



FUND FOR FINANCING
THE DECOMMISSIONING
OF THE KRŠKO NPP

Fond za financiranje razgradnje NEK
Ulica Vjekoslava Heinzela 70A, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

arao

ARAO- Agencija za radioaktivni otpad
Litostrojska cesta 58a, 1000 Ljubljana, Slovenija

Četvrta revizija Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško

Inačica 0.5

prosinac 2025.

ARAO – Agencija za radioaktivni otpad, Ljubljana
Fond za financiranje razgradnje NEK, Zagreb

Naslov dokumenta	Četvrta revizija Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško
Inačica teksta	0.5
ARAO Dok. Br.	08-001-02/05/12/2025
Fond Ur. Br.	3-1/25-2-4/3
Datum	Prosinac 2025.

	Organizacija, ime osobe	Potpis
Izradili		
	Fond: Hrvoje Glamuzina	
	Fond: Andrea Rapić	
	Fond: Goran Kukmanović	
	Fond: Mirta Čanak	
	Fond: Galla Uroić	
	Fond: Nika Fulanović	
	Fond: Dino Sajko	
	ARAO: Leon Kegel	
	ARAO: Alen Polović	
Odobrili		
	Fond: Josip Lebegner, Mr.sc, Direktor	
	ARAO: Sandi Viršek, Mr.sc, Direktor	

Sadržaj

1	Sažetak	5
1.1	Uvod	5
1.2	Inventar RAO-a i ING-a	5
1.3	Zbrinjavanje ING-a/VRAO-a	6
1.4	Podjela i preuzimanje RAO-a	6
1.5	Zbrinjavanje NSRAO-a u RH	7
1.6	Odlaganje NSRAO-a u RS	8
1.7	Procjena troškova	8
1.8	Napredak i najnoviji razvoj događaja od posljednje revizije	8
2	Uvod	11
2.1	Nuklearna elektrana Krško	11
2.2	Zakonski okvir	11
2.3	Prethodne revizije	12
2.4	Ciljevi i rubni uvjeti za četvrtu reviziju (PO, rev. 4)	14
2.5	Scenariji zbrinjavanja RAO-a i ING-a razvijeni za PR, rev. 4	17
2.6	Osiguranje i kontrola kvalitete	18
2.7	Stručni pregled	18
3	Inventar radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva	19
3.1	Inventar radioaktivnog otpada	19
3.2	Inventar ING-a	28
4	Zbrinjavanje ING-a i VRAO-a	30
4.1	Zbrinjavanje i skladištenje prije odlaganja	30
4.2	RD&D Program	40
4.3	Odlaganje VRAO-a i istrošenog goriva	63
4.4	Zaključci i izazovi	82
5	Plan podjele i preuzimanja NSRAO-a	86
5.1	Podjela i preuzimanje operativnog NSRAO-a proizvedenog do 31. prosinca 2023.	87
5.2	Preuzimanje operativnog NSRAO-a proizvedenog do 31. prosinca 2023.	89
5.3	Podjela i preuzimanje operativnog NSRAO-a proizvedenog od 2024. do kraja produženog životnog vijeka ..	95
5.4	Podjela i preuzimanje dekomisijskog NSRAO-a	96
5.5	Vremenski plan podjele i preuzimanja NSRAO-a	99
6	Zbrinjavanje NSRAO-a u Hrvatskoj	100
6.1	Uvod	100
6.2	Nacionalna strategija i program	101
6.3	Inventar	102
6.4	Koncepti i planovi zbrinjavanja NSRAO-a NE Krško	103
6.5	Tehničko-tehnološka rješenja za zbrinjavanje NSRAO-a NE Krško	103
6.6	Vremenski plan zbrinjavanja hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško	111
6.7	Procjena troškova zbrinjavanja NSRAO-a	113
6.8	Analiza osjetljivosti troškova s registrom rizika	115
6.9	Usporedba s PO Rev.3	117
6.10	Utjecaj produljenog rada NE Krško na troškove zbrinjavanja NSRAO-a	117
7	Zbrinjavanje NSRAO-a u Sloveniji	120
7.1	Uvod	120
7.2	Nacionalna strategija i program	121
7.3	Inventar	122
7.4	Koncepti, planovi i tehnička rješenja	124
7.5	Vremenski plan za scenarij odlaganja slovenske polovice NSRAO-a NE Krško	131
7.6	Procjena troškova i financiranje odlagališta	135
7.7	Analiza osjetljivosti i registar rizika	144
8	Procjena troškova	149

8.1	Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško.....	149
8.2	Diskontirani troškovi.....	156
9	Zaključci i preporuke	164
9.1	Zaključci.....	164
9.2	Preporuke	165
10	Kratice.....	169
11	Popis tablica i slika	174
12	Literatura.....	178
13	Prilozi.....	183
13.1	Vremenski okvir za podjelu i preuzimanje operativnog NSRAO proizvedenog do 31. prosinca, 2023 [58]..	184

1 Sažetak

1.1 Uvod

Odredbama Međudržavnog ugovora propisano je da program razgradnje, kao i program odlaganja radioaktivnog otpada (RAO) i istrošenog nuklearnog goriva (ING), uključujući eventualne revizije, izrađuju stručne organizacije u suradnji s NEK d.o.o. (operator NE Krško). Četvrta revizija Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško (PO, rev 4), koju su izradili ARAO i Fond za financiranje razgradnje NE Krško (Fond), usklađena je s Projektnim zadatkom (PZ) odobrenim na 16. sjednici Međudržavnog povjerenstva (MDP) održanoj 4. travnja 2022. godine.

PZ definira ciljeve, opseg rada te opće, financijske i posebne granične uvjete za zbrinjavanje RAO-a i ING-a. Također navodi scenarije za procjenu troškova: osnovni scenarij (BC), koji pretpostavlja rad NE Krško do 2043. godine i rad suhog skladišta istrošenog goriva (SFDS) do 2103. godine, kao i dodatne scenarije (SC ili ELSC) za dodatno produženje rada NE Krško do 2063. godine: SC A uzima u obzir rad SFDS-a do 2103. godine, a SC B pretpostavlja rad SFDS-a do 2123. godine. Na 17. sjednici MDP-a donesena je odluka da preuzimanje nisko i srednje radioaktivnog otpada (NSRAO) nastalog radom NE Krško do kraja 2023. godine mora započeti najkasnije početkom 2028. godine.

PO, rev 4, pripremljen je na temelju stručnih potpornih studija [23, 27, 40, 41, 88], Četvrte revizije Programa razgradnje NE Krško [24], te nacionalnih projekata zbrinjavanja/odlaganja NSRAO-a.

1.2 Inventar RAO-a i ING-a

Na temelju baze podataka NSRAO-a NE Krško i procjena budućih količina RAO-a nastalih radom i razgradnjom NE Krško, u sljedećoj tablici prikazane su ukupne količine radioaktivnog otpada koje će se podijeliti između hrvatske i slovenske strane. Grupe, vrste otpada i pakiranja, zajedno s njihovim radiološkim svojstvima, opisani su u Poglavlju 3.1.

Tablica 1-1 Inventar radioaktivnog otpada NE Krško - Osnovni scenarij (prestanak rada NEK-a 2043.)

Kategorija RAO-a (razdoblje proizvodnje - osnovni scenarij, BC)	Volumen (m ³)	Masa (t)	Aktivnost* (TBq)
Operativni NSRAO (1983. – 2023.)	2.438	4.938	82,8
Operativni NSRAO (2024. – 2043.)	598	923	20,7
Dekomisijski NSRAO (2044. – 2058.)	1.473	2.682	4,8
NSRAO iz razgradnje suhog skladišta ING-a (SFDS) (2103. – 2107.)**	70	550	1,0
Ukupno NSRAO	4.579	9.093	109,0
Visoko radioaktivni otpad (VRAO) iz razgradnje (2044. – 2053.)**	18	140	24.600,0

*Za aktivnosti nije uzet u obzir radioaktivni raspad.

**Nije predmet podjele. Odložiti će se u zajedničkom dubokom geološkom odlagalištu zajedno s istrošenim nuklearnim gorivom.

U slučaju dodatnog produljenja radnog vijeka NE Krško do 2063. godine, kako je navedeno u dodatnom scenariju za produljeni životni vijek (SC), proizvest će se dodatnih 923 t operativnog NSRAO-a i dodatnih 220 t NSRAO-a nastalog razgradnjom SFDS-a, s ukupnom aktivnošću od 21,1 TBq.

U BC-u će do 2043. godine nastati ukupno 2.282 elementa ING-a koji će sadržavati 926,5 t teškog metala (tHM). U ELSC-u se očekuje dodatnih 900 gorivnih elemenata, čime će do 2063. biti ukupno 3.182 elementa ING-a, koji će sadržavati 1.292 tHM. Inventar ING-a detaljnije je opisan u Poglavlju 3.2.

1.3 Zbrinjavanje ING-a/VRAO-a

Zbrinjavanje ING-a i visokoradioaktivnog otpada (VRAO) zajednički je slovensko-hrvatski projekt: ING će se u početku skladištiti u suhom skladištu na lokaciji NE Krško, a u skladu s trenutnom strategijom kasnije će se odlagati u duboko geološko odlagalište ili u Sloveniji ili Hrvatskoj. Kao druga opcija, ako je izvedivo, ING se može odložiti u regionalno ili multinacionalno odlagalište.

Suho skladište ING-a (SFDS) u funkciji je od ožujka 2023. godine i predstavlja značajno sigurnosno unapređenje. Premještanje prvih 592 istrošenih gorivnih elemenata u postrojenje dovršeno je u rujnu 2023. godine. Sljedeća kampanja premještanja, koja uključuje dodatna 592 elementa ING-a, planirana je za 2029. godinu, a konačno premještanje preostalih do 1184 elementa predviđeno je između 2048. i 2050. godine.

Obje zemlje zajednički će provoditi aktivnosti navedene u Programu istraživanja, razvoja i demonstracija (RD&D Program), koji je prvi put razvijen u okviru Četvrte revizije (Poglavlje 4.2).

Analizirana su dva glavna koncepta izravnog zbrinjavanja ING-a i za BC i za ELSC: odlaganje u duboko geološko odlagalište (DGO) u formacijama čvrstih stijena i DGO u sedimentnim (glinovitim) formacijama. Uz DGO, u Poglavlju 4 analizirani su i alternativni koncepti zbrinjavanja ING-a u duboke bušotine (DBD), sukladno preporukama iz Treće revizije Programa odlaganja.

1.4 Podjela i preuzimanje RAO-a

U Četvrtoj reviziji razmatraju se samo podjela NSRAO-a i scenariji odvojenog zbrinjavanja za NSRAO, temeljem odluke donesene na 13. sjednici MDP-a. Za razliku od 3. revizije, gdje su moguća podjela i preuzimanje napravljeni teoretski na temelju strogih graničnih uvjeta, PO, rev. 4 predlaže optimizirani fazni pristup podjele i preuzimanja NSRAO-a proizvedenog do kraja 2023. godine. Glavni kriteriji za podjelu su ravnomjeran raspored aktivnosti, volumena i mase, iako su dopuštena određena odstupanja. Ta će se odstupanja nadoknaditi prilikom podjele otpada koji će nastati do kraja rada elektrane i tijekom njezine razgradnje. Razmotreni su i drugi rubni uvjeti, kao što je raspodjela paketa NSRAO-a u privremenom skladištu izgradi za dekontaminaciju te primjena načela ALARA prilikom vađenja, manipulacije te punjenja paketa LILW u IP2, N2d i druge spremnike, duge aktivnosti koje se provode na lokaciji elektrane i karakteristike i vrste odlagališnih paketa. Fond i ARAO će imati četiri faze preuzimanja paketa operativnog NSRAO koji je nastao do 31.12.2023. godine, kao što je opisano u Poglavlju 5.1.

ARAO i Fond preuzet će gotovo istu razinu aktivnosti, volumen i masu ali uz razliku u broju paketa otpada zbog različitih vrsta konačnih paketa otpada (Tablica 1-2).

Tablica 1-2 Sažetak predložene podjele i preuzimanja NSRAO-a [23]

NSRAO do 31. 12. 2023.	FOND				ARAO			
Grupa otpada	Br. paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq) *	Masa (t)	Br. paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq) *	Masa (t)
Koncentrati isparivača i mulj iz spremnika (EC)	818	702,7	9,28E+11	1673,51	813	702,2	9,31E+11	1672,86
Istrošene ionske smole (SIR)	456	168,6	3,23E+13	320,20	457	168,8	3,23E+13	320,28
Potrošeni filtri (SF)	66	22,3	4,23E+11	75,05	66	22,9	4,31E+11	75,22
Kompresibilni otpad (CPW)	741	285,2	1,61E+11	361,03	347	277,3	1,61E+11	344,48
Nekompresibilni otpad (NCW)	40	4,4	1,11E+08	24,77	40	4,4	1,11E+08	24,76
Specifični otpad (SW)	1	0,9	1,22E+06	0,88	11	9,5	4,01E+06	9,01
Ukupno**	2122	1184,1	3,38E+13	2455,43	1734	1185,1	3,38E+13	2446,61
Razlika	388	-1,1	-1,17E+10	8,81				
Razlika (%)		-0.0903%	-0.0347%	0.3602%				
Projekcije								
Procjena TTC-a nakon obrade (CPW)	9	8	7,71E+12	8,54	9	8	7,71E+12	8.54
Projekcija za 2024.-2043. (sve grupe otpada, TTC-i)	344	299	1,03E+13	461,32	344	299	1,03E+13	461.32
Projekcija za 2044.-2063. (sve grupe otpada, TTC-i)	344	299	1,03E+13	461,32	344	299	1,03E+13	461.32
Ukupno**	697	606	2,83E+13	931,18	697	606	2,83E+13	931.18
Sveukupno **	2475	1491	5,18E+13	2925	2087	1492	5,18E+13	2916
Osnovni scenarij (BC)								
Sveukupno **	2819	1790	6,21E+13	3387	2431	1791	6,21E+13	3378
Dodatni scenarij (SC)								
Razlika (sveukupno)	388	-1	-1,17E+10	9				
Razlika (%)		-0,0597%	-0,0189%	0,2609%				

* Aktivnost je mjerena u vrijeme nastanka paketa (nije uzet u obzir radioaktivni raspad).

** Moguće razlike u ukupnim količinama nastale su zaokruživanjem brojeva na različite decimale.

Podjela operativnog NSRAO-a nastalog od 2024. godine do prestanka rada NE Krško uključuje podjelu ocijenjenog broja paketa otpada, zajedno s pripadajućom ukupnom masom i aktivnošću po vrsti otpada (Poglavlje 5.3). Podjela otpada od razgradnje NE Krško opisana je u Poglavlju 5.4.

1.5 Zbrinjavanje NSRAO-a u RH

Dugoročna politika upravljanja hrvatskom polovicom NSRAO-a nastalog radom NE Krško uključuje skladištenje (do 40 godina) u Dugoročnom skladištu u Centru na lokaciji Čerkezovac (u pogonu 2028. godine), te potom odlaganje u pripovršinsko odlagalište (u pogonu 2051. godine). Paketi NSRAO-a će se transportirati u odgovarajuće postrojenje na obradu i kondicioniranje, gdje će se obraditi i kondicionirati u armirano-betonske spremnike (RCC), u skladu s WAC-ovima za Dugoročno skladište NSRAO-a i buduće odlagalište NSRAO-a. Operativni NSRAO proizveden između od 2024. do 2043. (odnosno do 2063.) i NSRAO iz razgradnje NE Krško bit će kondicioniran u RCC-e i odložen izravno u pripovršinsko odlagalište. Postupak odabira lokacije odlagališta NSRAO-a u Hrvatskoj započet će tek nakon uspostave Centra.

Koncepti, planovi i rješenja, uz vremenski okvir za osnovni scenarij (BC) i dodatne scenarije (ELSC), procjene troškova s analizom osjetljivosti i registar rizika analizirani su u Poglavlju 6.

1.6 Odlaganje NSRAO-a u RS

U skladu sa slovenskom politikom i strategijom, polovica NSRAO-a iz NE Krško, zajedno sa svim ostalim slovenskim NSRAO-om koji udovoljava kriterijima prihvatljivosti za odlaganje, bit će odložen u odlagalište NSRAO-a u Vrbini, koje je trenutno u izgradnji. Probni rad planiran je za kraj 2027. godine, a redoviti rad trebao bi početi 2028. godine. Odlagalište od kraja 2030. godine ulazi u privremenu fazu pripravnosti, te će se s postupcima odlaganja nastaviti 2050. godine kako bi se zbrinula polovica preostalog operativnog NSRAO-a nastalog nakon 2023. godine do zatvaranja NE Krško, kao i polovica NSRAO-a iz razgradnje.

Koncepti, planovi i rješenja, uz vremenski okvir za BC i ELSC scenarije, procjene troškova i financiranje, analiza osjetljivosti i registar rizika analizirani su u Poglavlju 7.

1.7 Procjena troškova

Ukupni nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a NE Krško u osnovnom scenariju (BC), uključujući tehničke troškove provedbe specifičnih aktivnosti, troškove naknade (poticaja) lokalnoj zajednici, nepredviđene troškove i porez na dodanu vrijednost (PDV), procijenjeni su na 2.497,69 milijuna EUR (Tablica 1-3).

Tablica 1-3 Ukupni nominalni trošak zbrinjavanja ING-a i RAO-a NE Krško po scenariju, s PDV-om

Troškovi u mil. EUR (2023.)	BC 0	SC A	SC B
RD&D program za DGO	151,16	151,16	183,35
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	1.590,40	1.859,83	1.859,83
Zbrinjavanje NSRAO-a u RH	367,52	432,32	432,32
Zbrinjavanje NSRAO-a u RS	388,60	614,38	614,38
UKUPNO	2.497,69	3.057,70	3.089,89

Kada se troškovima prikazanim u Tablica 1-3 dodaju i troškovi razgradnje NEK, kao i rada i razgradnje suhog skladišta ING-a, sveukupni troškovi iznose 3.060,17 milijuna eura za osnovni scenarij (SC 0), 3.579,36 milijuna eura za dodatni scenarij A i 3.645,27 milijuna eura za dodatni scenarij B.

Vremenska raspodjela nominalnih troškova, procjena internih stopa povrata nacionalnih fondova (na temelju neto vrijednosti imovine nacionalnog fonda na kraju 2023. godine i pretpostavljenih nepromijenjenih visina godišnjih uplata), kao i diskontirani troškovi s različitim diskontnim stopama za obje zemlje, navedeni su u Poglavlju 8.

1.8 Napredak i najnoviji razvoj događaja od posljednje revizije

U poglavlju je naveden pregled ostvarenog napretka i novonastalih okolnosti u odnosu na prethodnu reviziju Programa razgradnje NE Krško i Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško. Najvažnije razlike su u odnosu na analizirane scenarije razgradnje, revizije i optimizacije podjele i preuzimanja

NSRAO-a nastalog do kraja 2023. godine, analizu RD&D programa za DGO i nekoliko koncepata odlaganja ING-a i VRAO-a.

Scenariji razgradnje

Treća revizija Programa razgradnje NE Krško donosi plan razgradnje temeljen na strategiji brze razgradnje – trenutno rastavljanje (*immediate dismantling*) nakon konačne obustave rada reaktora 2043. godine. Ova revizija je sadržavala 2 scenarija za razgradnju – osnovni scenarij i dodatni scenarij. Osnovni scenarij koji je pretpostavljao rad suhog skladišta istrošenog goriva (SFDS) do 2103. godine, dok dodatni scenarij pretpostavljao rad SFDS do 2075. godine.

Četvrta revizija Programa razgradnje NE Krško nadovezuje se na 3. reviziju doradom i proširenjem scenarija. Uvodi četiri scenarija: dva osnovna scenarija (BC 0 i 1) i dva dodatna scenarija (SC A i B), koji se razlikuju u pogledu trajanja rada SFDS-a. Oba osnovna scenarija pretpostavljaju da će NE Krško raditi do 2043. godine, dok dodatni scenariji istražuju mogućnost produljenja rada za dodatnih 20 godina. Ključna razlika u osnovnom scenariju 1 je potencijalno uklanjanje starih parogenerators (SG) između 2026. i 2027. godine, na temelju postojeće ponude za njihov prijevoz u Sjedinjene Američke Države. Nasuprot tome, osnovni scenarij 0 i dodatni scenariji uključuju uklanjanje starih parogenerators nakon konačne obustave rada tijekom pripremnih radova za razgradnju. Nadalje, svi scenariji uključuju opciju nastavka rada zgrade za manipuliranje gorivom kao alternativu jedinici za izvlačenje goriva (RU).

Plan podjele i preuzimanja RAO-a

Preuzimanje operativnog NSRAO-a nastalog do kraja 2023. godine odgađa se za početak 2028. godine, sukladno odluci Međudržavnog povjerenstva [18].

U 3. reviziji predložena je opća podjela otpada kako bi se osiguralo da svaka država preuzme jednaku količinu NSRAO-a. Četvrta revizija predlaže optimizirani fazni pristup podjele i preuzimanja NSRAO-a proizvedenog do kraja 2023. godine, čime se osigurava da svaka zemlja dobije jednak udio mase, aktivnosti i volumena s razlikom manjom od 1 %. Uz uvjete koji reguliraju količine i aktivnosti NSRAO-a, razmotreni su i drugi rubni uvjeti, kao što je raspodjela i dostupnost paketa NSRAO-a u privremenom skladištu i ALARA načelo tijekom vađenja, rukovanja i utovara paketa NSRAO-a u IP2, N2d i druge spremnike, druge operativne aktivnosti koje se odvijaju u NEK-u te karakteristike i vrste spremnika za odlaganje. Međutim, kondicioniranje otpada u spremnicima za skladištenje i odlaganje (N2d ili RCC) na lokaciji NPP-a, kako je odobrilo Međudržavno povjerenstvo na 16. [55] i 17. sjednici [18], pokazalo se neizvedivim zbog tehničkih, regulatornih i prostornih ograničenja NEK-a [50]. Slijedom toga, Koordinacijski odbor je zatražio od ARAO-a, Fonda i NEK-a da pripreme revizije studije podjele i preuzimanja te predlože raspored preuzimanja, kao i da revidiraju Četvrtu reviziju sukladno novim dokumentima [51].

Više o kriterijima za optimiziranje podjele i preuzimanja operativnog NSRAO-a iz NE Krško piše u Poglavlju 5.

Koncepti zbrinjavanja ING-a i VRAO-a

U 3. reviziji Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško analiziran je koncept odlaganja temeljen na švedskom modelu KBS-3V. Predložena generička lokacija za zajedničko duboko geološko odlagalište (DGO) identificirana je kao formacija čvrstih stijena ili u Sloveniji ili u Hrvatskoj. U

usporedbi s 3. revizijom, trenutna revizija istražuje nekoliko dodatnih opcija za odlaganje ING-a i visokoradioaktivnog otpada (VRAO). Uz prethodno detaljno razrađen koncept KBS-3V, ispitan je i švicarski koncept odlaganja. Švicarski pristup uključuje aksijalno postavljanje spremnika unutar tunela i razmatra alternativnu vrstu matične stijene - glinu. Uz dva koncepta rudničkih odlagališta za odlaganje ING-a, ova Revizija kao alternativno rješenje također razmatra koncept odlaganja u duboke bušotine, što je posebno pogodno za zemlje s malim inventarima VRAO-a. Analiza se primarno usredotočila na razlike u troškovima izgradnje i odlaganja, kao i na tehnologiju na kojoj se temelji sam koncept.

RD&D program za DGO

Treća revizija nije razmatrala cjelovit program za ING i VRAO, jer nisu bile detaljno obuhvaćene sve istraživačko-razvojne aktivnosti. Četvrta revizija predlaže prvu verziju Programa istraživanja, razvoja i demonstracije (RD&D Program) zajedničkog odlaganja ING-a i VRAO-a u duboka geološka odlagališta u Republici Hrvatskoj ili Republici Sloveniji. RD&D Program navodi smjernice, razvoj kriterija odabira lokacije, prijedlog tehnologija i metodologija za provedbu, prijedlog odabira lokacije, vremenski okvir Programa, prijedlog predoperativnog nadzora, strategiju komunikacije i uključivanja dionika, te procjenu troškova.

Procjena troškova

U Trećoj reviziji Programa odlaganja detaljni troškovi izračunati su samo za osnovni scenarij za svaku zemlju.

Četvrta revizija razlikuje se u izračunu troškova razgradnje i zbrinjavanja za RAO-a i ING-a uvođenjem 3 scenarija: Osnovni scenarij (BC 0) i 2 dodatna scenarija (SC A i SC B), koji se razlikuju ovisno o operativnom razdoblju SFDS-a. U scenariju SC B, skladište će raditi do 2123. godine. Uz uvođenje scenarija, troškovi su izračunati na temelju trenutnih cijena i stope inflacije.

Detaljni financijski izračuni i izračuni uplata provode se za BC 0 i SC B, što predstavlja scenarije niskih i visokih nominalnih troškova.

2 Uvod

2.1 Nuklearna elektrana Krško

Nuklearna elektrana Krško (NE Krško) nalazi se u Vrbini, općina Krško, u jugoistočnom dijelu Slovenije, blizu granice s Republikom Hrvatskom. NE Krško ima Westinghouseov lakovodni tlačni reaktor (PWR), s izvornom neto snagom od 632 MWe, koja je povećana na 696 MWe nakon zamjene parogeneratorskog 2000. godine (nazivna toplinska snaga iznosi 1.994 MWt).

Nuklearna elektrana Krško izgrađena je kao zajednički projekt Slovenije i Hrvatske. Elektrana je priključena na elektroenergetski sustav 2. listopada 1981. godine, a u komercijalni rad puštena je 1. siječnja 1983. NE Krško započela je rad s gorivnim ciklusom od 18 mjeseci 2004. godine.

Operator elektrane, Nuklearna elektrana Krško (NEK), u vlasništvu je (50:50) slovenske državne tvrtke GEN Energija i hrvatske državne tvrtke Hrvatska elektroprivreda (HEP). Električna energija koju proizvodi NE Krško jednako se dijeli između ove dvije zemlje.

Planirano konačno gašenje elektrane, koje je prvobitno predviđeno za 2023. godinu, produženo je do 2043. godine, pod uvjetom uspješnog završetka periodične sigurnosne provjere u budućoj reviziji 2033. godine. Produljenje radnog vijeka odobrili su vlasnici i slovensko regulatorno tijelo (SNSA) [1] 2012. godine, a podržala ga je i Međudržavna komisija (MDP), odlukom sa 10. sjednice, održane 20. srpnja 2015. godine ([2] zaključci br. 1.2 i 2.1). Nakon uspješnog završetka procjene utjecaja na okoliš, NEK je 13. siječnja 2023. godine dobio okolišnu suglasnost za produženje radnog vijeka postrojenja s 40 na 60 godina [3]. U 2023. godini završena je treća periodična sigurnosna provjera (PSR3), koju je potvrdilo slovensko regulatorno tijelo [4].

2.2 Zakonski okvir

2.2.1 Međudržavni ugovor

Ugovor između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško (dalje: Međudržavni ugovor, MU) sklopljen je 19. prosinca 2001. godine, ratificiran s obje strane 2002. i 2003. godine, a na snazi je od 11. ožujka 2003. godine [5]. MU je dio pravne stečevine Europske unije.

Međudržavni ugovor, između ostalog, navodi da su zbrinjavanje radioaktivnog otpada (RAO) i istrošenoga nuklearnog goriva (ING) zajednička odgovornost ugovornih strana, koje moraju osigurati učinkovito zajedničko rješenje za zbrinjavanje RAO-a i ING-a s ekonomskog i okolišnog aspekta. Zbrinjavanje RAO-a i ING-a nastalog tijekom rada Nuklearne elektrane (NE) Krško, kao i tijekom razgradnje postrojenja, provodit će se u skladu s Programom odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško, koji će izraditi dvije stručne organizacije imenovane od strane ugovornih strana. Program odlaganja RAO-a i ING-a, između ostalog, treba uključivati prijedlog moguće podjele i preuzimanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnoga goriva s kriterijima za prihvaćanje otpada (WAC) te procjenu potrebnih financijskih sredstava i vremenik za provođenje zbrinjavanja RAO-a i ING-a.

Program razgradnje (PR) NE Krško potvrđuje Međudržavno povjerenstvo (MDP), kojeg čine ugovorne strane radi praćenja provedbe Međudržavnog ugovora (MU) i obavljanja drugih poslova u

skladu s MU-om, kao i Vlada Republike Slovenije i Vlada Republike Hrvatske. Obje strane imaju jednak broj članova MDP-a.

Međudržavni ugovor također zahtijeva da se razgradnja NE Krško provodi u skladu s Programom razgradnje, koji obuhvaća zbrinjavanje sveg radioaktivnog otpada i drugog otpada nastalog tijekom razgradnje do njegovog odvoza s lokacije NE Krško, procjenu potrebnih financijskih sredstava te određivanje ciljanih rokova za provedbu PR-a. Program razgradnje potvrđuje MDP, a također ga odobrava slovensko regulatorno tijelo nadležno za nuklearnu sigurnost (URSJV).

Periodične revizije oba programa trebale bi se provoditi najmanje svakih pet godina, kako bi se razvili precizniji tehnički projekti prije stvarne provedbe aktivnosti razgradnje i odlaganja otpada.

U slučaju sporazuma o zajedničkoj izradi i provedbi PO-a i PR-a, njihovo financiranje osiguravaju ugovorne strane MU-a u jednakim dijelovima, pod uvjetom da ugovorne strane zajednički snose troškove zbrinjavanja RAO-a i ING-a. Ako takav sporazum ne bude postignut, ugovorne strane će pojedinačno snositi troškove svih nacionalnih aktivnosti zbrinjavanja RAO-a i ING-a.

Direktiva 2011/70/Euratom [6] priznaje specifičan slučaj zajedničke slovensko-hrvatske odgovornosti za radioaktivni otpad iz NE Krško, te izričito podržava primjenu Međudržavnog ugovora.

2.2.2 Nacionalne strategije i programi

Nacionalne politike za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva definiraju se nacionalnim strateškim dokumentima i legislativom. Hrvatska Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenoga nuklearnog goriva odobrena je u Hrvatskom saboru 2014. [7] godine, dok je prvi Nacionalni program za provedbu strategije usvojen od strane Vlade Republike Hrvatske 2018. godine [8], s dopunama u 2022. godini [9]. Rezolucija o Nacionalnom programu zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnoga goriva 2023-2032 (ReNPROIG23-32) usvojena je u siječnju 2023. godine [10].

2.3 Prethodne revizije

2.3.1 Prva revizija (DDP Rev. 1)

U skladu s MU, MDP donijelo je odluku o objedinjavanju razgradnje i zbrinjavanja RAO-a i ING-a u jedinstveni dokument pod nazivom "Program razgradnje NE Krško i odlaganja ING-a i NSRAO-a¹" (PRO Rev.1) [11]. Primarni cilj PRO Rev.1 bio je procjena troškova vezanih za razgradnju i odlaganje RAO-a i ING-a NE Krško. Ova inicijativa imala je za cilj uspostaviti hrvatski fond za financiranje razgradnje NE Krško i zbrinjavanja RAO-a i ING-a te prilagoditi godišnje anuitete za postojeći fond u Sloveniji. DDP Rev.1, dovršen u prvoj polovici 2004. godine, prošao je recenziju od strane Electricite de France (EDF). Nakon odobrenja MDP-a, Slovenska Vlada je obaviještena o dokumentu na 93. redovnoj sjednici, 7. listopada 2004. Ubrzo nakon toga, Hrvatska Vlada je podržala dokument, a PRO Rev.1 je potvrđen u Hrvatskom saboru 8. prosinca 2004. Procijenjeni troškovi razgradnje NE Krško te odlaganja RAO-a i ING-a iznosili su otprilike 350 milijuna eura (u cijenama iz 2002. godine).

¹ NSRAO – nisko i srednje radioaktivni otpad

Procijenjeno je 19 odgovarajućih jednakih anuiteta, koji su trebali biti uplaćeni od 2004. do 2022. godine u (na početku 2004. godine prazan) zajednički fond u iznosu od 28,5 milijuna eura godišnje.

2.3.2 Druga revizija (PRO Rev. 2)

Drugu reviziju proveo je Projektni tim (PT), sastavljen od hrvatskih i slovenskih stručnih organizacija (APO d.o.o. i ARAO), nakon potvrđivanja Projektnog zadatka za 2. reviziju tijekom 8. sastanka MDP-a [12]. Izrada Programa razgradnje NE Krško dodijeljena je NEK d.o.o. Razmatrano je pet scenarija razgradnje i zbrinjavanja, uzimajući u obzir razlike u nacionalnim strategijama i pretpostavljajući završetak rada NE Krško 2023. godine, odnosno 2043. godine, sa zajedničkim ili odvojenim nacionalnim zbrinjavanjem NSRAO-a. Ova revizija nije bila predmet usvajanja u skladu s Međudržavnim ugovorom.

2.3.3 Treća revizija (PRO Rev. 3)

S obzirom na novonastale okolnosti, MDP je, na 10. sjednici, donio odluku o obustavi svih aktivnosti vezanih uz PRO Rev.2. Osim toga, MDP je utvrdio da se u NE Krško treba uspostaviti suho skladište ING-a. Troškove izgradnje i rada suhog skladišta snosi NEK d.o.o. MDP je imenovao ARAO i Fond za izradu Projektnog zadatka (PZ) za Reviziju Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško (PO, Rev.3), kao i za Reviziju Programa razgradnje NE Krško (PR, Rev 3). Do odobrenja oba programa uplate u fondove ostaju nepromijenjene.

Tijekom održane 11. sjednice MDP-a dana 21. studenog 2017. [13], prihvaćeni su PZ-ovi za Treću reviziju. ARAO i Fond imenovani su za provedbu pripreme PO, Rev.3, a NEK d.o.o. za Treću reviziju Programa razgradnje NE Krško (PR, rev 3). MDP je također osnovalo Koordinacijski odbor za provedbu projekta (KO), koji se sastoji od četiri člana sa svake strane, s ciljem praćenja pripreme oba programa i pregovaranja o prijedlozima za potencijalno zajedničko rješenje odlagališta NSRAO-a. Tijekom sastanka, hrvatska je strana obavijestila slovensku da je ponuda o sudjelovanju u uspostavljanju odlagališta NSRAO-a u Vrbini, koju je na prethodnom sastanku MDP-a iznijela slovenska strana na temelju studije "Program ulaganja za odlagalište NSRAO-a na lokaciji Vrbina, rev. C" neprihvatljiva.

Suho skladište istrošenog goriva (engl. *Spent Fuel Dry Storage, SFDS*), s projektiranim vijekom trajanja od 100 godina, ima za cilj skladištenje istrošenog goriva i visokoradioaktivnog otpada (VRAO) koji nastaje tijekom rada i razgradnje NE Krško. Osnovni i dodatni scenariji razmatraju se u odnosu na razdoblje rada i razgradnje SFDS-a.

Integrirani plan također uključuje zbrinjavanje i odlaganje istrošenog goriva (ING), uključujući razvoj referentnog scenarija za odlagalište u prikladnoj čvrstoj stijeni. Opcije za odlaganje ING-a uključuju regionalna odlagališta i/ili regionalno postrojenje za pakiranje. Odlagalište je projektirano ne samo za VRAO iz NE Krško, već i za NSRAO iz razgradnje SFDS-a, kao i nadzemnih struktura dubokog geološkog odlagališta (DGO²).

Revizija se bavi ključnim pitanjima za upravljanje radioaktivnim otpadom prije odlaganja, uključujući preuzimanje i podjelu NSRAO-a između Hrvatske i Slovenije, kako je propisano MDP-om i PZ-om. Izazovi uključuju puni skladišni kapacitet u internom skladištu radioaktivnog otpada (SRSF), koji

² DGO – duboko geološko odlagalište ili DGR - engleski *Deep Geological Repository*

zahtijeva rano pražnjenje i optimalnu strategiju za usklađivanje planirane podjele i preuzimanja. Predložena podjela NSRAO-a smatra se pravednom, ali se zbog dugoročne sigurnosti naglašava potreba za točnijom karakterizacijom uskladištenog otpada.

U popratnoj studiji navode se vrste otpada koje zahtijevaju dodatnu obradu zbog korozivnosti, higroskopskih svojstava i neodgovarajuće stabilizacije. Treća revizija pretpostavlja kapacitete za kondicioniranje (ali ne i obradu) na lokaciji NE Krško za dekomisijski otpad nakon 2043. godine. Različite perspektive između RH i RS u pogledu obrade i kondicioniranja operativnog NSRAO-a ukazuju na potrebu za kontinuiranom suradnjom.

Na 14. sjednici MDP-a održanoj 14. srpnja 2020. u Zagrebu [14] potvrđena je Treća revizija Programa razgradnje NE Krško i Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško [15]. Ukupni procijenjeni nominalni troškovi razgradnje i odlaganja procijenjeni su na 2.194,96 milijuna eura, od čega 1.030,55 milijuna eura za hrvatsku stranu, te 1.090,10 milijuna eura za slovensku stranu. Na istoj sjednici MDP-a predložena je interna stopa povrata (IRR) i anuiteti koji bi se plaćali u nacionalnim fondovima do prestanka rada NE Krško. S hrvatske strane, HEP godišnje doprinosi Hrvatskom Fondu s 9.760.000,00 € [16].

U Sloveniji, GEN energija je od 1. kolovoza 2020. uplaćivala doprinos od 4,80 EUR/MWh u Slovenski fond, u skladu s Odlukom Vlade Republike Slovenije br. 360-51/2020/5, a od 1. siječnja 2022. GEN energija je uplaćivala doprinos u iznosu od 12 EUR/MWh u Fond u skladu s Odlukom Vlade Republike Slovenije br. 306-106/2021/5.

2.4 Ciljevi i rubni uvjeti za četvrtu reviziju (PO, rev. 4)

2.4.1 Opći ciljevi

PZ [17] za Četvrtu reviziju PO-a navodi sljedeće općenite ciljeve revizije:

a) revidirati postojeći Program odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško, temeljen na strategijama odlaganja i radu NE Krško do 2043. (osnovni scenarij) i mogućnosti dodatnog produljenja životnog vijeka NE Krško do 2063. (dodatni scenarij), količine RAO-a i ING-a, doze i troškove za razgradnju procijenjene u Četvrtoj reviziji Programa razgradnje NE Krško i razmatranjem svih novih okolnosti koje su se dogodile od posljednje revizije.

b) Na temelju tehničkog i tehnološkog okvira revizije PO-a, nedavnog razvoja i napretka nacionalnih projekata zbrinjavanja radioaktivnog otpada u RS i RH i uzimajući u obzir rubne uvjete revizije, predložiti poboljšane scenarije zbrinjavanja RAO-a i ING-a.

c) Vodeći se razvijenim scenarijima iz točke b), troškove zbrinjavanja/odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško treba procijeniti u eurima (€) za 2023. godinu (nominalni trošak). Nominalni trošak zbrinjavanja / odlaganja za svaku zemlju zajedno s polovicom izračunatih troškova Programa razgradnje NE Krško također treba diskontirati za dogovoreni raspon diskontiranih vrijednosti, zasebno za svaku zemlju. Izračune treba temeljiti na stanju raspoloživih sredstava u RS i RH na dogovoreni datum.

2.4.2 Granični (rubni) uvjeti

A. Opći granični uvjeti

1. NE Krško će biti u pogonu do 2043. godine (osnovni scenarij) pod uvjetom da periodični sigurnosni pregled 2033. godine bude uspješno dovršen. Za dodatni scenarij za dodatno produljenje životnog vijeka NE do 2063. i rada SFDS-a razmatra se kako slijedi:
 - Osnovni scenarij: Rad NE Krško do 2043. godine i rad SFDS-a do 2103. godine
 - Dodatni scenarij A: Rad NE Krško do 2063. godine i rad SFDS-a do 2103. godine
 - Dodatni scenarij B: Rad NE Krško do 2063. godine i rad SFDS-a do 2123. godine
2. Ugovorne strane MU-a preuzet će svoj dio operativnog NSRAO-a proizvedenog do 2023. godine u razdoblju od 2023.-2025. kako je navedeno u ugovoru.
3. Provedbu Projekta suhog skladišta istrošenog goriva do 2043. godine financirat će NE Krško izravno iz cijene kWh.

Tijekom izrade 4. revizije izmijenjen je Opći granični uvjet br. 2 u skladu s odlukama sa 17. sjednice MDP-a (2.10.2023.) [18], a preuzimanje operativnog NSRAO-a nastalog do kraja 2023. godine pomiče se za početak 2028. godine.

B. Financijski granični uvjeti

- Svi nominalni troškovi u 2023. izraženi su u €.
- Svi troškovi su obračunati su s PDV-om i bez njega.
- Nominalni troškovi Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško uključuju troškove za:
 - podjelu, preuzimanje i prijevoz NSRAO-a,
 - zbrinjavanje ½ NSRAO-a u RH,
 - odlaganje ½ NSRAO-a u RS,
 - prijevoz, prepakiranje i odlaganje ING-a i VRAO-a,
 - rad suhog skladišta ING- i VRAO-a nakon kraja životnog vijeka NE Krško,
 - troškove transporta ING-a,
 - odlaganje RAO-a iz razgradnje suhog skladišta ING-a.
- Nominalni troškovi Programa razgradnje NE Krško uključuju troškove za:
 - sve aktivnosti razgradnje NE Krško,
 - aktivnosti obrade dekomisijkog RAO-a prije odlaganja,
 - sve aktivnosti zatvaranja i razgradnje suhog skladišta ING-a.
- Nominalni troškovi uključuju troškove naknada/poticaia lokalnim zajednicama prema lokalnim propisima koji moraju biti jasno odvojeni od ostalih troškova.
- Troškovi institucionalne kontrole lokacija nakon razgradnje i zatvaranja odlagališta bit će procijenjeni u skladu s nacionalnim propisima³, međunarodnim iskustvom i preporukama.

³ Troškovi dugoročne institucionalne kontrole i održavanja odlagališta procjenjuju se za obje zemlje, ali za Sloveniju nisu uključeni u izračun godišnjih uplata Javnom skladu NEK jer će u skladu sa ZVISJV-1 te troškove pokrivati državni proračun, a ne Javni sklad NEK.

- Za određivanje godišnjih iznosa koji se uplaćuju u nacionalne fondove, svaka ugovorna strana MU-a zasebno će izračunati specifične i ukupne diskontirane troškove razgradnje i zbrinjavanja RAO-a i ING-a, koristeći dogovorenu metodologiju diskontiranja i parametre diskontiranja.

C. Granični uvjeti za odlaganje/zbrinjavanje RAO-a NE Krško

- Razmatrat će se samo posebni scenariji odlaganja NSRAO-a, na temelju odluke MDP-a [19] i provedba nacionalnih strategija i programa zbrinjavanja RAO-a i ING-a.
- Podjela i preuzimanje NSRAO-a temeljit će se na konačnom "Planu podjele i preuzimanja", koji će se izraditi za operativni NSRAO proizveden do kraja 2023. godine ili međusobno dogovorenim aktivnostima zbrinjavanja između NE Krško (koji je u posjedu RAO-a) i obje organizacije za zbrinjavanje RAO (ARAO i Fond NEK), te prijedlozima podjele NSRAO-a koji će nastati do 2043. godine i tijekom razgradnje NE Krško.
- Razgradnja suhog skladišta ING-a planira se nakon zatvaranja nacionalnih odlagališta NSRAO-a. NSRAO koji nastaje tijekom rada suhog skladišta ING-a nakon zatvaranja nacionalnih odlagališta NSRAO-a, te tijekom razgradnje tog skladišta neće biti dio podjele. Tako nastali NSRAO zbrinjavat će se zajedno s ING-om i VRAO-om.

D. Granični uvjeti za zbrinjavanje VRAO-a i ING-a

- Suho skladište ING-a uspostaviti će se na lokaciji NE Krško tijekom pripremnog razdoblja Četvrte revizije i koristit će se 60 godina nakon zatvaranja NE Krško (osnovni scenarij). Kao dodatni scenarij treba analizirati rad suhog skladišta 80 godina nakon zatvaranja NE Krško kako je definirano u "A. Općim graničnim uvjetima", članak 1. Nakon isteka životnog vijeka NE Krško, svi troškovi suhog skladištenja financirat će se iz državnih sredstava za razgradnju i zbrinjavanje RAO-a i ING-a.
- Zbrinjavanje VRAO-a i ING-a planirano je kao zajednički program RH i RS.
- Pretpostavlja se jedno odlagalište ING-a i VRAO-a na području RH ili RS za odlaganje VRAO-a i ING-a proizvedenog u NE Krško.
- Obratit će se izvoz VRAO-a i ING-a u multinacionalno odlagalište u trećoj zemlji.
- Opcija odlaganja u duboke bušotine (DBD⁴) će se analizirati kao opcija zbrinjavanja ING-a.

