2015. godine, pripremljeni su projektna dokumentacija i sigurnosna studija (*Safety case*), a u travnju 2019. Slovenska uprava za nuklearnu sigurnost izdala je preliminarno odobrenje za radiološku i nuklearnu sigurnost nuklearnog postrojenja u postupku izdavanja suglasnosti za zaštitu okoliša.
- e) S obzirom na trenutno stanje razvoja skladišta i odlagališta u objema zemljama, datumi utvrđeni u Međudržavnom ugovoru kao početak nacionalnih programa zbrinjavanja otpada iz NE Krško počevši s preuzimanjem uskladištenog operativnog NSRAO-a iz NE Krško u razdoblju 2023. – 2025., predstavljaju izazov i bit će ih vrlo teško ostvariti.

4 Popis skraćenica

3.rev. PO	Treća revizija Programa odlaganja RAO-a i ING-a NEK
3.rev. PR	Treća revizija Programa razgradnje NEK
ARAO	Agencija za radioaktivni otpad, Ljubljana, Slovenija (<i>Agencija za radioaktivne odpadke</i>)
CZRAO	Centar za zbrinjavanje radioaktivnog otpada
DGO	Duboko geološko odlagalište
Fond	Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško, Zagreb, Hrvatska
ING	Istrošeno gorivo (istrošeno nuklearno gorivo)
IRAO	institucionalni RAO
MDP	Međudržavno povjerenstvo
N2d	slovenski kontejnera za odlaganje NSRAO-a
NE	Nuklearna elektrana
NEK	Nuklearna elektrana Krško
NLZ	Nadoknada lokalnoj zajednici
NSRAO	Nisko- i srednjeradioaktivni otpad
PDV	Porez na dodanu vrijednost
RAO	Radioaktivni otpad
RCC	Kontejner za NSRAO, predviđen za skladištenje i odlaganje NSRAO-a u RH
RH	Republika Hrvatska (HR)
RS	Republika Slovenija (SLO)
SKRO	Skladište krutog radioaktivnog otpada u NEK-u
SNSA	Slovenska uprava za nuklearnu sigurnost (<i>Slovenian Nuclear Safety Administration</i>)
SSIG	Suho skladište istrošenoga goriva u NEK-u
TTC	<i>tube type container</i> - vrsta spremnika (kontejnera, natpaketa) koja se koristi za skladištenje NSRAO u SKRO
VRAO	Visokoradioaktivni otpad
WAC	Kriteriji prihvatljivosti otpada (<i>waste acceptance criteria</i>)
ZSS	Zgrada za suho skladištenje (DSB - <i>dry storage building</i>)
ZVISJV-1	<i>Zakon o varstvu pred ionizirajućimi sevanji in jedrski varnosti</i>

5 Reference

1. Hrvatski sabor. Ugovor između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju nuklearne elektrane Krško : Narodne Novine - Međudržavni ugovori. br 9/02.
2. MDP. Zajednički zapisnik 10. sjednice Međudržavnog povjerenstva za praćenje provedbe Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju NE Krško. 20. srpnja 2015.
3. APO i ARAO. *Prva revizija Programa razgradnje NEK i odlaganja NSRAO i ING.* 6/2004.
4. Hrvatski sabor. Odluka o davanju prethodne suglasnosti za potvrđivanje Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško i odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva. (*Prema hrvatskom zakonu o ratifikaciji ugovora*) : Narodne novine, 2004. br. 175/04.
5. VRH. Uredba o iznosu, roku i načinu uplate sredstava za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško. : Narodne Novine, 2008. br. 155/08.
6. Sklad NEK. Letno poročilo Sklada za financiranje razgradnje Nuklearne elektrane Krško in za odlaganje radioaktivnih odpadkov iz Nuklearne elektrane Krško za leto 2017. : Sklad NEK, 2018.
7. MDP. Zajednički zapisnik 8. sjednice Međudržavnog povjerenstva za praćenje provedbe Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju NE Krško. 2008.
8. MDP. *Zajednički zapisnik 11. sjednice Međudržavnog povjerenstva za praćenje provedbe Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju NE Krško.* 17. studenog 2017.
9. MDP. Zajednički zapisnik 12. sjednice Međudržavnog povjerenstva za praćenje provedbe Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju NE Krško. 22. siječnja 2018.
10. NIS Ingenieurgesellschaft mbH. *Development of a Site Specific Decommissioning Plan for the Krško NPP (Report No 1506/4095/1).* 1996.
11. Siempelkamp NIS GmbH. *Preliminary Decommissioning Plan for the NPP Krško (PDP), Revision 5 (Doc.No 8215/CA/F0083759/05).* 2010.
12. NIS Siempelkamp. *3rd revision of the NPP Krsko Decommissioning Program (Doc. No. : 4520 / CA / F 010640 5 / 01):* NEK, July 2019.
13. NIS, Siempelkamp. *6th Revision of the Preliminary Decommissioning Plan NPP Krško (Doc No. : 4520 / CA / F 010420 7 / 02).* 2019.
14. NIS, Siempelkamp. *Calculation of annuities for the for the Krško NPP decommissioning project (Doc.No.: 4520 / CA / F 010625 8 / 01).* 2019.
15. ARAO & FOND. Third revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program. 2019.
16. Slovenije, Vlada Republike. Zapisnik Vlade RS s 93. redne seje. 7. 10. 2004.
17. Hrvatski sabor. Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti: Narodne novine. br. 141/13, 39/15, 130/17 i 118/18.
18. Vlada Republike Hrvatske. Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva. : Narodne novine, 2014. br. 125/14.
19. Vlada RH. Nacionalni program provedbe Strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada, isko-rištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (Program za razdoblje do 2025. godine s pogledom do 2060. godine): Narodne Novine, 2018. br 100/18 (Odluka).