2.4.3 Stavke za isporuku

Stručne organizacije ARAO i Fond u suradnji s NE Krško dostavit će dokument pod nazivom Četvrta revizija Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško Međudržavnom povjerenstvu. Dokument će biti pripremljen na engleskom jeziku (izvornik) i zatim na kraju projekta preveden na hrvatski i slovenski jezik.

2.4.4 Organizacija projekta

Priprema dijelova Četvrte revizije provedena je u suradnji dviju stručnih organizacija, ARAO i Fonda. Proces izrade i pregleda poglavlja podijeljen je između ovih uglednih organizacija. Zajednički naponi

⁴ DBD – engleski: *Deep Borehole Disposal*

u postizanju ciljeva projekta odvijali su se tijekom zajedničkih sastanaka, bilo virtualnih ili uživo. Za svaki sastanak vođena je opsežna dokumentacija u obliku zapisnika, koje su potpisali svi sudionici. Ovim zapisnikom sadržani su precizni zaključci, u kojima su navedene konkretne aktivnosti koje su dodijeljene svakoj strani s određenim rokovima. U slučajevima kada su zadaće delegirane vanjskim stručnim organizacijama, ARAO i Fond su pažljivo pripremili, pregledali i odobrili detaljne specifikacije.

Projektni zadatak, zajedno sa svim relevantnim izvješćima koja detaljno opisuju različite faze pripreme Četvrte revizije i konačnog dokumenta, odobrio je NEK, čime je osigurana sveobuhvatna usklađenost i dogovor među svim dionicima.

MDP je imenovao Koordinacijski odbor za provedbu projekta (KO). KO je podržao aktivnosti nove revizije Programa odlaganja temeljem odobrenog PZ-a, donosio odluke o pripremi revizije i odobrio izmjene, pratio aktivnosti podjele i preuzimanja NSRAO-a. Stručne organizacije i KO redovito su izvještavali MDP o napretku projekta.

2.5 Scenariji zbrinjavanja RAO-a i ING-a razvijeni za PR, rev. 4

U 4. reviziji, procjene troškova daju se za osnovni scenarij (BC) u skladu sa sadašnjom politikom o operativnom periodu NE Krško (do 2043. godine). To obuhvaća ključne točke, definiranje početka provedbe aktivnosti programa odlaganja, pogonsku spremnost odlagališta NSRAO-a u Vrbini, skladišta na Čerkezovcu, a kasnije i budućeg odlagališta NSRAO-a u RH, dubokog geološkog odlagališta za VRAO i ING, kao i rad i razgradnju SFDS-a. Osim toga, projekcije troškova načinjene su za dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (ELSC), koji razmatra potencijalno produljenje operativnog perioda NE Krško do 2063. godine. Nadalje, ovaj scenarij obuhvaća produženi rad SFDS do 2123. godine.

NSRAO nastao radom i razgradnjom NE Krško se dijeli, preuzimaju ga obje strane, a zatim se zbrinjava i skladišti u nacionalno skladište, odnosno odlaze u nacionalno odlagalište. Na 17. sjednici [18], MDP je naložilo NE Krško da nastavi s provedbom svih aktivnosti i pokrene nove aktivnosti koje su potrebne i moguće za osiguranje dostatnih skladišnih kapaciteta za NSRAO, s ciljem stvaranja predispozicija za pomicanje početka preuzimanja NSRAO-a s 2023. godine na početak 2028. godine. NE Krško je provela niz radnji za osiguranje skladišnih kapaciteta u SRSF-u i drugim zgradama kao što su zgrade za upravljanje otpadom i dekontaminaciju (WMB i DB).

Podjela i preuzimanje operativnog i dekomisijskog NSRAO-a predloženo je u studiji „Analiza moguće podjele i preuzimanja operativnog i dekomisijskog radioaktivnog otpada iz NE Krško, revizija 2 (Enconet, listopada 2025) [23], baziranoj na originalnom prijedlogu Koordinacijskog odbora za fazni odvoz, koji je prihvaćen na 17. sjednici Međudržavnog povjerenstva [18] te na Preliminarnom planu razgradnje NE Krško, Rev. 7 (PDP Rev. 7) [20].

PDP Rev. 7 analizira dva osnovna scenarija (BS 0 i 1) i dva dodatna scenarija (SC A i B) za razgradnju NE Krško. Razlika između osnovnog scenarija 0 i 1 je u vremenskom rasporedu uklanjanja starih parogeneratorskih zgrada iz Zgrade za dekontaminaciju (DB), konkretno hoće li se ukloniti u vrijeme razgradnje (BC 0) ili ranije, tijekom 2026.-2027. (BC 1). U BC 0 planirano je uklanjanje starih parogeneratorskih zgrada nakon konačnog zaustavljanja rada postrojenja. Ova se aktivnost smatra dijelom pripremnih radova potrebnih za druge postupke razgradnje. Međutim, U BC 1 je predložen alternativni pristup. Ovaj

scenarij uključuje mogućnost ranijeg uklanjanja starih generatora pare, uz mogućnost njihovog prijevoza u talionicu tijekom razdoblja 2026.-2027. godine, na temelju preliminarne ponude. Dodatni scenariji A i B podrazumijevaju gašenje NE Krško nakon 80 godina rada, odnosno 2063. godine. Razlika između dodatnih scenarija A i B je u godini završetka rada SFDS-a i Jedinice za izvlačenje goriva (RU), tj. u 2103., odnosno 2123. godini. Planirano je da razgradnja SFDS-a i RU-a počne 2103. godine (osnovni scenarij 0 i 1, dodatni scenarij A), odnosno 2123. za dodatni scenarij B. Budući da se status "*brownfield*" (industrijska namjena lokacije) planira postići najkasnije 2058. za osnovne scenarije, odnosno 2078. za dodatne scenarije, odlagališta NSRAO-a u Sloveniji i Hrvatskoj već će biti zatvorena kada razgradnja SFDS-a započne. RAO nastao razgradnjom SFDS-a bit će odložen zajedno s ING-om u DGO (vidi poglavlje 4.3).

Scenariji troškova zbrinjavanja ING-a procijenjeni su za primjenu različitih tehnologija odlaganja. To uključuje ponovnu procjenu postojećeg scenarija (koncept KBS-3V u kristaliničnoj stijeni), razmatranje švicarskog koncepta odlaganja (odlaganje u aksijalnom tunelu u sedimentnoj stijeni) i odlaganje ING-a u dubokim bušotinama, dok će se VRAO i dugoživući NSRAO koji nastaju razgradnjom odlagati u DGO. Također se razmatra mogućnost multinacionalnog odlagališta.

Troškovi zbrinjavanja i konačnog odlaganja polovice NSRAO-a u Hrvatskoj i Sloveniji u skladu s nacionalnim programima procijenjeni su za scenarije BC i ELSC.

Dodatno, za scenarije BC i ELSC definiran je vremenski okvir i procjena troškova za provedbu zajedničkog RD&D programa za odlaganje ING-a i VRAO-a u dubokim geološkim formacijama u Hrvatskoj ili Sloveniji.

2.6 Osiguranje i kontrola kvalitete

ARAO i Fond implementirali su vlastite sustave kontrole kvalitete. Sukladno dogovoru stručnih organizacija, potporne studije, izrađene za ovaj dokument međusobno su revidirane. Dodatno, za potporne studije provedene su i vanjske recenzije. Nadalje, NE Krško je provela reviziju potpornih studija koje su se odnosile na podjelu i preuzimanje NSRAO-a te skladištenje i odlaganje ING-a. KO je također pregledao sve nacрте ovog dokumenta, uključujući potporne studije o podjeli i preuzimanju RAO-a i odlaganju VRAO-a i ING-a.

2.7 Stručni pregled

U srpnju 2024. godine stručne organizacije su u suradnji s NE Krško izradile zajedničku, potvrđenu radnu verziju dokumenta "Četvrta revizija Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško". Ovaj nacrt je, uz suglasnost KO-a, dostavljen na nezavisni stručni pregled Međunarodnoj agenciji za atomsku energiju (IAEA). Trodnevna zajednička slovensko-hrvatska ekspertna pregledna misija IAEA-e organizirana je od 2. do 4. listopada 2024. godine.

Preporuke stručne skupine, iz završnog izvješća navedenog u [90] integrirani su u relevantne dijelove 4. revizije i uključeni su u Poglavlje 9.2 u svrhu razvoja budućih iteracija Programa odlaganja.

3 Inventar radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva

3.1 Inventar radioaktivnog otpada

Inventar radioaktivnog otpada NE Krško temelji se na podacima iz baze podataka NE Krško (NSRAO pohranjen do 21. prosinca 2023.) [21] i studija "Analiza moguće podjele i preuzimanja operativnog i dekomisijskog RAO-a iz NE Krško", Revizija 1 (Enconet d.o.o., siječanj 2024.) [22], "Analiza moguće podjele i preuzimanja operativnog i dekomisijskog RAO-a iz NE Krško", Revizija 2 (Enconet d.o.o., listopad 2025.) [23]. Osim prethodno navedenih izvora, inventar dekomisijskog RAO-a i ING-a temelji se na podacima iz PDP Rev. 7 [20] i Četvrte revizije Programa razgradnje NE Krško [24].

3.1.1 Inventar operativnog NSRAO-a

Operativni NSRAO nastao je tijekom rada, svakodnevnog održavanja i remonta NE Krško.

S obzirom na različite izvore i karakteristike radioaktivnog otpada u NE Krško postoji 6 grupa operativnog NSRAO-a⁵: 1) EC - koncentрати isparivača i muljevi iz spremnika, 2) SIR - istrošene ionske smole, 3) F(SF) - potrošeni filtri, 4) CPW - kompresibilni (stlačivi) otpad, 5) NCW - nestlačivi otpad i 6) SW – specijalni otpad. Grupe otpada s jednom ili više vrsta otpada⁶ koje su pakirane u različite osnovne spremnike i nadpakete za otpad. Vrste otpada proizašle iz standardne prakse gospodarenja otpadom u NE Krško prikazane su u Tablica 3-1, a spremnici za otpad u Tablica 3-2.

Tablica 3-1 Grupe i pripadajuće vrste operativnog otpada uskladišteni u privremenom skladištu NE Krško

Grupa otpada		Vrsta (forma) otpada	
EC	Koncentrati iz isparivača i muljevi iz spremnika	EB	Čvrsti ostaci iz isparivača solidificirani u vermikulitno-cementnoj matrici
		EBC	Superkompaktirani ostaci iz isparivača (peleti)
		DC	Osušeni koncentrati (IDDS* produkti)
		DS	Osušeni muljevi (IDDS produkti)
SIR	Istrošene ionske smole	SR	Istrošene smole učvršćene u vermikulitno-cementnoj matrici
		BR	Osušene smole iz otpusta pare iz sekundarnog sustava pročišćavanja (IDDS produkti)
		PR	Osušene primarne smole (IDDS produkti)
SF(F)	Potrošeni filtri	CF	Filterske patrone u cementnoj matrici
CPW	Stlačivi (kompresibilni) otpad	CWC	Superkompaktirani stlačivi otpad (peleti)
		OC	Superkompaktirani drugi stlačivi otpad (peleti)
		CW	Kompaktirani otpad (prijelazna vrsta otpada – može se dodatno superkompaktirati)
NCW	Ne stlačivi otpad	A	Pepeo (proizvod spaljivanja)
		I	Ingoti (proizvod taljenja)
		O	Ostali čvrsti nestlačivi otpad (ostali otpad može biti namijenjen dodatnoj obradi ili kondicioniranju)
		HF	Kompaktirani ostaci filtera
SW	Specijalni otpad	ACC	Superkompaktirani ugljen (peleti)

* IDDS – (engl. *In Drum Drying System*) sustav sušenja u bačvi.

⁵ Grupa otpada (engl. *waste stream*) definira grupu otpada tijekom cijelog ciklusa, počevši od njegovog izvora, preko obrade i kondicioniranja, do konačnog odlaganja. Vrste otpada obično pretpostavljaju kategorije otpada s približno stalnim i nepromjenjivim radiološkim, kemijskim, fizikalnim, mehaničkim, toplinskim i biološkim svojstvima.

⁶ Vrsta otpada (engl. *waste form*) definirana je kao fizički i kemijski oblik RAO-a nakon obrade i/ili kondicioniranja, što rezultira čvrstim proizvodom prije pakiranja (forma ili oblik otpada).

Tablica 3-2 Spremnici otpada korišteni za skladištenje operativnog NSRAO

Oznaka	Volumen/ Korisni volumen (l)	Materijal*	Debljina stijenke (mm)	Masa prazne bačve (kg)	Uporaba (vrsta otpada, kao u Tablica 3-1)
D1	208	CS	1	23	A, AC, HF, CW, O
D2	113	CS	1	10	A
D3	208/32**	CS	1	400	CF
D4	208/80**	CS	1	190	SR
D5	208/110**	CS	1	180	EB
D6	320	CS	1,4	37	CWC, EBC, OC
D7	208	CS	1,5	27	A, AC, HF, CW i O
H1	200	SS	1,5	65	BR, DC, DS
H2	200/150	SS	30	450	CF, PR
H3	200	CS	1,5	60	BR, DC
T1**	864	CS	2	117	ACC, CF, CWC, EB, EBC, OC, SR
T2**	869	CS	2	135	A, ACC, BR, CF, CWC, DC, DS, EBC, OC, PR

* CS – ugljični čelik, SS – nehrđajući čelik

** D3 – ima betonski štit (160 mm); D4 – ima sloj vermikulit cementa i betonski štit; D5 – ima sloj vermikulit cementa; T1 – poklopac je zavaren (stariji tip); T2 – poklopac je učvršćen vijcima (još se koristi).

Spremnici označeni kao D1, D2, D3, D4, D5, D7, H1, H2 i H3 su tzv. osnovni spremnici (bačve) za različite vrste otpada, a spremnici D6, T1 i T2 su plaševi. Cjevasti spremnici (engl. *tube-type containers*, TTC) T1 i T2 mogu sadržavati otpreske nastale obradom ili 3 bačve manjih dimenzija (208 l) u kojima se nalazi otpad. D6 bačve sadrže otpreske. Otpresci su produkt superkompaktiranja manjih bačvi napunjenih otpadom. Spremnik D1 je nadpaket samo za vrstu otpada A, izvorno stavljen u D2 bačvu.

Paket otpada čini spremnik (bačva) u koji se stavlja odgovarajuća vrsta otpada. Drugim riječima, spremnik i vrsta otpada sastavni su dijelovi paketa otpada. Ove dvije komponente su osnovne barijere za migraciju radionuklida u skladu sa slovenskim pravilnikom o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i istrošenog goriva koji definira paket otpada kao ambalažu s unutarnjim barijerama ili apsorpcijskim materijalom te radioaktivni otpad ili istrošeno gorivo. Ukupna količina operativnog NSRAO-a pohranjenog u SRFS-u, DB-u i WMB-u do 31. prosinca 2023. prikazana je u tablici (Tablica 3-3).

Tablica 3-3 Operativni NSRAO uskladišten u NE Krško do 31. prosinca 2023. [23]

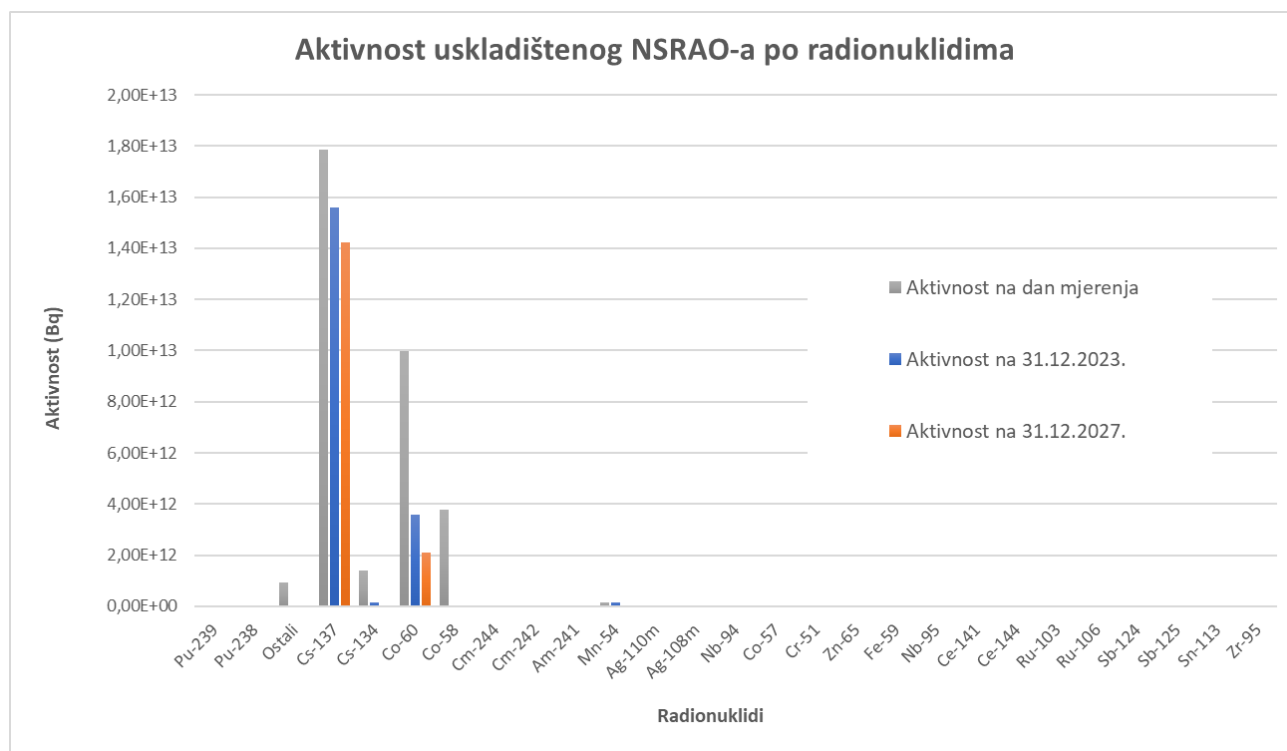
Grupa otpada	Vrsta otpada	Pakiranje otpada	Broj paketa*	Masa (t)	Volumen (m ³)	Ukupna aktivnost (Bq) **
EC	EBC	EBCD6	7	4,91	2,24	8,00E+08
	EBC	EBCT1	1.442	3.129,6	1.245,89	1,31E+12
	EBC	EBCT2	16	37,82	13,9	1,61E+10
	EB	EBD5	2	0,72	0,42	7,94E+08
	EB	EBD5T1	12	15,09	10,37	7,85E+09
	DC	DCH1T1	141	147,63	122,53	4,41E+11
	DS	DSH1T1	11	10,6	9,56	8,55E+10
	Ukupno	Ukupno	1.631	3.346,37	1.404,91	1,86E+12
SIR	SR	SRD4	689	329,4	143,31	1,61E+13
	SR	SRD4T1	106	110,82	91,58	2,13E+13

Grupa otpada	Vrsta otpada	Pakiranje otpada	Broj paketa*	Masa (t)	Volumen (m ³)	Ukupna aktivnost (Bq)**
	BR	BRH1	1	0,22	0,2	1,86E+09
	BR	BRH1T2	14	10,99	12,17	4,28E+10
	PR	PRH2T2	104	189,27	90,38	2,69E+13
	Ukupno	Ukupno	914	640,7	337,64	6,43E+13
SF	CF	CFD3T1	23	55,96	19,87	1,71E+11
	CF	CFD3T2	4	10,68	3,48	2,81E+10
	CF	CFD3	101	79,41	21,01	3,46E+11
	CF	CFH2	4	4,217	0,8	3,08E+11
	Ukupno	Ukupno	132	150,27	45,16	8,53E+11
CPW	CW	CWD1	289	30,61	60,11	1,52E+13
	CWC	CWCD6	515	202,38	164,8	1,30E+11
	CWC	CWCT1	207	195,94	178,85	1,07E+11
	CWC	CWCT2	37	33,32	32,15	1,07E+10
	OC	OCD6	95	43,13	30,4	1,70E+10
	OC	OCT1	15	14,18	12,96	1,05E+10
	OC	OCT2	135	181,38	117,31	3,37E+10
	O	OD1	41	5,4	8,53	2,48E+11
	A	AD2D1T2	13	13,91	11,3	1,48E+09
	A	AD2D1	71	21,28	14,77	1,12E+10
	Ukupno	Ukupno	1.418	741,53	631,18	1,58E+13
NCW	I	I	80	49,53	8,8	2,22E+08
	Ukupno	Ukupno	80	49,53	8,8	2,22E+08
SW	ACC	ACCT1	11	9,01	9,5	4,01E+06
	ACC	ACCT2	1	0,88	0,87	1,22E+06
	Ukupno	Ukupno	12	9,89	10,37	5,23E+06
	Sveukupno	Sveukupno	4.187	4.938,29	2.438,06	8,28E+13

* Broj kontejnera uključuje sve vrste osnovnih bačvi koje nisu stavljene u natpakete, kao i broj natpaketa ako su osnovne bačve prepakirane. Neki od vrsta otpada i paketa namijenjeni su za dodatnu obradu ili kondicioniranje, što može utjecati na ukupni broj spremnika, kao i na masu i volumen konačnih paketa otpada.

** Aktivnosti su preuzete iz baze inventara NSRAO [21] i nije uzet u obzir radioaktivni raspad. Za 5 TTC-a nema podataka o aktivnosti, a za Ingote nema podataka o alfa aktivnosti. Za te su pakete uzete prosječne vrijednosti za vrstu otpada.

Kada se uzme u obzir radioaktivni raspad, ukupna očekivana beta i gama aktivnost na 13. prosinca 2027. godine iznosi $1,64 * 10^{13}$ Bq, a alfa ukupna aktivnost $2,67 * 10^{10}$ Bq. Glavni radionuklidi koji doprinose ukupnoj aktivnosti uskladištenog operativnog NSRAO-a na 31. prosinac 2027. godine biti će Cs-137 (86,7 %) i Co-60 (12,9 %). Ukupne pojedinačne aktivnosti svih radionuklida iz baze podataka NEK-a (na dan mjerenja, izračunate na dan 31. prosinca 2023. te izračunate na dan 31. prosinca 2027. godine) prikazane su na sljedećem grafikonu (Slika 3-1). Doprinosi se utvrđuju na temelju baze podataka NEK-a [21]. Kategorija u bazi nazvana „ostali“ odnosi se na ostale nespomenute radionuklide koji doprinose ukupnoj aktivnosti uskladištenog NSRAO-a. S obzirom na to da su to radionuklidi s vremenom poluraspada kraćim od jedne godine, njihov će doprinos u trenutku preuzimanja otpada biti zanemariv.



Slika 3-1 Aktivnost pojedinih radionuklida u operativnom NSRAO-u (na dan mjerenja, te preračunati na 31. prosinca 2023. i na 31. prosinca 2027. godine)

NEK d.o.o. (operator NEK Krško) odgovoran je za sigurno gospodarenje radioaktivnim otpadom na lokaciji. Program gospodarenja radioaktivnim otpadom NEK-a obuhvaća prikupljanje, obradu, skladištenje i pakiranje radioaktivnog otpada u oblik prikladan za skladištenje (Tablica 3-1). Interni postupci i radna praksa provode se kako bi se spriječilo i minimiziralo nastajanje otpada te smanjile količine otpada uključujući odvajanje, ekstrakciju i koncentriranje, isparavanje, sušenje i solidificiranje tekućeg otpada, kompresiju i superkompakciju otpada koji se može kompaktirati, kao i dekontaminaciju krutih materijala i opreme. Osim toga, zapaljivi otpad je spaljen ili staljen u nekoliko kampanja izvan lokacije (vanjske usluge). Operativne aktivnosti predobrade i obrade NSRAO-a obavljaju se u Pomoćnoj zgradi (AB) i Zgradi za manipulaciju RAO-a (WMB). Paketi otpada se tijekom obrade, pakiranja, radioloških mjerenja i pripreme za transport pohranjuju u privremenom Skladištu krutog radioaktivnog otpada (SRSF), WMB-u, a od kraja 2023. godine i u Zgradi za dekontaminaciju (DB).

3.1.1.1 Projekcija proizvodnje paketa operativnog NSRAO-a do 2043. i 2063. godine

Na temelju predviđanja nastanka otpada (cca. 103 paketa otpada tipa T2 tijekom tri godine) [23, 25] izračunat je predviđeni broj paketa otpada koji će nastati u vremenskom razdoblju od 2024. do 2043. godine. U sljedećoj tablici (Tablica 3-4) prikazane su projekcije otpada za rad NE Krško do kraja 2043. u skladu s važećom okolišnom dozvolom i dozvolom za rad (osnovni scenarij, BC, kako je objašnjeno u Poglavlju 2.5). Projekcije u Tablica 3-5 odnose se na dodatne scenarije s produljenim životnim vijekom (ELSC, SC), koji procjenjuju količinu otpada koja će nastati ako NEK radi do 2063. godine. Prema predstavljanim projekcijama, količina otpadnih paketa koja se očekuje da će nastati u razdobljima 2024.–2043. i 2044.–2063. smatra se jednakom. Projekcije količina operativnog i

dekomisijkog RAO-a za BC i SC (tablice 3-4 do 3-8) zahtijevaju granični uvjeti za Četvrtu reviziju (kako je prikazano u Poglavlju 2.3.1) i izrađene su na temelju analize za procjenu utjecaja na okoliš za produljenje rada NE Krško i periodične sigurnosne provjere (PSR) NE Krško.

Tablica 3-4 Projekcija inventara operativnog NSRAO-a, 2024.-2043. (osnovni scenarij, prema Poglavlju 2.5)

Grupa otpada	Vrsta otpada	Pakiranje otpada (PO)	PO broj	Masa (t)	Volumen (m ³)	Ukupna aktivnost (Bq)*
EC	Osušeni koncentraci	DCH1T2	134	134,68	116.45	7.31E+11
	Osušeni muljevi	DSH1T2				
SIR	Istrošene ionske smole	PRH2T2	74	134,67	64.31	1.91E+13
F(SF)	Istrošeni filteri	CFH2T2	80	213,66	69.52	5.63E+11
CPW	Superkompaktirani stlačivi otpad	CWCT2	60	54,03	52.14	1.74E+10
	Superkompaktirani drugi stlačivi otpad	OCT2	140	188,78	121.66	3.50E+10
	Pepeo (produkt spaljivanja)	AD2D1T2	140	149,78	121.66	1.59E+10
NCW	Čvrsti nestlačivi (drugi) otpad	OD1T2	60	47,73	52.14	1.87E+11
Ukupno			688	922.65	597,87	2,07E+13

* Procijenjena ukupna gama aktivnost na dan kada je mjereno zračenje paketa NSRAO-a, a paket je pohranjen u SRSF (aktivnost bez radioaktivnog raspada). Masa uključuje i masu T2 spremnika (bruto masa).

Tablica 3-5 Projekcija inventara operativnog NSRAO-a, 2024.-2063. (Dodatni scenarij, prema Poglavlju 2.5)

Grupa otpada	Vrsta otpada	Pakiranje otpada (PO)	PO broj	Masa (t)*	Volumen (m ³)	Ukupna aktivnost (Bq)**
EC	Osušeni koncentraci	DCH1T2	268	269,36	232.90	1.46E+12
	Osušeni muljevi	DSH1T2				
SIR	Istrošene ionske smole	PRH2T2	148	269,34	128.62	3,82E+13
F(SF)	Istrošeni filteri	CFH2T2	160	427,32	139.04	1,13E+12
CPW	Superkompaktirani stlačivi otpad	CWCT2	120	108,06	104.28	3,48E+10
	Superkompaktirani drugi stlačivi otpad	OCT2	280	376,18	243.32	7,00E+10
	Pepeo (produkt spaljivanja)	AD2D1T2	280	299,56	243.32	3,18E+10
NCW	Čvrsti nestlačivi (drugi) otpad	OD1T2	120	95,46	104.28	3,34E+11
Total			1.376	1.845.28	1.195,75	4,14E+13

* Za dodatni scenarij, vrijednosti su izračunate jednostavnim udvostručenjem podataka osnovnog scenarija. Mase uključuju i masu T2 spremnika (bruto masa).

** Procijenjena ukupna gama aktivnost na dan kada je mjerena aktivnost paketa NSRAO-a, a paket je pohranjen u privremeno skladište (SRSF) - aktivnost bez radioaktivnog raspada.

Mase i aktivnosti navedene u tablici izračunate su na temelju prosječnih vrijednosti već postojećih paketa iste vrste [21] i trenutne prakse obrade i kondicioniranja radioaktivnog otpada u NE Krško kao i kampanja obrade izvan postrojenja. Točne karakteristike paketa otpada koji će nastati u budućnosti trenutno se ne mogu utvrditi. Treba napomenuti da će se izvesti opsežni radovi na modernizaciji i zamjeni opreme u pripremi za rad od 60 do 80 godina, kao i da su vrlo vjerojatne inovacije u tehnikama prerade RAO-a te da je projekcija navedena u prethodnoj tablici (Tablica 3-5) može smatrati samo indikativnom. Vrijednosti za dodatni scenarij izračunate su jednostavnim množenjem vrijednosti osnovnog scenarija s dva. Preciznije projekcije pripremit će se u sljedećoj reviziji, ukoliko bude

potrebno. U PDP Rev. 7 [20] pretpostavlja se godišnja prosječna proizvodnja otpada od 40 m³ do konačnog prestanka rada (ukupno 800 m³ za produljenje rada od 20 godina). Ove se projekcije odnose na otpad prije kondicioniranja u skladišne spremnike.

3.1.2 Inventar dekomisijskog radioaktivnog otpada

U PDP-u, rev. 7 [20] i Četvrtoj reviziji Programa razgradnje [24] analiziraju se razgradnja zgrada i objekata NE Krško nakon zatvaranja NE Krško, kao i razgradnja suhog skladišta istrošenog goriva (SFDS) i Jedinice za izvlačenje goriva (RU) za koje se planira da ostanu u pogonu 60 ili 80 godina nakon zatvaranja NE Krško. Analizirane su dvije varijante osnovnog scenarija s gašenjem NE Krško 2043. (BC 0 i BC 1) i dva dodatna scenarija s produljenim životnim vijekom (ELSC A i ELSC B) s produljenjem rada NE Krško do 2063. godine, kako je prethodno objašnjeno u Poglavlju 2.5.

Kompletan materijal koji će biti izdvojen tijekom razgradnje NE Krško i SFDS-a podijeljen je u pet kategorija kako je prikazano u tablicama u nastavku. Materijal od razgradnje nastat će nakon dekontaminacije, demontaže i obrade komponenti i konstrukcija koje se nalaze u kontroliranom području, području pod nadzorom i unutar ograđenog prostora NE Krško. Dekomisijski NSRAO će uključivati nekoliko vrsta krutog otpada kao što su: otpresci, metalni komadi, proizvodi spaljivanja, proizvodi taljenja, skrutnute otpadne vode, šuta, drobljeni beton itd. Dekomisijski NSRAO će se sastojati od različitih vrsta materijala kao što su: austenitni čelik, željezni čelik, građevinska šuta, kabeli s izolacijom, filteri, mineralna vuna itd. Podijeljen je u dvije kategorije: primarni i sekundarni NSRAO. Primarne mase NSRAO-a sastoje se od onečišćenog materijala iz kontroliranog i nadziranog područja. Materijal iz razgradnje za BC 0 i ELSC A i ELSC B uključuje masu starih parogeneratorskih alata. Sekundarne mase NSRAO-a sastoje se od odjeće, plastičnih folija, zračnih filtara, istrošenog alata, ostalih potrošnih materijala korištenih pri dekontaminaciji i demontaži, tekućina od dekontaminacije, betonskih šuta, itd.

Procjenjuje se da je ukupna količina primarnog i sekundarnog dekomisijskog RAO-a prije obrade 8.902,7 t (osnovni scenarij, BC 0), 8.234,2 t (BC 1) i 9.122,5 t (ELSC A i B). Predviđena obrada je superkompakcija, mehanička dekontaminacija, mokra dekontaminacija i topljenje. Nakon obrade ova će se masa smanjiti na 2.682,1 t u osnovnom scenariju 0 i scenarijima ELSC A i B, te 2.500,0 t u BC 1, s procijenjenom aktivnošću od 4,76 TBq (i 4,47 TBq za BC 1), kao što je prikazano u prethodnim tablicama (Tablica 3-6, Tablica 3-7 i Tablica 3-8).

Glavni radionuklidi koji doprinose ukupnoj aktivnosti dekomisijskog NSRAO-a procjenjuju se na temelju modela aktivacije, informacija NEK-a i generičkih vrijednosti iz literature. Dominantni gama/beta emiteri su Co-60 (60 %), Cs-137 (30 %), Cs-134 (9 %) i Sb-125 (1 %). Za pogonski specifičan radiološki sadržaj dekomisijskog RAO-a, projekt karakterizacije trebao bi uključivati izravna mjerenja otpada kao što su prethodno zamijenjeni parogeneratori i izmjenjivači topline ili teorijske izračune, kao što je neutronska aktivacija komponenti jezgre [20 i 24]. Projekt karakterizacije starih parogeneratorskih alata proveden je 2024. godine radi utvrđivanja površinske kontaminacije i aktivacije prikupljanjem uzoraka s primarne i sekundarne strane starih parogeneratorskih alata. Uzorci su analizirani u akreditiranom laboratoriju, a rezultati su predstavljeni u završnom izvješću [26]. Dominantni doprinos utvrđene aktivnosti imaju Co-60, Ni-63 i Fe-55 (čiji doprinos iznosi od 94 do 100 % ukupne aktivnosti).

Tablica 3-6 Materijalna bilanca razgradnje NE Krško za Osnovni scenarij 0

Kategorija materijala razgradnje - BC 0	Masa (t)	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)
VRAO za odlaganje (u odlagalište VRAO)	140,0	17,7	2,46E+16
NSRAO iz SFDS/RU (odlaganje u odlagalište VRAO, 2104)	549,5	70,0	9,75E+11
NSRAO za odlaganje (u odlagalište NSRAO, 2058)	2.682,1	1.472,9	4,76E+12
Materijal za otpuštanje iz radiološkog nadzora (za odlaganje / recikliranje)	19.121,2	16.454,1	N/A
Konvencionalni otpad za odlaganje / recikliranje	448.661,6	343.511,0	N/A

Tablica 3-7 Materijalna bilanca razgradnje NE Krško za Osnovni scenarij 1

Kategorija materijala razgradnje - BC 1	Masa (t)	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)
VRAO za odlaganje (u odlagalište VRAO)	140,0	17,7	2,46E+16
NSRAO iz SFDS/RU (odlaganje u odlagalište VRAO, 2104)	549,5	70,0	9,75E+11
NSRAO za odlaganje (u odlagalište NSRAO, 2058)	2.500,0	1.455,6	4,47E+12
Materijal za otpuštanje iz radiološkog nadzora (za odlaganje / recikliranje)	18.414,5	15.235,6	N/A
Konvencionalni otpad za odlaganje / recikliranje	448.661,6	343.511,0	N/A

Tablica 3-8 Materijalna bilanca razgradnje NE Krško za Dodatne scenarije A & B

Kategorija materijala razgradnje - ELSC A & B	Masa (t)	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)
VRAO za odlaganje (u odlagalište VRAO)	140,0	17,7	2,46E+16
NSRAO iz SFDS/RU (odlaganje u odlagalište VRAO 2104/2124)	769,3	98,0	1,37E+12
NSRAO za odlaganje (u odlagalište NSRAO, 2078)	2.682,1	1.472,9	4,76E+12
Materijal za otpuštanje iz radiološkog nadzora (za odlaganje / recikliranje)	19.121,2	16.454,1	N/A
Konvencionalni otpad za odlaganje / recikliranje	461.881,6	360.697,0	N/A

SFDS i Jedinica za izvlačenje goriva (RU) ostat će u pogonu nakon demontaže svih ostalih zgrada i sustava NE Krško. Tijekom rada SFDS-a i RU-a neće nastati značajne količine otpada (vrijedi za sve scenarije). Međutim, određene će količine NSRAO-a nastati tijekom razgradnje SFDS-a i RU-a. Ukupna očekivana masa za BC 0 i 1 je 549,5 t, a za ELSC A i B 769,3 t, dok se ukupna aktivnost procjenjuje na 0,975 TBq odnosno 1,37 TBq (Tablica 3-9). Ukupni volumen za odlaganje je približno 650 m³ (900 m³) i može se pakirati u 56 (78) N2d ili 124 (172) RCC spremnika za odlaganje [20 i 24].

NSRAO nastao tijekom održavanja i razgradnje SFDS/RU biti će odložen u duboko geološko odlagalište (DGO) zajedno s VRAO-om i dugoživućim NSRAO-om. Prema trenutnim planovima, odlagališta NSRAO-a u Sloveniji i Hrvatskoj neće se ponovno otvarati zbog razgradnje SFDS-a. Razdoblje odlaganja je predviđeno za 2104.–2107. godine (BC 0, BC 1, ELSC A) ili 2124.–2127. godine (ELSC B).

Tablica 3-9 Operativni radioaktivni otpad i dekomisijski radioaktivni otpad SFDS-a/RU-a [20, 24]

Scenarij	NSRAO od rada i razgradnje SFDS-a i RU-a	Volumen otpada (m ³)	Masa (t)	Aktivnost (Bq)	Volumen za odlaganje (m ³)
Osnovni scenarij	Pogon 2058-2102 Razgradnja 2103-2107	70,0	549,5	9,75E+11	645,1
ELSC A	Pogon 2078-2102 Razgradnja 2103-2107	98,0	769,3	1,37E+12	903,2
ELSC B	Pogon 2078-2122 Razgradnja 2123-2127	98,0	769,3	1,37E+12	903,2

Dekomisijski VRAO, nastao razgradnjom primarnog kruga NE Krško (u razdobljima 2044.–2053. za BC odnosno 2064. –2073. za ELSC) čine aktivirane komponente: unutarnji dijelovi RPV-a, RPV i biološki štiti. Ukupna pakirana masa VRAO-a je 140,0 t, a aktivnost se procjenjuje na $2,46 \times 10^{16}$ Bq (pet godina nakon gašenja reaktora) s Fe-55 i Co-60 kao dominantnim radionuklidima (iz odbojnih ploča, reaktorske jezgre, toplinskog štita, obloge reaktorske posude, izolacije i reaktorske posude), te Co-60 i Eu-142 iz biološkog štita. Nuklidi s nešto manjim doprinosom ukupnoj aktivnosti VRAO-a su H-3, C-14, Mn-54, Ni-59 i Ni-63 [24]. U svim scenarijima, dekomisijski VRAO bit će pakiran u 7 Holtec HI-SAFE bačvi, od kojih će svaka sadržavati spremnik za otpad (NFWC⁷) kapaciteta 20.078 kg [27]. Ukupna količina dekomisijskog VRAO-a je 237,0 m³ (Tablica 3-10). VRAO će biti pohranjen u SFDS postrojenju dok duboko geološko skladište ne bude dostupno (vidi Poglavlje 4.1).

Tablica 3-10 Dekomisijski VRAO-a /SRAO-a NE Krško [24, 27]

Tip radioaktivnog otpada (vrijeme generiranja otpada)	Volumen otpada (m ³)	Masa (t)	Aktivnost (Bq)	Volumen za odlaganje (m ³)
Dekomisijski VRAO (unutarnji dijelovi reaktorske posude) (BC 2044.-2053.; ELSC 2064.-2073.)	17,7	140,0	2,46E+16	237,0 (7 Holtec HI-SAFE spremnika)

Procjena troškova svih aktivnosti razgradnje zgrada i sustava NE Krško navedena je u PDP-u, rev. 7 [20] i u "4. reviziji Programa razgradnje NE Krško" [24].

3.1.3 Cjelokupni inventar operativnog i dekomisijskog RAO-a

Ukupne količine analiziranog uskladištenog inventara NSRAO-a i procijenjene buduće količine NSRAO-a nastale radom, održavanjem i razgradnjom NE Krško kao i razgradnjom SFDS-a i RU-a prikazane su u nastavku (Tablica 3-11 za osnovni scenarij i Tablica 3-12 za dodatne scenarije, vidi poglavlje 2.5).

⁷ NFWC - *Non-Fuel Waste Canister*

Tablica 3-11 Projekcija ukupnih količina radioaktivnog otpada iz NE Krško (za rad NE Krško do 2043. godine)

Tip radioaktivnog otpada (vrijeme generiranja otpada)	Volumen (m ³)	Masa (t)	Aktivnost (Bq)*	Obrada prije odlaganja
Operativni NSRAO (1.1.1983. – 31.12.2023.)	2.438,06	4.938,29	8,28E+13	Podjela i preuzimanje kako je opisano u Poglavlju 5.
Operativni NSRAO * (1.1.2024. – 31.12.2043.)	597,98	922,65	2,07E+13	Kondicioniranje u N2d ili RCC na lokaciji NE Krško ili u postrojenju za obradu u trećoj zemlji.
Dekomisijski NSRAO (2044. – 2058.)	1.472,90	2.682,10	4,76E+12	Podjela, obrada i kondicioniranje u N2d i RCC spremnike. Preuzimanje i prijevoz u NSRAO odlagališta u Sloveniji (RS) ili Hrvatskoj (RH) nakon 2050. godine
NSRAO iz razgradnje SFDS i RU (2103.-2107.)	70,00	549,50	9,75E+11	Nema planirane podjele. Kondicioniranje i prijevoz u zajedničko odlagalište za ING/VRAO (DGO).
Ukupno NSRAO	4.578,83	9.092,54	1,09E+14	
Dekomisijski VRAO (2044-2053)	17,7	140,0	2,46E+16	Nema planirane podjele. Kondicioniranje i prijevoz u zajedničko odlagalište za ING/VRAO (DGO).

* Izvor podataka za operativni i dekomisijski NSRAO je Druga revizija studije podjele i preuzimanja [23], PDP, rev 7 [20] i PR, rev 4. [24]. Radioaktivni raspad nije zet u obzir. RAO- koji će nastati razgradnjom suhog skladišta ING-a i jedinice za izvlačenje goriva (SFDS i RU) se neće dijeliti, već će se odložiti u duboko geološko odlagalište zajedno s ING-om i VRAO-om.

Tablica 3-12 Projekcija ukupnih količina radioaktivnog otpada iz NE Krško (za rad NE Krško do 2063. godine)

Tip radioaktivnog otpada (vrijeme generiranja otpada)	Volumen (m ³)	Masa (t)	Aktivnost (Bq)*	Obrada prije odlaganja
Operativni NSRAO (1.1.1983. – 31.12.2023.)	2.438,06	4.938,29	8,28E+13	Podjela i preuzimanje kako je opisano u Poglavlju 5.
Operativni NSRAO * (1.1.2024. – 31.12.2063.)	1.195,74	1.834,30	4.14E+13	Kondicioniranje u N2d ili RCC na lokaciji NE Krško ili u postrojenju za obradu u trećoj zemlji.
Dekomisijski NSRAO (2064. – 2078.)	1.472,9	2.682,10	4,76E+12	Podjela, obrada i kondicioniranje u N2d i RCC spremnike. Preuzimanje i prijevoz u NSRAO odlagališta u Sloveniji (RS) ili Hrvatskoj (RH) nakon 2070. godine
NSRAO iz razgradnje SFDS i RU (2123. – 2127.)	98,0	769,30	1,37E+12	Nema planirane podjele. Kondicioniranje i prijevoz u zajedničko odlagalište za ING/VRAO (DGO).
Ukupno NSRAO	5.176,70	10.015,19	1,30E+14	
Dekomisijski VRAO (2064. – 2073.)	17,7	140,0	2,46E+16	Nema planirane podjele. Kondicioniranje i prijevoz u zajedničko odlagalište za ING/VRAO (DGO).

* Izvor podataka za operativni i dekomisijski NSRAO je Druga revizija studije podjele i preuzimanja [23], PDP, rev 7 [20] i PR, rev 4. [24]. Radioaktivni raspad nije zet u obzir. RAO- koji će nastati razgradnjom suhog skladišta ING i jedinice za izvlačenje goriva (SFDS i RU) se neće dijeliti, već će se odložiti u duboko geološko odlagalište zajedno s ING-om i VRAO-om.

3.1.4 Inventar RAO-a iz postrojenja za pakiranje i DGO-a

Osim radioaktivnog otpada koji će nastajati na lokaciji NE Krško, kao što je prikazano u prethodnim tablicama, treba spomenuti da će određene količine NSRAO-a nastajati tijekom rada i razgradnje postrojenja za pakiranje i DGO-a za odlaganje ING-a/VRAO-a (vidi Poglavlje 4.3.3). Procijenjena

količina operativnog i dekomisijskog otpada iz postrojenja za pakiranje je: 172 m³ (BC) i 206 m³ (ELSC), uz pretpostavku da je pakiran u 14 (BC) i 17 (ELSC) N2d spremnika [27]. Procjenjuje se da će tijekom rada DGO-a godišnje nastati jedna 200 l bačva operativnog radioaktivnog otpada, što je ukupno 10-20 bačvi tijekom operativnog razdoblja [27]. Tijekom razgradnje i zatvaranja DGO-a ne očekuje se radioaktivni otpad. Procijenjene količine prikazane su u nastavku (Tablica 3-13). Ovaj će otpad nastati u vrijeme kada se planirana nacionalna odlagališta NSRAO-a zatvore i stoga će se odlagati u DGO zajedno s ING-om kako je opisano u Poglavlju 4.

Tablica 3-13 Postrojenje za pakiranje i DGO – operativni i dekomisijski radioaktivni otpad [27]

Izvor radioaktivnog otpada	Tip radioaktivnog otpada	Volumen (m ³)		Planirano zbrinjavanje
		BC	ELSC	
Postrojenje za pakiranje	Operativni i dekomisijski NSRAO	172	206	Podjela nije planirana. Pakiranje u odlagališne spremnike i odlaganje u DGO.
Duboko geološko odlagalište (DGO)	Operativni NSRAO	2– 4 (10-20 bačvi)		Podjela nije planirana. Odlaganje u DGO u 200-l bačvama.

BC – Osnovni scenarij, ELSC – Scenarij produljenog životnog vijeka, DGO – Duboko geološko odlagalište

3.2 Inventar ING-a

Jezgra reaktora NE Krško sastoji se od 121 gorivnog elementa vanjskih dimenzija 19,718 cm x 19,178 cm x 405,803 cm. Svaki gorivni element sastoji se od 235 gorivnih štapova ispunjenih keramičkim tabletama uranovog dioksida i obloženih legurom cirkonija. Obogaćenje urana je u rasponu od nekoliko postotaka (između 2 i 5 %). Jedan gorivni element sadrži približno 406 kg urana.

U prva tri ciklusa, u NEK-u je korišteno standardno Westinghouseovo gorivo (STD) 16x16. U ciklusima 1-4 korištena je standardna zamjena goriva (tzv. "out-in" gospodarenje). Gospodarenje gorivom s malim propuštanjem uvedeno je u NEK-u u 5. ciklusu i koristilo se u narednim ciklusima. U 7. ciklusu, polovica zamijenjenog svježeg goriva bilo je standardno Westinghouseovo gorivo 16x16, a polovica, Westinghouseovo 16x16 gorivo sa značajkama izvedbe VANTAGE 5. U 8. gorivnom ciklusu su svi novo dodani gorivni elementi (40) bili tipa Westinghouse 16x16 sa značajkama izvedbe VANTAGE 5. Gorivni element 16x16 sa značajkama izvedbe VANTAGE 5 modifikacija je standardnog gorivnog elementa 16x16, s istim vanjskim dimenzijama, ali s dodatnim značajkama i povećanom sposobnošću izgaranja goriva.

Počevši od 15. ciklusa, NEK je uveo gorivne elemente "24 Westinghouse 16x16 STD" s nekim značajkama izvedbe goriva VANTAGE+. Počevši od 28. ciklusa, NEK je implementirao još jednu značajku VANTAGE+: zaštitni premaz od cirkonijevog dioksida na dnu ZIRLO obloge gorivnog štapa. U 29. ciklusu uvedeno je 56 gorivnih elemenata s modificiranim značajkama izvedbe VANTAGE+ (modificirane značajke izvedbe goriva VANTAGE+) [28].

2004. godine (nakon 20. ciklusa) NEK je uveo duži gorivni ciklus u kojem se gorivni elementi mijenjaju svakih 18 mjeseci. Na kraju svakog ciklusa, iz jezgre se ispušta prosječno 56 gorivnih elemenata u bazen za istrošeno nuklearno gorivo (SFP). Krajem 2023. u bazenu za ING i u suhom skladištu (SFDS) na lokaciji NE Krško bilo je pohranjeno 1.435 istrošenih gorivnih elemenata, u koje se ubrajaju i dva posebna spremnika s gorivnim šipkama iz rekonstitucije goriva. SFP također sadrži

istrošenu fisisku ćeliju [29]. Tijekom prve kampanje izmještanja ING-a 2023. godine bazena u suho skladište prebačena su 592 istrošena gorivna elementa (i umetnuta u 16 posebnih spremnika, čime se omogućuje suho skladištenje uz pasivno odvođenje topline iz skladišten zgrade). Prije kraja 2023. velika većina svježih gorivnih elemenata, dopremljenih iz SAD-a, privremeno je uskladištena u bazenu (istrošenog goriva). Tijekom prve kampanje premještanja iz ING-a u 2023. godini, čak 592 istrošena goriva elementa premještena su iz bazena u suho skladište (smještena u 16 posebnih spremnika, što omogućuje suho skladištenje s pasivnim odvođenjem topline u namjenskoj zgradi). Prije kraja 2023. godine, velika većina svježih goriva elemenata, isporučenih iz SAD-a, privremeno je pohranjena u bazen za istrošeno gorivo.

Tablica 3-14 Inventar istrošenoga nuklearnog goriva u bazenu i suhom skladištu za ING u prosincu 2023. godine

Godina	Elementi istrošenoga nuklearnog goriva		
	Iz jezgre	U bazenu	U suhom skladištu
2009	56 (+1)	929	--
2010	56	985	--
2011	0	985	--
2012	56	1041	--
2013	56 (+1)	1098	--
2014	0	1098	--
2015	56	1154	--
2016	56	1210	--
2017	0 (+1)	1211	--
2018	56	1267	--
2019	56	1323	--
2020	0	1323	--
2021	56	1379	--
2022	56	1435	--
2023	0	843	592

NE Krško planira nastaviti s primjenom 18-mjesečnih ciklusa nuklearnog goriva pri čemu će se do 2043. godine (BC) proizvesti ukupno 2.282 gorivnih elemenata koji sadrže 926,5 t teškog metala – tHM. U ELSC-u se očekuje dodatnih 900 gorivnih elemenata s ukupnim brojem od 3.182 gorivnih elemenata proizvedenih do 2063. koji sadrže 1291,9 tHM (Tablica 3-15). U skladu s PZ-om za Četvrtu reviziju, scenarij ponovne obrade/recikliranja nije razmatran i stoga nije analiziran.

Tablica 3-15 Inventar istrošenoga nuklearnog goriva NE Krško

Razdoblje ozračivanja	Izvor podataka	Prosječna stopa izgaranja (GWd/tHM)	Gorivni element (broj)	Volumen (m ³)	Masa (tHM)
1981 - 1991	Uskladišteni inventar (SFP&SFDS)*	32	314	44,7	126,0
1992 - 2007		42	532	75,7	228,0
2008 - 2023		54	589	84,0	228,5
2024 - 2043	Procjena	54	847	120,0	344,0
Ukupno za Osnovni scenarij:			2.282	324,4	926,5
2044 - 2063	Procjena	54	900	127,4	365,4
Ukupno za ELSC:			3.182	451,8	1.291,9

* Od rujna 2023. godine, 592 istrošena gorivna elementa nalaze se u suhom skladištu (SFDS), smještena u šesnaest spremnika, dok je preostalih 843 istrošenih gorivnih elemenata pohranjeno u bazenu za ING NE Krško [30].

4 Zbrinjavanje ING-a i VRAO-a

4.1 Zbrinjavanje i skladištenje prije odlaganja

4.1.1 Uvod

U svrhu postizanja specifičnog cilja zbrinjavanja ING-a potrebno je osigurati sigurno rukovanje, čuvanje i skladištenje ING-a u svim fazama njegova postojanja. Nakon toga, treba primijeniti odgovarajuća trajna rješenja za odlaganje u odgovarajućem odlagalištu, koje je međunarodno priznato kao sigurno krajnje odredište za ING ili VRAO nastao preradom ING-a.

Međunarodno je priznato da je, bez obzira na odabranu opciju zbrinjavanja ING-a, potrebno neko vrijeme skladištiti istrošeno gorivo. ING se skladišti u mokrim skladištima (bazenima istrošeno gorivo) ili suhim skladištima u složenim skladišnim spremnicima (engleski: *cask*) ili skladišnim jedinicama. Gotovo svi nuklearni reaktori imaju bazene za skladištenje goriva, a dodatni skladišni kapacitet, bilo mokri ili suhi, se gradi iz operativnih i sigurnosnih razloga. Drugim riječima dodatno skladište može se izgraditi kako bi se povećao kapacitet skladišta istrošenog goriva nuklearnih elektrana i povećala sigurnost pohranjenog ING-a.

Za mnoge zemlje s malim programima za nuklearnu energiju mogućnost, strategija izravnog odlaganja ING-a ograničena je s nekoliko čimbenika. Identificiranje odgovarajućih geoloških i društvenih kriterija za smještaj odlagališta može biti izazovno. Osim toga, za razvoj, izgradnju i rad DGO-a potrebni su iznimno veliki ljudski resursi, a financijski zahtjevi mogu biti previsoki. Iz tih razloga mnoge zemlje s malim programima za nuklearnu energiju odlučuju se za produženo skladištenje ING-a i VRAO-a.

Suho skladištenje na lokaciji reaktora relevantno je i za NEK i usklađeno je s odobrenom Rezolucijom ReNPROIG23-32 u Sloveniji [10] i s odobrenim Nacionalnim programom provedbe Strategije zbrinjavanja RAO-a, II-a i ING-a u Republici Hrvatskoj [8, 9].

4.1.1.1 Odgovornost operatera postrojenja

Operater nuklearnog postrojenja nadležan je i odgovoran za gospodarenje ING-om na lokaciji pogona u radu. NEK je odgovoran za skladištenje ING-a iz pogona NEK-a na lokaciji reaktora [31].

Operater postrojenja NEK-a također je nositelj licence za sav ING na lokaciji. U skladu s ReNPROIG23-32, vlasnik ING-a dužan je ispitati mogućnost njegove ponovne prerade [10].

SFDS postrojenje značajno je sigurnosno unapređenje jer povećava nuklearnu sigurnost svojom pasivnom prirodom i smanjenjem količine ING-a u bazenu. SFDS je pasivan sustav koji ne zahtijeva aktivne sustave, strukture ili komponente za jamčenje sigurnosti dugoročnog skladištenja ING-a. U tom smislu, suho skladištenje povećava sigurnost "skladištenja ING-a u reaktoru" uz održavanje istih okolišnih i radioloških ograničenja. SFDS osigurava dodatni prostor za skladištenje ING-a u bazenu i povećava ukupnu sigurnost sustava za skladištenje ING-a.

O izgradnji suhog skladišta za ING raspravljao je MDP [5] na svojoj 10. sjednici u srpnju 2015. [2]. Povjerenstvo je odlučilo da je izgradnja SFDS-a na lokaciji reaktora, koja bi trebala biti dovršena prije prestanka rada NEK-a, dio zajedničkog rješenja zbrinjavanja istrošenog goriva. Ova odluka usklađena

je s točkom 7. članka 10. Bilateralnog ugovora. Rad SFDS-a nakon 2043. godine na lokaciji NE Krško predmet je dodatnih pregovora i mogućeg novog sporazuma između slovenske i hrvatske vlade [24] [32].

Izgradnja suhog skladišta istrošenog goriva na lokaciji NEK-a, s minimalnim životnim vijekom od 60 godina i mogućnošću produljenja rada, uključena je u slovensku Rezoluciju ReNPRROG16-25 kao aktivnost koju treba provesti NEK [33].

Osim što je SFDS-a predviđen u ReNPROIG23-32 kao sljedeći korak skladištenja, potreba za suhim skladištenjem na lokaciji reaktora prepoznata je i ranije u detaljnim sigurnosnim pregledima za provjeru otpornosti na stres i drugim sigurnosnim analizama provedenim od 2011. godine nadalje [34].

4.1.1.2 Opis suhog skladišta istrošenog nuklearnog goriva u NEK-u

Konačni prestanak rada NE Krško očekuje se 2043. godine za varijante osnovnog scenarija 0 i 1 (BC 0 i 1), odnosno 2063. godine za dodatne scenarije A i B (poglavlje 2.5). Prema osnovnim scenarijima i dodatnom scenariju A predviđa se da će SFDS i RU raditi do 2103. godine, a prema dodatnom scenariju B predviđa se rad do 2123. [24].

Novi skladišni sustav uključuje Zgradu suhog skladišta (DSB) unutar ograde NEK-a. SFDS se temelji na sustavu suhog skladištenja u HI-STORM FW spremnicima (HI-STORM) proizvođača Holtec International. U ovom sustavu, ING se pohranjuje u MPC⁸ i stavlja unutar natpaketa HI-STORM. HI-STORM FW natpaket zatim se transportira i skladišti na betonskoj podlozi. Na lokaciji NE Krško, HI-STORM natpaketi skladište se u DSB na betonskoj podlozi.

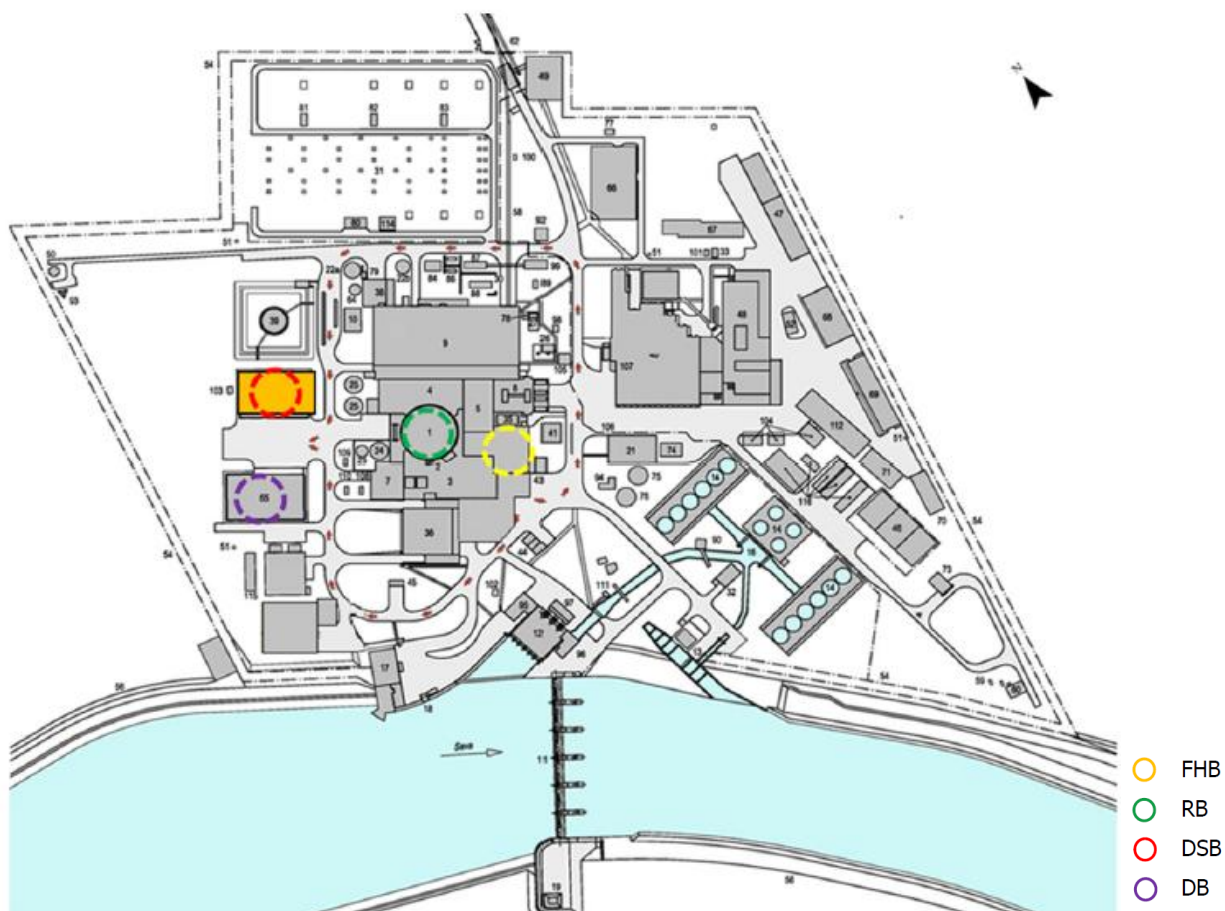
Sustav suhog skladištenja Holtec International HI-STORM zapravo je betonski zaštitni spremnik obložen čelikom s unutarnjom zatvorenom metalnom bačvom. Sustav HI-STORM FW predviđen je za pružanje fizičke zaštite istrošenog goriva, zaštite od zračenja te za pasivno uklanjanje topline i učinkovito hlađenje prirodnom konvekcijom tijekom privremenog skladištenja.

U NE Krško, na betonsku podlogu u DSB-u može se pohraniti do 70 natpaketa HI-STORM, a u svaki se može pohraniti do 37 gorivnih elemenata uz maksimalni kapacitet od 2.590 gorivnih elemenata. Trenutno su potrebna samo 62 spremnika za predviđeni inventar ING-a. Dodatni kapacitet razmatra se za potencijalno gospodarenje gorivom ili promjene u radu u budućnosti i za potencijalno privremeno skladištenje visoko radioaktivnog materijala.

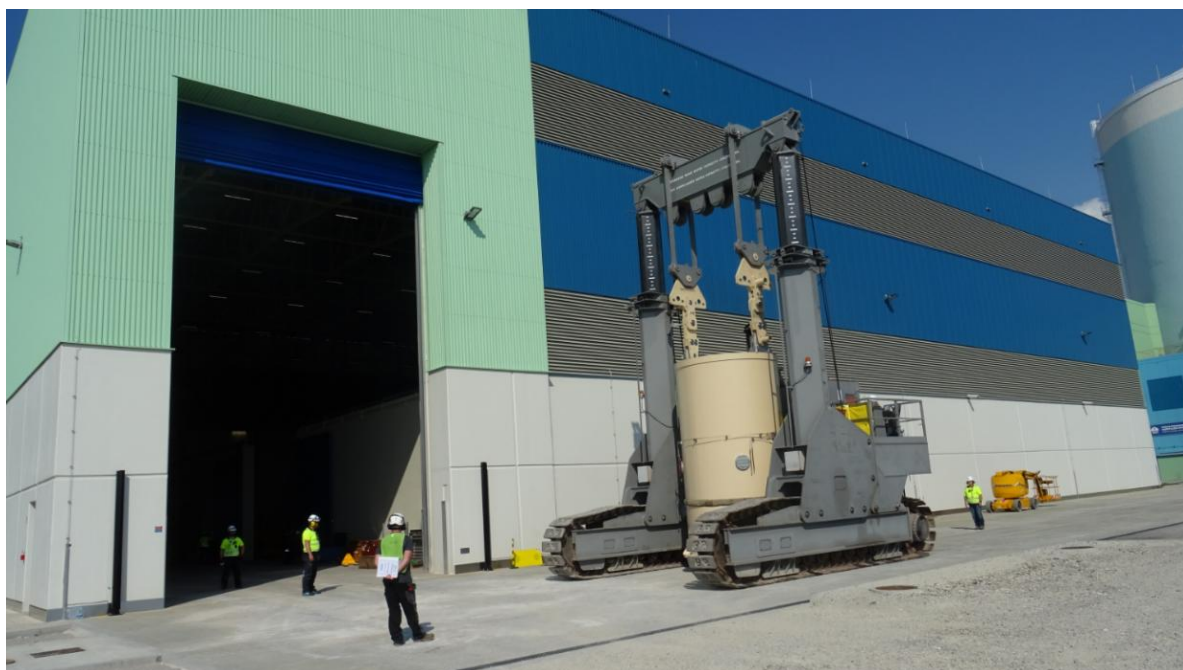
Betonska podloga DSB-a je armirano-betonska ploča, približnih dimenzija 47 x 69 m i debljine od otprilike 1,75 m. Glavna je funkcija betonske podloge u DSB-u pohrana natpaketa HI-STORM u seizmički stabilnom i izoliranom području koje može podnijeti sva moguća strukturna i seizmička opterećenja povezana s dugoročnim skladištenjem. DSB je izgrađena od betona i metala. Donji dio postrojenja izrađen je od betona u svrhu zaštite od poplava. Zgrada se sastoji od skladišnog prostora, pristupnog prostora, tehničkog prostora te ulaznog i izlaznog prostora za kontrolirane radiološke svrhe. DSB je izveden da osigura ventilaciju i zaštitu od zračenja za napunjene HI-STORM natpakete tijekom dugoročnog skladištenja. Pristupni prostor je mjesto gdje se obavlja prihvati i priprema MPC-ova za skladištenje i gdje se pohranjuje oprema za prijenos. Postrojenje za prijenos spremnika (CTF) je u donjem dijelu pristupnog područja u DSB-u gdje se MPC-ovi prenose iz HI-TRAC-a u HI-STORM

⁸ MPC – engleski: *Multi-Purpose Canister*

(ili obrnuto). U tehničkom prostoru DSB-a nalaze se kontrolne ploče i oprema za nadzor rada DSB-a. Od prostora za skladištenje spremnika, odvojen je zaštitnim betonskim zidom.



Slika 4-1 Lokacija Suhog skladišta (DSB) unutar lokacije Nuklearne elektrane Krško [35]

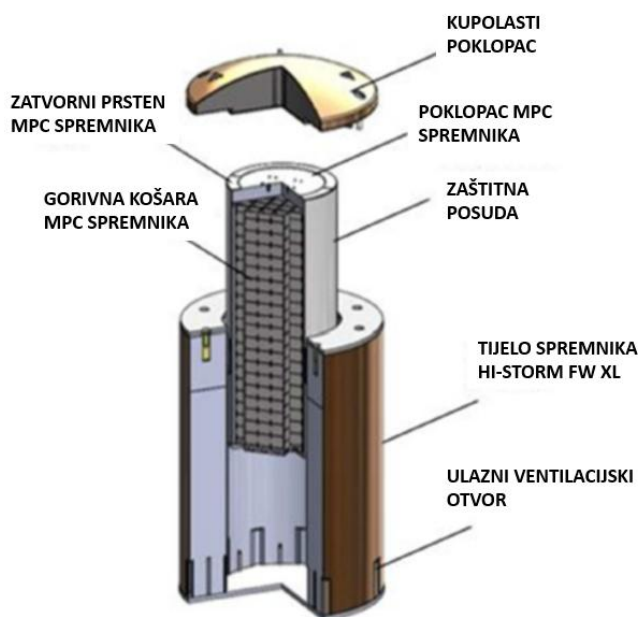


Slika 4-2 Suho skladište (DSB), izvor NEK



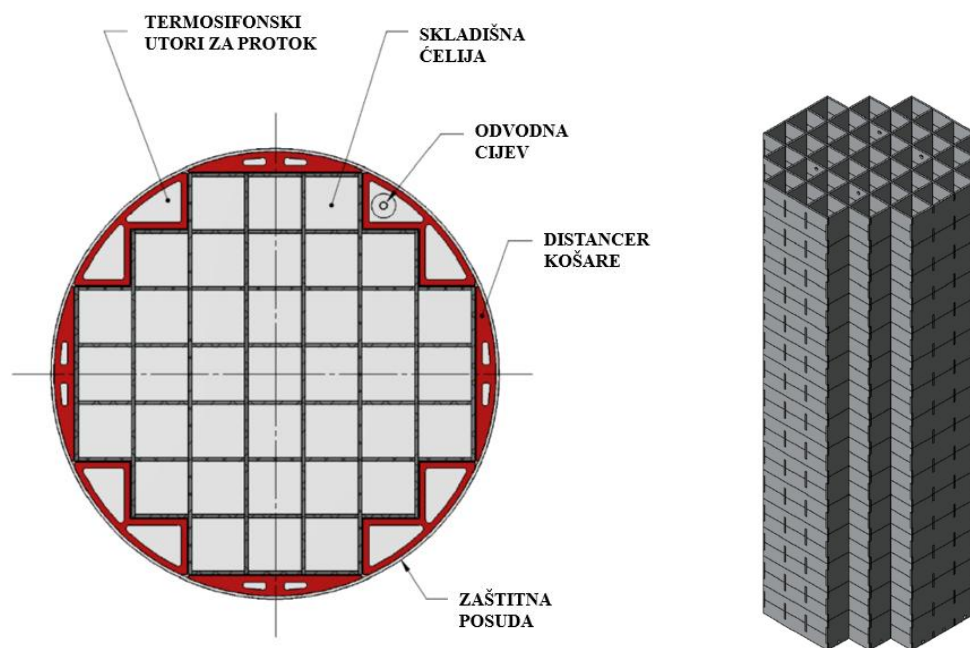
Slika 4-3 Suho skladište, izvor NEK

HI - STORM FW natpaket je glavna izolacijska i zaštitna komponenta suhog skladišnog sustava. Sastoji se od unutarnje i vanjske ovojnice povezane radijalnim rebrima kroz cijelu komponentu. Ovojnice su s gornje i donje strane povezane pločicama koje tvore šupljinu između dvaju slojeva. Ta se šupljina zatim ispuni betonom visoke gustoće, čime se stvara zaštitna ovojnica debljine približno 70 centimetara. Beton osigurava tlačnu čvrstoću i zaštitu od zračenja. Natpaket HI-STORM je opremljen s četiri ulazna otvora na dnu, čime se omogućuje strujanje zraka u središte, a zatim prema gore i oko vanjskog dijela MPC-a (unutarnji spremnik) prije izlaska kroz izlazne otvore na vrhu natpaketa. Ova izvedba osigurava pasivno odvođenje topline koju stvara gorivo.



Slika 4-4 HI-STORM s MPC (MPC-37) sustavom za suho skladištenje [36]

Višenamjenski spremnik (MPC) je sustav za zatvaranje pohranjenog ING-a. MPC je osušeni, zavareni i helijem napunjeni cilindrični spremnik s košarom u obliku saća, baznom pločom, poklopcem, prstenom za zatvaranje i ovojnicom spremnika. Gorivni elementi skladište se u košari za gorivo unutar MPC-a, koji može primiti do 37 elemenata za transport i skladištenje. Ovojnica MPC-a je debljine približno 12 mm i zavarena je na poklopac i baznu ploču. Dok MPC pruža određenu zaštitu, njegova glavna funkcija je održavati konfiguraciju istrošenog goriva i služiti kao granica zatvorenog prostora između pohranjenog istrošenog nuklearnog goriva i okoliša.



Slika 4-5 Višenamjenski spremnik za 37 PWR istrošenih gorivnih elemenata (MPC-37) u poprečnom presjeku (lijevo) i MPC-37 PWR košara za gorivo (37 skladnišnih ćelija) u perspektivi (desno) [36]

4.1.2 Inventar

Jezgra reaktora NE Krško sastoji se od 121 gorivnog elementa vanjskih dimenzija 19,718 cm x 19,178 cm x 405,803 cm. Svaki gorivni element sastoji se od 235 gorivnih štapova ispunjenih keramičkim tabletama uranovog dioksida i obloženih legurom cirkonija.

U poglavlju 3.2 opisan je inventar NE Krško. Tablica 3-15 prikazuje trenutne količine ING-a uskladištenog u mokrom i suhom skladištu, kao i predviđene količine do kraja životnog vijeka NE Krško. Ukratko, za BC se očekuju 2.282 elementa FS-a, a za ELSC 3.182 elementa.

4.1.2.1 Kapacitet skladišta ING-a i očekivani inventar istrošenog goriva

Mokro skladište u NEK-u - Bazen ING-a ima 1.709 skladnišnih mjesta za istrošeno gorivo. Od toga je 20 mjesta u novim regalima fizički nedostupno, a 56 mjesta u starim regalima su administrativno zabranjene ćelije. Budući da u bazenu u svakom trenutku mora biti osiguran prostor za cijelu jezgru reaktora, najmanje 121 mjesto uvijek mora biti rezervirano za hitni istovar jezgre. Preostalih 1.512 lokacija fizički je dostupno za skladištenje istrošenih gorivnih elemenata. Ovi elementi mogu se skladištiti u dvije od četiri, tri od četiri i četiri od četiri konfiguracije, ovisno o projektnim parametrima

kao što su početno obogaćivanje, izgaranje i toplina raspadanja. Rezultati testova opterećenja provedenih u 2011. godini doveli su do povećanja sigurnosnih rezervi i strožih kriterija za smještaj gorivnih elemenata u stalke za skladištenje.

4.1.2.2 Planirani inventar ING-a u SFP-u i SFDS-u te pogon SFDS-a

Planirani inventar u SFP-u i SFDS-u, s obzirom na planirane faze prijenosa za sve scenarije, prikazan je u Tablica 4-1. Tri planirane kampanje prijenosa uzimaju se u obzir za osnovni scenarij i četiri za dodatne scenarije. Za BC je prva faza kampanje provedena 2023. godine, druga je planirana za 2029. godinu, a početak završne kampanje predviđa se 5 godina nakon pražnjenja jezgre reaktora (2048.-2050.) [24].

Za BC, prije konačnog pražnjenja goriva iz jezgre reaktora 2043. godine, u SFDS-u će se nalaziti 1184 elementa ING-a, a u bazenu nešto manje od 1000 elemenata ING-a. Nakon konačnog pražnjenja jezgre, u bazenu će se nalaziti nešto manje od 1100 elemenata ING-a [24].

U osnovnom scenariju, proizvodnja topline 121 istrošenog gorivnog elementa iz posljednjeg pražnjenja jezgre, 140 sati nakon gašenja, je manja od 6,4 MW. Proizvodnja topline istrošenih gorivnih elemenata u jednom MPC-u neće prelaziti 42,5 kW. Prosječna proizvodnja topline jednog MPC-a tijekom kampanje punjenja bit će između 26 i 32 kW. Nakon 5 godina u SFDS-u, prosječna proizvodnja topline jednog MPC-a bit će ispod 26 kW.

Za oba dodatna scenarija, osi prethodne tri kampanje, planirana je četvrta i posljednja kampanja za razdoblje 2068.-2070. godine, tijekom koje će 900 elemenata ING-a biti premješteno u SFDS. U tom će slučaju očekivani inventar ING-a premašiti trenutni kapacitet postrojenja skladišta. Stoga će biti potrebno osigurati dodatni skladišni kapacitet ili ranije odlaganje ING-a kako bi se podržalo produljenje životnog vijeka NEK-a do 2063. [24].

Planirani i očekivani inventar ING-a u SFP-u i SFDS-u za osnovni scenarij i dodatne scenarije prikazan je u Tablica 4-1. Konačno gašenje reaktora NE Krško predviđeno je 2043. za BC i 2063. za ELSC (SC) scenarije A i B.

Tablica 4-1 Trenutni i očekivani inventar ING-a NE Krško za osnovni scenarij (BC) i dodatne scenarije (SC A&B)

	Godina	Ukupni broj ING elemenata		Br. ING u bazenu za ING (SFP)		Br. ING u suhom skladištu (SFDS)		Br. MPC-a u SFDS	
		BC	SC A&B	BC	SC A&B	BC	SC A&B	BC	SC A&B
Faza I	2023	1435	1435	843	843	592	592	16	16
Faza II	2029	1659	1659	475	475	1184	1184	32	32
Konačno gašenje reaktora	2043	2282	2282	1098	1098	1184	1184	32	32
5-godišnje hlađenje	2048	2282	2507	1098	1323	1184	1184	32	32
Faza III	2048-2050	2282	2507 (2597)	0	225 (315)	2282	2282	62	62
Konačno gašenje reaktora	2063	/	3182	/	900	2282	2282	62	62
5-godišnje hlađenje	2068	/	3182	/	900	2282	2282	62	62
Faza IV	2068-2070	/	3182	/	0	2282	3182	62	87

Nakon posljednje faze (faza III) kampanje punjenja, SFDS postrojenje neće primati nove istrošene gorivne elemente. Sav ING i VRAO iz razgradnje će se skladištiti i nadzirati u SFDS-u, a ne u drugim postrojenjima NE Krško. SFP NE Krško će se isprazniti i dekontaminirati, a bit će potrebno izgraditi alternativno postrojenje (suho ili mokro) koje će omogućiti eventualno ponovno otvaranje i pražnjenje (ili ponovno pakiranje) spremnika u slučaju potrebe za zamjenom MPC-a. U ovom trenutku ostale strukture, sustavi i komponente NE Krško su u *brownfield* stanju [24].

Kao opcija, skladište SFDS se također može koristiti za pohranjivanje (osim VRAO-a koji nastaje tijekom razgradnje) čvrstog i kondicioniranog SRAO-a i VRAO-a koji dolazi iz potencijalne prerade ING-a [10], [24].

RENPROIG23-32 zahtijeva od vlasnika licence za gorivo (NE Krško) da ispita mogućnost prerade ING-a [10]. Preostali VRAO iz prerade ING-a treba biti čvrst i pakiran u standardnom formatu za kasnije skladištenje u odgovarajućem suhom skladištu.

Aktivnosti vezane uz SFDS postrojenje u ovoj fazi rada sastoje se od nadzora i praćenja uskladištenog goriva te eventualno po potrebi održavanja.

Postoje tri različita scenarija za rad SFDS-a nakon 3. faze kampanje punjenja. U osnovnom scenariju, SFDS i dalje radi između 2049. i 2102. godine, u dodatnom scenariju A između 2049. i 2103. godine, a u dodatnom scenariju B između 2049. i 2123. godine [24].

Prije kraja ovih razdoblja (u 2103. odnosno 2123. godini), sav inventar iz SFDS-a bit će prebačen i transportiran u DGO. DGO je međunarodno priznat kao sigurno dugoročno rješenje za odlaganje VRAO-a i ING-a (ako se ne preradi u VRAO). U skladu s nacionalnim politikama zbrinjavanja VRAO-a i ING-a, sav inventar VRAO-a i ING-a mora se prenijeti u nacionalno ili multinacionalno duboko geološko odlagalište (Rezolucija RS, referenca na Strategiju br. 5, [33], [10]), [8, 9].

4.1.2.3 Inventar VRAO-a iz razgradnje NE Krško

Inventar VRAO-a iz razgradnje NE Krško opisan je u poglavlju 3.1.2 (Inventar dekomisijskog RAO-a), Tablica 3-10. Ukratko, tijekom razgradnje NEK-a nastat će oko 140 tona otpada od VRAO-a [24] za sve scenarije. VRAO će biti pakiran u 7 Holtec HI-SAFE spremnika i pohranjeni u SFDS, kao što je opisano u [24]. Procijenjena ukupna zapremina uskladištenih spremnika VRAO je 237 m³.

4.1.3 Nadzor i praćenje u skladištu, održavanje

Osiguran je nadzor i praćenje suhog skladišnog sustava HI-STORM tijekom cijelog životnog vijeka, u što je uključena rutinska inspekcija vanjskog dijela natpaketa i periodična vizualna provjera jesu li ventilacijski putovi natpaketa za skladištenje prohodni i čisti. Osim toga, sustav HI-STORM FW izveden je za jednostavno vađenje MPC-a iz natpaketa. Ova značajka omogućuje detaljnije preglede i po potrebi popravke na natpaketu za skladištenje.

Izvedba sustava suhog skladištenja omogućuje odvođenje topline koristeći samo prirodnu konvekciju, bez potrebe za prisilnim hlađenjem zraka.

Tijekom faze nadzora i praćenja, zgrada DSB-a treba fizičku zaštitu, praćenje temperature i vlažnosti, praćenje razina zračenja u zgradi i rasvjetu.

4.1.4 Razgradnja SFDS-a

Rastavljanje i razgradnja SFDS postrojenja, RU-a i DSB-a u NEK-u provest će se nakon predaje cjelokupnog inventara ING-a i VRAO-a iz skladišta na konačno odlaganje. Aktivnosti rastavljanja i razgradnje u osnovnom scenariju i dodatnom scenariju A, neće započeti prije 2104. godine, a u dodatnom scenariju B prije 2124. godine [24].

U načelu, od postrojenja se očekuje da radi kao "čisto" postrojenje. Ne očekuje se da bilo koja komponenta, uključujući transportne spremnike i natpakete za skladištenje, imati površinsku kontaminaciju tijekom rada. Tijekom životnog vijeka postrojenja provodit će se periodični nadzori i provjere kako bi se identificirala moguća kontaminacija i provjerilo ostaje li postrojenje čisto. Očekuje se da će zaostala radioaktivna kontaminacija u postrojenju biti minimalna iz nekoliko razloga:

- MPC-ovi se pregledavaju i dekontaminiraju prije stavljanja u skladište kako bi se osiguralo da su vanjske površine čiste.
- MPC-ovi su zavareni i zatvoreni kako bi se spriječilo curenje.
- Očekuje se da će radiološka aktivacija HI-STORM natpaketa i materijala betonske podloge skladišta biti minimalna, zbog niskih neutrona i brzine doze.

MPC jedinice, od kojih svaka sadrži 37 elementa ING-a, pohranjene su unutar HI-STORM natpaketa. MPC jedinice bit će uklonjene iz HI-STORM-a i smještene u spremnike HI-STAR-a te odvezene s lokacije radi konačnog odlaganja. Nakon što se svi MPC-ovi otpreme s lokacije i počne razdoblje razgradnje, procjenom lokacije identificirat će se sva područja koje treba dekontaminirati. Potom će se provesti dekontaminacija svih sustava, struktura i komponenata SFDS-a i DSB-a.

Zgrada za suho skladištenje s betonskom podlogom

Niti jedna komponenta DSB-a neće se kontaminirati jer nema kontakta s vodom iz bazena za ING, a MPC je izveden da zadovolji kriterije nepropusnosti. Ne očekuje se da će se bilo koja komponenta DSB-a aktivirati zbog blizine utovarenog natpaketa. Sve komponente DSB-a moći će se razgraditi uobičajenim komercijalnim metodama.

Zbog izvedbe sustava HI-STORM, ne očekuje se zaostala kontaminacija na betonskoj podlozi (ispod HI-STORM-a) u DSB-u. Temeljna podloga i periferne pomoćne strukture neće zahtijevati dekontaminaciju niti posebno rukovanje nakon uklanjanja zadnjeg natpaketa. Ne očekuje se aktiviranje betona ili armaturne šipke iznad razine otpuštanja. Stoga se te strukture mogu rastaviti uobičajenim komercijalnim metodama ili po želji ponovno upotrijebiti.

Natpaket HI-STORM

Natpaket HI-STORM sastoji se od čelika i betona. Očekuje se da plašt neće imati unutarnju ili vanjsku radioaktivnu površinsku kontaminaciju. Jedini izvor aktivnosti je neutronska aktivacija. Očekuje se da će svaka neutronska aktivacija čelika i betona biti iznimno mala zbog niske doze neutrona, a također je svedena na minimum izvedbom unutarnje čelične ovojnice. Aktivirana unutarnja ovojnica (otprilike 1 kubični metar po jednom natpaketu) može se odvojiti od ostatka natpaketa tijekom rastavljanja. Očekuje se da unutarnja čelična ovojnica sustava HI-STORM-a biti NSRAO.

Očekuje se da će aktivacija betona u HI-STORM-u biti ispod granica za bezuvjetno slobodno otpuštanje iz radioaktivne kontrole (granice preuzete iz UV1 [37] i BSS [38]). Beton HI-STORM-a

ima razinu aktivacije koja je ispod granica za slobodno otpuštanje. Nakon uklanjanja unutarnje i vanjske ovojnice, beton se može razbiti i tretirati kao uobičajeni građevinski otpad.

Osim toga, HI-STORM se može ponovno upotrijebiti za pohranu drugog MPC-a ako to zahtijevaju promjene okolnosti ili drugačiji smjer nacionalne politike.

Višenamjenski spremnik (MPC)

Svi MPC-ovi iz SFDS pogona bit će prevezeni s lokacije u HI-STAR transportnim spremnicima. MPC napunjen istrošenim gorivom i zatvoren samostalni je "paket otpada"; prije transporta u konačno odlagalište nije potrebno daljnje rukovanje istrošenim gorivom pohranjenim u MPC. MPC je projektiran tako da bude prikladan kao paket otpada za trajno odlaganje u DGO. Poznato je da su materijali korišteni u konstrukciji MPC-a vrlo otporni na teške vanjske utjecaje. U MPC-u se ne koriste niti su dopušteni ugljični čelik, boje ili premazi.

Za potrebe transporta MPC-ovi s ING elementima će se u zgradi suhog skladišta NEK-a premještati iz HI-STORM-a u transportne spremnike HI-STAR. Gorivni elementi u MPC-ovima bit će kondicionirani za odlaganje ubacivanjem u spremnike za odlaganje. Proces prepakiranja, koji će se u osnovnim scenarijima provoditi u postrojenju za pakiranje na lokaciji dubokog odlagališta, opisan je u poglavlju 4.3.

Očekuje se približno 650 m³ dugoživućeg NSRAO-a i VRAO-a od rada suhog skladišta ING-a, kampanja utovara i istovara, prijenosa MPC-ova na konačno odlaganje i razgradnje skladišta (Tablica 3-9) [24] [27]. U količinu otpada uključeni su i otpadni MPC-ovi u koje su ugrađeni gorivni elementi ING-a za suho skladištenje i iz kojih se gorivni elementi prebacuju u bakrene spremnike u postupku prepakiranja.

4.1.5 Troškovi skladištenja ING-a i VRAO-a

Financiranje izgradnje SFDS-a kao i rad SFDS-a tijekom rada NE Krško dio je pogonskih troškova NE Krško [2]. Dakle, svi troškovi vezani uz SFDS do 2043. (2063. za dodatne scenarije A i B) financiraju se isključivo kroz cijenu električne energije i nisu dati kao trošak u ovom poglavlju niti uključeni u ukupne troškove skladištenja u svrhu procjene troškova koji će se uplatiti u fondove za razgradnju i zbrinjavanje NEK-a za prikupljanje potrebnih sredstava za zbrinjavanje ING-a i RAO-a iz Krškog. Isto vrijedi i za moguću konstrukciju Jedinice za izvlačenje goriva [24].

Svi ostali troškovi SFDS-a koji se odnose na transport goriva od SFP-a do lokacije SFDS-a, rad SFDS-a nakon prestanka rada NE Krško i razgradnju SFDS-a temelje se na 7. Reviziji Preliminarnog plana razgradnje NE Krško [20] te uključeni i prezentirani u Četvrtoj reviziji Programa razgradnje NE Krško [24] i nisu navedeni kao troškovi u ovom poglavlju. Uključene i planirane aktivnosti za osnovni scenarij su:

- kupnja 30 dodatnih spremnika (Holtecov HI-STORM FW) za istrošeno gorivo (3. faza za 1.098 istrošenih gorivnih elemenata)
- pakiranje preostalih 1.098 elemenata ING-a (u 3. fazi) u Holtecove spremnike i prijevoz do SFDS-a
- rad SFDS-a (rukovodeće/operativno osoblje, zaštitarska služba i troškovi koji nisu povezani s osobljem)

- Razgradnja SFDS-a (demontaža opreme i komponenti, demontaža i pakiranje betonske zaštite spremnika Holtec HI-STORM i Holtec HI-SAFE, mjerenja za oslobađanje zgrade od nuklearnih ograničenja i konvencionalno rušenje)

S obzirom na to da se u dodatnim scenarijima predviđa produljenje rada NE Krško za još dvadeset godina, troškovi ING-a prilagođeni su kako slijedi:

- zbrinjavanje istrošenog goriva (dodatni scenariji)
- kupnja 25 dodatnih spremnika (Holtecov HI-STORM FW) za 900 FA-ova
- pakiranje preostalih 900 FA-ova u Holtecov spremnik i prijevoz do SFDS-a.