20. Vlada Republike Slovenije. Resolucija o nacionalnem programu ravnanja z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim gorivom za obdobje 2016–2025. (*ReNPRRO16-25*): Ur. L. RS, 2016. št. 31/16.
21. IAEA. <https://www.iaea.org/newscenter/news/going-long-term-us-nuclear-power-plants-could-extend-operating-life-to-80-years>. [Online] 2018.
22. U.S.NRC. <https://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/renewal/slr/guidance.html>. [Online]
23. OECD/NEA. *Nuclear Power Plant Life Management and Longer-term Operation*. : NEA, 2006. No. 6105.
24. SNSA. Annual Report 2017 on Radiation and Nuclear Safety in the Republic of Slovenia. 2018.
25. IBE. Reference Scenario For Geological Disposal Facility In Hard Rock With Cost Estimation For Its Implementation. *ARAO- NRVR--OX/02B*. Ljubljana : Feb 2019.
26. Holtec International. Final Safety Analysis Report on the HI-STORM FW MPC Storage System', Revision 5. *HI-2114830*. Camden : 2017.
27. Zakon o porezu na dodanu vrijednost. : Službeni list RS. 13/11, 18/11, 78/11, 38/12, 83/12, 86/14, 90/15.
28. Hrvatski sabor. Zakon o porezu na dodanu vrijednost.: Narodne novine. br. 73/13, 99/13, 148/13, 153/13, 143/14, 115/16.
29. [UV8] Decree on the Criteria for Determining the Compensation Rate due to the Restricted Use of Areas and Intervention Measures in Nuclear Facility Areas. *Uredba o kriterijima za određivanje naknade za ograničeno iskorištavanje područja i mjera intervencije u područjima nuklearnih elektrana*. : Službeni list RS. br. 92/14, 46/15 i 76/17-ZVJSJV-1.
30. Decree amending the Decree on areas of restricted use due to nuclear facilities and on the conditions for construction in these areas (UV3). *Uredba o izmjeni Uredbe o područjima ograničenog iskorištavanja zbog nuklearnih postrojenja i o uvjetima izgradnje u tim područjima*. : Službeni list RS. br. 36/04, 103/06, 92/14 i 76/17-ZVJSJV-1.
31. NEK. Opredelelitev NEK do možnosti priprave NSRAO na odlaganje v NEK. *dopis št. ING.DOV-319.18/6243*. rujan 2018.
32. Vlada Republike Slovenije. Uredba o državnem prostorskem načrtu za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov na lokaciji Vrbina v občini Krško. : Uradni list RS, 2009. št. 114/2009 in 50/2012. .
33. SNSA. Praktične smernice - Vsebina varnostnega poročila za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov. 2012.
34. IBE. Odlagališče NSRAO Vrbina, Krško - Idejna zasnova, Rev. C. 2016.
35. Konzorcij EISFI (ENCO, INTERA, STUDSVIK, FACILIA, IRGO). Safety Analysis and Waste Acceptance Criteria Preparation for Low and Intermediate Level Waste Repository in Slovenia - General overview of Safety Assessment Report. 2012.
36. ARAO. Osnutek Varnostnega poročila za odlagališče NSRAO Vrbina, Krško, Revizija 5. 2019.
37. IBE. Odlagališče NSRAO Vrbina, Krško, Investicijski program, Rev. C. 2013.
38. SNSA (URSVJ). Osnutek predhodnega soglasja o jedrski in sevalni varnosti. april 2019. št. 354-1/2017/21.
39. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVJSJV-1): Uradni list RS, 2017. št. 76/17, 26/19.
40. Javys. Treatment and Conditioning of Radioactive Waste from Krško NPP at The Javys Treatment Facilities. Feasibility Study. 2016.
41. Elektroprojekt. Odlagališče nisko i srednje radioaktivnog otpada - površinski tip. Idejno rješenje. Zagreb : studeni 1994.
42. ARAO. Proposed Strategy of LILW Management. 2000.