Troškovi tijekom redovnog rada SFDS-a uključuju troškove potrošnog materijala, fizičke zaštite, troškove električne energije i komunikacijskog priključka. Ovi troškovi dio su Četvrte revizije Programa razgradnje NE Krško [24] i za sve analizirane scenarije iznose 0,5 milijuna € godišnje. Svi troškovi navedeni u ovom poglavlju izraženi su u EUR iz 2023.

Troškovi razgradnje za dodatne scenarije uzimaju u obzir povećani SFDS i dodatne spremnike za međuskladištenje ING-a.

Prijevoz ING-a u MPC-ovima do DGO-a procjenjuje se i uključuje u referentni scenarij za geološko odlagalište [27]. Troškovi su stoga prikazani unutar poglavlja 4.3, a pokrivaju ih dva nacionalna fonda za razgradnju u Sloveniji i Hrvatskoj (Javni Sklad NEK i Fond).

Troškovi naknada isplaćenih lokalnim zajednicama

Trošak naknade isplaćene lokalnim zajednicama u skladu je sa slovenskim zakonodavstvom za skladištenje ING-a u SFDS-u. Za skladištenje radioaktivnog otpada ili ING-a u Sloveniji dužno je plaćati naknadu za ograničeno korištenje zemljišta. Isplata naknade je u skladu sa slovenskim zakonodavstvom i trenutno je regulirana Uredbom o kriterijima za određivanje naknade za ograničeno iskorištavanje područja i mjera intervencije u područjima nuklearnih postrojenja (Uredba UV8) [39]. Prema ZVISJV-1 [31] i Uredbi UV8 operater postrojenja dužan je platiti naknadu. Naknada se ne plaća dva puta ako se u jednom prostoru imatelja dozvole nalazi više postrojenja.

Tijekom razgradnje s bazenom ING-a, naknada za razdoblje 2044.-2050. iznosi 3.264.540 € godišnje, a tijekom razgradnje s SFDS-om za razdoblje 2051.-2058., iznosi 1.305.816 € godišnje [24].

Za sve scenarije i u svrhu procjene troškova rada SFDS-a kao samostalnog nuklearnog postrojenja, smatra se da se naknada isplaćuje godišnje u iznosu od 633.985 € od 2059. (2079.) do 2107. (2127.) kada će SFDS biti potpuno razgrađen i postignut status "*greenfield*" (neograničena namjena lokacije). Ukupne očekivane naknade koje plaćaju dva nacionalna fonda za razgradnju (Javni Sklad NEK i Fond) stoga su za osnovni scenarij i dodatni scenarij A procijenjene na 31,07 milijuna EUR i na 43,75 milijuna EUR za dodatni scenarij B.

U Tablica 4-2 su prikazani svi troškovi vezani uz rad skladišta VRAO-a i ING-a i njegovu razgradnju nakon konačnog gašenja NE Krško (2043. godine).

Tablica 4-2 Ukupni troškovi skladištenja ING-a i VRAO-a

Troškovi skladištenja VRAO i ING (u mil. EUR)	Nominalni troškovi*	PDV	Troškovi naknada 2059. (2079.) – 2107. (2127.)	Ukupno
Osnovni scenarij 0	89.1	15.1	31.07	135.27
Dodatni scenarij A	73.0	13.5	31.07	117.57
Dodatni scenarij B	83.3	13.8	43.75	140.85

* Dio 4. Revizije Programa razgradnje NE Krško [24], koji navodi nominalne troškove za rad i razgradnju jedinice za preuzimanje (RU). Jedinica za izvlačenje goriva je nova građevina koja se gradi prije razgradnje NE Krško radi mogućeg preuzimanja istrošenoga goriva uskladištenog u SFDS-u, a financira se iz operativnih troškova NE Krško (kWh). Troškovi rada i razgradnje jedinice za izvlačenje goriva nisu uključeni u ovu tablicu.

4.2 RD&D Program

Razvoj programa istraživanja, razvoja i demonstracija (RD&D) i planova za zbrinjavanje ING-a i VRAO-a obvezni su u skladu s Direktivom Vijeća 2011/70/Euratom i hrvatskim i slovenskim nacionalnim propisima i strateškim dokumentima.

Prvi zajednički RD&D program sastavljen je u lipnju 2024.[40]. Program sadrži: pregled prethodnog istraživanja, razvoj kriterija odabira lokacije, prijedlog tehnologija i metodologija za provedbu Programa, prijedlog postupka odabira lokacije, vremenski okvir Programa, prijedlog predoperativnog nadzora, strategiju komunikacije i uključivanje dionika te procjenu upravljanja programom i troškova provedbe. U Programu je predloženo nekoliko ključnih zaključaka i preporuka:

- Uspostava jedne jedinstvene provedbene organizacije mogla bi se provesti nakon što se sazna konačna lokacija postrojenja⁹.
- Izmjena vremenskog okvira osnovnog scenarija, čime bi se ranije započela provedba Programa i osiguralo dovoljno vremena za izmjene Programa, njegovo vođenje i provedbu.
- Neposredni početak aktivnosti na komunikaciji i uključivanju dionika, prije razdoblja službenog početka Programa, a sve do uspostave jedinstvene provedbene organizacije.
- Primjena Kriterija za odabir lokacija posebno razvijenih i prilagođenih hrvatsko-slovenskom programu.
- Intenzivno korištenje internetskog geografskog informacijskog sustava u svrhu provedbe i upravljanja Programom, kao i za angažman dionika.
- Implementacija specifičnih značajki prilagođenih zahtjevima jedinstvene situacije za provedbu jedinstvenog Programa u dvije zemlje.

Izrađen dokument daje prvu verziju RD&D Programa za zajedničko odlaganje ING-a i VRAO-a u DGO u Republici Hrvatskoj ili Republici Sloveniji, sa smjernicama, postupcima i troškovima za vođenje i provedbu Programa.

⁹ Izvorni dokument RD&D Programa [40] predlaže uspostavu jedinstvene provedbene organizacije do 2033. godine. Međutim, na temelju preporuka recenzenata, Fond i ARAO odlučili su da će sve aktivnosti na projektu koordinirati projektni tim sa osobljem iz obje organizacije Agencije najkasnije dok se ne sazna konačna lokacija postrojenja.

4.2.1 Razvoj kriterija za odabir lokacije

Kriteriji za odabir lokacije mogu se primijeniti u različitim fazama razvoja Programa i stoga su podijeljeni u odgovarajuće korake:

1. Inicijalno istraživanje teritorija obiju država (RH i RS), koje će rezultirati identifikacijom "geološki" prikladnih regija (prvenstveno desk studija temeljena na prikupljenim postojećim podacima);
2. Sužavanje prikladnih regija na razinu prikladnih subregija;
3. Pregled prikladnih područja i stoga sužavanje podregija na prikladna područja;
4. Odabir potencijalnih lokacija unutar prikladnih područja (do deset ili više);
5. Odabir predloženih lokacija (jedna u RH i jedna u RS);
6. Odabir konačne (*host*) lokacije (nije dio ovog dokumenta).

Broj gore navedenih koraka može se mijenjati, tako da u procesu odabira može biti više ili manje od 6 koraka.

Ovdje prikazani kriteriji izvedeni su iz različitih kriterija koje predlaže IAEA, hrvatskih i slovenskih regulatornih dokumenata i kriterija odabira lokacije iz zemalja s naprednim programima. Predloženi su isključni i usporedni kriteriji. Ovo je nacrt verzije i ne predstavlja konačne kriterije odabira lokacije za RD&D Program u RH i RS, koji se mora razviti u budućnosti. Prijedlog RD&D Programa treba proći kroz nekoliko konzultacija i postupaka odobravanja i treba ga pravilno integrirati u oba nacionalna programa za zbrinjavanje RAO. Kriteriji prikazani u tablicama ispod (Tablice 4.3-4.5), uz "indikator", imaju dodijeljene "vrijednosti procjene": poželjne, uvjetno poželjne i nepoželjne (kao što je detaljno prikazano u izvornom dokumentu) [40].

Tablica 4-3 1. skupina kriterija: Geološki kriteriji: procesi, svojstva i hazardi.

1. SKUPINA KRITERIJA: GEOLOŠKI KRITERIJI: PROCESI, SVOJSTVA I HAZARDI	
SVOJSTVO	INDIKATOR
1.1. Utjecaj budućih geodinamičkih promjena	1.1.1. Klimatske promjene - glacijacija
	1.1.2. Erozija
	1.1.3. Buduća tektonika
	1.1.4. Neotektonika
	1.1.5. Aktivne rasjedne zone
	1.1.6. Pukotinski sustavi
	1.1.7. Seizmičnost
	1.1.8. Vulkanizam
	1.1.9. Geotermalni gradijent i termalni izvori
	1.1.10. Dijapirizam
1.2. Hidrogeološki parametri	1.2.1. Tok podzemne vode
	1.2.2. Karakteristična hidraulička vodljivost
	1.2.3. Brzina difuzije
	1.2.4. Promjene postojeće stijenske propusnosti
	1.2.5. Očuvanje slabe propusnosti stijene domaćina pod dugotrajnim promjenama od tektonskog naprezanja

1. SKUPINA KRITERIJA: GEOLOŠKI KRITERIJI: PROCESI, SVOJSTVA I HAZARDI	
SVOJSTVO	INDIKATOR
	1.2.6. Očuvanje slabe propusnosti pod kratkotrajnim dinamičkim naprezanjima
	1.2.7. Topivost stijene domaćina u vodi
	1.2.8. Inkluzije fosilnih fluida
	1.2.9. Topivost okolnih stijena u vodi
	1.2.10. Plastičnost stijena
	1.2.11. Redukcija sekundarne poroznosti zatvaranjem pukotina
	1.2.12. Tendencija formiranja puteva fluida
	1.2.13. Starost podzemne vode
	1.2.14. Zaštita vodonosnika
1.3. Hidrološki i meteorološki hazardi	1.3.1. Sigurnost od plavljenja (poplavna ravnica)
	1.3.2. Ostala poplavna područja
	1.3.3. Meteorološki hazardi
1.4. Jednostavnost karakterizacije stijene domaćina i krovine te istraživost prostornih uvjeta	1.4.1. Ujednačenost debljine stijene domaćina i stratigrafija
	1.4.2. Ujednačenost debljine krovine i stratigrafija
	1.4.3. Pouzdanost podataka iz jezgre i bušotine za stijenu domaćina
	1.4.4. Pouzdanost podataka iz jezgre i bušotine za krovinu
	1.4.5. Površinsko kartiranje
	1.4.6. Potpovršinsko kartiranje
	1.4.7. Površinski uvjeti
1.5. Geometrija stijene domaćina i njegove krovine	1.5.1. Veličina područja konačnog odlagališta (footprint at given location)
	1.5.2. Dubina stijene domaćina
	1.5.3. Bočno pružanje stijene domaćina
	1.5.4. Debljina stijene domaćina
	1.5.5. Kvaliteta stijene domaćina
	1.5.6. Debljina krovine
	1.5.7. Kvaliteta krovine
1.6. Geomehanička svojstva potpovršine	1.6.1. Geomehanička svojstva stijene domaćina
	1.6.2. Geomehanička svojstva krovine
	1.6.3. Potencijal za fleksibilan dizajn
	1.6.4. Smanjenje mehaničkih svojstava s obzirom na materijal ispune pukotina
1.7. Geomehanička svojstva materijala na lokaciji Inženjerska geologija, mehanika tla i stijena.	1.7.1. Mogućnost pojave klizišta, odrona i puzanja
	1.7.2. Nagib terena
	1.7.3. Geomehaničke karakteristike površinskog sloja
	1.7.4. Inženjerskogeološke karakteristike
	1.7.5. Potencijal pojave likvefakcije
1.8. Plinopropusnost	1.8.1. Plinopropusnost stijene domaćina
	1.8.2. Plinopropusnost krovine
	1.8.3. Dotok vode u odlagališni prostor
	1.9.1. Svojstvo sorpcije

1. SKUPINA KRITERIJA: GEOLOŠKI KRITERIJI: PROCESI, SVOJSTVA I HAZARDI	
SVOJSTVO	INDIKATOR
1.9. Mineraloška, geokemijska i hidrochemijska svojstva	1.9.2. Sadržaj karbonata i kemijski sastav podzemne vode, uključujući pH i Eh
	1.9.3. Kemijski, radiokemijski i mineraloški sastav stijene (uključujući materijale ispune pukotina)
	1.9.4. Efekti radijacije i topline raspadanja radionuklida iz odloženog materijala na stijenu i kemizam podzemne vode
	1.9.5. Efekti organskih, koloidnih i mikrobioloških materijala
	1.9.6. Struktura pora i karakteristike površine minerala u stijeni (uključujući pukotine)

Tablica 4-4 2. skupina kriterija: Iskorištavanje prirodnih resursa i mogući antropogeni utjecaji.

2. SKUPINA KRITERIJA: ISKORIŠTAVANJE PRIRODNIH RESURSA I MOGUĆI ANTROPOGENI UTJECAJI	
SVOJSTVO	INDIKATOR
2.1. Eksploatacija metalnih, nemetalnih sirovina i drugih prirodnih resursa	2.1.1. Tragovi povijesne eksploatacije, postojeća ili buduća eksploatacija
	2.1.2. Ležišta mineralnih sirovina
	2.1.3. Pojava tekućih ili plinovitih ugljikovodika
	2.1.4. Potencijal buduće uporabe površinske i podzemne vode
	2.1.5. Lokacije budućih i planiranih otvorenih vodenih tijela (akumulacijska jezera, retencija i sl.)

Tablica 4-5 3. skupina kriterija: Ekološki i društveni kriteriji.

3. SKUPINA KRITERIJA: EKOLOŠKI I DRUŠTVENI KRITERIJI	
SVOJSTVO	INDIKATOR
3.1. Istraživački radovi	3.1.1. Izrada istraživačkih bušotina na potencijalnim lokacijama
	3.1.2. Izvođenje prometnica potrebnih za pristup lokacijama
	3.1.3. Utjecaj istraživačkih radova i transporta
	3.1.4. Korištenje tehnološke vode
3.2. Utjecaj lokacije na ljude	3.2.1. Gustoća naseljenosti
	3.2.2. Blizina naselja
	3.2.3. Blizina naselja – radna snaga
	3.2.4. Turizam
	3.2.5. Obrana/posebna namjena/elektrane/vojska
	3.2.6. Infrastruktura
	3.2.7. Vrijednost zemljišta
	3.2.8. Utjecaj na faktor dobrobiti
3.3. Transport i logistika	3.3.1. Postojeća prometna infrastruktura
	3.3.2. Kvaliteta puteva
	3.3.3. Nosivost mostova
	3.3.4. Blizina pruge

3. SKUPINA KRITERIJA: EKOLOŠKI I DRUŠTVENI KRITERIJI	
SVOJSTVO	INDIKATOR
	3.3.5. Izloženost stanovništva duž transportnih ruta radijaciji iz transportnih spremnika
	3.3.6. Alternativni načini transporta i alternativne rute
	3.3.7. Osiguravanje pristupa jedinicama za spašavanje/interventne službe
	3.3.8. Blizina međunarodne granice
3.4. Zaštita okoliša	3.4.1. Zaštićena područja nacionalne kategorije
	3.4.2. Zaštita prirodne baštine
	3.4.3. Zaštita kulturne baštine
	3.4.4. Biološko-ekološke vrijednosti
	3.4.5. Poljoprivreda
	3.4.6. Radiološki aspekti postojećeg stanja
	3.4.7. Šumarstvo
3.5. Uporaba zemljišta, prostorno planiranje i vlasništvo zemljišta	3.5.1. Uporaba zemljišta i prostorno planiranje
	3.5.2. Vlasništvo zemljišta
3.6. Operacijska sigurnost i osiguranje	3.6.1. Širenje radioaktivne tvari u slučaju pogonske nesreće
	3.6.2. Sposobnost stvaranja fizičke zaštite
3.7. Opasnost izazvana ljudskim djelovanjem (ostali antropogeni utjecaji)	3.7.1. Rizik od pada zrakoplova
	3.7.2. Rizik od kemijskih eksplozija
	3.7.3. Postrojenja koja bi mogla ugroziti sigurnost odlagališta
	3.7.4. Opasnost od letećih predmeta
	3.7.5. Posljedice elektromagnetskih interferencija, vrtložnih struja i začepjenja ispusta zraka ili vode
	3.7.6. Minski sumnjiva područja

Pregled načina na koji se specifični kriteriji primjenjuju u različitim fazama, uključujući vrstu kriterija i njihove odgovarajuće pondere, predstavljen je u izvornom dokumentu [40].

4.2.2 Postupak lociranja dubokih geoloških odlagališta

Konačni cilj postupka određivanja lokacije DGO-a koji se odnosi na ovaj Program odabir je dviju potencijalnih lokacija odlagališta, na temelju predloženih kriterija, jedne u Hrvatskoj i jedne u Sloveniji. Način odabira konačne lokacije između dvije potencijalne lokacije bit će razrađen u sljedećoj reviziji Programa. Kriteriji su podijeljeni na eliminacijske (E) i usporedne (C) kategorije, dok se usporedni kriteriji dalje dijele na diskrecijske (C-D) i klasifikacijske (C-R), s utežnim faktorima od 1 do 10. Prva dva koraka koriste samo eliminacijske kriterije, dok koraci 3., 4. i 5. u karakterizaciji lokacije također koriste usporedne kriterije.

Neophodno je oformiti tim stručnjaka koji će provesti preliminarna istraživanja prije početka ove analize. Projektni tim / provoditelj mora okupiti dobro usklađen tim stručnjaka iz različitih područja relevantnih za kriterije koji se analiziraju, kao što su: geologija, hidrogeologija, inženjerska geologija, geotehničko inženjerstvo, rudarsko inženjerstvo, geo- i hidrokemija, građevinarstvo, pravno

savjetovanje, geografija, prometno inženjerstvo i menadžment, biologija, botanika, ekologija, šumarstvo, znanost o podacima i upravljanje sigurnošću.

U potrazi za napretkom određivanja lokacije DGO-a, projektni tim / provoditelj snosi važne odgovornosti. Njihov mandat obuhvaća prikupljanje podataka, nabavu najsuvremenijih analitičkih tehnologija i brigu o tome da svi sustavi ostanu ažurni. Ovi temeljni zadaci postavljaju temelje za uspješnu provedbu i osiguravaju uspješan završetak svih pothvata. Programom su predviđena istraživanja koja bi trebala dati dovoljno podataka, uz podatke dostupne preko državnih agencija, baza podataka i sl.

RD&D Program preporučuje uspostavu jedinstvenog provoditelja. Razlozi za to, kao i izazovi, detaljnije su objašnjeni u izvornom dokumentu [40]. Ovdje se spominje samo nekoliko argumenata:

- Jedan provoditelj znači da neće biti većih problema u komunikaciji i raspodjeli zadataka, već će se poslovi organizirati prema odjelima unutar organizacije/tvrtke, u skladu sa stručnošću i rasporedom stručnjaka za pojedine poslove.
- Dva regulatorna tijela mogu podijeliti posao u vezi s Programom te će regulatornu/zakonsku osnovu lakše napisati za jedan Program i jednog provoditelja.
- Povjerenje dionika u jednog provoditelja bit će veće jer se radi o stručnjacima iz dviju zemalja koji blisko surađuju u rješavanju zajedničkog problema.

Do uspostave jedinstvenog provoditelja, odlučeno je da će sve aktivnosti koordinirati projektni tim, sastavljen od osoblja upućenim iz ARAO-a i Fonda⁹.

Protokol kriterija i povezana vizualizacija podataka i analiza će se provesti pomoću GIS-a ili slične tehnologije. Ako je tehnički moguće, preporučuje se korištenje (polu)automatiziranog sustava implementacije. Ako se isti kriteriji pojave u različitim koracima provedbe Programa, za razliku od istog kriterija primijenjenog u prethodnom koraku, podaci korišteni u daljnjim koracima bit će razmatrani s više pažnje, između ostalog zbog različitih razmjera karata/podataka.

4.2.3 Tehnologije i metodologije

Općenito, odabir lokacije za odlaganje ING-a složen je i visoko reguliran postupak koji zahtijeva pažljivo razmatranje društvenih, geoloških, ekoloških i sigurnosnih čimbenika. Geografski informacijski sustav (u daljnjem tekstu: GIS) može biti važan alat u ovom procesu, a GIS tehnologija će se koristiti za prostornu analizu i kartografiju sa svim koracima obrade podataka, ali i geoprocesiranja. Konačno, potrebni sustav višekriterijske potpore odlučivanju (u daljnjem tekstu: MCDS) treba biti izveden kao WebGIS.

Baze podataka također igraju važnu ulogu u procesu odabira lokacije za odlaganje ING-a i VRAO-a. Ove se baze podataka koriste za pohranu, upravljanje i analizu širokog raspona podataka koji se odnose na potencijalna odlagališta. Prostorne i ne prostorne baze podataka, pomažu stručnjacima s izvedbom GIS-a ili čak složenijeg GIS-a temeljenog na MCDA. Oni su temelj procesa odabira lokacije za ING i VRAO i služe kao središnja spremišta podataka i olakšavaju organizaciju, analizu i vizualizaciju informacija ključnih za donošenje informiranih odluka u vezi s lokacijama za odlaganje radioaktivnog otpada. Kvaliteta, sigurnost i dostupnost ovih baza podataka ključni su za osiguranje sigurnosti i transparentnosti cijelog procesa.

S obzirom na dugoročnu predanost i potrebu da se osigura sigurnost odlagališta tijekom stotina godina, navedena su neka razmatranja za očuvanje podataka i znanja te njihov prijenos budućim generacijama.

Cilj očuvanja podataka i znanja u kontekstu upravljanja ING-om osigurati je da buduće generacije imaju pristup točnim i sveobuhvatnim informacijama o odlagalištima, razlozima odabira lokacije i sigurnosnim mjerama koje su na snazi. Ova transparentnost i pristup znanju ključni su za dugoročnu sigurnost odlagališta i za održavanje povjerenja javnosti.

Ovaj sustav se mora razvijati, proširivati i održavati u skladu s razvojem Programa i ne smije se zanemariti. Gubitak radne snage ili znanja može značiti značajne probleme za Program, pa čak i gubitak vremena.

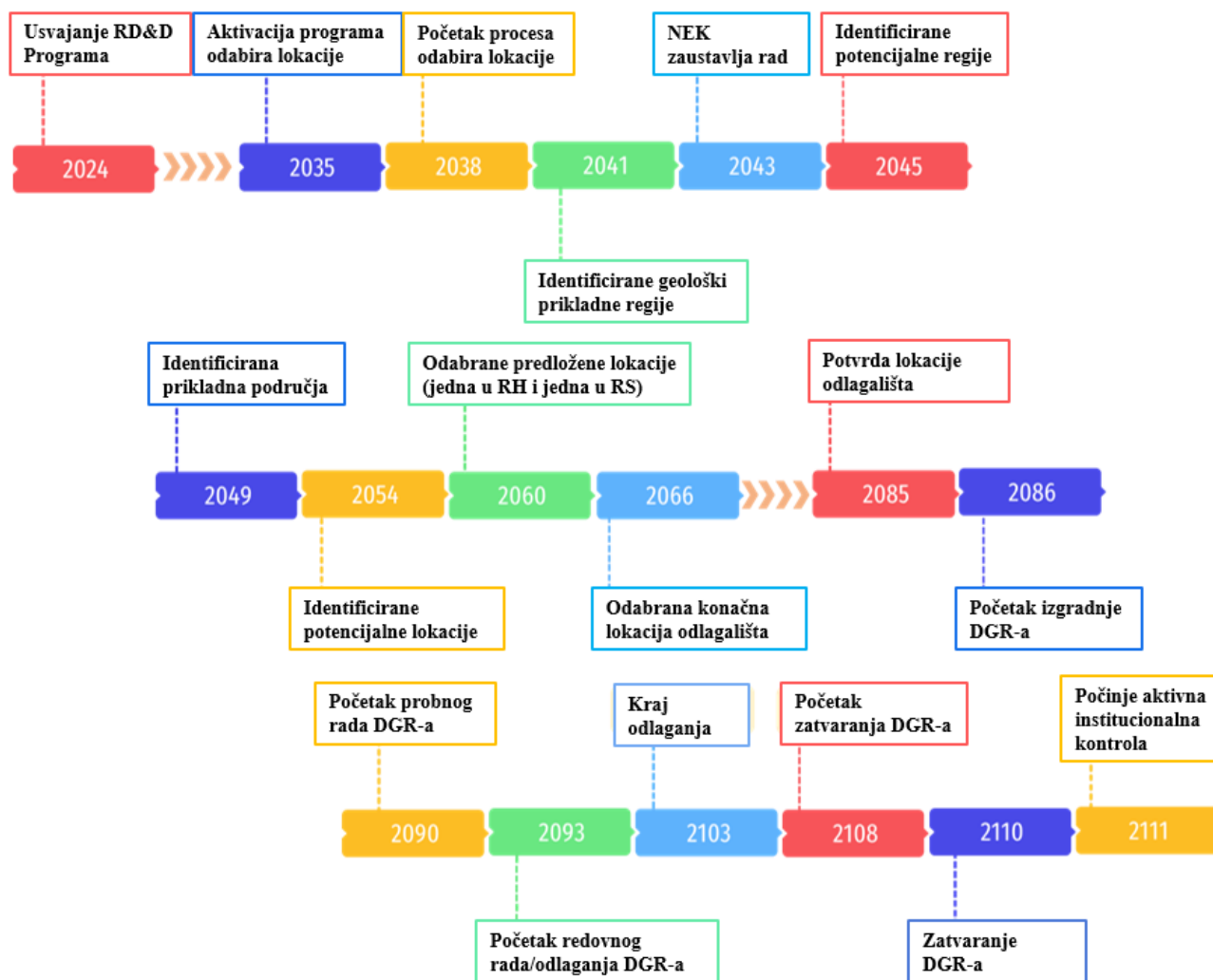
4.2.4 Vremenski raspored i ključne točke

U RD&D programu procjenjuju se tri vremenska okvira: osnovni scenarij i dva dodatna scenarija (produljeni životni vijek i raniji dodatni scenarij).

RD&D Program temelji se na osnovnom scenariju, ali s predloženim promjenama u vremenskom okviru kako bi bio prihvatljiviji i izvediviji. Dodatni scenariji s ranijim i produženim vijekom trajanja razmatraju se na način da se procijene razlike u troškovima i mogućim promjenama u razvoju i provedbi Programa. Izmjene izvornog "Osnovnog scenarija" (Slika 4-6) i razvoj "Vremenskog plana predloženog scenarija" napravljene su kako bi se provedba RD&D Programa prilagodila zahtjevima Euratoma i preporukama IAEA-e. Predloženi vremenski okvir nudi više "prostora" za prilagodbe RD&D Programa (uključujući moguće ponovno pokretanje), i još uvijek daje dovoljno vremena objema zemljama da odluče o valjanosti komercijalne opcije zbrinjavanja.

Izmijenjeni osnovni scenarij dat će dovoljno vremena da se dionici informiraju i educiraju o aspektima ionizirajućeg zračenja, zbrinjavanju radioaktivnog otpada, zbrinjavanju ING-a, kriterijima odabira lokacije itd. Tako će šira javnost imati dovoljno znanja i vremena prihvatiti zbrinjavanje ING-a kao složen zadatak, rješenje značajnog problema, značenje sigurnog zbrinjavanja ING-a za buduće generacije i sl. kako bi pomogla u procesu odabira lokacije i lakše prihvatila volonterski princip kao dio rješenja.

Ako RD&D Program započne ranije, bit će više vremena za ispravljanje pogrešaka, kao i za učenje iz pogrešaka i ponovno pokretanje Programa na bolji način. Također postoji više vremena da projektni tim / provoditelj stekne povjerenje dionika, razvije transparentnost i mehanizme za dijalog.



Slika 4-6 Pojednostavljeni "Vremenski plan predloženog scenarija", s važnim ključnim točkama.

Ako se uzmu u obzir "raniji dodatni scenarij" i "dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom", postoji nekoliko izazova koje treba riješiti za oba.

Ovdje je potrebno napomenuti da za raniji dodatni scenarij procjena troškova podrazumijeva promptnu uspostavu jedinstvene hrvatsko-slovenske provedbene organizacije, koja će preuzeti odgovornost za razvoj programa 2025. godine. Izračun je napravljen uz ovu pretpostavku jer scenarij inače NE bi odgovarao traženom vremenskom okviru.

Raniji dodatni scenarij, s "Aktiviranjem geološkog programa" 2025., ima nekoliko specifičnih izazova:

- Ako bi postojale dvije (nacionalne) provedbene organizacije, one nikada neće biti toliko koordinirane kao članovi jedne provedbene organizacije. Također, malo je vjerojatno da će jedinstveni provoditelj biti uspostavljen 2025. godine.
- Postoji realna vjerojatnost da bi dvije (pa čak i jedna) provedbene organizacije imale manjak osoblja. Zapošljavanje stručnog kadra od strane provoditelja će oduzeti značajno vrijeme za dodatno osposobljavanje i educiranje nove radne snage, posebno uz ovako rani početak i tijesan rok.
- Za pokretanje programa trebalo bi angažirati vanjske tvrtke.

- Nekoliko regulatornih dokumenata, uključujući kriterije za odabir lokacije, nedostajat će bez obzira na to što je početak procesa odabira lokacije predviđen za 2027. godinu.
- U 2027. godini trebalo bi započeti zbrinjavanje NSRAO-a u obje zemlje, a to će previše zakomplicirati provedbu istraživanja i razvoja.
- Dionici neće biti pripremljeni, dovoljno informirani i uključeni u Program.
- Bit će teška koordinacija između dva nacionalna regulatorna tijela.
- Ideja da će lokacije kandidati (jedna u RH i jedna u RS) biti odabrane samo 20 godina nakon početka programa je vjerojatna samo ako se dionici slažu sa svime i volonterski pristup funkcionira bez problema.
- Razdoblje između 2050. i 2058. godine za potvrdu lokacije previše je optimistično, s obzirom na količinu potrebnih istraživanja, čak i ako sve bude točno po planu.

Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom, s "Aktiviranjem geološkog programa" 2063., imao bi svoje izazove:

- Ako uključivanje dionika započne prerano, vjerojatno će se usporiti i možda zaustaviti ili "zastraniti" u roku od gotovo 40 godina od danas.
- Bit će problema s provoditeljima, jer nema jamstva da će se pravi odabir i edukacija osoblja započeti na vrijeme. Ako se započne prerano, radna snaga će otići ili skoro otići u mirovinu prije nego što se uključi u provedbu Programa itd.
- Hrvatski program zbrinjavanja ING-a desetljećima praktički nije postojao ili je desetljećima bio previše pojednostavljen i zanemaren. Slovenske aktivnosti su se razlikovale jer se NEK nalazi u RS. Ako se očekuje pauza od 40 godina do početka programa odlaganja, nema jamstva da će svi potrebni pripremni radovi biti obavljeni na vrijeme. Uvijek je problem s dugoročnim planovima i tzv. "institucionalnim zaboravom" i "naslijeđenim otpadom". To ne znači da će ING biti izgubljen, ali može doći do značajnog gubitka podataka i mogućeg smanjenja broja školovanih stručnjaka.
- Jedan od postulata svjetski prihvaćenih strategija, programa i regulatornih dokumenata za ING i radioaktivni otpad kaže da se "odgovornost za zbrinjavanje (i odlaganje) radioaktivnog otpada i ING-a neće prepustiti niti ostaviti budućim generacijama".

Kao što je ranije navedeno, osnovni scenarij je modificiran kako bi zadovoljio potrebe realnog vremenskog okvira i omogućio nepredviđene slučajeve problema koji se mogu predvidjeti. Budući da će biti potrebno određeno vrijeme za izgradnju kredibiliteta projektnog tima/provoditelja i regulatornih tijela, kao i za izgradnju povjerenja s dionicima u obje zemlje, procesi razvoja projektnog tima / provedbene organizacije i angažmana dionika, moraju započeti što je prije moguće.

Razrada "vremenskog plana predloženog scenarija" (modificiranog "Osnovnog scenarija") prema određenim radnjama tijekom programa navedena je u Tablica 4-6. Ovo je detaljnije objašnjeno u izvornom dokumentu [40].

Tablica 4-6 Predloženi vremenski plan osnovnog scenarija

SSC - kriteriji odabira lokacije; DGO - duboko geološko odlagalište; UTF - podzemno postrojenje za ispitivanje; SFDS - suho skladište istrošenog goriva; BC – osnovni scenarij; ELSC – dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom

	Ključne točke	Istraživanje / aktivnosti provoditelja	Dionici	RH i RS - regulatorni okvir
2024.	Napisan RD&D Program			
2025.				
2026.			Izrada Programa uključivanja dionika, prilagođenog svakoj zemlji (jezik, znanje i stupanj informiranosti stanovništva o temi, stavovi, politika...).	Prihvaćanje RD&D Programa. SSC predloženi kao regulatorni dokument – razvoj.
2027.	Započelo je zbrinjavanje NSRAO-a.			
2028.			Nacionalna istraživanja javnog mnijenja (RS i RH) o percepciji stanovništva o zbrinjavanju ING-a. Početak angažmana dionika.	Početak skladištenja (RH) i odlaganja (RS) NSRAO-a.
2029.			Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje. Početak razvoja programa obrazovanja. Tisak i distribucija fizičkih materijala.	Razmatranje jedinstvenog provoditelja. Prihvaćanje programa obrazovanja.
2030.			Početak razvoja programa obrazovanja, 1. faza: Obuka voditelja obuke. Video i audio produkcija.	
2031.	Unapređenje i revizija RD&D Programa.			
2032.			Početak programa obrazovanja. 2. faza: Primjena u školama i na sveučilištima	Regulatorni dokumenti o jedinstvenom provoditelju.
2033.	Uspostavljen jedinstveni provoditelj ili projektni tim. Osnovna Aktivacija programa odabira lokacije.	Dizajn i brendiranje.	Početak aktivnosti vezanih uz WWW. Tisak i distribucija fizičkih materijala. Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje. Video i audio produkcija. Upravljanje događajima.	
2034.			Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika.	

	Ključne točke	Istraživanje / aktivnosti provoditelja	Dionici	RH i RS - regulatorni okvir
2035.	Službena aktivacija programa odabira lokacije.	Uređivanje SSC-a.	Uključivanje dionika u SSC. Video i audio produkcija. Upravljanje događajima.	Regulatorni dokument koji se odnosi na prikupljanje svih postojećih geoloških i drugih relevantnih podataka za odabir lokacije.
2036.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Unapređenje i revizija RD&D Programa.	Prikupljanje svih postojećih geoloških i drugih relevantnih podataka za odabir lokacije.	Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2037.			Nacionalna istraživanja javnog mnijenja (RS i RH) o percepciji stanovništva o zbrinjavanju ING-a.	Prihvatanje SSC-a kao zajedničkog regulatornog dokumenta.
2038.	Početak procesa odabira lokacije.	Inicijalni pregled teritorija RH i RS.	Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW. Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje. Video i audio produkcija. Upravljanje događajima.	
2039.				
2040.				
2041.	Identificirane geološki prikladne regije. Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Unapređenje i revizija RD&D Programa.	Sužavanje geološki prikladnih regija.		
2042.			Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2043.	NEK zaustavlja rad (BC scenarij).		Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2044.				
2045.	Identificirane potencijalne regije.	Preliminarna ispitivanja prikladnih područja.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika.	
2046.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Unapređenje i revizija RD&D Programa.		Video i audio produkcija.	
2047.			Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje.	
2048.		Dizajn i brendiranje.	Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW. Tisak i distribucija fizičkih materijala.	

Ključne točke		Istraživanje / aktivnosti provoditelja	Dionici	RH i RS - regulatorni okvir
			Video i audio produkcija.	
2049.	Identificirana prikladna područja.	Odabir potencijalnih lokacija.	Ispitivanje javnog mnijenja o predloženim lokacijama (općine koje dobrovoljno ulaze u proces). Tisak i distribucija fizičkih materijala. Video i audio produkcija. Upravljanje događajima. 1. poziv za volontere.	
2050.		Preporuka koncepta odlaganja.	Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima.	Moguće ponovno pokretanje RD&D Programa.
2051.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Unapređenje i revizija RD&D Programa.		Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima.	
2052.			Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima.	
2053.			Moguće odustajanje općina. Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW. Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima.	
2054.	Identificirane potencijalne lokacije.	Odabir lokacija- kandidata.	Ispitivanje javnog mnijenja o predloženim lokacijama (općine koje dobrovoljno ulaze u proces). Tisak i distribucija fizičkih materijala. Upravljanje događajima. Video i audio produkcija. Izgradnja lokalnog partnerstva. 2. poziv za volontere.	
2055.			Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva.	Moguće ponovno pokretanje RD&D Programa.

Ključne točke		Istraživanje / aktivnosti proveditelja	Dionici	RH i RS - regulatorni okvir
			Upravljanje događajima.	
2056.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Unapređenje i revizija RD&D Programa.		Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima.	
2057.			Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima.	
2058.			Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima. Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2059.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Unapređenje i revizija RD&D Programa.		Moguće odustajanje općina. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima. Tisak i distribucija fizičkih materijala. Video i audio produkcija. Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika.	
2060.	Odabrane predložene lokacije - kandidati (jedna u RH i jedna u RS).	Odabir konačne lokacije odlagališta.	Početak početnih ulaganja u obje mjesne zajednice. Izgradnja lokalnog partnerstva. Upravljanje događajima.	Odluka o preseljenju proveditelja u zajednicu domaćina.
Kraj vremenskog okvira razmatranog u ovoj verziji RD&D Programa				
2061.		Odluka o konceptu odlaganja.	Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje.	
2062.				
2063.	NEK zaustavlja rad (ELSC scenarij).		Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2064.			Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2065.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Izrada Programa istraživanja/odlaganja.		Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika.	

Ključne točke		Istraživanje / aktivnosti provoditelja	Dionici	RH i RS - regulatorni okvir
2066.	Odabrana konačna lokacija odlagališta.	Početak izgradnje pristupnog tunela (rampe) i okna.	Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje. Početak ulaganja u zajednicu domaćina.	Preseljenje provoditelja u zajednicu domaćina.
2067.		Početak izgradnje pristupnog tunela (rampe) i okna (alternativni datum).	Početak ulaganja u zajednicu domaćina (alternativni datum).	Preseljenje provoditelja u zajednicu domaćina (alternativni datum).
2068.			Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2069.		Izgradnja UTF-a.	Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2070.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Poboljšanje i revizija Programa istraživanja/odlaganja.			
2071.		Početak istraživanja lokacije u UTF-u.	Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje.	
2072.				
2073.			Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2074.			Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2075.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Poboljšanje i revizija Programa istraživanja/odlaganja.			
2076.				
2077.				
2078.			Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2079.			Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2080.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Poboljšanje i revizija Programa istraživanja/odlaganja.			
2081.				
2082.				
2083.			Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	

	Ključne točke	Istraživanje / aktivnosti provoditelja	Dionici	RH i RS - regulatorni okvir
2084.			Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2085.	Potvrda lokacije odlagališta. Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Izrada operativnog programa DGO-a.		Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje.	
2086.	Početak izgradnje DGO-a.			
2087.				
2088.			Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2089.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika. Poboljšanje i revizija operativnog programa DGO-a.		Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2090.	Početak probnog rada DGO-a.		Kampanje za podizanje svijesti i oglašavanje. Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika.	
2091.				
2092.	Poboljšanje i revizija operativnog programa DGO-a.			
2093.	Početak redovnog rada DGO-a (odlaganja).		Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2094.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika.		Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2095.				
2096.				
2097.				
2098.			Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2099.	Unapređenje i revizija Programa uključivanja dionika.			
2100.			Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2101.				
2102.				

	Ključne točke	Istraživanje / aktivnosti provoditelja	Dionici	RH i RS - regulatorni okvir
2103.	Kraj odlaganja.		Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2104.	Početak razgradnje SFDS-a i DGO-a.		Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2105.				
2106.				
2107.	Kraj razgradnje SFDS-a i DGO-a.			
2108.	Početak zatvaranja DGO-a.		Nastavak aktivnosti vezanih uz WWW.	
2109.			Tisak i distribucija fizičkih materijala.	
2110.	Zatvaranje DGO-a.			
2111.	Početak aktivna institucionalna kontrola.			

Napomena: Neke su aktivnosti odgođene za godine nakon usvajanja Četvrtre revizije, u usporedbi s onim što je izvorno bilo planirano Programom RD&D.

4.2.5 Komunikacijska podrška i uključivanje dionika

Na karti dionika (Slika 4-7) predložena je mreža ključnih dionika i skupina dionika u Sloveniji i Hrvatskoj koji će biti uključeni u različite komunikacijske procese. Karta dionika trenutno samo prikazuje, na općoj razini, skupine dionika koje utječu na provedbu projekta. Kako projekt bude odmica, karta dionika trebala bi se sve više definirati od organizacijske do individualne razine.

Dionike s nižim interesom i manjim utjecajem potrebno je pratiti, ali ne i pretjerano informirati. Suprotno tome, dionike s visokim interesom, ali manjim utjecajem, potrebno je dobro informirati o projektu, jer je njihov interes za temu velik. Dionike s velikom moći, ali niskim interesom, treba zadržati zadovoljnim, što znači da ih treba informirati o razvoju projekta i konzultirati se s njima kada je to potrebno. Naposljetku, s dionicima s velikom moći i velikim interesom potrebno je redovito komunicirati i aktivno ih uključiti u projekt. Treba pažljivo upravljati njihovim očekivanjima. To je detaljnije objašnjeno u izvornom dokumentu [40] te će biti dodatno razrađeno u planiranom "Programu uključivanja dionika".

Učinkovita komunikacija glavni je faktor uspješnih projekata odlaganja VRAO-a i ING-a. Dok ulazimo u ovaj kritični poduhvat, tri međusobno povezana stupa (Slika 4-8) prepoznata su kao temelj naše komunikacijske strategije.

Kako bi se proveo i izvršio program uključivanja dionika, projektni tim / provoditelj mora osigurati da organizacija ima interdisciplinarni, kompetentan, vješt i kvalificiran tim unutar organizacije, koji bi trebao uključivati stručnjake za odnose s javnošću, društvene znanosti i psihologiju sa znanjem o planiranju i upravljanju projektima. Važan član ovog tima (koji može biti i vanjski konzultant) je stručnjak za mjerenje javnog mnijenja i ispitivanje stavova i ponašanja te evaluaciju programa uključivanja dionika.



Slika 4-7 Dionici/zainteresirane strane



Slika 4-8 Tri stupa komunikacijske strategije

Postoje određene točke koje je potrebno detaljnije razmotriti, jer mogu nastati ozbiljni problemi ako se poduzmu pogrešni koraci tijekom, pa čak i prije provedbe Programa.

Ako u Program nisu uključene od strane provoditelja/ projektnog tima, nevladine organizacije (NVO) će se same uključiti i to na način koji neće biti od koristi Programu. S obzirom na utjecaj koji imaju i svoju publiku, NVO su vrlo učinkovite promotivne organizacije u pogledu širenja poruka. Budući da provoditelj / projektni tim i nevladine organizacije imaju zajednički cilj i misiju: "Učinite svijet/državu/život sigurnijim i nosite se s potencijalnim prijetnjama na način da ih minimizirate ili izbjegnute", to se mora iskoristiti.

Publika kojoj se poruke prenose vrlo je raznolika. Program uključuje dvije države i dvije vrste građana različitih vrijednosti, mentaliteta i stavova. Budući da se NEK nalazi u Sloveniji, većina Slovenaca je smatra "svojom", a isto vrijedi i za Hrvate koji je smatraju "slovenskom nuklearnom elektranom". Činjenica da se NEK gradi kao zajednički pothvat, da obje zemlje kupuju po pola električne energije i da svakoj zemlji pripada po pola RAO-a i ING-a, nije široko poznata niti prihvaćena.

Kako bi se to izbjeglo, na početku programa moraju se razviti posebne poruke:

- To je naš zajednički pogon, naša zajednička korist i naša zajednička odgovornost.
- Problem (otpada) moramo rješavati zajedno.
- Problem moramo zajednički riješiti za vlastitu korist, ali i za dobrobit generacija koje dolaze ("naše djece").
- Imamo stručnjake koji to mogu riješiti.
- Imamo znanje, tehnologiju i dovoljno financijskih sredstava.
- (Jedinstveni) provoditelj / projektni tim radi najbolje, otvoreno, transparentno, bez ikakvih tajni, koristeći najbolje svjetske, najsuvremenije tehnologije i načela.

Jedan od razloga da se oformi jedinstveni provoditelj, te da provoditelj konačno "obitava" na (u blizini) lokaciji budućeg odlagališta, jest pokazati da su naponi zajednički (obje zemlje) i da je projekt siguran. Ako će postojati dvije odvojene provedbene organizacije, ne samo da će to otežati istraživanje i provedbu ostalih dijelova Programa, već će se značajno smanjiti povjerenje u Program dionika iz obje zemlje.

Odjel za odnose s javnošću provoditelja mora uključivati psihologa, sociologa, komunikologa, stručnjaka za marketing i glasnogovornika. Glasnogovornik, odnosno jedna osoba ili nekoliko njih koji bi vodili tiskovne konferencije, javno istupali i predstavljali Program, davali službene izjave na televiziji, radiju i društvenim mrežama, moraju biti dobro odabrani i prezentabilni. Ponekad će biti potrebno da stručnjaci/inženjeri uključeni u Program izađu u javnost, daju izjave, komuniciraju s dionicima i sl., ali budući da nije moguće, niti je potrebno educirati sve osobe zaposlene u organizaciji za provedbu odnosa s javnošću, većinu komunikacijskih poslova trebala bi obavljati jedna osoba (po mogućnosti više njih) koja je za to educirana i osposobljena.

Za provedbu angažmana dionika potrebno je izraditi i napisati zaseban i konkretan Program uključivanja dionika (zaseban dokument/elaborat). Taj će dokument sadržavati više detalja, detaljne procedure i radnje, način odabira zaposlenika u službi za odnose s javnošću provoditelja, opis pojedinih procesa itd. Takav Program je predviđen, već je dio Procjene troškova i vremenskog okvira izvornog dokumenta [40].

4.2.6 Procjena troškova RD&D-a

Struktura razrade rada (engl. *Work Breakdown Structure*, WBS) podijeljena je na potpoglavlja koja prate definirane faze Programa.

Ovaj sažetak olakšava procese:

- postavljanje modela strukture baze podataka za upravljanje ekonomski relevantnim podacima za financijske procjene,
- definiranje obujma radova za troškovnike
- bilance kako bi se razlikovao rad koji obavlja provedbena organizacija od aktivnosti za koje su angažirane vanjske tvrtke
- osnove za procjenu obujma pojedinih kategorija troškova
- definiranje grupa predmeta za procjene rizika i nepredviđenih događaja.

4.2.6.1 Model obračuna troškova

Troškovi su unutar WBS-a već podijeljeni u tri glavne skupine.

- Troškovi provedbene organizacije
- Troškovi uključivanja dionika
- Troškovi za određene tehničke i geološke radove koje obavljaju vanjski izvođači.

Za financijski izračun, pojedinačne troškovne stavke su dodatno definirane kako slijedi:

- Osobni troškovi
- Najmovi
- Usluge
 - Ovisno o vremenu / Neovisno o vremenu
 - Njime se bavi sama provedbena organizacija / vanjski izvođači
- Ulaganja
- PDV¹⁰
- Nepredviđeni troškovi
- Rizici.

4.2.6.2 Osnovni scenarij

Osnovni scenarij (modificirana verzija izvornog osnovnog scenarija, predložena i preporučena u RD&D Programu [40]) predviđa početak programa 2025. godine i završetak prvog dijela programa s identifikacijom dvije predložene lokacije-kandidata 2060. godine. Scenarij je podijeljen u sedam uzastopnih koraka, pri čemu prvi korak, planiran za razdoblje 2025.-2032.godine, još uvijek uključuje istovremeno djelovanje slovenske i hrvatske nadležne organizacije (ARAO, Fond). Za sljedeće korake od 2032. godine nadalje, scenarij predlaže uspostavu zajedničke provedbene organizacije ili projektnog tima. Troškovi pripreme faze Projekta do uspostave jedinstvene Provedbene organizacije

¹⁰ Osobni troškovi izuzeti su od oporezivanja, a zajednički troškovi imaju dodatni porez od 25 % za polovicu troškova i 22 % za polovicu troškova.

iznose 2,98 mil. EUR (Tablica 4-7). Sažetak troškova Provedbene organizacije (1), angažmana dionika (2) i vanjskog angažmana (3) naveden je u Tablica 4-8, pri čemu se na konačne iznose dodaje PDV.

Tablica 4-7 Sažeta tablica odvojenih troškova u EUR za pojedinačne nadležne organizacije za pripremnu fazu projekta (2025. – 2032.) za osnovni scenarij

Period	Faza	Aktivnost	Bez nepredviđenih troškova	Nepredviđeni troškovi - raspon niske točnosti	Nepredviđeni troškovi - raspon visoke točnosti	Nepredviđeni troškovi - prosječna vrijednost
			Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a
2025–2032	Pripremna faza	Troškovi za Hrvatsku (bez osobnih troškova)	277.327,80	277.327,80	305.060,58	291.194,19
		Hrvatska – osobni troškovi	1.143.828,00	1.143.828,00	1.258.210,80	1.201.019,40
		Troškovi za Sloveniju (bez osobnih troškova)	277.110,29	277.110,29	304.821,32	290.965,80
		Slovenija – osobni troškovi	1.142.930,88	1.142.930,88	1.257.223,97	1.200.077,42
		Ukupno za Hrvatsku i Sloveniju	2.841.196,97	2.841.196,97	3.125.316,67	2.983.256,81

Tablica 4-8 Tablica troškova u EUR za program odabira lokacije prema osnovnom scenariju uključujući zajedničke troškove za RH i RS za pripremnu fazu (2025. – 2032.) i sve ostale troškove do faze predodabira dviju predloženih lokacija.

OSNOVNI SCENARIJ							
Period	Faza		Aktivnost	Bez nepredviđenih troškova	Nepredviđeni troškovi - raspon niske točnosti	Nepredviđeni troškovi - raspon visoke točnosti	Nepredviđeni troškovi - prosječna vrijednost
				Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a
2025–2032	Pripremna faza	1.	Ostalo – ZAJEDNIČKI	326.073,60	326.073,60	358.680,96	342.377,28
		2.	Uključivanje dionika – ZAJEDNIČKI	423.750,00	423.750,00	466.125,00	444.937,50
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2033–2037	Aktivacija Programa odabira lokacije	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	2.006.025,00	1.948.312,50	2.142.915,00	2.045.613,75
		1.1.	Osobni troškovi	5.626.359,33	5.626.359,33	6.751.631,20	6.188.995,26
		2.	Uključivanje dionika	562.500,00	562.500,00	646.875,00	604.687,50
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2038–2040	Preliminarno istraživanje teritorija obje zemlje	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	1.073.190,00	1.043.283,75	1.150.602,75	1.096.943,25
		1.1.	Osobni troškovi	4.014.607,33	4.014.607,33	4.817.528,79	4.416.068,06
		2.	Uključivanje dionika	502.500,00	502.500,00	577.875,00	540.187,50
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2041–2044	Sužavanje prikladnih regija	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	1.572.420,00	1.526.370,00	1.753.683,00	1.677.526,50
		1.1.	Osobni troškovi	7.264.683,69	7.264.683,69	8.717.620,43	7.991.152,06
		2.	Uključivanje dionika	315.000,00	315.000,00	378.000,00	346.500,00

OSNOVNI SCENARIJ							
Period	Faza		Aktivnost	Bez nepredviđenih troškova	Nepredviđeni troškovi - raspon niske točnosti	Nepredviđeni troškovi - raspon visoke točnosti	Nepredviđeni troškovi - prosječna vrijednost
				Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2045–2048	Pregled prikladnih područja	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	1.752.570,00	1.664.478,00	1.995.252,00	1.829.865,00
		1.1.	Osobni troškovi	10.516.800,69	10.516.800,69	13.146.000,87	11.831.400,78
		2.	Uključivanje dionika	558.750,00	558.750,00	670.500,00	614.625,00
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2049–2053	Odabir potencijalnih područja	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	2.472.525,00	2.306.700,00	2.962.057,50	2.634.378,75
		1.1.	Osobni troškovi	14.571.367,07	14.571.367,07	18.942.777,19	16.757.072,13
		2.	Uključivanje dionika	840.000,00	840.000,00	1.050.000,00	945.000,00
		3.	Vanjski angažman	12.024.000,00	10.824.750,00	13.829.175,00	12.326.962,50
2054–2060	Odabir predloženih lokacija	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	3.473.985,00	3.138.060,00	4.288.743,00	3.709.895,25
		1.1.	Osobni troškovi	34.480.227,33	34.480.227,33	48.272.318,27	41.376.272,80
		2.	Uključivanje dionika	712.500,00	712.500,00	890.625,00	801.562,50
		3.	Vanjski angažman	18.298.500,00	15.572.625,00	21.049.575,00	18.311.100,00
UKUPNO:				123.388.334,04	118.739.698,29	154.837.373,45	136.833.123,37
UKUPNO (bez osobnih troš.) s PDV-om				57.939.146,42	52.198.081,27	66.950.195,00	59.616.120,42
UKUPNO OSOBNI (bez PDV-a)				76.474.045,44	76.474.045,44	100.647.876,74	88.560.961,09
UKUPNO (osobni troškovi bez PDV-a + ostali troškovi s PDV-om)				134.413.191,86	128.672.126,71	167.598.071,74	148.177.081,51

Ukupni troškovi za osnovni scenarij, uključujući troškove navedene u Tablica 4-7 i Tablica 4-8 su 139,816 mil. eura bez PDV-a i 151,160 mil. EUR s PDV-om.

4.2.6.3 Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom

Produljeni dodatni scenarij je očekivano najskuplji (Tablica 4-9 i Tablica 4-10). Konkretno, prva, najdulja faza znatno je skuplja (15,52 mil. EUR), iako predviđa da hrvatske i slovenske nadležne organizacije rade paralelno prvih 38 godina (Tablica 4-9).

S druge strane, prekoračenje troškova nije toliko značajno koliko bi se moglo očekivati, budući da je ukupno trajanje programa, koje je, izračunato od uspostave zajedničke provedbene organizacije, najkraće od razmatranih scenarija (18 godina). Što također igra značajnu ulogu. Produljeni dodatni scenarij također donosi najveće nepredviđene troškove. Stvarna aktivacija programa odgođena je za 2063. godinu, relativno dalek vremenski horizont, koji će imati značajan utjecaj na nepredviđene troškove.

Tablica 4-9 Sažeta tablica troškova u EUR za pojedinačne odgovorne organizacije za pripremnu fazu projekta (2025. – 2062.) za Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom.

Period	Faza	Aktivnost	Bez nepredviđenih troškova	Nepredviđeni troškovi - raspon niske točnosti	Nepredviđeni troškovi - raspon visoke točnosti	Nepredviđeni troškovi - prosječna vrijednost
			Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a
2025–2062	Pripremna faza	Troškovi za Hrvatsku (bez osobnih troškova)	1.317.307,05	1.317.307,05	1.712.499,17	1.514.903,11
		Hrvatska – osobni troškovi	5.433.183,00	5.433.183,00	7.063.137,90	6.248.160,45
		Troškovi za Sloveniju (bez osobnih troškova)	1.316.273,87	1.316.273,87	1.711.156,03	1.513.714,95
		Slovenija – osobni troškovi	5.428.921,68	5.428.921,68	7.057.598,18	6.243.259,93
		Ukupno za HRV i SLO	13.495.685,60	13.495.685,60	17.544.391,28	15.520.038,44

Tablica 4-10 Ukupni troškovi u EUR za Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom, uključujući zajedničke troškove za pripremnu fazu (2025. – 2032.) i sve ostale troškove do faze predodabira dviju predloženih lokacija.

DODATNI SCENARIJ S PRODULJENIM ŽIVOTNIM VIJEKOM							
Period	Faza		Aktivnost	Bez nepredviđenih troškova	Nepredviđeni troškovi - raspon niske točnosti	Nepredviđeni troškovi - raspon visoke točnosti	Nepredviđeni troškovi - prosječna vrijednost
				Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a
2025–2062	Pripremna faza	1.	Ostalo – ZAJEDNIČKI	1.548.849,60	1.548.849,60	2.013.504,48	1.781.177,04
		2.	Uključivanje dionika – ZAJEDNIČKI	2.065.781,25	2.065.781,25	2.463.046,875	2.264.414,06
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2063	Aktivacija Programa odabira lokacije	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	627.105,00	603.667,50	768.361,50	668.520,75
		1.1.	Osobni troškovi	2.415.385,70	2.415.385,70	3.260.770,69	2.838.078,20
		2.	Uključivanje dionika	112.500,00	112.500,00	146.250,00	129.375,00
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2064–2065	Preliminarno istraživanje teritorija obje	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	703.335,00	731.028,75	923.654,25	779.838,38
		1.1.	Osobni troškovi	4.984.553,34	4.984.553,34	6.729.147,00	5.856.850,17
		2.	Uključivanje dionika	335.000,00	335.000,00	469.000,00	402.000,00
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2066–2067	Sužavanje prikladnih regija	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	908.610,00	861.978,00	1.184.619,00	1.023.298,50
		1.1.	Osobni troškovi	6.162.082,32	6.162.082,32	8.626.915,25	7.394.498,78
		2.	Uključivanje dionika	157.500,00	157.500,00	220.500,00	189.000,00
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2068–2070	Pregled prikladnih područja	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	1.302.090,00	1.220.737,50	1.741.573,50	1.481.155,50
		1.1.	Osobni troškovi	12.489.057,67	12.489.057,67	18.109.133,62	15.299.095,65
		2.	Uključivanje dionika	419.062,50	419.062,50	607.640,63	513.351,56

DODATNI SCENARIJ S PRODULJENIM ŽIVOTNIM VIJEKOM							
Period	Faza		Aktivnost	Bez nepredviđenih troškova	Nepredviđeni troškovi - raspon niske točnosti	Nepredviđeni troškovi - raspon visoke točnosti	Nepredviđeni troškovi - prosječna vrijednost
				Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a	Bez PDV-a
		3.	Vanjski angažman	-	-	-	-
2071–2075	Odabir potencijalnih područja	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	2.548.875,00	2.375.415,00	3.508.916,25	2.942.165,63
		1.1.	Osobni troškovi	22.539.119,89	22.539.119,89	33.808.679,83	28.173.899,86
		2.	Uključivanje dionika	840.000,00	840.000,00	1.260.000,00	1.050.000,00
		3.	Vanjski angažman	12.024.000,00	10.225.125,00	15.635.925,00	12.930.525,00
2076–2080	Odabir predloženih lokacija	1.	Troškovi za provedbenu organiz. (bez osobnih troš.)	2.358.375,00	2.194.965,00	3.234.206,25	2.721.928,13
		1.1.	Osobni troškovi	37.288.864,08	37.288.864,08	57.797.739,32	47.543.301,70
		2.	Uključivanje dionika	508.928,57	508.928,57	788.839,29	648.883,93
		3.	Vanjski angažman	18.262.500,00	15.536.625,00	23.754.750,00	19.645.687,50
		UKUPNO:				130.601.574,91	125.616.226,66
UKUPNO (bez osob. troš.) s PDV-om				55.232.302,2	49.075.397,1	72.520.172,0	60.726.581,4
UKUPNO OSOBNI (bez PDV-a)				85.879.063,0	85.879.063,0	128.332.385,7	107.105.724,4
UKUPNO (osob. troš. bez PDV-a + ostali troškovi s PDV-om)				141.111.365,2	134.954.460,1	200.852.557,7	167.832.305,7

Troškovi razdoblja 2025. – 2062. godine ne mogu se isključiti jer će obje zemlje imati mali broj ljudi odgovornih za "održavanje Programa" do trenutka njegove aktivacije, a to "održavanje" svakako uključuje aktivnosti oko angažmana dionika i vanjskog angažmana određenog dijela razvoja, pregleda i poboljšanja postojećeg Programa i drugih studija. Troškovi iz tog razdoblja neće biti manji, nego vjerojatno čak i veći ako se zaposli više ljudi (više osoblja uključenog u održavanje RD&D Programa). Smanjenje troškova vezanih uz angažman dionika te reviziju i poboljšanje postojećeg Programa bilo bi kontraproduktivno i povećalo bi troškove provedbe kada Program službeno započne.

Ukupni troškovi za produljeni dodatni scenarij, uključujući troškove navedene u Tablica 4-9 i Tablica 4-10 su 171,797 mil. eura bez PDV-a i 183,352 mil. EUR s PDV-om.

4.2.6.4 Usporedba troškova različitih scenarija

Usporedba pojedinačnih scenarija prikazana je u Tablica 4-11. Troškovi za pripremne faze osnovnog i produljenog dodatnog scenarija, tj. troškovi pojedinih hrvatskih i slovenskih provoditelja nisu uključeni, za njih pogledajte Tablica 4-7 i Tablica 4-9. Vrijednost u rasponu nepredviđenih troškova visoke točnosti s dodanim PDV-om treba se smatrati najrelevantnijom.

Tablica 4-11 Usporedba troškova u EUR za dva razmatrana scenarija bez troškova za pojedinačne odgovorne organizacije u "Pripremnoj fazi".

	OSNOVNI SCENARIJ		DODATNI SCENARIJ S PRODULJENIM ŽIVOTNIM VIJEKOM	
	Bez PDV-a	S PDV-om ¹⁰	Bez PDV-a	S PDV-om ¹⁰
Trajanje/Godina	27		18	
BEZ NEPREDVIĐENIH TROŠKOVA	123.388.334,0	134.413.191,9	130.601.574,9	141.111.365,2
Nepredviđeni troškovi – donji raspon	118.739.698,3	128.672.126,7	125.616.226,7	134.954.460,1
Nepredviđeni troškovi – gornji raspon	154.837.373,5	167.598.071,7	186.854.539,9	200.852.557,7
NEPREDVIĐENI TROŠKOVI - PROSJEČNA VRIJEDNOST	136.833.123,4	148.177.081,5	156.277.045,3	167.832.305,7

Treba napomenuti da su, unatoč maksimalnom mogućem fokusu na složenost i točnost izračuna, zajedno s izražavanjem raspona neizvjesnosti u smislu nepredviđenih troškova, izračunati troškovi samo vrlo indikativni. Na temelju iskustva proveditelja naprednih programa izbora lokacije DGO-a, može se pretpostaviti da će stvarni trošak biti znatno veći od procijenjenog troška.

4.3 Odlaganje VRAO-a i istrošenog goriva

4.3.1 Uvod i ključne točke

U svibnju 2024. izrađena je nova revizija studije odlaganja ING-a [27], s ciljem pregleda tehničkog, tehnološkog, statutarnog i organizacijskog razvoja, zahtjeva i mogućnosti te revizije procjene troškova odlaganju ING-a, VRAO-a i dugoživućeg RAO-a iz NE Krško. Troškovi su generirani za osnovni scenarij (BC) koji odražava trenutnu politiku životnog vijeka NE Krško (do 2043.) i ključne datume za program odlaganja s operativnim DGO-om i razgradnjom SFDS postrojenja (nakon 80-godišnjeg radnog vijeka). Radni vijek postrojenja SFDS-a određuje i ključnu točku¹¹ programa odlaganja, odnosno početak rada odlagališta.

Također su razrađeni troškovi za Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (ELSC) NE Krško do 2063. godine, kao i produljeno razdoblje rada postrojenja SFDS-a, do 2123. godine.

Geološko odlagalište bit će smješteno na lokaciji unutar slovenske ili hrvatske državne granice i u odgovarajućoj geološkoj formaciji. Koriste se generički podaci o formacijama stijena u Sloveniji ili Hrvatskoj. Za mnoge parametre pretpostavlja se da su referentni podaci za geološke uvjete stijena za švicarski Kristallin-I i švedski Äspö dovoljno reprezentativni za trenutnu fazu slovenskog i hrvatskog programa. Detaljne informacije o odgovarajućim geološkim formacijama, termalnim svojstvima stijena i geotehničkoj kvaliteti stijenske mase dio su studije troškova DGO-a [27].

¹¹ Glavna ili ključna točka ili prekretnica programa (engleski: *milestone*)

Pretpostavlja se da je DGO izgrađen u čvrstoj stijeni ili u sedimentnom geološkom okruženju, ili će se koristiti komercijalna usluga. Razvijen je alternativni scenarij u slučaju da se ING odlaže u odlagalište u dubokoj bušotini (DBDF) (razrađen u studiji Deep Isolation EMEA [41] u kojemu je potreban DGO ali samo za odlaganje visokoradioaktivnog i dugoživućeg RAO-a, na istoj ili zasebnoj lokaciji. Za DGO u čvrstoj stijeni razmatrana su tehnička rješenja za kondicioniranje i odlaganje otpada iz švedskih i finskih rješenja za odlaganje goriva u bakrene spremnike postavljene u vertikalne bušotine odlagališta (KBS-3V). Za odlaganje u sedimentnom geološkom okruženju usvojen je švicarski koncept odlaganja Opalinus Clay [25].

Unatoč statusu koncepta KBS-3V kao dosadašnje referentne metode odlaganja [42], sadašnja revizija referentnog scenarija također uključuje praćenje statusa i razvoja svih dostupnih koncepata i metoda odlaganja ING-a, uključujući odlaganje u formacije sedimentnih stijena.

Prva faza programa geološkog odlaganja je faza istraživanja i razvoja koja je prikazana u poglavlju 4.2. U drugoj fazi, opisanoj u ovom poglavlju, aktivira se program odlaganja na temelju znanja i podataka dobivenih u prvoj fazi, tako da će se aktivnosti na izgradnji odlagališta intenzivirati prema ključnim prekretnicama za osiguranje pravovremenog zbrinjavanja.

Faze i ključne točke programa odlaganja općenito su definirane PZ-om za Četvrtu reviziju Programa razgradnje i Programa odlaganja NE Krško [17] i detaljnije su razrađeni u PZ-u za analizu troškova DGO-a [43], samoj studiji [27], te tijekom pripremnih sastanaka za izradu studije. Faze i ključne točke za BC i ELSC prikazane su u sljedećoj tablici (Tablica 4-12).

Tablica 4-12 Glavne aktivnosti i ključne točke scenarija s rudničkim DGO-om (prilagođeno iz [43])

Aktivnost	Osnovni scenarij (BC) (godina)	Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (ELSC) (godina)
Procjene DGO koncepta; postupni razvoj sigurnosne studije; uključivanje javnosti; definiranje, odobrenje i iniciranje pristupa izboru lokacije; kabinetski rad - analize odabira lokacija temeljem geoloških svojstava, također uzimajući u obzir opciju DBDF; konzultacije s javnošću i dionicima; uspostavljanje regulatornih zahtjeva za faze razvoja DGO-a; definiranje osnovnih podataka za odluke-odabir DGO/DBDF i ostale aktivnosti planirane u RD&D programu (poglavlje 4.2). Sve razlike između predloženih rokova u RD&D Programu i ovoj tablici bit će usklađene u sljedećoj reviziji Programa odlaganja.	2023.-2050.	2023.- 2065.
Odluka o odabiru tehnologije odlaganja ING-a (DGO ili DBDF) temeljit će se na geološkom kabinetskom radu (iznad) i početnim rezultatima istraživanja 5 lokacija, što će ukazati na relativnu izvedivost dviju opcija. Identifikacija i vladino/regulatorno "načelno odobrenje" poželjne lokacije DGO-a.	2055.	2070.
Dvostruki pristup odlučivanju: nastaviti s DGO programom ili koristiti međunarodno / multinacionalno odlagalište (MNR).	2055.	2055.
Karakterizacija površine poželjne lokacije; odabir koncepta; projektiranje nadzemnih i podzemnih objekata; razvoj i podnošenje sigurnosnih studija; aktivnosti za izdavanje preliminarne građevinske dozvole za početak podzemnih radova na lokaciji, izgradnja infrastrukture i izgradnja bitnih nadzemnih građevina.	2055.-2070.	2070.-2085.
Preliminarna građevinska dozvola (za pristup i podzemni istraživački objekt (URCF), infrastrukturu, nadzemne građevine).	2070.	2085.
Infrastruktura DGO-a, bitne nadzemne strukture, pristup i izgradnja URCF-a; korištenje URCF-a za podzemnu karakterizaciju i potvrdu tehničkih problema u sigurnosnoj studiji; aktivnosti za izdavanje glavne građevinske dozvole za početak	2070.-2085.	2085.-2100.

Aktivnost	Osnovni scenarij (BC) (godina)	Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (ELSC) (godina)
izgradnje DGO-a; aktivnosti za podnošenje zahtjeva za licencu za postrojenje za pakiranje.		
Građevinska dozvola za odlagalište.	2085.	2100.
Dozvola za izgradnju postrojenja za pakiranje.	2087.	2102.
Izgradnja i ispitivanje postrojenja za pakiranje; aktivnosti podnošenja i odobravanja dozvole za rad.	2087.-2092.	2102.-2107.
Dozvola za rad postrojenja za pakiranje.	2092.	2107.
Početna izgradnja operativnih područja i odlagališnih tunela DGO-a; aktivnosti vezane uz pripremu i odobrenje dozvole za rad.	2085.-2092.	2100.-2107.
Rad postrojenja za pakiranje.	2093.-2103.	2108.-2123.
Dozvola za rad DGO-a.	2092.	2107.
Rad DGO-a: odlaganje ING-a i VRAO-a/dugoživućeg NSRAO-a iz NE Krško	2093.-2103.	2108.-2123.
Razgradnja postrojenja za pakiranje.	2104.-2107.	2124.-2127.
Rad DGO-a: odlaganje otpada od razgradnje SFDS-a i postrojenja za pakiranje.	2104.-2110.	2124.-2130.
Odlaganje dugoživućeg NSRAO-a iz razgradnje; završetak i zatvaranje DGO-a.	2110.	2130.

Vremenski plan ELSC-a strukturno je sličan vremenskom planu BC-a, ali je većina datuma početka aktivnosti pomaknuta dalje u budućnost.

4.3.2 Glavni scenariji odlaganja

Procijenjena su dva glavna scenarija s različitim podskupom scenarija: 1) Osnovni scenarij (BC): NE Krško radi do 2043., SFDS do 2103./2107. i 2) Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (ELSC): NE Krško do 2063., SFDS do 2123./2127.

I. BC scenariji

a) DGO scenariji za ING, VRAO i dugoživuću NSRAO, odlaganje u jedan DGO, u Sloveniji ili Hrvatskoj s vremenskim planom aktivnosti za BC prema Tablica 4-12:

- Scenarij DGO-a u čvrstoj stijeni (B.D.H.)
- Scenarij DGO-a u sedimentnoj stijeni (B.D.S.)

b) DBD scenariji za ING + DGO za komponente inventara koje nisu ING (VRAO i dugoživuću NSRAO koji zahtijevaju geološko odlaganje) s ključnim točkama kao u Tablica 4-15 [44 ,41] sa:

- DBD i DGO na istoj lokaciji (B.B.B.)
- DBD i DGO na zasebnim lokacijama (B.B.S.)

Podskup različitih DBD scenarija za ING objašnjen je u poglavlju 4.3.7.1.

c) MNR scenariji za ING, VRAO i dugoživuću NSRAO koji zahtijevaju geološko odlaganje s vremenskim planom aktivnosti za BC prema Tablica 4-12:

- i) Scenariji sa zajedničkim MNR-om:
 - DGO u čvrstoj stijeni – KBS-3V (B.M.S.H.) s različitim udjelom inventara NE Krško (10 %, 25 %, 50 %).

- DGO u sedimentnoj stijeni – OPA (B.M.S.S.) s različitim udjelom inventara NE Krško (10 %, 25 %, 50 %).
- ii) Scenarij s komercijalnim MNR-om (dodatni troškovi)

II. **ELSC scenariji** gdje su svi gore navedeni DGO, DBD + DGO i MNR scenariji prilagođeni ovim proširenim glavnim točkama

a) **DGO scenariji za ING, VRAO i dugoživi NSRAO, odlaganje u jedan DGO**, u Sloveniji ili Hrvatskoj s vremenskim planom aktivnosti za ELSC prema Tablica 4-12:

- Scenarij DGO-a u čvrstoj stijeni (E.D.H)
- Scenarij DGO-a u sedimentnoj stijeni (E.D.S)

Za procjenu troškova definirano je nekoliko projektnih pretpostavki i graničnih uvjeta za sve scenarije analizirane u studiji troškova DGO-a [18]. Najvažniji za DGO scenarije su sljedeći:

1. Samo izravno odlaganje ING-a (bez ponovne obrade).
2. DGO se sastoji od podzemnog prostora (središnja servisna i odlagališna zona, ostali objekti) i više nadzemnih objekata, koji su neophodni za normalan rad odlagališta. Podzemni dio je pristupnom rampom povezan s nadzemnim dijelom.
3. Program razvoja DGO-a uključivat će podzemni objekt za karakterizaciju stijena i inženjerske demonstracije (URF) koji je sastavni dio i bitan za završetak karakterizacije lokacije i konačni projekt podzemnih prostora.
4. Postrojenje za pakiranje ING-a bit će smješteno zajedno s DGO-om, na nominalnoj udaljenosti od 200 km od NE Krško, a otpad će se do lokacije prevoziti cestom. Su-lokacija omogućuje korištenje postojeće HI-STAR tehnologije za transport ING-a i izbjegava potrebu za razvojem transportnog sustava za masivne, zapakirane spremnike ING-a.
5. VRAO i NSRAO iz razgradnje koji je namijenjen za DGO bit će prebačen u SFDS iz njegovih HI-SAFE spremnika za skladištenje u pakete prikladne za transport i izravno odlaganje u DGO.
6. ING će biti u suhom skladištu u NE Krško od 2023. do potpunog prijenosa u DGO do kraja 2102. ili 2122. godine.
7. U BC-u, DGO mora biti u funkciji do 2093. kako bi se omogućilo izravno odlaganje ING-a bez zahtjeva za produljenim skladištenjem nakon 2103. i bit će zatvoren čim se ostatak inventara (SFDS i otpad od razgradnje postrojenja za pakiranje) smjesti (očekuje se do kraja 2110.). ELSC razmatra mogućnost produljenja životnog vijeka NE Krško do 2063. godine, kao i produljenog operativnog razdoblja SFDS-a do 2123. godine, s kasnijim početkom DGO programa.
8. U svakom slučaju, predloženi su odgovarajući izgled i dimenzije DGO-a na kojima se temelje procjene troškova.
9. Pretpostavlja se da je dubina zone odlaganja DGO-a za sve vrste otpada 500 m.

U ovom poglavlju 4.3 predstavljeni su najvažniji i najvjerojatniji scenariji u čvrstim stijenama i sedimentnim formacijama s najvećim utjecajem na buduće troškove:

- a. BC i ELSC DGO scenariji za odlaganje istrošenog goriva, VRAO-a i dugoživućeg NSRAO-a,
- b. Alternativni scenariji: DBD za ING i DGO samo za VRAO i dugoživi NSRAO (B.B.B., B.B.S.),
- c. Alternativni scenariji: B.M.S.H. i B.M.S.S. kao zajednički MNR

4.3.3 Inventar

Inventar ING-a i otpada sastoji se od sljedećih materijala (Poglavlje 3.2):

- sveg ING-a iz Krškog¹² u skladištu nakon zatvaranja NE pod BC (2043.) i ELSC (2063.)
- sveg VRAO-a / dugoživućeg NSRAO-a iz razgradnje NEK, što će biti dovršeno 2058. u BC-u i 2078. u ELSC-u
- RAO-a iz rada SFDS-a: nalazi se na lokaciji NE nakon 2058. (BC) i 2078. (ELSC), kao i sav RAO iz razgradnje SFDS-a
- RAO iz rada i razgradnje postrojenja za pakiranje ING-a
- RAO-a iz pogona i razgradnja nadzemnih građevina DGO-a.

4.3.3.1 Istrošeno nuklearno gorivo

U poglavljima 3.2 i 4.1.2.1 opisan je inventar NE Krško. Tablica 4-13 prikazuje trenutne količine ING-a uskladištenog u mokrom i suhom skladištu, kao i predviđene količine do kraja životnog vijeka NE Krško. Planiranje NE Krško razmatra cikluse nuklearnog goriva od 18 mjeseci gdje će se u BC-u do 2043. godine proizvesti ukupno 2.282 gorivnih elemenata, a u ELSC-u se očekuje dodatnih 900 SFA-ova. Tablica 4-13 prikazuje broj spremnika potrebnih za odlaganje.

Tablica 4-13 Broj istrošenih gorivnih elemenata ING-a za svaki glavni scenarij s brojem spremnika potrebnih za odlaganje.

	Base Case	ELSC
Broj gorivnih elemenata ING-a za odlaganje:		
U spremnicima suhog skladišta na početku odlaganja	2282 (926,5 tHM)	3182 (1291,9 tHM)
U bazenu za ING u NE Krško na početku odlaganja	0	0
Ukupno	2282	3182
Broj potrebnih spremnika za odlaganje:	571	796

4.3.3.2 Ostali otpad za odlaganje

Pretpostavka za NSRAO i VRAO koji će također biti odloženi u geološko odlagalište uključuje [27]:

1. U BC-u i ELSC-u: 140 t VRAO-a iz razgradnje NEK-a (Tablica 3-10), zapakiran u 7 spremnika za otpad bez goriva (NFWC) umetnutih u spremnike Holtec HI-SAFE, zapremine odlaganja od 237 m³ [20]; NFWC-ovi će se transportirati do postrojenja za odlaganje u transportnim spremnicima HI-STAR i odložiti u HI-SAFE ili druge zaštitne spremnike u servisnom području DGO-a.
2. Otpad iz pogona i razgradnje SFDS-a u BC-u i (ELSC-u) [27]:
 - a) NSRAO koji će nastati tijekom razgradnje SFDS-a u godinama 2103. – 2106. (2123. – 2126.) prikazan je u Poglavlju 3.1.2, Tablica 3-9
 - b) Ukupni volumen za odlaganje od približno 650 m³ (900 m³) može se pakirati u 56 (78) N2d ili 124 (174) RCC spremnika za odlaganje i odlagati u DGO zajedno s VRAO-om i dugoživućim NSRAO-om jer odlagališta NSRAO-a u Sloveniji i Hrvatskoj neće biti ponovno otvorena zbog demontaže SFDS-a.

¹² Opcija ponovne prerade ING-a ostaje otvorena, ali nastali otpad (ostakljeni VRAO i obloge dugoživućeg SRAO-a) još nije razmatran u ovoj analizi, koja se odnosi samo na izravno odlaganje ING-a.

3. Otpad iz pogona i razgradnje postrojenja za pakiranje [27]:
 - a) Pretpostavlja se da se procijenjena količina otpada kako je prikazano u Poglavlju 3.1.2, Tablica 3-13 pakira u 14 (BC) i 17 (ELSC) N2d spremnika;
 - b) Odlaže se na isti način kao otpad iz pogona i razgradnje odlagališta.
4. Otpad iz pogona i razgradnje odlagališta (isto za BC i ELSC) [27]:
 - a) Rad (normalan): jedna bačva od 200 l godišnje; 10-20 bačvi tijekom pogonskog razdoblja (Tablica 3-13);
 - b) Razgradnja/zatvaranje: nema radioaktivnog otpada.
 - c) Izravno odlaganje bačvi (bez dodatnog spremnika za odlaganje) u odgovarajući podzemni odjeljak (npr. servisni prostor).
 - d) Spremnici i bačve s NSRAO-om iz razgradnje nadzemnih postrojenja i aktivirani NSRAO iz SFDS-a odlagat će se u podzemne odjeljke servisnog područja nakon prestanka drugih postupaka odlaganja. Kao druga opcija, VRAO se može odložiti u posebno odlagalište.

4.3.4 DGO u čvrstoj stijeni

Koncept odlaganja temelji se na konceptu KBS-3V koji se koristi u programima odlaganja u Švedskoj i Finskoj. Uključuje odlaganje pakiranog ING-a u DGO, koristeći sustav s više barijera za sprječavanje ispuštanja radioaktivnog materijala u okoliš. Uz barijeru koju čini matična stijena, koristi se nekoliko inženjerskih barijera, kao što je spremnik otporan na koroziju i materijal ispune oko spremnika koji se sastoji od visoko zbijene bentonitne gline.

Odlagalište, na dubini od 500 metara, sastoji se od nekoliko odlagališnih tunela, iskopanih bušenjem i miniranjem. Na podu svakog tunela izbušene su vertikalne bušotine čiji razmak ovisi uglavnom o željenoj raspodjeli temperature oko spremnika, ali i o prisutnosti/odsutnosti pukotina. Spremnici se spuštaju u bušotine i okružuju slojem bentonitne gline; to se naziva materijal ispune jer drži spremnik na mjestu i štiti ga od malih pomaka u stijeni.

Na lokaciji odlagališta moraju biti osigurane sve strukture, sustavi i komponente potrebne da odlagalište djeluje kao samostalan nuklearni objekt. Zbog pogonskih zahtjeva i potrebnih mjera fizičke zaštite cijeli prostor odlagališta bit će podijeljen u četiri dijela (neograđeni, industrijski, nadzemni i podzemni tehnološki).

Prije nego što se ING smjesti u duboko odlagalište, bit će zatvoren u izdržljive spremnike u postrojenju za pakiranje na lokaciji odlagališta. Pogon se sastoji od recepcije, servisa, ventilacije, zgrade za proizvodnju, te ostalih potrebnih objekata i opreme, projektiran za godišnji proizvodni kapacitet od 60 bakrenih spremnika. Nakon završetka pakiranja postrojenje će se razgraditi, a radioaktivni otpad koji nastane razgradnjom prevest će se u odlagalište [27].

Podzemni prostor DGO-a sastoji se od sljedećih jedinica [27]:

- pristupna rampa jasnog presjeka 7 m x 7 m,
- servisno okno promjera 5 m; i,
- ventilacijsko okno promjera 3 m,
- servisni prostor s raznim komorama, i
- odlagalište s pristupnim tunelima, odlagališnim tunelima i bušotinama od ukupno 571 (BC) i 796 (ELSC) spremnika istrošenog goriva.

Pristupna rampa ili okno, zajedno sa servisnim oknom, povezuje se sa servisnim prostorom podzemnog odlagališta i također služi kao izlaz i pristupni putevi za vatrogasno osoblje i opremu. Pristupna rampa i tuneli projektirani su tako da omoguće neophodan transport spremnika s istrošenim gorivom, iskopane stijene, materijala ispune, materijala za zatrpavanje, građevinskog materijala i strojeva. Okna i pristupna rampa također se koriste za ventilaciju.

Područje odlaganja za BC sastoji se od 28 odlagališnih tunela, grupiranih s obje strane glavnog pristupnog tunela. Odlagalište je dimenzionirano za 571 odlagališnih bušotina. Dvadeset sedam odlagališnih tunela (dužine 207 m) opslužuje po 21 bušotinu, a jedan tunel (dužine 54 m) opslužuje 4 bušotine. Na dnu tunela za odlaganje izbušene su vertikalne bušotine. Svaka rupa je duboka oko 7,6 m i ima promjer od 1,8 m. Razmak između odlagališnih bušotina je 9 m. VRAO i dugoživući NSRAO iz razgradnje NE Krško odlagat će se u jednu od komora servisnog područja. NSRAO iz rada i razgradnje geološkog odlagališta i iz postrojenja za pakiranje tijekom aktivnosti zatvaranja odlagat će se u napuštene komore servisnog područja ili u druge podzemne odjeljke.

Dimenzije za ELSC prilagođene su potrebnom broju spremnika za odlaganje.

Dio DGO-a za odlaganje, gdje će se od 2108. – 2123. godine vršiti odlaganje 796 spremnika s ING-om, u odnosu na BC proširit će se na:

- 38 odlagališnih tunela (37 tunela od 207 m i 21 mjesto odlaganja – bušotine i jedan tunel duljine 189 m i 19 mjesta odlaganja) – za DGO koncept u čvrstoj stijeni; i
- 8 odlagališnih tunela duljine 800 m – za koncept DGO-a u sedimentnoj stijeni.

Rad i održavanje odlagališta

Rad DGO-a sastoji se od površinskih aktivnosti, posebice prijevoza i prihvata spremnika, te podzemnih aktivnosti, točnije rukovanja i postavljanja spremnika na mjesta odlaganja. Aktivnosti na lokaciji također uključuju pakiranje spremnika s istrošenim gorivom.

Operativne aktivnosti započinju odmah nakon dobivanja dozvole za rad odlagališta i puštanja u rad postrojenja. U početku je predviđen probni rad u trajanju od godinu dana. Radna faza također uključuje zatrpavanje i brtvljenje odlagališnih tunela. Pretpostavlja se da će rad odlagališta trajati 10 (2093.-2103. za BC) ili 15 (2108.-2123. za ELSC) godina.

Nakon što se svi spremnici postave u odlagališne bušotine, odlagališni tunel će se zatrpati, kako bi se osiguralo da materijal ispune oko spremnika ne nabubri prerano i da se ograniči protok vode. Prije zatrpavanja uklanja se betonska podloga i demontiraju ventilacijski, gromobranski i električni kabeli te cijevi za vodu i komprimirani zrak iz dijela koji se zatrpava.

Razgradnja nadzemnih građevina i zatvaranje odlagališta

Razgradnja postrojenja može započeti kada se odloži sav ING. Zatvaranje geološkog odlagališta započet će popunjavanjem podzemnih tunela i područja za odlaganje. Strukture koje su izgrađene za operativnu fazu, poput betonskih podova i sustava, bit će uklonjene iz odlagališta. Nakon zatrpavanja podzemnih odlagališta vrši se zatvaranje tunela, rovova, okna i rampe.

Većina zgrada i objekata na površini bit će demontirana. Međutim, dijelovi površinskih postrojenja mogu ostati ovisno o potrebama nadzora odlagališta nakon zatvaranja.

Otpad iz razgradnje, kao i operativni otpad, odlagat će se u odgovarajuće podzemne odjeljke DGO-a. Ponovna uporaba nekih površinskih zgrada i objekata može se predvidjeti za druge industrijske djelatnosti.

Pretpostavlja se da će faza razgradnje trajati 4 godine, 2104.-2107. za BC i 2124.-2127. za ELSC, a faza zatvaranja će trajati 3 godine, 2108.-2110. za BC i 2128.-2130. za ELSC.

Nadzor i institucionalna kontrola

U svrhu procjene troškova, pretpostavlja se da će aktivnosti nadzora okoliša na lokaciji (mjerenje radioaktivnosti na površini zemlje i u dubokim bušotinama, razine podzemne vode, protoka, kemije, temperature itd.) započeti godinu nakon načelnog odobrenja preferirane lokacije i nastaviti će se tijekom rada i razgradnje. Pretpostavlja se razdoblje od 18 godina. Trenutno se pretpostavlja da će u oba scenarija aktivna institucionalna kontrola trajati 50 godina nakon zatvaranja odlagališta.

Na kraju razdoblja aktivne institucionalne kontrole, odlagalište se priprema za pasivni dugotrajni nadzor. To uključuje čuvanje podataka na odlagalištu, podsjećanje budućih generacija na postojanje odlagališta i sprječavanje upada ljudi te zadržavanje vlasništva nad zemljištem odlagališta.

4.3.5 DGO u sedimentnoj stijeni

Za scenarij DGO-a u sedimentnoj stijeni, karakteriziran glinovitim sedimentima niske do srednje čvrstoće kao geološkim okruženjem za odlaganje, razmatraju se švicarski OPA inženjerski koncepti koje je razvila Nagra za geološko okruženje Opalinus Clay. Pretpostavlja se da glinovite formacije s istim svojstvima kao švicarska Opalinus Clay postoje u Sloveniji ili Hrvatskoj i da su pogodne za DGO. U prošlosti je već obavljen određeni rad prikupljanja i sređivanja podataka u preliminarni katalog glinovitih formacija na području Slovenije s 12 takvih identificiranih formacija [45]. U sklopu projekta "Preliminarna analiza mogućnosti i regulatornih osnova potencijalnih geoloških okruženja za izgradnju dubokog geološkog odlagališta (2021.)" [46] provedena je višekriterijska analiza teritorija Republike Hrvatske. Ovom analizom identificirane su matične stijene za potencijalnu izgradnju dubokog geološkog odlagališta. Rezultati su prikazani na geološkoj karti korištenjem GIS tehnologije.

Skladištenje ING-a na lokaciji NE Krško i transport ING-a do lokacije DGO-a, kao i proces pakiranja bit će isti kao u slučaju koncepta čvrste stijene (4.3.4). Međutim, postupak pakiranja prilagođen je umetanju FA u čelični spremnik za odlaganje (spremnik za odlaganje bez bakrene obloge ili premaza). Broj spremnika za odlaganje isti je kao za koncept čvrste stijene (Tablica 4-13).

Koncept odlaganja temelji se na konceptu tvrtke Nagra, izvorno razvijenom za DGO u Švicarskoj i uključuje odlaganje zapakiranog ING-a u DGO, korištenjem sustava s više barijera kako bi se smanjilo ispuštanje radioaktivnog materijala u okoliš. Osim funkcije barijere koju osigurava matična stijena, koriste se i inženjerske barijere koje se sastoje od spremnika za odlaganje, bentonitne ispune koja okružuje spremnik i brtvila na ulazu u odlagališne tunele.

Predviđena je ista dubina kao u konceptu čvrste stijene, tj. 500 m, a broj odlagališnih tunela prilagođen je inventaru NE Krško (Tablica 4-14). Odlagalište za BC sastoji se od šest odlagališnih tunela za ING, izvedenih kao slijepi tuneli, iskopanih strojem za bušenje tunela. Spremnici za odlaganje s ING-om bit će postavljeni vodoravno u odlagališnim tunelima s razmakom od 3 metra između njih kako bi temperatura oko spremnika bila dovoljno niska. Spremnici za odlaganje ING-a bit će postavljeni na bentonitne blokove, a nakon postavljanja prostor oko spremnika će se odmah zatrpati bentonitom [27].

Faze odlagališta, projektni kriteriji i nadzemni objekti za DGO u konceptu gline isti su kao i za koncept čvrste stijene.

Pristup podzemnom URF-u i odlagalištu bit će isti kao kod koncepta čvrstih stijena, dok će URF (kasnije preuređen u servisno područje) i dio odlagališta biti prilagođeni geološkim i geomehaničkim svojstvima gline.

Podzemno postrojenje sastoji se od servisnog prostora s različitim komorama, te odlagališta za ING s pristupnim i odlagališnim tunelima. Raspored okna i pristupne rampe, projektna razmatranja za pristup podzemnim objektima, kao i rješenja, isti su kao i za koncept čvrste stijene. Samo se područje odlaganja VRAO-a/SRAO-a mijenja iz kristaliničnog koncepta u slijepe tunele, što ima prednosti za dugoročnu sigurnost i smanjuje radove na zatvaranju ovog dijela. Raspored odlagališnih tunela je drugačiji – njihov promjer je znatno manji, a ne koriste se okomiti otvori za odlaganje. Umjesto toga, spremnici za odlaganje vodoravno su smješteni u odlagališnim tunelima. Funkcije i kapaciteti ostalih podzemnih objekata isti su kao i za koncept čvrste stijene. Odlagalište za osnovni scenarij sastoji se od 6 paralelnih odlagališnih tunela koji počinju od radnog tunela. Odlagalište je dimenzionirano za 571 spremnik za odlaganje. Dimenzije za ELSC prilagođene su potrebnom broju spremnika za odlaganje [27].

Izgradnja pristupnih građevina izvodit će se na isti način kao i kod koncepta čvrste stijene: spuštanjem okna i iskopom pristupnog tunela.

Servisno područje, URF, radni i ventilacijski tunel će se izgraditi strojem za iskopavanje tunela (engl. *road header*). Izgradnja odlagališnih tunela vršit će se strojem za bušenje tunela.

Rad i održavanje odlagališta

Organizacija aktivnosti odvijat će se na isti način kao i kod koncepta DGO-a u čvrstoj stijeni. Također, vremenski okvir poduhvata bit će isti.

Svi odlagališni tuneli bit će iskopani prije početka odlaganja tijekom faze izgradnje pomoću stroja za bušenje tunela. Spremnici za odlaganje bit će prebačeni iz površinskih objekata u odlagališta uz pristupnu rampu, servisni prostor i radni tunel. Strojem za postavljanje će se spremnik za odlaganje s bentonitnim blokovima dovesti i postaviti na odgovarajuće mjesto (pomoću daljinskog upravljanja). Bentonitni blokovi ispod spremnika za odlaganje potrebni su kako bi se osiguralo da se spremnik za odlaganje može postaviti u središte odlagališnog tunela. Nakon postavljanja spremnika za odlaganje izvršit će se zatrpavanje. Kada se odlagališni tunel napuni spremnicima za odlaganje i zatrpa, može započeti postavljanje u sljedeći odlagališni tunel.

Osim toga, izgradit će se brtva na spoju odlagališnog tunela i radnog tunela. Brtva će se izgraditi u fazi zatvaranja.

Razgradnja nadzemnih građevina i zatvaranje odlagališta

Razgradnja postrojenja može započeti kada se smjesti sav ING, kao i ostali otpad koji nije ING. Zatvaranje geološkog odlagališta započet će popunjavanjem podzemnih tunela i područja za odlaganje. Nakon zatrpavanja podzemnih područja odlagališta vrši se brtvljenje tunela, rovova, okna i rampe u servisnom i pristupnom dijelu objekta na isti način kao u slučaju koncepta u čvrstoj stijeni. Također, razgradnja nadzemnih objekata, zbrinjavanje otpada i eventualna ponovna uporaba nadzemnih objekata provodit će se na isti način u istim vremenskim razdobljima kao i za DGO u čvrstoj stijeni.

Nadzor i institucionalna kontrola

Nadzor i institucionalna kontrola provodit će se na isti način kao i u slučaju koncepta DGO-a u čvrstoj stijeni.

Ostale aktivnosti aktivne i pasivne institucionalne kontrole (uključujući zaštitne mjere) bit će iste kao i za rješenje u čvrstoj stijeni.

4.3.6 Glavne razlike u oba DGO scenarija

U usporedbi s kristaliničnom stijenom, izgradnja DGO-a u glini donekle je drugačija zbog ograničene čvrstoće gline pa su shodno tome mogući samo presjeci ograničene veličine, a potrebno je više napora za oslonac stijene. Sukladno tome, dubina naslaga gline također ima utjecaj na izvedivost izgradnje. Ključna razlika između čvrste i sedimentne (gline) stijene je količina iskopanog materijala koja je izravno povezana s razmatranim konceptima odlaganja (KBS-3V u odnosu na OPA) kao što je prikazano u Tablica 4-14.

Tablica 4-14 Volumen iskopane stijene – Usporedba za Osnovni scenarij (BC) [27].

Komponenta	DGO BC Čvrsta stijena	DGO BC Glina
	Volumen (m ³)	
Pristupna rampa	240,000	
Servisno okno	13,250	
Ventilacijsko okno	4,500	
Servisno područje	74,660	24,902
Pristupni/operativni/ventilacijski tunel	106,674	24,386
Odlagališni tuneli (571 spremnik)	180,576	39,330
Odlagališne bušotine	11,037	N/A
Specifični volumen iskopane stijene	372,947	88,618
Ukupni volumen iskopane stijene	630,697	346,368
Odlagališni tuneli/bušotine	28 odlagališnih tunela od 207 m / 21 bušotina po tunelu.	5 odlagališnih tunela od 800 m.
	Tunel br. 28: 54 m/4 bušotine.	Tunel br. 6: 600 m.

Druge razlike između dva koncepta koje značajno utječu na troškove:

1. Čelični spremnici za odlaganje gline znatno su jeftiniji od spremnika za odlaganje u čvrstoj stijeni koji su obloženi bakrom.
2. Iskop i izgradnja prilaza (pristupne rampe, servisnog okna i ventilacijskog okna) do dijela DGO-a za odlaganje u sedimentnoj stijeni jeftiniji su (za cca 20 %) od iskopa i izgradnje dijela za odlaganje u čvrstoj stijeni.

4.3.7 Mogućnosti odlaganja uz DGO scenarije

4.3.7.1 Odlaganje u duboku bušotinu (DBD) u kombinaciji s DGO-om za VRAO

U posljednjih nekoliko godina došlo je do ubrzanog globalnog interesa za alternativni pristup geološkom odlaganju: odlaganje u duboke bušotine (DBD). Kako bi podržali razvoj opcije odlaganja u DBD koja će se koristiti u četvrtoj reviziji Programa odlaganja RAO-a i ING-a iz NE Krško, ARAO i Fond naručili su zasebnu studiju za izradu proračuna troškova i vremena za odlaganje ING-a iz NE Krško u odlagalište u dubokoj bušotini, [41] u odnosu na rudnički DGO [27]. U ovom scenariju rudnički DGO je potreban samo za komponente inventara koje nisu ING (tj. VRAO i NSRAO koji zahtijevaju geološko odlaganje), jer je ING odložen u DBD postrojenju.

Cilj studije za DBD bio je informirati o razumijevanju kako će troškovi duboke bušotine varirati ovisno o geologiji (tj. varijacija u troškovima između odlaganja u sedimentnim stijenama i odlaganja u kristaliničnim stijenama), lokaciji (tj. usporedba troškova odlaganja u Krškom s odlaganjem na "generičkoj" slovensko/hrvatskoj lokaciji) i arhitekturi bušotine (tj. varijacija u troškovima između vertikalnih i horizontalnih opcija odlaganja). Studija se usredotočuje na samo tri od osam mogućih varijanti geologije/lokacije i arhitekture, koji zajedno pružaju najveću vrijednost u prikazu ključnih čimbenika troškova i kompromisa povezanih s odlaganjem u duboke bušotine:

- Horizontalno odlaganje u sedimentnim stijenama na generičkoj hrvatsko/slovenskoj lokaciji.
- Vertikalno odlaganje na istoj generičkoj lokaciji, dublje okomito bušenje u kristaliničnu stijenu ispod sedimentnih formacija.
- Horizontalno odlaganje u sedimentnim stijenama u Krškoj nizini.

Procjene troškova za ove kombinacije izrađene su na temelju tri vremenska scenarija koja su bila što je više moguće usklađena sa studijom troškova DGO-a [27], a gdje je bilo potrebno, razvijen je novi scenarij:

- **Osnovni scenarij (BC):** u kojem NE Krško prestaje s radom i započinje razgradnju 2043., a vremenski okvir za izbor lokacije i izgradnju DBD odlagališta uvelike odražava trenutnu pretpostavku za rudnički DGO u [27].
- **Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (ELSC):** u kojem NE Krško nastavlja s radom do 2063. godine.
- **najranije moguće odlaganje (EPD):** daje preporuku za vremenski komprimiraniji raspored odlaganja, povezan sa zatvaranjem NE Krško 2043. godine, kao u osnovnom scenariju.

Scenariji potpune procjene troškova korištenjem [47] zatim su pripremljeni za BC, koristeći prethodno opisane geološke/lokacijske i arhitektonske varijante a), b) i c), uključujući ELSC u okviru opcije c) te EPD također unutar opcije c).

Tablica 4-15 Vremenski čimbenici od posebne važnosti za procjenu troškova [41].

Čimbenik	BC	ELSC
Krško prestaje s radom i započinje razgradnja	2043.	2063.
Odluka o tome hoće li se implementirati DBDF ili rudnički DGO	2055.	2070.
Načelno odobrenje preferirane lokacije za DBDF	2055.	2070.
Počinje izgradnja odlagališta	2065.	2080.
Dobivena građevinska dozvola za postrojenje za pakiranje	2066.	2081.

Čimbenik	BC	ELSC
Dobivena uporabna dozvola za postrojenje za pakiranje i početak aktivnosti pakiranja	2071.	2081.
Dobivena uporabna dozvola za odlagalište i početak aktivnosti odlaganja	2073.	2088.
Zatvaranje odlagališta i postrojenja za pakiranje	2076.	2092.

U oba glavna scenarija, trenutna politika predviđa da se terenske aktivnosti za identifikaciju i istraživanje potencijalnih lokacija za odlagalište neće započeti do 2050. godine. Međutim, preporuka je sastavljača studije troškova za DBD [41] da razvoj tehnologije i tržišta znači da je moguć značajno brži vremenski okvir za DBD – iako bi to zahtijevalo testiranje tehnologije i određeni razvoj i odabir lokacije i terenski rad da bi se počelo znatno prije trenutno planiranog rasporeda za 2050. godinu.

Planirano da se sav inventar ING-a (Tablica 3-15) odlaže u nekoliko dubokih bušotina na jednom mjestu, a postrojenje za pakiranje ING-a nalazit će se na odlagalištu DBD-a.

Pripremljeni su visoki geološki zahtjevi za DBD odlagalište istrošenog goriva iz NE Krško, izvedeni iz generičke litologije koja je tipična za veći dio podzemlja u Sloveniji i Hrvatskoj, kao i studija javno dostupnih podataka o geologiji područja Krškog [41].

Izrađene su i analize troškovnih varijabli za različite dubine i broj bušotina.

Odlaganje preostalog RAO-a bilo je predmet studije troškova DGO-a [25] s dvije glavne opcije koje su analizirane:

- DGO za VRAO na lokaciji odlagališta DBD-a i
- DGO za VRAO na zasebnoj lokaciji DGO-a.

Za ove varijante, DGO BC rokovi i aktivnosti opisani gore (Tablica 4-12) su izmijenjeni kako bi odgovarali scenariju DBD odlagališta [41], što omogućuje raniju razgradnju SFDS-a i postrojenja za pakiranje te kasniji početak DGO programa. Ostali aspekti također se mijenjaju, na primjer, ne bi bilo URF-a.

4.3.7.2 Multinacionalno odlaganje

DGO-i uključuju visoke razine fiksnih troškova koji su, u određenoj mjeri, neovisni o količini otpada koji se odlaže.

Dijeljenje odlagališta s nekoliko partnera može dramatično smanjiti izdatke za fiksne troškove za sve uključene, u usporedbi s fiksnim troškovima jednog nacionalnog odlagališta.

Za potrebe obračuna troškova, pretpostavljeno je da se MNR nalazi izvan Slovenije i Hrvatske. MNR i povezano postrojenje za pakiranje koje će početi s radom 2060. godine prihvatit će cijeli inventar Krškog kao i otpad od razgradnje SFDS-a [27]. MNR će biti dostupan najmanje do 2107. godine – BC (2127. – ELSC), kako bi se prihvatio "najmlađi" ING (60 godina bivši reaktor) bez potrebe za produljenjem operativnog razdoblja SFDS-a.

Kao što je prethodno objašnjeno, analizirana su dva scenarija pružatelja MNR-a [25]:

- scenarij sa zajedničkim MNR-om gdje ING iz NEK-a predstavlja 10 %, 25 % ili 50 % kapaciteta MNR-a i zajedničko postrojenje za pakiranje ING-a je predviđeno na lokaciji MNR-a. Troškovi se procjenjuju pomoću dva modela:

- izvedba KBS-3V u čvrstoj stijeni u kombinaciji s komorom za VRAO;
- OPA (švicarska) izvedba u glini; i
- scenarij s komercijalnim MNR-om: MNR s komercijalnom uslugom, koja također pruža uslugu pakiranja ING-a.

O MNR rješenju se detaljnije raspravljalo u studiji troškova DGO-a [27]. Budući da je ovo dodatno rješenje za osnovni scenarij odlaganja ING-a i VRAO-a u rudničkom DGO-u, procjene troškova nisu uključene u ovaj program.

4.3.8 Troškovi odlaganja VRAO-a i ING-a

4.3.8.1 Korištena metodologija obračuna troškova

Za pripremu troškova odlaganja VRAO-a i ING-a korištena je EURAD WBS struktura [27].

EURAD struktura razrade rada (engl. *Work Breakdown Structure*, WBS) [47] za procjenu specifičnih komponenti ili elemenata troškova korišteno je i organizirano u 12 glavnih skupina u obje DGO studije troškova [27], [41] kako slijedi:

1. Upravljanje programom odlaganja
2. Uključivanje dionika
3. Odabir lokacije
4. Istraživanje lokacije i RD&D
5. Monitoring (od osnovnih informacija do dugoročne sigurnosti odlagališta)
6. Sigurnosna procjena, sigurnosna studija i procjena utjecaja na okoliš
7. Dizajn
8. Ostale aktivnosti / dokumentacija
9. Izgradnja
10. Rad i održavanje
11. Zatvaranje
12. Institucionalna kontrola

Svaka od skupina dalje je podijeljena na detaljnije i specifične stavke troškova, kao što su na primjer:

9. Izgradnja
 - 9.1. Upravljanje izgradnjom
 - 9.2. Infrastruktura na lokaciji i izvan nje
 - 9.3. Nadzemni objekti i građevine
 - 9.4. Izgradnja podzemnog istraživačkog postrojenja (URF)
 - 9.5. Podzemni objekti i građevine
 - 9.6. Ostala postrojenja ili usluge za odlaganje (npr. postrojenje za pakiranje)
 - 9.7. Ugradnja opreme.

Troškovnik se izrađuje za svaku pojedinačnu WBS stavku. Za svaku glavnu skupinu troškova, WBS je pripremljen do 3. razine (npr. 9.7.2 Podzemne građevine) i uključen u priloge studije troškova DGO-a [27].

Svi troškovi izraženi su kao (nominalni) troškovi ulaganja i temelje se na razini cijena iz lipnja 2023. Buduća inflacija ili diskontne stope nisu uzete u obzir.

Troškovnik je napravljen na temelju:

- Rezultata dobro razvijenog programa (Švedska, Finska, Švicarska),
- Iskustva projekta odlaganja NSRAO-a (studija izvodljivosti),
- Iskustva iz projekata za NE Krško (posebno SFDS-a),
- Iskustva u projektiranju i izgradnji hidroelektrana,
- Učinaka inflacije i poskupljenja,
- Regulatornih zahtjeva za naknadu.

Za švicarske troškove uzet je u obzir utjecaj pariteta kupovne moći (PPP). Za svaki element WBS-a korišten je udio radova ili isporuka koje mogu izvesti lokalni izvođači (Slovenija, Hrvatska) i udio radova ili isporuka koji se moraju izvršiti u inozemstvu.

Troškovnik pokriva sve troškove za BC i ELSC u razdoblju od 2051. do zatvaranja odlagališta 2110. (2130.) godine.

Troškovi nadzora nakon zatvaranja dio su integralnog obračuna troškova u studiji troškova DGO-a [27] i nisu uključeni u troškove ulaganja za izračun anuiteta slovenskom fondu, jer će ti troškovi biti prema ZVISJV-1 [31] financirani iz državnog proračuna. U slučaju Hrvatske, ove troškove mora pokriti Fond i oni su dio troškova ulaganja.

4.3.8.2 Opcionalna analiza i registar rizika

Ukupni troškovi geološkog odlaganja izračunati su u tri koraka. Prvo su procijenjeni osnovni troškovi. Zatim su na osnovne troškove, stručnom procjenom procijenjene naknade za greške predviđanja kako bi se nadoknadile razne neizvjesnosti kao što su zrelost projekta, korištene tehnologije, uporaba inovativnih tehnologija, sve u skladu sa smjernicama koje je izdao AACEI [48], koje se koriste za određivanje nepredviđenih troškova i dodaje se kao postotak osnovnih troškova. Ovisno o zrelosti projekta, isti se raspoređuje u jednu od pet razreda procjene za koje su definirani specifični nepredviđeni troškovi. Općenito, projekt je dodijeljen u razred procjene 4. Ovisno o razini neizvjesnosti, postotak nepredviđenosti odabran tijekom procesa stručne prosudbe može biti 20 %, 25 % ili 30 %.

WBS stavka Isplata naknada lokalnim zajednicama temelji se na trenutno važećem slovenskom zakonodavstvu (UV8, [39]). Na ovu stavku ne primjenjuju se nepredviđeni troškovi.

Zbog vremenskog jaza između današnjeg ulaganja sredstava i učinaka ulaganja u budućnosti, takva su ulaganja usko povezana s rizicima i stoga ih treba nadoknaditi naknadama za hazarde.

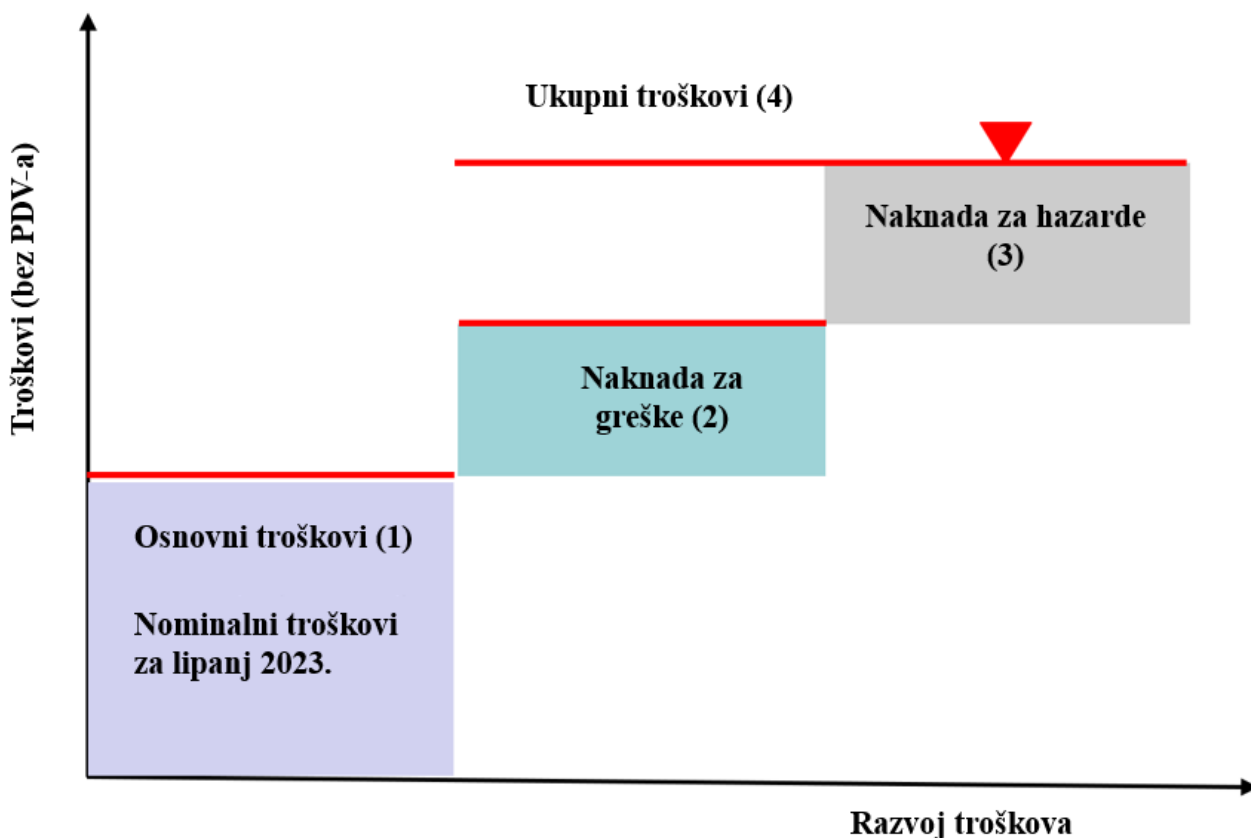
Posebna pozornost posvećena je hazardima koji mogu utjecati na povećanje troškova pojedinih aktivnosti WBS-a s različitim stupnjevima hazarda. Ugrubo je pretpostavljeno da je granica između manje štetnih i štetnih posljedica oko 10 %, a između štetnih i vrlo štetnih financijskih posljedica oko 30 % osnovnog troška svake aktivnosti.

Tri su razreda također određena za vjerojatnost pojavljivanja:

1. Malo vjerojatno - događaj se vjerojatno neće dogoditi; vjerojatnost je nekoliko postotaka i ne prelazi 10 posto.
2. Moguće - vjerojatnost pojavljivanja događaja je otprilike jedan prema četiri (25 %) s odstupanjima od 10-15 posto naniže i naviše.
3. Vjerojatno - vjerojatnost pojave događaja je značajna ili visoka i kreće se od približno 50 % do gotovo 100 %.

Nakon izrade procjena nominalnih troškova, nominalnim troškovima dodaju se naknade za hazarde i prilike korištenjem ekspertne procjene za skupine WBS elemenata.

Ukupni troškovi tada se izračunavaju kao zbroj osnovnih troškova i svih dodatnih naknada. Struktura ukupnih troškova prikazana je na Slika 4-9.



Slika 4-9 Shematski prikaz korištene metodologije obračuna troškova [27].

4.3.8.3 Troškovi za DGO u čvrstoj stijeni

Tablica 4-16 Ukupni troškovi za osnovni scenarij s naknadama i PDV-om (SLO i HR), B.D.H [27].

	Osnovni troškovi	Faktor greške	Naknada za greške	Faktor hazarda	Naknada za hazarde	UKUPNO (EUR)
1. UPRAVLJANJE PROGRAMOM ODLAGANJA	7.969.750	20 %	1.593.950	0 %	---	9.563.700
2. UKLJUČIVANJE DIONIKA	82.935.053	0 %-20 %	357.000	0 %-10 %	178.500	83.470.553
3. ODABIR LOKACIJE	12.614.720	20 %	2.522.944	0 %-10 %	991.472	16.129.136
4. ISTRAŽIVANJE LOKACIJE I RD&D	81.222.070	20 %	16.244.414	10 %	8.122.207	105.588.691
5. MONITORING	46.735.655	20 %	9.347.131	0 %-10 %	1.767.315	57.850.101
6. SIGURNOSNA PROCJENA, SIGURNOSNA STUDIJA I PUO	12.899.500	20 %	2.579.900	0 %-10 %	1.129.950	16.609.350
7. DIZAJN	23.783.625	20 %-25 %	5.721.131	0 %-10 %	1.928.813	31.433.569

	Osnovni troškovi	Faktor greške	Naknada za greške	Faktor hazarda	Naknada za hazarde	UKUPNO (EUR)
8. OSTALE AKTIVNOSTI / DOKUMENTACIJA	557.685	20 %	111.537	0 %	---	669.222
9. IZGRADNJA	463.481.549	20 %-25 %	112.918.374	0 %-20 %	80.888.259	657.288.182
10. RAD I ODRŽAVANJE	367.702.697	20 %-30 %	96.017.046	0 %-20 %	28.579.397	492.299.141
11. ZATVARANJE	78.562.861	20 %-30 %	22.193.655	0 %-20 %	7.310.681	108.067.197
12. INSTITUCIONALNA KONTROLA	37.975.000	50 %	18.987.500	20 %	7.595.000	64.557.500
UKUPNO	1.216.440.166		288.594.583		138.491.593	1.643.526.341
UKUPNO sa SLO PDV-om	1.466.203.991		352.085.391		168.959.743	1.987.249.125
UKUPNO sa HRV PDV-om	1.500.262.694		360.743.228		173.114.491	2.034.120.413

Ukupni troškovi za osnovni scenarij DGO-a u čvrstoj stijeni procjenjuju se na 1,644 milijarde EUR (bez PDV-a), te na 1,987 milijardi EUR za korištenje slovenske stope PDV-a i na 2,034 milijarde EUR za korištenje hrvatske stope PDV-a.

Većina troškova povezana je s izgradnjom, radom i održavanjem DGO-a. Troškovi izgradnje uključuju troškove vođenja izgradnje (koordinacija zaštite na radu u fazi izvedbe projekta i nadzor nad izvođenjem radova), infrastrukturnih priključaka, izgradnje nadzemnih i podzemnih objekata, postrojenja za pakiranje i instalacije opreme. Procjenjuju se visoke cijene za izgradnju pristupne rampe (121,4 milijuna EUR), pristupnog tunela (37,6 milijuna EUR) i odlagališnih tunela (110,2 milijuna EUR) uglavnom zbog velikih količina iskopanog materijala tijekom izgradnje [27]. Za rad i održavanje DGO-a procijenjeni su veliki troškovi za izgradnju i rad postrojenja za pakiranje (239,7 milijuna EUR), za kupnju bakrenih spremnika (138,2 milijuna EUR), za troškove rada (74,5 milijuna EUR) i za posebne materijale (bentonit, glina) za brtvljenje bušotina i odlagališnih tunela (165,9 milijuna EUR). Svaka od skupina troškova detaljnije je razrađena u studiji troškova DGO-a i njezinim prilogima [27].

Troškovi DGO-a u čvrstoj stijeni za ELSC (E.D.H) prikazani su u Tablica 4-17.

Tablica 4-17 Ukupni troškovi s nepredviđenim troškovima i PDV-om za ELSC u čvrstoj stijeni (E.D.H) [27].

	Osnovni troškovi	Faktor greške	Naknada za greške	Faktor hazarda	Naknada za hazarde	UKUPNO (EUR)
1. UPRAVLJANJE PROGRAMOM ODLAGANJA	8.564.750	20%	1.712.950	0%	---	10.277.700
2. UKLJUČIVANJE DIONIKA	98.933.423	0%-20%	386.750	0%-10%	193.375	99.513.548
3. ODABIR LOKACIJE	12.614.720	20%	2.522.944	0%-10%	991.472	16.129.136
4. ISTRAŽIVANJE LOKACIJE I RD&D	81.222.070	20%	16.244.414	10%	8.122.207	105.588.691
5. MONITORING	51.644.863	20%	10.328.973	0%-10%	2.258.235	64.232.071
6. SIGURNOSNA PROCJENA. SIGURNOSNA STUDIJA I PUO	12.899.500	20%	2.579.900	0%-10%	1.129.950	16.609.350
7. DIZAJN	23.783.625	20%-25%	5.721.131	0%-10%	1.928.813	31.433.569
8. OSTALE AKTIVNOSTI/ DOKUMENTACIJA	557.685	20%	111.537	0%	---	669.222
9. IZGRADNJA	517.245.280	20%-25%	126.344.307	0%-20%	91.581.005	735.170.593

	Osnovni troškovi	Faktor greške	Naknada za greške	Faktor hazarda	Naknada za hazarde	UKUPNO (EUR)
10. RAD I ODRŽAVANJE	525.746.362	20%-30%	136.882.913	0%-20%	40.199.792	702.829.067
11. ZATVARANJE	79.381.361	20%-30%	22.439.205	0%-20%	7.474.381	109.294.947
12. INSTITUCIONALNA KONTROLA	37.975.000	50%	18.987.500	20%	7.595.000	64.557.500
UKUPNO	1.450.568.640		344.262.523		161.474.229	1.956.305.392
UKUPNO sa SLO PDV-om	1.748.353.813		420.000.278		196.998.560	2.365.352.651
UKUPNO s HRV PDV-om	1.788.960.882		430.328.154		201.842.787	2.421.131.822

Za ELSC troškovi su veći nego za osnovni scenarij uglavnom zbog produljenog vremena rada (veći troškovi rada i održavanja) i odlaganja dodatnih istrošenih gorivnih elemenata koji su povezani s više iskopanog materijala i većim brojem spremnika za odlaganje i većim brojem kupljenih spremnika za odlaganje.

4.3.8.4 Troškovi za DGO u sedimentnim formacijama

Tablica 4-18 Ukupni troškovi s naknadama i PDV-om, osnovni scenarij za DGO u sedimentnoj stijeni (B.D.S) [27].

	Osnovni troškovi	Faktor greške	Naknada za greške	Faktor hazarda	Naknada za hazarde	UKUPNO (EUR)
1. UPRAVLJANJE PROGRAMOM ODLAGANJA	7.969.750	20%	1.593.950	0%	---	9.563.700
2. UKLJUČIVANJE DIONIKA	82.935.053	0%-20%	357.000	0%-10%	178.500	83.470.553
3. ODABIR LOKACIJE	12.614.720	20%	2.522.944	0%-10%	991.472	16.129.136
4. ISTRAŽIVANJE LOKACIJE I RD&D	81.222.070	20%	16.244.414	10%	8.122.207	105.588.691
5. MONITORING	46.735.655	20%	9.347.131	0%-10%	1.767.315	57.850.101
6. SIGURNOSNA PROCJENA. SIGURNOSNA STUDIJA I PUO	12.899.500	20%	2.579.900	0%-10%	1.129.950	16.609.350
7. DIZAJN	23.783.625	20%-25%	5.721.131	0%-10%	1.928.813	31.433.569
8. OSTALE AKTIVNOSTI/ DOKUMENTACIJA	557.685	20%	111.537	0%	---	669.222
9. IZGRADNJA	396.239.589	20%-25%	96.107.884	0%-20%	67.439.867	559.787.340
10. RAD I ODRŽAVANJE	231.049.910	20%-30%	57.896.826	0%-20%	15.283.949	304.230.685
11. ZATVARANJE	72.820.566	20%-30%	20.739.934	0%-20%	7.068.997	100.629.496
12. INSTITUCIONALNA KONTROLA	37.975.000	50%	18.987.500	20%	7.595.000	64.557.500
UKUPNO	1.006.803.123		232.210.152		111.506.069	1.350.519.343
UKUPNO sa SLO PDV-om	1.210.446.798		283.296.385		136.037.404	1.629.780.587
UKUPNO s HRV PDV-om	1.238.216.390		290.262.690		139.382.586	1.667.861.665

Ukupni troškovi za osnovni scenarij DGO-a u sedimentnim stijenama procjenjuju se na 1,351 milijarde EUR (bez PDV-a), te na 1,630 milijardi EUR za korištenje slovenske stope PDV-a i na 1,668 milijarde EUR za korištenje hrvatske stope PDV-a.

Što se tiče osnovnog scenarija u čvrstoj stijeni, većina troškova povezana je s izgradnjom, radom i održavanjem DGO-a. Riječ je o troškovima izgradnje pristupne rampe (121,4 milijuna EUR), pristupnog tunela (11,4 milijuna EUR) i odlagališnih tunela (111,0 milijuna EUR) [4]. Za rad i održavanje DGO-a procijenjeni su veliki troškovi za izgradnju i rad postrojenja za pakiranje (172,0 milijuna EUR), za kupnju bakrenih spremnika (70,5 milijuna EUR), za troškove rada (74,5 milijuna EUR) i za posebne materijale (bentonit) za brtvljenje odlagališnih tunela (51,5 milijuna EUR).

Tablica 4-19 Ukupni troškovi s nepredviđenim troškovima i PDV-om za ELSC u sedimentnoj stijeni (E.D.S) [27].

	Osnovni troškovi	Faktor greške	Naknada za greške	Faktor hazarda	Naknada za hazarde	UKUPNO (EUR)
1. UPRAVLJANJE PROGRAMOM ODLAGANJA	8.564.750	20%	1.712.950	0%	---	10.277.700
2. UKLJUČIVANJE DIONIKA	98.933.423	0%-20%	386.750	0%-10%	193.375	99.513.548
3. ODABIR LOKACIJE	12.614.720	20%	2.522.944	0%-10%	991.472	16.129.136
4. ISTRAŽIVANJE LOKACIJE I RD&D	81.222.070	20%	16.244.414	10%	8.122.207	105.588.691
5. MONITORING	51.644.863	20%	10.328.973	0%-10%	2.258.235	64.232.071
6. SIGURNOSNA PROCJENA. SIGURNOSNA STUDIJA I PUO	12.899.500	20%	2.579.900	0%-10%	1.129.950	16.609.350
7. DIZAJN	23.783.625	20%-25%	5.721.131	0%-10%	1.928.813	31.433.569
8. OSTALE AKTIVNOSTI/ DOKUMENTACIJA	557.685	20%	111.537	0%	---	669.222
9. IZGRADNJA	439.962.549	20%-25%	107.023.625	0%-20%	76.124.459	623.110.633
10. RAD I ODRŽAVANJE	334.411.752	20%-30%	83.576.976	0%-20%	21.684.593	439.673.321
11. ZATVARANJE	74.020.566	20%-30%	21.099.934	0%-20%	7.308.997	102.429.496
12. INSTITUCIONALNA KONTROLA	37.975.000	50%	18.987.500	20%	7.595.000	64.557.500
UKUPNO	1.176.590.503		270.296.633		127.337.100	1.574.224.236
UKUPNO sa SLO PDV-om	1.414.100.486		329.761.892		155.351.262	1.899.213.640
UKUPNO s HRV PDV-om	1.446.488.211		337.870.791		159.171.375	1.943.530.377

Slično scenariju ELSC-a u čvrstoj stijeni, također su troškovi za scenarij ELSC-a u sedimentnim stijenama veći nego za osnovni scenarij zbog produljenog vremena rada i odlaganja dodatnih istrošenih gorivnih elemenata koji zahtijevaju dodatno iskopavanje materijala i veći broj odlagališnih bušotina i kupljenih spremnika za odlaganje.

4.3.8.5 Usporedba procjena troškova za DGO u čvrstoj stijeni i glini

Tablica 4-20 Usporedba troškova za oba osnovna scenarija s najvećim razlikama u troškovima.

	UKUPNO		DGO razlika B.D.H - B.D.S
	Čvrsta stijena	Glina	
1. UPRAVLJANJE PROGRAMOM ODLAGANJA	9.563.700,0	9.563.700,0	0
2. UKLJUČIVANJE DIONIKA	83.470.553,4	83.470.553,4	0
3. ODABIR LOKACIJE	16.129.136,0	16.129.136,0	0
4. ISTRAŽIVANJE LOKACIJE I RD&D	105.588.690,7	105.588.690,7	0
5. MONITORING	57.850.101,2	57.850.101,2	0
6. PROCJENA SIGURNOSTI, SIGURNOSNA STUDIJA I PUO	16.609.350,0	16.609.350,0	0
7. DIZAJN	31.433.568,8	31.433.568,8	0
8. OSTALE AKTIVNOSTI/ DOKUMENTACIJA	669.222,0	669.222,0	0
9. IZGRADNJA	657.288.182,3	559.787.339,7	97.500.842,6
10. RAD I ODRŽAVANJE	492.299.140,5	304.230.684,9	188.068.455,6
11. ZATVARANJE	108.067.196,6	100.629.496,0	7.437.700,6
12. INSTITUCIONALNA KONTROLA	64.557.500,0	64.557.500,0	0
UKUPNO (EUR)	1.643.526.341,4	1.350.519.343,0	293.006.998,4
UKUPNO sa SLO PDV-om (EUR)	1.987.249.125,0	1.629.780.587,0	357.468.538,0
UKUPNO s HRV PDV-om (EUR)	2.034.120.413,0	1.667.861.665,0	366.258.748,0

Kao što je već spomenuto u Poglavlju 4.3.6, postoje neke značajne razlike u oba osnovna scenarija DGO-a u količini iskopanog materijala i troškovima materijala za spremnike za odlaganje koji su izravno povezani s razmatranim konceptima odlaganja. Ove se razlike prevode u procjene troškova kao što se može vidjeti iz Tablica 4-20. Najveće razlike povezane su s troškovima izgradnje, rada i održavanja DGO-a. Procjene troškova niže su za B.D.S scenarij uglavnom zbog nižih troškova izgradnje postrojenja za pakiranje i njegovog rada, troškova pristupnih tunela i ukupnih troškova materijala za zatrpavanje i brtvljenje te nižih troškova čeličnih spremnika za odlaganje u glini, koji su znatno jeftiniji od bakrenih spremnika za odlaganje u čvrstoj stijeni.

4.3.8.6 Troškovi mogućnosti odlaganja uz DGO scenarije

Izrađeni su i troškovi za scenarij odlaganja isključivo inventara ING-a [23]. Iz ove preliminarne studije može se zaključiti da je duboko odlaganje u bušotinama izvedivo i potencijalno isplativo rješenje za istrošeno nuklearno gorivo iz NE Krško.

Uz DBD odlagalište za odlaganje ING-a, rudnički DGO je potreban za komponente inventara koje nisu ING (tj. VRAO i NSRAO koji zahtijevaju geološko odlaganje).

Kada je ING odložen u DBD odlagalište koje se nalazi na istoj lokaciji kao i rudnički DGO, troškovi se procjenjuju na 469,2 milijuna EUR (bez PDV-a), te na 572,5 milijuna EUR za korištenje slovenske stope PDV-a i na 586,5 milijuna EUR za korištenje hrvatske stope PDV-a [23]. Kada se DGO za VRAO i NSRAO koji zahtijeva geološko odlaganje gradi na zasebnoj lokaciji kao što je DBD, onda su troškovi uzrokovani dodatnim transportima i troškovima zasebnog izbora lokacije i programa

uključivanja dionika (neovisnog od DGO-a), nešto viši i procijenjeni na 531,0 milijuna EUR (bez PDV-a), te na 638,0 milijuna EUR za korištenje slovenske stope PDV-a i na 652,6 milijuna EUR kada se koristi hrvatska stopa PDV-a.

Tablica 4-21 Usporedba ukupnih troškova (bez PDV-a) u analiziranim scenarijima.

Kategorije troška	Procjena troškova (u milijunima EUR)							
	DBDF za ING (Osnovni scenarij)			DGO za VRAO (osnovni scenarij)		Rudnički DGO (BC, DGO studija iz 2024.)		Ukupni troškovi za VRAO i ING
	BC a) Generička-horizentalno	BC b): Generička-vertikalno	BC c): Horizontalno u Krškoj nizini	Na istoj lokaciji kao DBDF	Zasebna lokacija DBDF-a	U geologiji gline	U čvrstoj stijeni	Rješenje s nižim troškovima
Podzbroj	608,4	740,9	578,1	333,1	391,7	1010,2	1216,4	911,2 = 578,1+333,1
Nepredviđeni troškovi	220,1	300,0	217,6	136,1	139,29	344,6	427,1	353,7 = 217,6+136,1
UKUPNO	828,5	1040,8	795,6	469,2	531,0	1350,5	1643,5	1264,8 = 795,6+469,2
Trošak po MTHM-u	0,90	1,13	0,86	/	/	1,47	1,78	1,37

Provedba osnovnog scenarija za horizontalni DBD u Krškoj nizini i njegova kombinacija s DGO-om na istoj lokaciji za odlaganje VRAO-a mogla bi donijeti uštede (bez PDV-a) u rasponu od 85,7 milijuna EUR (najniži troškovi za scenarij s glinom) do 378,7 milijuna EUR u usporedbi s rudničkim odlagalištem u čvrstoj stijeni.

4.4 Zaključci i izazovi

4.4.1 Skladištenje ING-a

Svo istrošeno gorivo iz NE Krško trenutno se skladišti u bazenu istrošenog goriva, a od ožujka 2023. i u suhom skladištu koje svojom pasivnošću i smanjenjem količine ING-a u bazenu predstavlja značajno sigurnosno unapređenje. Premještanje istrošenog goriva završeno je u rujnu 2023. godine kada su u objekt pohranjena prva 592 istrošena gorivna elementa. Sljedeća kampanja premještanja dodatna 592 istrošena gorivna elementa planirana je za 2029. godinu, a završna kampanja predviđena je za 2048. godinu sa završetkom 2050. godine kada će preostalih 1184 ING-a biti premješteno u suho skladište.

4.4.2 RD&D Program

Ovaj prvi RD&D Program za odlaganje ING-a iz NE Krško je pripremljen i kroz vrijeme će se mijenjati i razvijati uz određeni iterativni postupak. Morat će se prilagoditi promjenama u vremenskom planu, troškovima, pristupima, tehnologijama itd.

S nekih aspekata, ovo je zahtjevniji RD&D program u usporedbi s drugim zemljama, budući da ING i VRAO koji bi se trebali odlagati u jednom DGO-u pripadaju dvjema državama (pola i pola), a to podrazumijeva da se odlagalište odabire proučavanjem teritorija obiju zemalja koji su prilično male površine; kao posljedica toga, postoji relativno mali prostor unutar kojeg se mora odabrati odgovarajuća lokacija za DGO.

Kako bi se RD&D Program i program(i) odlaganja ING-a uskladili za RH i RS, ključno je započeti međudržavne pregovore o usklađivanju regulatornih dokumenata obiju država. Preporučuje se u određenoj fazi provedbe programa uspostaviti jedinstveni, zajednički provoditelj / projektni tim. Predlaže se da se budući kriteriji za odabir lokacije za obje zemlje temelje na prijedlogu predstavljenom u Programu, imajući u vidu da su kriteriji i Program izrađeni za određeno vremensko razdoblje, odnosno do identifikacije dvije potencijalne lokacije, jedne u RH i jedne u RS.

O stupnju uključenosti dionika u odabir lokacije odlučit će regulatorno tijelo (tijela) i provoditelj/provoditelji. Međutim, dionici moraju biti dio razvoja i legalizacije kriterija za odabir lokacije DGO-a. Dionici moraju biti uključeni u intenzivan proces informiranja i obrazovanja.

RD&D se temelji na osnovnom scenariju, koji je modificiran kako bi zadovoljio potrebe realnog vremenskog okvira i omogućio nepredviđene troškove za probleme koji se mogu predvidjeti.

Sposobnost provoditelja za uključivanje dionika i dijalog te prilagodbu društvenom kontekstu koji se razvija tijekom procesa odabira lokacije istaknuli su se kao najbitniji kriteriji za dovršetak programa. Razmjenu informacija, obrazovni program, dijalog i druge metode uključivanja dionika na nacionalnoj, regionalnoj i općinskoj razini treba razmotriti u najranijim fazama procesa odabira lokacije.

Načelo "volonterskog pristupa", mora biti dio budućeg regulatornog okvira, a ne samo dio sugestija i zaključaka ovog dokumenta.

Procjena troškova napravljena je uzimajući u obzir određene specifičnosti vezane uz ovaj RD&D program:

- Predloženi vremenski okvir (modificirani osnovni scenarij);
- Načelo predloženog jedinstvenog provoditelja;
- Razvoj kriterija za odabir lokacije;
- Predloženi program uključivanja dionika.

Ukupni troškovi za Osnovni scenarij iznose 139,816 mil. eura bez PDV-a i 151,160 mil. eura s PDV-om, a za dodatni scenarij – 171,797 mil. eura bez PDV-a i 183,352 mil. EUR s PDV-om.

Moguće je očekivati razlike u procjeni troškova u slučaju da Program nastavljaju voditi dva odvojena provoditelja, u usporedbi s troškovima Programa koji bi provodio jedan zajednički provoditelj. Uspostava zajedničke provedbene organizacije može se smatrati potencijalnom preprekom, međutim, ako dva odvojena provoditelja iz dvije zemlje rade na istom programu, operativni troškovi bi i dalje bili veći. Može se zaključiti da bi RD&D Program koji provode dva provoditelja bio složeniji za izvođenje, dok je potrebno uzeti u obzir određene prepreke ako se želi uspostaviti jedan provoditelj.

Za budućnost se može predložiti izrada cjelovitog Programa odlaganja ING-a, odnosno – Programa koji sadrži sve potrebne dijelove: "RD&D Program" izrađen do finalne faze odabira lokacije, detaljan

Program uključivanja dionika, Prijedlog koncepta odlaganja s analizom lokacije i planom razvoja te Cjelovita procjena troškova.

4.4.3 Zbrinjavanje ING-a / VRAO-a

Procjene troškova za odlaganje VRAO-a i ING-a temelje se na scenarijima za duboko geološko odlagalište (DGO) u Sloveniji ili Hrvatskoj, u okolišu čvrste stijene ili sedimentne stijene (gline). Odlaganje ING-a u odlagalištu u dubokoj bušotini (DBDF) također je istraživano, ali nije bilo podvrgnuto istoj procjeni kao rudnički DGO.

Geološka osnova za scenarije odlaganja, bilo u rudničkom DGO-u ili DBDF-u, pretpostavlja dostupnost kristaliničnih ili sedimentnih (gline) formacija u Sloveniji ili Hrvatskoj. Potencijalne lokacije zahtijevaju kabinetna i terenska istraživanja kako bi se poduprle ove pretpostavke, smanjile nesigurnosti i ublažili troškovni rizici.

Budući razvoj tehnologije, koncepta i troškova za odlaganje u DGO i DBD moraju biti integrirani s RD&D programom za zajedničko odlaganje VRAO-a i ING-a u DGO-u u Sloveniji i Hrvatskoj, koji daje smjernice i postupke za upravljanje i provedbu. U sljedećim revizijama Programa morat će se provesti detaljnija usporedba koristi i rizika različitih opcija dubokog odlaganja kako bi se podržao budući odabir koncepta.

Iako sve opcije za odlaganje ING-a i VRO-a trebaju ostati u razmatranju, posebnu pozornost u budućim evaluacijama treba posvetiti glinovitim formacijama (npr. glini). Iako se odlaganje može postići na siguran način u oba okruženja, odlaganje u glinovite formacije čini se ekonomski povoljnijim, a prikladnija područja identificirana su u Sloveniji i Hrvatskoj. Međutim, koncepte čvrstih i sedimentnih stijena treba nastaviti razvijati, iako trenutne studije daju prednost glinovitim formacijama zbog njihove dostupnosti u obje zemlje te zbog njihove isplativosti.

Za BC scenarij DGO-a ukupni troškovi odlaganja u čvrstu stijenu s obzirom na prilagođeni koncept KBS-3V iznose 1,644 milijardi EUR (bez PDV-a) ili 1,987 milijardi EUR za korištenje slovenske stope PDV-a. Za odlaganje u glini (Opalinus koncept) iznose 1,351 milijardu EUR (bez PDV-a) ili 1,630 milijardi EUR po slovenskoj stopi PDV-a.

A za ELSC scenarij DGO-a u čvrstoj stijeni iznose 1,956 (bez PDV-a) ili 2,365 milijardi EUR sa slovenskom stopom PDV-a i za glinu iznose 1,574 (bez PDV-a) odnosno 1,899 milijardi EUR (slovenska stopa PDV-a).

Iz gore navedenih razloga, procjena troškova odlaganja ING-a i VRAO-a u rudničkom DGO-u u glinovitim formacijama koristi se u Poglavlju 8. u svrhu procjene ukupnih troškova, uključujući izračun njegovih diskontiranih vrijednosti i prijedlog raspona godišnjih uplata namjenskim fondovima u Republici Sloveniji i Hrvatskoj.

U slučaju odlaganja ING-a u DBDF, a ostalog radioaktivnog otpada (VRAO i dugoživi NSRAO) u DGO-u, ukupni troškovi ovise o lokaciji, geologiji i arhitekturi bušotina. Za odlaganje otpada koji nije ING u DGO na lokaciji DBDF-a troškovi iznose 469 milijuna EUR. Za DGO na lokaciji odvojenoj od DBDF-a troškovi iznose 531 milijuna EUR. Da bi se procijenio ukupni trošak ING-a i VRAO-a te dugoživućeg NSRAO-a, potrebno je dodati troškove odlaganja ING-a u DBD. U ovom scenariju oba su odlagališta na istoj lokaciji na području Krškog sa sedimentnim stijenama i tipom DBD-a s horizontalnim bušotinama, ukupni troškovi procjenjuju se na 1,265 milijardi EUR.

Prije aktivacije programa geološkog odlaganja, referentni scenariji za odlaganje VRAO-a i ING-a bit će revidirani nekoliko puta, ali najmanje svakih 5 godina kako bi se ponovno procijenila tehnološka spremnost, uključilo međunarodno iskustvo u radu s prvim DGO-ovima, uskladilo DGO program s nacionalnom politikom i strategijama te provjerile i ažurirale naknade za razgradnju i odlaganje.

U tom smislu, kao nadopuna aktivnostima planiranim u kasnijim fazama RD&D Programa unutar samog koncepta odlaganja, potrebno je dodatno razraditi izgradnju i rad DGO-a u nekoliko područja, kao što su:

- RD&D za:
 - Radioaktivni materijali, tj.: eksperimenti i modeli koji se odnose na inventar ING-a/VRAO-a, kritičnost i stupanj izgaranja (engl. *burn-up credit*), ponašanje ING-a, rukovanje i dekontaminacija spremnika za transport i skladištenje ING-a, svojstva ING-a i VRAO-a nakon odlaganja;
 - Tehnologija (površinska i podzemna postrojenja, EBS, spremnik za konačno odlaganje ING-a/VRAO-a);
 - RD&D na zatrpavanju i brtvljenju ING-a/VRAO-a;
 - Razvoj metoda iskopavanja i sustava potpore stijena za odlagališne komore;
 - Ispitivanje ING-a/VRAO-a u istraživačkim laboratorijima;
 - Monitoring;
 - Podaci iz međunarodne suradnje (istraživački laboratoriji, ostalo).
- Sigurnosna analiza i sigurnosna studija (metodologija, prenosivi podaci, razvoj i primjena modela);
- Razvoj tehnologije i spremnost (npr. spremnici za konačno odlaganje, pakiranje istrošenog goriva, projektiranje i izgradnja tunela, zatrpavanje i brtvljenje).

5 Plan podjele i preuzimanja NSRAO-a

Ovo poglavlje temelji se na studiji "Analiza moguće podjele i preuzimanja operativnog i dekomisijskog RAO-a iz NE Krško", Revizija 1 [22], i " Analiza moguće podjele i preuzimanja operativnog i dekomisijskog RAO-a iz NE Krško", Revizija 2 (Enconet d.o.o., listopad 2025.) [23]. Sukladno odlukama sa 17. sjednice MDP-a (2.listopad 2023.) [18], preuzimanje operativnog NSRAO-a nastalog do kraja 2023. godine odgađa se za početak 2028. godine.

U Trećoj reviziji PO-a predložena je opća podjela otpada kako bi se osiguralo da svaka država preuzme jednaku količinu NSRAO-a. Za razliku od 3. revizije, gdje su moguća podjela i preuzimanje napravljeni teoretski na temelju strogih graničnih uvjeta, ova revizija predlaže optimizirani fazni pristup podjele i preuzimanja NSRAO-a proizvedenog do kraja 2023. godine. U četvrtoj reviziji detaljnije je razrađena podjela po fazama, osiguravajući da svaka zemlja dobije jednaki udio, koristeći nova dostignuća i znanja, inventar NSRAO-a iz NEK-a na dan 31. prosinca 2023. i dodatne ulazne podatke NEK-a. S obzirom na rokove za prihvrat otpada temeljem Međudržavnog ugovora, nakon potvrde Treće revizije, hrvatska strana je predvidjela da će se otpad koji se mora preuzeti u Fazi 1 morati izvesti početkom 2024. godine na kondicioniranje i dodatno skladištenje prije izdavanja dozvole za Dugoročno skladište u Centru. Zbog promjene godine preuzimanja zaključeno je da ovaj otpad nije nužno izvoziti u inozemstvo 2024., kako je bilo predviđeno Trećom revizijom. Međutim, kondicioniranje otpada u spremnicima za skladištenje i odlaganje (N2d ili RCC) na lokaciji NEK-a, kako je odobrilo Međudržavno povjerenstvo na 16. i 17. sjednici, prema NEK-u [18] i potvrđeno od strane Koordinacijskog odbora (KO) na 14. sastanku u svibnju 2025. [49], nije izvedivo zbog tehničkih, regulatornih i prostornih ograničenja NEK-a [50]. Stoga je KO pripremio smjernice za nastavak aktivnosti u pripremi 4. revizije Programa odlaganja RAO-a i ING-a iz NE Krško [51].

Revidirani su i optimizirani kriteriji za podjelu operativnog radioaktivnog otpada NEK-a nastalog do 31. prosinca 2023. godine. Uz uvjete koji se odnose na količine i aktivnosti NSRAO-a, razmotreni su i drugi granični uvjeti, kao što je smještaj paketa NSRAO-a u privremenom skladištu te načelo ALARA.

Kriteriji i pristup za podjelu i preuzimanje temelje se na glavnim zahtjevima definiranim kako slijedi:

- Upute, smjernice koje je pružio KO – praktični fazni koncept podjele, pakiranja i strategije preuzimanja (Izvešće Koordinacijskog odbora, prosinac 2021.) [52] i Tablica 1 iz (Tehničke specifikacije SP-ES 1418 Revizija 1, kolovoz 2025.) [53].
- Praktični prijedlog NEK-a za redoslijed praznjenja skladišnih ćelija, kako je dogovoreno na početnom sastanku održanom 6. rujna 2022. [54].
- Baza podataka o cjelokupnom operativnom otpadu nastalom od početka rada NE Krško do 31. prosinca 2023. godine, kao i procjena nastanka paketa otpada do kraja produženog radnog vijeka [21, 23].
- Kriteriji za podjelu operativnog NSRAO-a revidirani su na način da se, koliko je moguće, zadrže kriteriji volumena i aktivnosti. Odstupanja prema tipu otpada (grupi otpada) i masi mogu se tolerirati, ali moraju biti dogovorena između Fonda, ARAO-a i NEK-a.
- Osiguravanje što je moguće manjeg broja manipulacija paketima otpada, poštivanje zahtjeva definiranih u procedurama i dozvolama, minimizacija izloženosti radnika

(ALARA), uzimajući u obzir dogovorena ulaganja u potrebnu opremu te smanjenje troškova i napora za pripremu pošiljki za obradu otpada, kao i minimizaciju nastanka sekundarnog otpada.

- Paketi otpada iz faza 3 i 4 bit će podijeljeni uzimajući u obzir sljedeće karakteristike paketa otpada: grupa otpada, broj i vrsta paketa otpada, volumen, masa, ukupna aktivnost te površinska brzina doze paketa otpada:
 - Svaka grupa paketa otpada (Fonda i ARAO) trebala bi sadržavati približno jednaku količinu NSRAO-a prema volumenu i ukupnoj aktivnosti.
 - Svaka grupa paketa otpada (Fonda i ARAO) bit će povezana s brojevima paketa (zapisima) odgovarajućih paketa otpada.
 - Za pakete otpada za koje nedostaju podaci o ukupnoj aktivnosti ili masi, taj će se parametar uzeti kao prosječna vrijednost toka otpada kojem paket otpada pripada.
 - Razlika između vrijednosti parametara podjele – volumena i ukupne aktivnosti – za ukupnu količinu otpada podijeljenu između Fonda i ARAO-a mora biti $\leq 1\%$.
 - Posebna će se pažnja posvetiti paketima otpada s površinskim brzinama doze iznad 2 mSv/h. Podjela tih paketa mora se provesti na način da površinske brzine doze budu približno ravnomjerno raspoređene među grupama.

5.1 Podjela i preuzimanje operativnog NSRAO-a proizvedenog do 31. prosinca 2023.

Kako je definirano u Uputama, smjernicama koje je dao KO [51] i praktičnom prijedlogu NEK-a za redoslijed pražnjenja skladišnih ćelija [54], preuzimanje RAO-a generiranog do kraja 2023. godine bit će podijeljeno u 4 faze:

Faza 1 – Preuzimanje 617 paketa otpada D6 s otpadom u obliku EBC, CWC i OC od strane Fonda (ukupno 320 paketa otpada od 320 l). Fond će preuzeti sve pakete otpada u D6 bačvama, odnosno 7 EBCD6, 95 OCD6 i 515 CWCD6, neovisno o površinskoj brzini doze. FWP-ovi s površinskom brzinom doze većom od 2 mSv/h bit će preuzeti, ali će se posebna pozornost posvetiti zaštiti od zračenja tijekom rukovanja i prijevoza u skladu s načelima ALARA i propisima o prijevozu. To iznosi približno 200 m³ od ukupno 1200 m³ NSRAO-a (hrvatska obveza).

Faza 2 – preuzimanje TTC paketa otpada pohranjenih u skladišnim ćelijama H, G i F SRSF-a od strane ARAO-a radi popunjavanja do 200 spremnika N2d, što odgovara 800 TTC paketa (643 EBCT1, 140 CWCT1, 6OCT1 i 11 ACCT1), sa sličnim karakteristikama grupe otpada i vrstama otpada kao paketi otpada koje Fond preuzima u Fazi 1, pri čemu 779 paketa otpada ima površinsku brzinu doze manju ili jednaku 2 mSv/h, a 21 paket otpada površinsku brzinu doze veću od 2 mSv/h i manju ili jednaku 4 mSv/h. To iznosi približno 700 m³ od ukupno 1200 m³ NSRAO-a (slovenska obveza).

Faza 3 – Preuzimanje preostalih paketa NSRAO-a (hrvatski dio) od strane Fonda (otprilike 1000 m³).

Faza 4 – Preuzimanje preostalih paketa NSRAO-a (slovenski dio) od strane ARAO-a (približno 500 m³).

Preuzimanjem različitih vrsta paketa otpada (prema vrsti spremnika i vrsti otpada) došlo je do neravnoteže u podjeli, koju je bilo potrebno uskladiti u sljedećim koracima podjele i preuzimanja. Razlika nastala nakon prve i druge faze usklađena je u trećoj i četvrtoj fazi, koliko je to bilo moguće,

na način da je rezultat podjele operativnog radioaktivnog otpada nastalog do 31. prosinca 2023. godine usporediv prema zadanim kriterijima.

Vrijednosti aktivnosti prikazane u svim tablicama ne uzimaju u obzir radioaktivni raspad. Neki paketi otpada koji su proizvedeni prije duljeg vremena i sadrže kratkoživeće radionuklide imat će znatno niže aktivnosti u trenutku preuzimanja, stoga je nužno da se pri konačnoj podjeli (prije stvarnog preuzimanja 2028. godine) aktivnosti ponovno izračunaju uzimajući u obzir radioaktivni raspad. Isto se odnosi i na površinske brzine doze, koje je potrebno ponovno izmjeriti. Što se tiče površinske β/γ i α kontaminacije paketa, specifična površinska kontaminacija je unutar propisanih regulatornih granica te će se ponovno izmjeriti prije preuzimanja.

Tablice 5-1 do 5-4 prikazuju rezultate podjele za sve pakete otpada (WP) nastale do 31. prosinca 2023. godine, uključujući procijenjene pakete otpada nakon predviđene obrade. Podjela je, gdje god je to bilo moguće, provedena zasebno za svaku grupu otpada i vrstu paketa otpada.

Tablica 5-1 Podjela konačnih paketa otpada (FWP) u spremnike T1, T2 i D6 [23]

Grupa RAO	Paket RAO (Waste package)	FOND				ARAO			
		Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)	Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)
EC	EBCD6	7	2,24	8,00E+08	4.909,70				
	EBCT1/T2	727	628,20	6,61E+11	1.581.506,03	731	631,59	6,62E+11	1.585.916,90
	EBD5T1	6	5,18	3,93E+09	7.549,15	6	5,18	3,92E+09	7.536,66
	DCH1T2	71	61,70	2,20E+11	73.784,09	70	60,83	2,21E+11	73.846,90
	DSH1T2	6	5,21	4,14E+10	5.421,70	5	4,35	4,41E+10	5.172,80
SIR	SRD4T1	53	45,79	1,07E+13	55.321,00	53	45,79	1,07E+13	55.496,45
	BRH1T2	7	6,08	2,14E+10	5.503,30	7	6,08	2,14E+10	5.488,70
	PRH2T2	52	45,19	1,35E+13	94.672,00	52	45,19	1,35E+13	94.592,80
SF	CFD3T1/T2	13	11,24	9,94E+10	33.052,10	14	12,11	1,00E+11	33.591,00
CPW	CWCD6	515	164,80	1,30E+11	202.376,90				
	CWCT1/T2	27	23,43	2,89E+09	23.518,64	217	187,57	1,15E+11	205.742,47
	OCD6	95	30,40	1,70E+10	43.127,60				
	OCT12	62	53,86	4,82E+09	74.388,97	88	76,41	3,94E+10	121.169,16
	AD2D1T2	6	5,21	7,39E+08	6.429,00	7	6,08	7,37E+08	7.479,00
SW	ACCT2	1	0,87	1,22E+06	876,00	11	9,50	4,01E+06	9.013,06
Ukupno		1648	1.089,42	2,53E+13	2.212.436,18	1261	1.090,69	2,53E+13	2.205.045,90
Razlika		387	-1,27	-3,01E+09	7.390,28				
Razlika (%)			0,1165%	-0,0119%	0,3346%				

*Aktivnost izmjerena u trenutku nastanka paketa (radioaktivni raspad nije uzet u obzir)

Tablica 5-2 Podjela konačnih paketa otpada (FWP) – ingoti

Grupa RAO	Paket RAO (Waste package)	FOND				ARAO			
		Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)	Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)
NCW	I	40	4,40	1,1121E+08	24.770,50	40	4,40	1,1120E+08	24.762,50
Razlika		-	0,00	1,04E+04	8,00				
Razlika (%)			0,0000%	0,0023%	0,0081%				

*Aktivnost izmjerena u trenutku nastanka paketa (radioaktivni raspad nije uzet u obzir)

Tablica 5-3 Podjela konačnih paketa otpada (FWP) u 200 l spremnicima

Grupa RAO	Paket RAO (Waste package)	FOND				ARAO			
		Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)	Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)
EC	EBD5	1	0,21	3,79E+08	338,00	1	0,21	4,14E+08	383,00
SIR	SRD4	344	71,55	8,0653E+12	164.701,82	345	71,76	8,0652E+12	164.702,00
SF	CFD3	51	10,61	1,72E+11	39.850,60	50	10,40	1,75E+11	39.556,30
	CFH2	2	0,40	1,52E+11	2.146,00	2	0,40	1,56E+11	2.071,00
CPW	AD2D1	36	7,49	5,31E+09	11.184,68	35	7,28	5,92E+09	10.093,91
Ukupno		434	90,26	8,39E+12	218.221,10	433	90,05	8,40E+12	216.806,21
Razlika		1	0,21	-7,06E+09	1.414,89				
Razlika (%)			0,2307%	-0,0841%	0,6505%				

*Aktivnost izmjerena u trenutku nastanka paketa (radioaktivni raspad nije uzet u obzir)

Tablica 5-4 Podjela procijenjenih paketa otpada (WP) nakon predviđene obrade

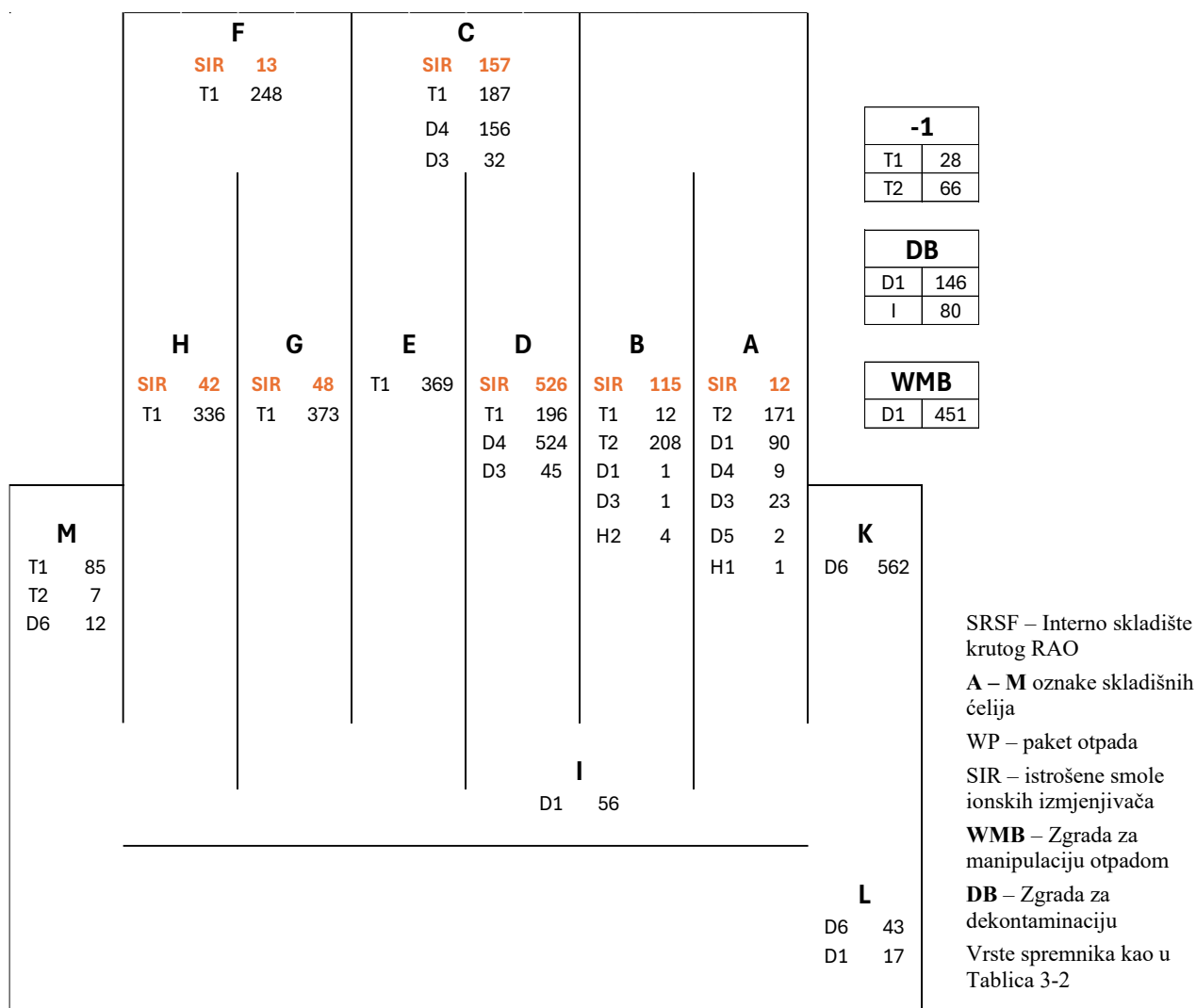
Grupa RAO	Paket RAO (Waste package)	FOND				ARAO			
		Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)	Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)
CPW	OCT2	3	2,61	1,24E+11	2.755,39	3	2,61	1,24E+11	2.755,39
	AD2D1T2	5	4,35	4,62E+09	5.349,23	5	4,35	4,62E+09	5.349,23
	CWCT2	1	0,87	7,58E+12	429,65	1	0,87	7,58E+12	429,65
Ukupno		9	7,82	7,71E+12	8.534,27	9	7,82	7,71E+12	8.534,27
Razlika		-	0,00	0,00E+00	0,00				
Razlika (%)			0,0000%	0,0000%	0,0000%				

*Aktivnost izmjerena u trenutku nastanka paketa (radioaktivni raspad nije uzet u obzir)

5.2 Preuzimanje operativnog NSRAO-a proizvedenog do 31. prosinca 2023.

Preuzimanje je predloženo u 4 faze, kako je objašnjeno u Poglavlju 5.1.

Slika 5-1 prikazuje broj paketa otpada (WP) sa istrošenim smolama ionskih izmjenjivača (SIR) i ukupan broj svih paketa otpada u različitim vrstama spremnika po ćeliji internog skladišta (SRSF), kao i broj paketa u zgradi za manipulaciju otpadom (WMB) i zgradi za dekontaminaciju (DB), te pakete s neodređenom lokacijom.



Slika 5-1 Raspodjela i broj paketa otpada u SRSF-u po tipu WP-a, SIR WP-a te broj paketa u WMB-u i DB-u

5.2.1 Faza 1 preuzimanja (Fond)

Faza 1: Fond će preuzeti 617 paketa otpada D6 (paketi zapremine 320 l). To iznosi približno 200 m³ operativnog NSRAO-a. Ovi paketi otpada uključuju sljedeće vrste otpada:

- EBC - superkompaktirani ostaci iz isparivača (peleti)
- CWC - superkompaktirani stlačivi otpad (peleti)
- OC - superkompaktirani drugi stlačivi otpad (peleti).

NEK je u procesu premještanja svih D6 paketa otpada u DB radi osiguravanja dodatnog slobodnog prostora u SRSF-u. Do rujna 2025. godine premješteno je približno 80 % paketa. Do početka preuzimanja svi ili većina D6 paketa otpada bit će premješteni u DB. Površinske brzine doze svih premještenih paketa ne prelaze 1 mSv/h.

Podaci o masi, volumenu, ukupnoj aktivnosti i površinskoj brzini doze (SDR) paketa otpada preuzeti su iz operativne baze podataka NSRAO-a NEK-a [21] i prikazani su u Tablici 5-5.

Tablica 5-5 Inventar paketa NSRAO-a koje Fond preuzima u Fazi 1

Ukupne vrijednosti							
Paket RAO	Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)	SDR ≤ 2 (mSv/h)	2 < SDR ≤ 4 (mSv/h)	4 < SDR ≤ 25 (mSv/h)
EBCD6	7	2,24	7,9976E+08	4.909,70	7		
CWCD6	515	164,8	1,2995E+11	202.376,90	499	5	11
OCD6	95	30,4	1,7037E+10	43.127,60	93	1	1
Ukupno	617	197,44	1,4779E+11	250.414,20	599	6	12

Kao što se može vidjeti iz Tablice 5-5, ukupno 18 paketa (CWCD6 i OCD6) ima površinske brzine doze (SDR) iznad 2 mSv/h, izmjerene u trenutku nastanka paketa, tj. 1988. i 1989. godine. U tim paketima dominantni radionuklid je Co-60, koji ima vrijeme poluraspada od 5,3 godine. Uzimajući u obzir godinu nastanka paketa i mjerenja površinskih brzina doze te poluraspad Co-60, može se očekivati smanjenje brzina doze. Ipak, za ove pakete će biti potrebna zaštita (shielding) tijekom manipulacije, pripreme za transport i samog prijevoza.

5.2.2 Faza 2 preuzimanja (ARAO)

Faza 2: ARAO će preuzeti operativni NSRAO u TTC paketima kako bi se napunilo do 200 N2d spremnika, što odgovara 800 TTC paketa, odnosno približno 700 m³. Početna metoda odabira paketa bila je zasnovana na sljedećem:

- Prijedlog NEK-a za pražnjenje skladišnih ćelija H i G, pri čemu se prvo prazni razina 1, a zatim razina 2. Ako je potrebno više paketa, NEK je predložio pražnjenje skladišne ćelije F na isti način (prvo razina 1, zatim razina 2) [54].
- Odabir paketa otpada sa sličnim karakteristikama grupi otpada i vrsti otpada kao paketi preuzeti od strane Fonda u Fazi 1.
- Površinska brzina doze manja ili jednaka 2 mSv/h.

Paketi otpada pohranjeni u ćelijama H, G i F su sljedeći:

- EBCT1 - superkompaktirani ostaci iz isparivača u T1 spremnicima (peleti)
- CWCT1 - superkompaktirani stlačivi otpad (peleti) u T1 spremnicima
- OCT1 - superkompaktirani drugi stlačivi otpad (peleti) u T1 spremnicima
- CFD3T1 - filterske patrone u cementnoj matrici u T1 spremnicima
- SRD4T1 - istrošene smole učvršćene u vermikulitno-cementnoj matrici u T1 spremnicima
- ACCT1 - superkompaktirani ugljen (peleti) u T1.

EBC, CWC i OC predstavljaju iste vrste otpada koje Fond preuzima u Fazi 1, stoga su paketi s tim vrstama otpada razmatrani za preuzimanje od strane ARAO-a u Fazi 2. Paketi otpada CFD3T1 i SRD4T1 sadrže vrste otpada koji nisu uključeni u preuzimanje u Fazi 1, a uz to općenito imaju veće aktivnosti i površinske brzine doze od paketa otpada preuzetih u Fazi 1. Od svih CFD3T1 i SRD4T1 paketa samo 7 ima površinsku brzinu doze manju ili jednaku 2 mSv/h. Zbog navedenog, CFD3T1 i

SRD4T1 paketi nisu uključeni u Fazu 2, već će biti razmatrani u Fazama 3 i 4. Paketi otpada ACCT1 imaju vrlo niske brzine doze i stoga su prikladni za preuzimanje u Fazi 2.

Bez paketa CFD3T1 i SRD4T1, u skladišnim ćelijama H i G ostaje samo 709 paketa, što znači da je potrebno prazniti i skladišnu ćeliju F. Uzimajući u obzir navedeno i zahtjeve vezane uz manipulaciju paketima u skladištu NEK-a, redoslijed pražnjenja skladišnih ćelija trebao bi biti sljedeći: prvo pražnjenje razine 1 ćelija H, G i također F, a zatim razine 2 navedenih ćelija.

Nadalje, uzimajući u obzir kriterij površinske brzine doze manjom ili jednakom 2 mSv/h, kada su svi paketi CFD3T1 i SRD4T1 isključeni, u ćelijama H, G i F ostaje 779 paketa otpada s površinskom brzinom doze manjom ili jednakom 2 mSv/h. Kako bi se odabralo 800 paketa otpada, kao što je planirano za Fazu 2, dodatni 21 paket odabran je iz paketa koji imaju brzinu doze veću od 2 mSv/h, ali manju ili jednaku 4 mSv/h. Treba napomenuti da postoji ukupno 22 paketa s brzinom doze većom od 2 mSv/h, ali manjom ili jednakom 4 mSv/h. Od tih 22 paketa, samo 3 paketa imaju brzinu doze jednaku 4 mSv/h (1 CWCT1 i 2 EBCT1). Odabir točno 800 paketa izveden je tako da je jedan EBCT1 paket s dozom od 4 mSv/h izostavljen. Budući da oba EBCT1 paketa imaju slične karakteristike (razlika u masi: 1,5 %, aktivnost: 6 %), odlučujući je kriterij bila lokacija paketa, kako bi manipulacija bila lakša. EBCT1 paket koji je izostavljen iz odabira razmatrat će se za preuzimanje u budućim fazama.

Ukupni inventar za odabrane pakete prikazani su u Tablici 5-6.

Tablica 5-6 Inventar paketa NSRAO-a koje ARAO preuzima u Fazi 2

ARAO						
Ukupne vrijednosti						
Paket RAO	Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)	SDR≤2 (mSv/h)	2<SDR≤4 (mSv/h)
EBCT1	643	555,552	3,3155E+11	1.389.513,55	630	13
CWCT1	140	120,96	5,0365E+10	130.850,31	132	8
OCT1	6	5,184	1,3398E+08	5.130,77	6	
ACCT1	11	9,504	2,8600E+06	9.013,06	11	
Ukupno	800	691,2	3,8205E+11	1.534.507,69	779	21

Postoji 13 EBCT1 i 8 CWCT1 paketa otpada s površinskom brzinom doze (SDR) većom od 2 mSv/h, ali manjom ili jednakom 4 mSv/h, izmjerenom u trenutku nastanka paketa, tj. 1994. i 1995. godine. S obzirom na vrijeme poluraspada radionuklida koji su uglavnom prisutni u paketima, može se pretpostaviti da će površinska brzina doze, uzimajući u obzir proteklo vrijeme, biti smanjena dovoljno da ti paketi ne predstavljaju problem s aspekta doze, osobito imajući u vidu da će biti smješteni u N2d betonske spremnike.

Za preuzimanje u Fazi 2 potrebno je uzeti u obzir točnu lokaciju svih paketa pohranjenih u ćelijama H, G i F (Slika 5-1) kako bi se mogla planirati manipulacija paketima u skladu s načelima ALARA. Paketi otpada s brzinama doze iznad 4 mSv/h, koji će biti preuzeti u kasnijim fazama, moraju se premjestiti kako bi se omogućio pristup paketima predviđenima za preuzimanje. Stoga, tijekom pripreme Faze 2, manipulacija i premještanje tih paketa trebaju se planirati u skladu s procedurama NEK-a i načelima ALARA. Ako to zahtijeva NEK-ov odjel zaštite od zračenja, bit će izrađen ALARA

plan za manipulaciju i premještanje navedenih paketa. Nove lokacije premještenih paketa bit će zabilježene u NEK-ovoj bazi podataka radioaktivnog otpada.

5.2.3 Faza 3 preuzimanja (Fond) i Faza 4 (ARAO)

Faza 3 odnosi se na preuzimanje preostalih paketa NSRAO-a od strane Fonda (Tablica 5-7), dok se Faza 4 odnosi na preuzimanje preostalih paketa NSRAO-a od strane ARAO-a (Tablica 5-8). Preostali paketi NSRAO-a, kao i u Fazama 1 i 2, bit će pripremljeni za transport ili u IP2 spremnicima ili u RCC i N2d spremnicima određenim za Fond, odnosno ARAO.

Nakon preuzimanja u Fazama 1 i 2, preostali paketi NSRAO-a za preuzimanje u Fazama 3 i 4 mogu se podijeliti na sljedeći način:

- Konačni paketi otpada formirani u nadpaketima T1, T2 i u ingotima.
- Paketi otpada u bačvama od 200 l, koji se za potrebe podjele i preuzimanja smatraju konačnima.
- Paketi otpada koji trenutno čekaju daljnju obradu. Pretpostavlja se da će ti paketi otpada biti dostupni u predviđenom roku. Predviđene tehnologije obrade su superkompaktiranje i spaljivanje, te kondicioniranje u TTC spremnicima.

Tablica 5-7 Paketi otpada (WP) koje Fond preuzima u Fazi 3

Fond – Faza 3					
Paket RAO		Ukupne vrijednosti			
		Broj paketa	Volumen (m³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)
Konačni paket RAO (FWP) u TTC	EBCT1/T2	727	628,20	6,61E+11	1.581.506,03
	EBD5T1	6	5,18	3,93E+09	7.549,15
	DCH1T2	71	61,70	2,20E+11	73.784,09
	DSH1T2	6	5,21	4,14E+10	5.421,70
	SRD4T1	53	45,79	1,07E+13	55.321,00
	BRH1T2	7	6,08	2,14E+10	5.503,30
	PRH2T2	52	45,19	1,35E+13	94.672,00
	CFD3T1/T2	13	11,24	9,94E+10	33.052,10
	CWCT1/T2	27	23,43	2,89E+09	23.518,64
	OCT1/T2	62	53,86	4,82E+09	74.388,97
	ACCT2	1	0,87	1,22E+06	876,00
	AD2D1T2	6	5,21	7,39E+08	6.429,00
	I	40	4,40	1,11E+08	24.770,50
Ukupno		1071	896,38	2,52E+13	1.986.792,48
Paket RAO u 200 l bačvi	EBD5	1	0,21	3,79E+08	338,00
	SRD4	344	71,55	8,07E+12	164.701,82
	CFD3	51	10,61	1,72E+11	39.850,60
	CFH2	2	0,40	1,52E+11	2.146,00
	AD2D1	36	7,49	5,31E+09	11.184,68
Ukupno		434	90,26	8,39E+12	218.221,10
	OCT2	3	2,61	1,24E+11	2.755,39

Fond – Faza 3					
Procjena TTC paketa nakon obrade	Paket RAO	Ukupne vrijednosti			
		Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)
	AD2D1T2	5	4,35	4,62E+09	5.349,23
	OD1T2	1	0,87	7,58E+12	429,65
Ukupno		9	7,82	7,71E+12	8.534,27
Ukupno		1514	994,46	4,13E+13	2.213.547,85

Tablica 5-8 Paketi otpada (WP) koje ARAO preuzima u Fazi 4

ARAO – Faza 4					
Paket RAO		Ukupne vrijednosti			
		Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (kg)
Konačni paket RAO (FWP) u TTC	EBCT1/T2	88	76,04	3,30E+11	196.403,35
	EBD5T1	6	5,18	3,92E+09	7.536,66
	DCH1T2	70	60,83	2,21E+11	73.846,90
	DSH1T2	5	4,35	4,41E+10	5.172,80
	SRD4T1	53	45,79	1,07E+13	55.496,45
	BRH1T2	7	6,08	2,14E+10	5.488,70
	PRH2T2	52	45,19	1,35E+13	94.592,80
	CFD3T1/T2	14	12,11	1,00E+11	33.591,00
	CWCT1/T2	77	66,61	6,49E+10	74.892,16
	OCT1/T2	82	71,23	3,93E+10	116.038,39
	AD2D1T2	7	6,08	7,37E+08	7.479,00
	I	40	4,40	1,11E+08	24.762,50
Ukupno		501	403,89	2,49E+13	695.300,71
Paket RAO u 200 l bačvi	EBD5	1	0,21	4,14E+08	383,00
	SRD4	345	71,76	8,07E+12	164.702,00
	CFD3	50	10,40	1,75E+11	39.556,30
	CFH2	2	0,40	1,56E+11	2.071,00
	AD2D1	35	7,28	5,92E+09	10.093,91
Ukupno		433	90,05	8,40E+12	216.806,21
Procjena TTC paketa nakon obrade	OCT2	3	2,61	1,24E+11	2.755,39
	AD2D1T2	5	4,35	4,62E+09	5.349,23
	OD1T2	1	0,87	7,58E+12	429,65
Ukupno		9	7,82	7,71E+12	8.534,27
Ukupno		943	501,76	4,10E+13	920.641,19

Paketi otpada koji su određeni za Fond i ARAO unutar svake ćelije raspoređeni su na različitim pozicijama (redovi, stupci i visine). Posljedično, tijekom postupka preuzimanja bit će potrebno premještanje određenog broja paketa otpada. Stoga će se pražnjenje ćelija organizirati na način da se paketi otpada namijenjeni Fondu i ARAO-u najprije sustavno premjeste i grupiraju u ispražnjene ćelije (poput ćelija F, G i H, koje su ispražnjene u Fazama 1 i 2), kako bi se olakšao postupak preuzimanja.

5.3 Podjela i preuzimanje operativnog NSRAO-a proizvedenog od 2024. do kraja produženog životnog vijeka

U Poglavlju 3.1.1 navedene su procijenjene količine paketa otpada (WP) za koje se očekuje da će nastati do kraja produženog životnog vijeka (Tablica 3-4 za razdoblje 2024. – 2043. godine i Tablica 3-5 za razdoblje 2024. – 2063. godine). Predložena je generalna podjela koja uključuje podjelu predviđenog broja paketa, s pripadajućom ukupnom masom i aktivnošću, razvrstane po grupama paketa otpada, kako je prikazano u Tablica 5-99 za razdoblje 2024.-2043. i Tablica 5-2 za razdoblje 2024.-2063. Budući da ti paketi otpada tek trebaju nastati, podjela se u budućnosti može dodatno doraditi kako bi se postigli točniji i optimizirani rezultati.

Tablica 5-9 Podjela paketa otpada (WP) koji će nastati u razdoblju 2024.-2043.

2024. – 2043.									
Paket RAO	Broj paketa	Inventar				Podjela			
		Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (t)		Broj paketa	Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (t)
DCH1T2 DSH1T2	134	116,45	7,31E+11	134,681	Fond	67	58,22	3,65E+11	67,341
					ARAO	67	58,22	3,65E+11	67,341
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
PRH2T2	74	64,31	1,91E+13	134,669	Fond	37	32,15	9,57E+12	67,335
					ARAO	37	32,15	9,57E+12	67,335
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
CFH2T2	80	69,52	5,63E+11	213,662	Fond	40	34,76	2,81E+11	106,831
					ARAO	40	34,76	2,81E+11	106,831
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
CWCT2	60	52,14	1,74E+10	54,031	Fond	30	26,07	8,70E+09	27,016
					ARAO	30	26,07	8,70E+09	27,016
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
OCT2	140	121,66	3,50E+10	188,094	Fond	70	60,83	1,75E+10	94,047
					ARAO	70	60,83	1,75E+10	94,047
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
AD2D1T2	140	121,66	1,59E+10	149,778	Fond	70	60,83	7,95E+09	74,889
					ARAO	70	60,83	7,95E+09	74,889
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
OD1T2	60	52,14	1,67E+11	47,732	Fond	30	26,07	8,33E+10	23,866
					ARAO	30	26,07	8,33E+10	23,866
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
UKUPNO	688	597,87	2,07E+13	922,648	Fond	344	298,94	1,04E+13	433,530
					ARAO	344	298,94	1,04E+13	433,530
					Razlika	0	0,00	0,00E+00	0,00
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%

Projekcija količina RAO-a koje će nastati nakon 60 godina rada nije baš pouzdana, pogotovo ako se uzme u obzir da se predviđa za razdoblje od 20 godina i dalje u budućnost. Osim toga, provest će se opsežni radovi na modernizaciji i zamjeni opreme u pripremi za rad od 60 do 80 godina, uz inovacije u tehnikama obrade RAO-a. Uzimajući u obzir sve navedeno, ova projekcija (Tablica 5-2) može se smatrati samo okvirnom.

Tablica 5-2 Podjela paketa otpada (WP) koji će nastati u razdoblju 2024.-2063.

2024. – 2063.									
Paket RAO	Broj paketa	Inventar Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (t)		Broj paketa	Podjela Volumen (m ³)	Aktivnost (Bq)	Masa (t)
DCH1T2 DSH1T2	268	232,9	1,46E+12	269,362	Fond	134	116,44	7,3E+11	134,682
					ARAO	134	116,44	7,3E+11	134,682
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
PRH2T2	148	128,62	3,82E+13	269,338	Fond	74	64,3	1,914E+13	134,670
					ARAO	74	64,3	1,914E+13	134,670
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
CFH2T2	160	139,04	1,13E+12	427,324	Fond	80	69,52	5,62E+11	213,662
					ARAO	80	69,52	5,62E+11	213,662
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
CWCT2	120	104,28	3,48E+10	108,062	Fond	60	52,14	1,74E+10	54,032
					ARAO	60	52,14	1,74E+10	54,032
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
OCT2	280	243,32	7,00E+10	376,188	Fond	140	121,66	3,50E+10	188,094
					ARAO	140	121,66	3,50E+10	188,094
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
AD2D1T2	280	243,32	3,18E+10	299,556	Fond	140	121,66	1,59E+10	149,778
					ARAO	140	121,66	1,59E+10	149,778
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
OD1T2	120	104,28	3,34E+11	95,464	Fond	60	52,14	1,666E+11	47,732
					ARAO	60	52,14	1,666E+11	47,732
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%
UKUPNO	1376	1195,76	4,13E+13	1,845,294	Fond	688	597,88	2,08E+13	867,060
					ARAO	688	597,88	2,08E+13	867,060
					Razlika	0	0	0	0
					Razlika (%)		0,00%	0,00%	0,00%

5.4 Podjela i preuzimanje dekomisijskog NSRAO-a

Kompletan materijal koji će biti izdvojen tijekom razgradnje NE Krško i SFDS-a prikazan je u Poglavlju 3.1.2. Količine i aktivnosti materijala za razgradnju donekle ovise o scenarijima razgradnje (osnovni scenarij 0 ili 1 i dodatni scenarij A i B).

Predmet podjele i preuzimanja je dekomisijski NSRAO (nastao u razdoblju od 2043.-2058.) i pripremljen za odlaganje, procijenjene količine od 2500,0 t do 2682,1 t ovisno o analiziranom scenariju kao što je prikazano u Tablica 5-3. Ovaj NSRAO će se podijeliti i kondicionirati u spremnicima (N2d ili RCC) za odlaganje u odlagališta NSRAO-a.

Kriteriji za podjelu dekomisijskog NSRAO-a uzimaju u obzir specifičnosti dekomisijskog NSRAO-a i pakiranja u različite vrste spremnika (N2d i RCC). Treba uzeti u obzir sljedeće karakteristike dekomisijskog NSRAO-a:

- Kategorija otpada (primarni i sekundarni otpad);
- Vrsta NSRAO pakiranih u posebne spremnike (RCC i N2d);
- Masa NSRAO-a pakiranog u određene spremnike;
- Ukupna aktivnost NSRAO-a pakiranog u određene spremnike.

Tablica 5-3 Inventar dekomisijskog NSRAO-a [20 i 22]

Kategorija dekomisijskog NSRAO	Osnovni scenarij 0 (BC 0)	Osnovni scenarij 1 (BC 1)	Dodatni scenarij A&B (SC A&B)
	Masa za odlaganje (t)		
Primarni NSRAO	2173,4	2012,4	2173,4
Sekundarni NSRAO	508,6	487,6	508,6
Ukupno	2682,1	2500,0	2682,1

Podjelu treba temeljiti na specifičnim vrstama NSRAO-a i odgovarajućem konceptu pakiranja. Prema PDP Rev. 7 [20]. Pakiranje treba organizirati na način da se približno jednaka količina (masa i aktivnost) svakog pojedine vrste otpada pakira u N2d i RCC spremnike, s obzirom na organizaciju aktivnosti i procesa razgradnje, kao i načela ALARA. Cilj je zadovoljiti kriterij od $\leq 5\%$ razlike u masi i aktivnosti pakirane vrste otpada [22]. Prijedlog podjele dekomisijskog NSRAO-a naveden je u tablicama ispod (Tablica 5-4 i Tablica 5-5) i mora biti potvrđen u konačnom detaljnom planu razgradnje.

Tablica 5-4 Broj N2d i RCC spremnika za Osnovni scenarij 0 (BC 0) i Dodatne scenarije A i B (SC A&B)

Kategorija NSRAO	N2d (ARAO)		RCC (Fond)	
	BC 0 & SC A&B		BC 0 & SC A&B	
	Zapakirana masa (t)	Broj N2d	Zapakirana masa (t)	Broj RCC
Primarni NSRAO	1087	130	1087	408
Sekundarni NSRAO	254	47	254	141
Ukupno	1341	176	1341	549

Tablica 5-5 Broj N2d i RCC spremnika za Osnovni scenarij 1 (BC 1)

Kategorija NSRAO	N2d (ARAO)		RCC (Fond)	
	BC 1		BC 1	
	Zapakirana masa (t)	Broj N2d	Zapakirana masa (t)	Broj RCC
Primarni NSRAO	1006	122	1006	390
Sekundarni NSRAO	244	43	244	129
Ukupno	1250	165	1250	519

Očekuje se da će ukupna aktivnost dekomisijskog NSRAO-a NE Krško ($4,76 \times 10^{12}$ Bq, odnosno $4,47 \times 10^{12}$ Bq za BC 1) biti ravnomjerno raspoređena, tj. da će svaka strana primiti aktivnost od približno $2,38 \times 10^{12}$ Bq (ili $2,24 \times 10^{12}$ Bq za BC 1) [22].

PDP Rev. 7 pretpostavlja da će se na lokaciji NE Krško izgraditi postrojenje za kondicioniranje (cementiranje) i imobilizaciju NSRAO-a iz razgradnje. NSRAO-a će se puniti u N2d i RCC spremnike u skladu s WAC-om dotičnih postrojenja (slovensko odlagalište Vrbina i buduće hrvatsko odlagalište), kao i nacionalnim i međunarodnim propisima za siguran transport radioaktivnog materijala. N2d i RCC spremnici koji sadrže cementirani NSRAO iz razgradnje pripremit će se za prijevoz i utovariti na kamione.

Očekivani broj cementiranih spremnika koje treba puniti i cementirati godišnje ovisi o proizvodnji i obradi NSRAO-a iz razgradnje.

Teoretski godišnji broj N2d i RCC-a prema procjeni u PDP-u, rev. 7 [20] nalazi se u tablicama ispod (Tablica 5-6 i Tablica 5-7).

Tablica 5-6 Godišnji teoretski broj spremnika za osnovni scenarij 0 i 1 [20]

Godina	N2d spremnik		RCC	
	Osnovni scenarij 0	Osnovni scenarij 1	Osnovni scenarij 0	Osnovni scenarij 1
2044	0	0	0	0
2045	4.7	1.7	12.2	4.1
2046	9.4	14.7	23.5	38
2047	16.2	6.6	41.9	16.9
2048	4.2	0.6	11	1.9
2049	0.9	0.9	2.6	2.2
2050	1	11.2	2.2	25.6
2051	10.8	29.1	24.8	97.4
2052	37.9	13.8	117.5	32.9
2053	5.2	18.2	13.5	134.2
2054	19.3	5.7	137.1	18.1
2055	5.1	35.8	16.3	84.2
2056	37.3	13.3	87.6	32.2
2057	11.6	13.3	28.3	31.4
2058	12.8		30	
Ukupno	176	165	549	519

Tablica 5-7 Godišnji teoretski broj spremnika za dodatne scenarije A i B [20]

Godina	N2d spremnik		RCC	
	Dodatni scenarij A	Dodatni scenarij B	Dodatni scenarij A	Dodatni scenarij B
2064	0	0	0	0
2065	4.8	4.8	12.4	12.4
2066	9.3	9.3	23.3	23.3
2067	16.3	16.3	42.1	42.1
2068	4.1	4.1	10.8	10.8
2069	0.9	0.9	2.6	2.6
2070	1	1	2.2	2.2
2071	10.8	10.8	24.7	24.7

Godina	N2d spremnik		RCC	
	Dodatni scenarij A	Dodatni scenarij B	Dodatni scenarij A	Dodatni scenarij B
2072	37.9	37.9	117.6	117.6
2073	5.2	5.2	13.5	13.5
2074	19.3	19.3	137.1	137.1
2075	5.1	5.1	16.3	16.3
2076	37.4	37.4	87.7	87.7
2077	11.6	11.6	28.3	28.3
2078	12.8	12.8	30	30
Ukupno	177	177	549	549

Formalni proces preuzimanja odvijat će se na granici radiološki kontroliranog područja (RCA) NE Krško i transportirati u određena odlagališta. Dinamika preuzimanja bit će definirana u skladu s Konačnim planom razgradnje i Nacionalnim programima.

Razgradnja SFDS-a i RU-a započet će 2103. godine (Osnovni scenarij 0 i 1, Dodatni scenarij A), te 2123. godine za Dodatni scenarij B, odnosno u vrijeme kada će odlagališta NSRAO-a u Sloveniji i Hrvatskoj već biti zatvorena. Dakle, NSRAO koji će nastati razgradnjom SFDS-a i RU-a nije predmet podjele i preuzimanja, jer će se odlagati u zajedničkom DGO-u za ING i VRAO. Navedeno je u skladu sa zaključcima 16. sastanka MDP-a [55].

Očekivana količina VRAO-a iz razgradnje (140 t) neće se dijeliti. Ovaj otpad će se skladištiti u SFDS objektu dok DGO ne bude dostupan (Poglavlje 4).

5.5 Vremenski plan podjele i preuzimanja NSRAO-a

Sukladno uputama Koordinacijskog odbora od 22. srpnja 2025. godine, Nuklearnoj elektrani Krško (NEK) dodijeljen je zadatak izrade prijedloga vremenskog rasporeda utovara paketa nisko i srednje radioaktivnog otpada u transportne i N2d spremnike, kao i plana uklanjanja tih spremnika s lokacije NE Krško. Raspored treba biti strukturiran na tjednoj osnovi te obuhvatiti razdoblje od 2028. do 2030. godine, isključujući tjedne predviđene za remont u jesen 2028. i proljeće 2030. godine u NE Krško.

Prilog 13.1 ovom dokumentu sadrži detaljnu tablicu s predloženim tjednim planom podjele, utovara i preuzimanja paketa NSRAO-a, izrađenu u skladu s faznim pristupom podjele i preuzimanja paketa NSRAO-a kako je definirano u Poglavlju 5.2. Riječ je o preliminarnom vremenskom rasporedu koji će podlijegati izmjenama, ovisno o:

- raspoloživosti i prihvatnim kapacitetima ugovorenog postrojenja za kondicioniranje NSRAO-a (Republika Hrvatska) te
- prihvatnim kapacitetima za pakete otpada u odlagalištu NSRAO-a Vrbina (Republika Slovenija).

6 Zbrinjavanje NSRAO-a u Hrvatskoj

6.1 Uvod

Zbrinjavanje radioaktivnog otpada, uključujući NSRAO, iskorištene zatvorene radioaktivne izvore (II) i ING, ključna je komponenta hrvatske politike zbrinjavanja RAO-a i ING-a. Odgovornost za zbrinjavanje dio je strukturiranog sustava propisanog nacionalnim zakonodavstvom i usklađenog s međunarodnim konvencijama i direktivama Europske unije. U ovom uvodu ocrtavaju se strateški i operativni okviri uspostavljeni za sigurno zbrinjavanje i odlaganje radioaktivnog otpada u Hrvatskoj.

Dana 17. listopada 2014. Hrvatski je sabor donio Strategiju zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva. Ova strategija, izrađena u skladu s hrvatskim Zakonom o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, usklađena je s Direktivom 2011/70/Euratom i drugim relevantnim međunarodnim konvencijama. Strategija nudi sveobuhvatan pristup, definirajući kratkoročne (2 godine), srednjoročne (10 godina) i dugoročne (iznad 10 godina) ciljeve za zbrinjavanje RAO-a i ING-a. Za Strategiju ključna je uspostava Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada (CZRAO), osmišljenog tako da obuhvaća sve potrebna postrojenja za sigurno skladištenje i kasnije zbrinjavanje institucionalnog radioaktivnog otpada (IRAO) i iskorištenih zatvorenih radioaktivnih izvora (II) te NSRAO-a iz Nuklearne elektrane Krško (NEK).

Slijedom Strategije, Vlada RH je 18. studenoga 2018. donijela Nacionalni program provedbe Strategije, kao i njegove izmjene i dopune 2022. godine. Ovaj Program za razdoblje do 2025. s pogledom do 2060. godine, ocrtava detaljne radnje za jačanje regulatornog okvira i uspostavljanje potrebne infrastrukture za provedu hrvatskih obveza zbrinjavanja radioaktivnog otpada. Bivši vojno-skladišni kompleks Čerkezovac određen je kao poželjna lokacija za CZRAO, koji će služiti i kao skladište i kao centar za informiranje javnosti.

Izgradit će se dugoročno skladište za operativni NSRAO proizveden do 2023. godine. Prema osnovnom scenariju, skladište bi trebalo postati operativno do 2028. godine, dok se početak rada odlagališta planira do 2051. godine. Odlagalište će biti pripovršinskog tipa, u kojem će se koristiti armiranobetonske kazete za odlaganje ojačanih betonskih spremnika (RCC), čime će se osigurati izolacija od biosfere i spriječiti onečišćenje okoliša.

Financijski aspekti zbrinjavanja NSRAO-a, uključujući obradu, kondicioniranje, transport, skladištenje i odlaganje, detaljno su opisani. Procijenjeni troškovi prikazani su u Tablici 6-7, uključivo i nepredviđene troškove i porez na dodanu vrijednost (PDV). Analiza osjetljivosti naglašava potencijalne rizike i varijacije troškova, i osigurava da je financijsko planiranje robusno i prilagodljivo promjenjivim uvjetima.

Hrvatska strategija zbrinjavanja NSRAO-a i ostalog radioaktivnog otpada iz NE Krško daje dobro definiran, višefazni pristup. Naglašava sigurnost, usklađenost s propisima, angažman javnosti i financijsku razboritost. Strategija osigurava da Hrvatska ispunjava svoje međunarodne obveze uz očuvanje javnog zdravlja i okoliša.

6.2 Nacionalna strategija i program

Dana 17. listopada 2014. Hrvatski je sabor donio hrvatsku *Strategiju zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva* (Strategiju). Strategija se temelji na zahtjevima navedenim u hrvatskom Zakonu o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti te je izrađena u skladu s međunarodnim konvencijama i direktivama EU (primarna Direktiva 2011/70/Euratom [6]). Definira strateške ciljeve i smjernice za zbrinjavanje RAO-a i ING-a te postavlja kratkoročne, srednjoročne i dugoročne ciljeve. Strategija predviđa i uspostavu Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada koji će obuhvaćati sve objekte potrebne za sigurno skladištenje IRAO-a i DS-a kao i dugoročno skladištenje NSRAO-a iz NE Krško.

Strategijom su definirani kratkoročni (2 godine), srednjoročni (10 godina) i dugoročni ciljevi (za razdoblje duže od 10 godina). Ukratko, Strategija bi se mogla prezentirati u Tablica 6-1.

Tablica 6-1 Hrvatska pregledna matrica zbrinjavanja IRAO-a, DS-a, NSRAO-a i ING-a kako je predstavljena u 7. nacionalnom izvješću o provedbi obveza iz Zajedničke konvencije [56], ažurirano

	Dugoročna politika zbrinjavanja	Financiranje obveza	Trenutne prakse/postrojenja	Planirana postrojenja
Istrošeno gorivo	Suho skladište na lokaciji NE Krško (zajednički program sa Slovenijom) nakon čega slijedi odlaganje.	NE Krško do konačnog prestanka rada. Nacionalni fond nakon prestanka rada.	Mokro skladištenje u NE Krško Suho skladište na lokaciji NE Krško (SFDS).	Zajednički DGO (Hrvatska i Slovenija) ili izvoz u međunarodni DGO.
Otpad iz ciklusa nuklearnog goriva	Dugoročno skladištenje (40 godina) nakon čega slijedi odlaganje u pripovršinsko odlagalište.	Hrvatski fond	Skladište na lokaciji NE Krško.	Objekt za dugoročno skladištenje.
Neenergetski radioaktivni otpad	Dugoročno skladištenje nakon čega slijedi odlaganje.	Korisnici	Dva privremena skladišta (zatvorena).	Središnje nacionalno skladište.
Razgradnja	Trenutna razgradnja NE Krško s izuzetkom SFDS-a i RU-a (zajednički program sa Slovenijom). Odgođena razgradnja za ostale objekte.	Nacionalni fondovi, korisnici i država za postrojenja za neenergetski otpad.	Nema postrojenja u razgradnji.	Nema planiranih postrojenja.
Iskorišteni zatvoreni izvori	Ponovna uporaba, repatrijacija i dugoročno skladištenje.	Korisnici	Ponovna uporaba, repatrijacija i dva privremena skladišta (zatvorena).	Središnje nacionalno skladište.

Nastavno na Strategiju, Vlada RH je 18. studenoga 2018. donijela Nacionalni program provedbe Strategije (Program za razdoblje do 2025. s pogledom do 2060.) [8] i dopunjen 2022. [9]. Ovim programom razrađuju se aktivnosti za jačanje regulatornog okvira i uspostavljanje potrebne infrastrukture za ispunjavanje obveza Hrvatske prema međunarodnim ugovorima. Uključuje korake za

osiguranje pravovremenog i usklađenog rada nadležnih tijela za zbrinjavanje hrvatske polovice NSRAO-a iz NE Krško. Nacionalni program precizira da je bivši vojno-skladišni kompleks Čerkezovac preferentna lokacija za Centar. Ova će lokacija služiti i kao žarišna točka za informiranje javnosti i obrazovanje o zbrinjavanju RAO-a u Hrvatskoj. Proces potvrđivanja lokacije Čerkezovac uključuje sudjelovanje javnosti u donošenju odluka, prostornom planiranju, postupku procjene utjecaja na okoliš uključujući procjenu prekograničnog utjecaja Centra.

Nacionalni program izmijenjen je u ožujku 2022. Promjene su uključivale prijenos nadležnosti za radiološku i nuklearnu sigurnost s dosadašnjeg Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost na Ministarstvo unutarnjih poslova od 2019. godine, ažuriranje plana provedbenih aktivnosti i rokova za uspostavu Centra za potrebe skladištenja institucionalnog RAO-a i II-a te reviziju provedbenih aktivnosti dugoročnog skladištenja i zbrinjavanja NSRAO-a iz NE Krško. Nadalje, uključivale su ažuriranje zbrinjavanja ING-a i pokazatelja uspješnosti te pregled planiranih aktivnosti istraživanja i razvoja.

6.3 Inventar

U Poglavlju 3.1 ovog dokumenta prikazana su svojstva i ukupne količine NSRAO-a nastale radom i razgradnjom NE Krško, a detalji podjele i preuzimanja razrađeni su u Poglavlju 5. Tablica 3-11 sažima količine NSRAO-a koje će hrvatska i slovenska strana ravnomjerno podijeliti u skladu s Međudržavnim ugovorom za osnovni scenarij, a Tablica 6-2 hrvatsku polovicu. Procijenjene količine NSRAO-a za scenarij produženog životnog vijeka NE Krško (ELSC) sažete su u Tablica 3-12.

Tablica 6-2 Hrvatska polovica NSRAO-a iz NE Krško

Period generiranja NSRAO	Porijeklo NSRAO	Izvor podataka	Volumen (m³)	Masa (t)	Aktivnost* (Bq)	Zbrinjavanje nakon podjele i preuzimanja
1983. – 2023.	Operativni	Inventar	1.192,1	2.463,97	4,141×10 ¹³	Prijevoz i obrada s kondicioniranjem u RCC.
2024. – 2043.		Procjena	298,94	461,33	1,04×10 ¹³	Kondicioniranje u RCC. Prijevoz i obrada s kondicioniranjem u RCC u trećoj zemlji.
2043. – 2058.	Dekomisijski		736,45	1.341,05	2,38×10 ¹²	WMF na lokaciji. Obrada i kondicioniranje u RCC. Prijevoz u odgovarajuće NSRAO odlagalište u Hrvatskoj nakon 2050. godine.
Ukupno			2.227,49	2.925,3	5,42×10 ¹³	

* Izvor podataka z operativni i dekomisijski NSRAO je Druga revizija Studije podjele i preuzimanja [23], PDP, rev 7 [20] i PR, rev 4 [22]. Aktivnost ne uključuje radioaktivni raspad.

RAO koji će nastati tijekom razgradnje SFDS-a i RU-a u razdoblju 2103.–2107. (procijenjeno na 35 m³, 274,75 t s ukupnom aktivnosti od 4,86 *10¹¹ Bq) nije uključeno u ovu tablicu, budući da nije namijenjeno podjeli, već će biti odloženo u dubokom geološkom odlagalištu zajedno sa ING-om i VRAO-om.

Nakon podjele i preuzimanja, ovaj će inventar zbrinuti hrvatska strana. Sve procjene kapaciteta i troškova za obradu, kondicioniranje, transport, skladištenje i odlaganje NSRAO-a dalje u ovom poglavlju temelje se na količinama prikazanim u Poglavlju 5.

6.4 Koncepti i planovi zbrinjavanja NSRAO-a NE Krško

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. Scenarij opisuje sve aktivnosti, postrojenja koja je potrebno uspostaviti i postupke potrebne za sigurno gospodarenje hrvatskom polovicom NSRAO-a iz NE Krško u predviđenom vremenskom okviru.

Izvorno je planirano da se nakon preuzimanja iz skladišta u NE Krško NSRAO obradi i kondicionira u prikladni oblik za daljnje postupke, kao što su rukovanje, transport, skladištenje i odlaganje [57]. Postupci obrade i kondicioniranja obavljat će se u namjenskom postrojenju za zbrinjavanje otpada. Međutim, važna prekretnica vezana uz rokove preuzimanja NSRAO-a iz NE Krško dogodila se na 17. sjednici MDP-a održanoj u Krškom 2. listopada 2023. godine [18]. MDP je na toj sjednici odlučilo da je novi rok za preuzimanje NSRAO-a iz NE Krško početak 2028. godine, a Fond je zadužen da do tog datuma provede sve potrebne radnje kako bi se osiguralo funkcioniranje Centra. Do tada će NE Krško osigurati dovoljan skladišni kapacitet. Dodatno, prema zaključku o kondicioniranju na lokaciji NPP Krško [50] koji je odobrio KO na 14. sastanku [49], kondicioniranje na lokaciji NPP Krško neće biti moguće. Također je odlučeno da će Fond i ARAO morati preuzeti sav otpad između 2028. i 2030. godine [58]. Stoga je, u svjetlu najnovijih događaja vezanih uz kondicioniranje na lokaciji NPP Krško, Fond pokrenuo postupak javne nabave za prijevoz, obradu i kondicioniranje hrvatske polovice LILW-a u odgovarajućem postrojenju. LILW će se kondicionirati u betonske spremnike (RCC) kako je opisano u Poglavlju 6.5.1. RCC-ovi će se skladištiti u postrojenju za dugoročno skladištenje koje će se uspostaviti na lokaciji Čerkezovac (s početkom rada 2028. godine) i kasnije odložiti u odgovarajuće odlagalište LILW-a također u Hrvatskoj (s početkom rada 2051. godine).

Međutim, za obradu i kondicioniranje otpada iz razgradnje, kao i za obradu i kondicioniranje operativnog NSRAO-a koji će nastati nakon 2023. godine, 4. revizija Programa razgradnje NE Krško [24] (Poglavlje 8.3.1. Zbrinjavanje otpada za projekt D&D) pretpostavlja da će na lokaciji NE Krško tijekom razgradnje elektrane, raditi postrojenje za obradu i kondicioniranje. Stoga se pretpostavlja da će se hrvatska polovica NSRAO-a iz razgradnje obrađivati i kondicionirati na lokaciji i zatim prevoziti u Hrvatsku.

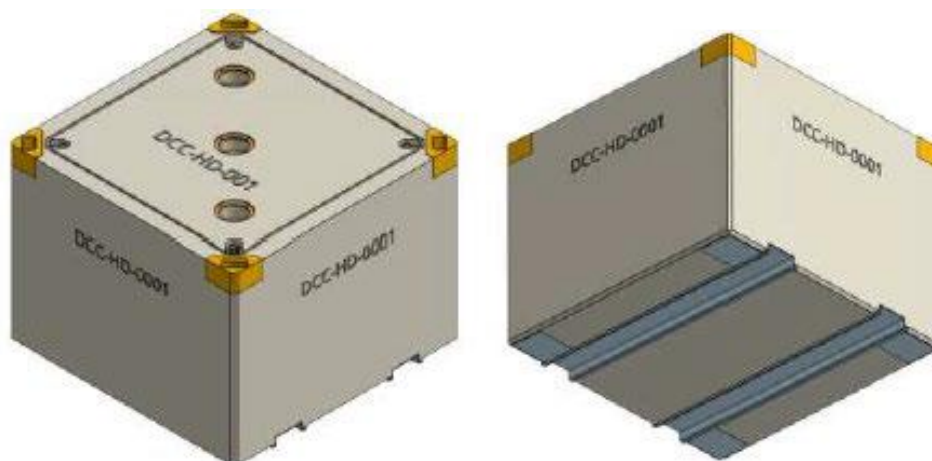
Prikazani pristup podjeli, preuzimanju, obradi, kondicioniranju, transportu, dugoročnom skladištenju i odlaganju operativnog i dekomisijskog NSRAO-a u roku predviđenom Nacionalnim programom predstavlja osnovni scenarij (BC) za zbrinjavanje hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško.

6.5 Tehničko-tehnološka rješenja za zbrinjavanje NSRAO-a NE Krško

U sljedećem potpoglavlju bit će opisana tehnička i tehnološka rješenja primijenjena u obradi i kondicioniranju, transportu, skladištenju i odlaganju hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško. Opis se temelji na nekoliko pratećih studija [59, 60], [62, 63].

6.5.1 Armiranobetonski spremnici

Za prijevoz, skladištenje i odlaganje hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško upotrebljavat će se betonski spremnici sa čeličnom armaturom (RCC). Slika 6-1 prikazuje model RCC spremnika.



Slika 6-1 Model armiranobetonskog spremnika (RCC)

NSRAO iz NE Krško će se kondicionirati u odgovarajućim RCC betonskim spremnicima, a pojedini paketi NSRAO-a će se po potrebi dodatno obraditi prije kondicioniranja.

U ovom trenutku Fond nije definirao točne specifikacije karakteristika RCC-a. U tu svrhu Fond će ugovoriti projektiranje, licenciranje i izradu RCC-a. Ova aktivnost bit će planirana na način da će RCC dobiti licencu, a proizvodnju uspostaviti prije roka preuzimanja 2028. godine. Cilj izrade projektne dokumentacije je definiranje optimalnog kapaciteta RCC-a za tip bačvi u kojima se trenutno skladišti NSRAO na lokaciji NE Krško, uz osiguranje dovoljne radiološke zaštite i mehaničke stabilnosti. Također, definirat će se sva ispitivanja i metode dokazivanja usklađenosti s regulatornim zahtjevima. Osnovni tehnički podaci o RCC-u navedeni su u Tablica 6-3.

Tablica 6-3 Osnovni tehnički podaci i svojstva RCC spremnika

Parametar	Vrijednost/karakteristike
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 spremnik	~ 5000 kg
Masa betonskog spremnika	Do 7.500 kg
Maksimalna masa RCC spremnika napunjenih otpadom	15.000 kg
Korisni volumen	2,85 m ³
Trajnost	300 godina
Ojačanje	Čelična armatura
Mogućnost slaganja	3 sloja
Prijevoz	Prikladno za prijevoz

6.5.2 Obrada, kondicioniranje i transport

Za donošenje odluka i planiranje naknadnih aktivnosti zbrinjavanja, kao što su odabir tehnologije obrade i kondicioniranja bitni su podaci o karakterizaciji otpada, kao i planiranje mjera zaštite od zračenja, definiranje osobne zaštite itd. Na temelju dostupnih podataka smatra se da nekoliko vrsta otpada i paketa NSRAO-a koji se sada nalaze u privremenom skladištu NSRAO-a u NE Krško (Postrojenje za skladištenje krutog radioaktivnog otpada, SRSF) ne zadovoljava preliminarne WAC-eve za prihvrat NSRAO-a u dugoročno skladište Centra ili odlagalište NSRAO-a u Hrvatskoj. U Tablica

6-4 je dan pregled nestabilnih vrsta i paketa otpada kao i odgovarajući preliminarni WAC-evi koji moraju biti zadovoljeni prije smještanja u Centar. NSRAO koji ne zadovoljava WAC-eve potrebno je obraditi prije kondicioniranja. Zbrinjavanje uključuje sve one postupke koji su namijenjeni povećanju sigurnosti i/ili smanjenju troškova zbrinjavanja promjenom karakteristika RAO-a.

Tablica 6-4 Vrste i paketi NSRAO-a koji ne zadovoljavaju WAC

Vrsta/paket NSRAO-a	Neželjene karakteristike	Preliminarni WAC
IDDS produkti koji su rezultat obrade koncentrata i taloga u rezervoarima.	Vrsta otpada je vrlo korozivna zbog sadržaja borne kiseline.	Korozivnost NSRAO-a mora se smanjiti na najnižu praktički dohvatljivu razinu. Za pH vrijednost vrste NSRAO-a predlaže se raspon $4 \leq \text{pH} \leq 9$.
IDDS produkti dobiveni obradom primarnih i sekundarnih ionskih smola.	Vrsta otpada je higroskopna i u prisutnosti vlage bubri (zbog povećanja volumena puca forma otpada) što rezultira unutarnjim pritiskom unutar odlagališta.	Stvaranje unutarnjeg pritiska unutar odlagališta NSRAO-a je nepoželjno, pa je ovaj proces potrebno svesti na najnižu praktički ostvarivu razinu.
Paketi NSRAO-a koji sadrže filtere, otpreske i posude od 200 litara.	Ambalaža sadrži šupljine, tj. NSRAO je nehomogen. Visok sadržaj šupljina remeti mehaničku čvrstoću, omogućuje nakupljanje plinova, ubrzava migraciju radionuklida iz odlagališta itd.	NSRAO mora biti ravnomjerno raspoređen u metalne i betonske spremnike. Količinu praznina u formi NSRAO-a potrebno je smanjiti koliko god je to moguće.

U tim okolnostima, radi ispunjavanja obveza definiranih Međuvladinim sporazumom i zaključkom o NPP-u Krško odobrenim od strane ICC-a na 14. sastanku [49], planira se transport hrvatske polovice operativnog LILW-a na obradu i kondicioniranje u RCC-u u namjenskom postrojenju za zbrinjavanje otpada. Potrebna obrada i kondicioniranje LILW-a detaljno su opisani u pratećim studijama [61, 62].

Operativni NSRAO podijelit će se u dvije pošiljke: Prva pošiljka odnosi se na preuzimanje NSRAO-a proizvedenog do 2023. godine, dok će operativni NSRAO nastao nakon 2023. godine biti predmet preuzimanja tijekom razgradnje NE Krško.

Prva serija RCC spremnika s NSRAO-om prevest će se u dugoročno skladište u Centru u Hrvatskoj te će ondje ostati do otvaranja odlagališta NSRAO-a, dok će se druga serija RCC spremnika s NSRAO-om prevesti izravno u odlagalište NSRAO-a u Hrvatskoj koje će početi raditi 2051. godine.

Dekomisijski NSRAO će se puniti u RCC-e i propisno cementirati na lokaciji NE Krško. Prvi paketi otpada s dekomisijskim NSRAO-om bit će pripremljeni 2050. godine. RCC s hrvatskom polovicom dekomisijskog NSRAO-a zatim će se transportirati iz NE Krško izravno u odlagalište NSRAO-a u Hrvatskoj.

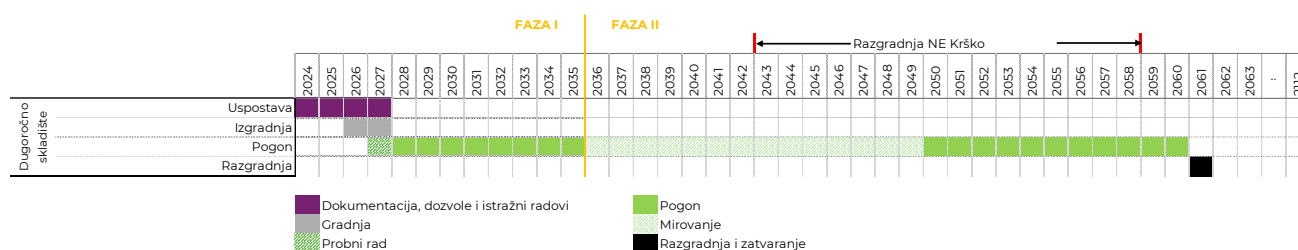
6.5.3 Dugoročno skladištenje

Scenarij zbrinjavanja NSRAO NE Krško pretpostavlja da će se u dugoročno skladište smjestiti operativni NSRAO proizveden do 2023. godine. Nakon podjele i preuzimanja, hrvatski dio NSRAO-a će se transportirati u treću zemlju na obradu i kondicioniranje u RCC-e. Prema trenutnim procjenama [63] operativni NSRAO proizveden do 2023. bit će smješten u najviše 2450 RCC-a (konzervativni

pristup).

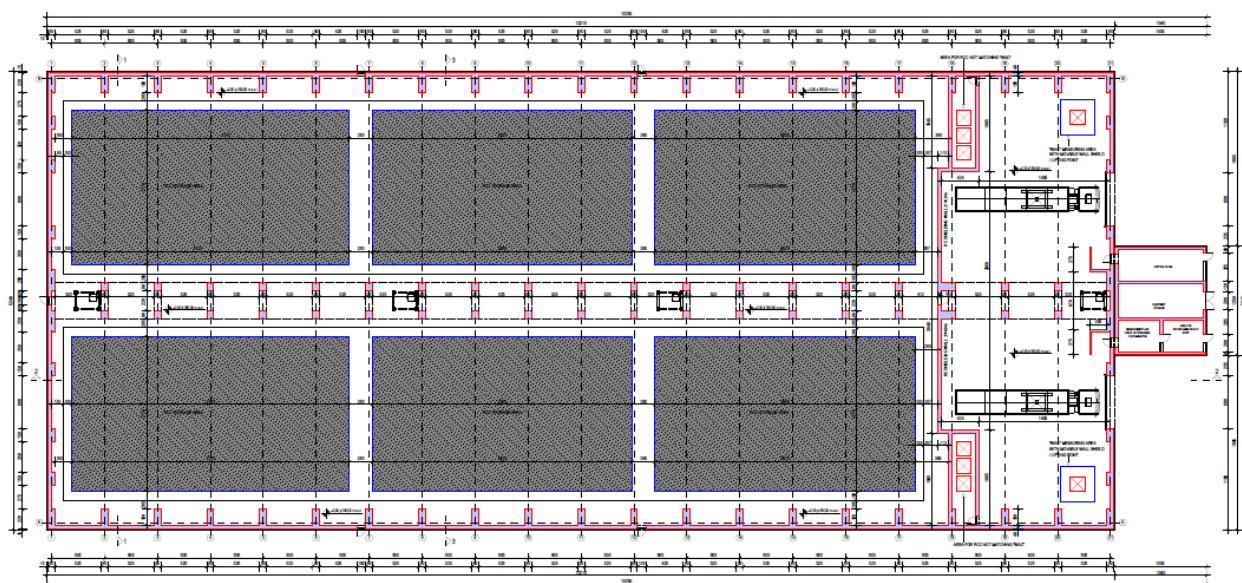
Uspostava Centra i uspostava, rad i razgradnja dugoročnog skladišta temelje se na vremenskom planu prikazanom na Slika 6-2. U tijeku je izrada dokumentacije, lokacija je prethodno temeljito istraжена, a sve potrebne dozvole bit će ishođene do kraja 2027. godine. Za izgradnju je predviđena godina dana, nakon koje će uslijediti testno razdoblje koje završava 2027. godine. Rad dugoročnog skladišta može se podijeliti u tri razdoblja: od 2028. do 2035. godine Dugoročno skladište prima RCC-e iz NE Krško i/ili iz postrojenja za obradu i kondicioniranje; od 2036. do 2049. godine Dugoročno skladište je u fazi mirovanja; od 2050. do 2059. godine Dugoročno skladište se prazni, a RCC-i e se prevoze u hrvatsko odlagalište koje će biti u pogonu 2051. godine. Nakon što se svi RCC-i transportiraju u odlagalište, 2061. godine, Dugoročno skladište će se razgraditi.

Hrvatska polovica operativnog NSRAO-a proizvedenog nakon 2023. godine, kao i NSRAO iz razgradnje, preuzet će se s lokacije NE Krško i transportirati izravno u hrvatsko odlagalište koje će biti u pogonu nakon 2050. godine.

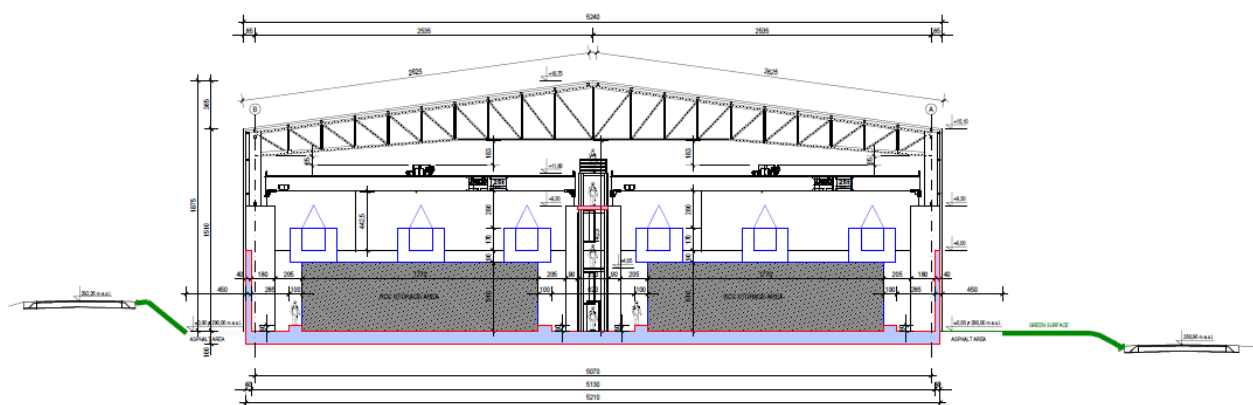


Slika 6-2 Vremenski okvir dugoročnog skladištenja

Nacrti za projektiranje skladišta prikazani su na Slika 6-3 i Slika 6-4 [60]. Dugoročno skladište je tlocrtnih dimenzija 121,80 x 52,10 m, sa ugrađenim pomoćnim prostorijama. Korisna površina od cca. 6.330 m² imat će skladišni kapacitet za 2.450 RCC-a, pohranjenih u tri razine. Točna količina skladišnih spremnika znat će se tek nakon konačnog odabira tipa RCC-a, ali kako su svi spremnici sličnih dimenzija, brojke neće puno odstupati. Pomoćni prostori sastoje se od kontrolne prostorije, prostora za mjerenje i provjeru kontaminacije osoblja, prostora za dekontaminaciju osoblja i spremišta opreme. Ispred skladišta je predviđena prometna površina za prilaz kamiona koji dovoze RCC-e. Kamion ulazi u skladište stražnjim dijelom tako da je potpuno pozicioniran unutar skladišnog prostora.



Slika 6-3 Dugoročno skladište – tlocrt



Slika 6-4 Dugoročno skladište – pogled sprijeda

Sigurnosne funkcije instalirane u dugoročnom skladištu sprječavaju negativne radiološke posljedice normalnog rada i sprječavaju ili ublažavaju radiološke posljedice nesreća. Sigurnosne funkcije izvedene u obliku zaštitnih barijera osiguravaju izolaciju pohranjenog radioaktivnog materijala od ljudi i okoliša. Najvažnije sigurnosne funkcije ispunjavaju se primjenom pasivnih inženjerskih barijera kao što su fizikalna i kemijska svojstva kondicioniranog otpada, spremnici u kojima se otpad skladišti i robusna građevinska konstrukcija samog dugoročnog skladišta. Osim pasivnih, planira se koristiti aktivne sigurnosne funkcije koje poboljšavaju sigurnost pohrane. Zaštita od zračenja za dugoročno skladištenje provodi se sustavom pasivnih sigurnosnih funkcija ili inženjerskih barijera:

- Prva inženjerska barijera je betonsko punjenje za kondicioniranje RAO-a unutar skladišnog paketa.
- Druga inženjerska barijera je stjenka armirano-betonskog spremnika (RCC);
- Treću inženjersku barijeru čine fiksne i pomične pregrade unutar skladišta, fasadni zid skladišnog objekta i nepropusna podna ploča.

Potpunu zaštitu postiže već skladišni spremnik (RCC), koji da bi zadovoljio uvjete transporta mora imati brzinu doze manju od 0,1 mSv/h na udaljenosti od 1 m, odnosno 2 mSv/h na kontaktu. Ograničenje brzine doze osigurano je zadovoljenjem kriterija prihvata otpada (WAC) te specifikacijama paketa otpada (WPS).

Za cijeli kompleks Centra izgradit će se upravna zgrada koja će biti opremljena za trajno korištenje. U sklopu upravne zgrade nalazit će se informacijski centar i prostori za zaštitare. Rad skladišta bit će podržan pomoćnim sustavima (električna energija, voda, odvodnja oborinske vode i sanitarne vode iz upravne zgrade, telekomunikacijski sustav i sustav zaštite od udara munje).

Prijem RCC-a vršit će se unutar skladišne zgrade u kojoj će biti rezerviran prostor za prihvata tegljača sa spremnicima. Nakon istovara RCC-a mosnom dizalicom izvršit će se vizualni pregled, mjerenje jačine doze na površini RCC-a i detekcija površinske kontaminacije. Također će se provjeriti i dokumentacija pošiljatelja. Ako specifikacija pakiranja otpada (WPS) RCC-a ispunjava WAC kriterije skladištenja, RCC će biti smješten u skladište. Lokacija RCC-a bit će zabilježena i pohranjena zajedno s dokumentacijom pošiljatelja.

Tijekom rada Dugoročnog skladišta provodit će se periodični pregledi spremnika: vizualno, kamerom ili odabirom određenog RCC-a koji bi se mosnom dizalicom mogao ukloniti sa skladišnog mjesta i potom pregledati npr. cjelovitost.

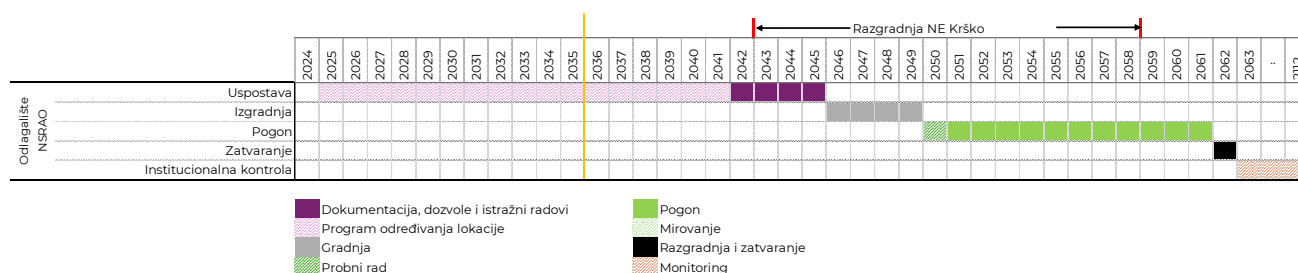
Tijekom probnog rada Dugoročnog skladišta koristit će se mali broj RCC-a. To će omogućiti testiranje i validaciju procesa vezanih uz prijem RCC-ova i njihovu manipulaciju u skladištu.

Za dugoročno skladište predviđeno je 5 radnika na 17,5 godina (prihvatni rok za RCC-ove dovezene s obrade i kondicioniranja plus dodatnih 5 godina za smještaj, evidenciju i manipulaciju). Za ostatak razdoblja skladištenja (21 godinu) predviđa se 30 % manji angažman zaposlenika.

Razgradnja dugoročnog skladišta NSRAO planirana je za 2061. godinu, a dovršetak se planira u roku od godine dana, uz pretpostavku da postrojenje neće biti značajno onečišćeno. U slučaju da se tijekom razgradnje otkriju kontaminirani građevinski materijali, materijal će se odvojiti, kondicionirati u RCC-u i odložiti u odlagalište NSRAO-a [57, 63].

6.5.4 Odlagalište NSRAO-a

U ovom dijelu navode se informacije o odlagalištu NSRAO-a koje će se uspostaviti na još uvijek nedefiniranoj lokaciji u Hrvatskoj. Slijedi opis procesa uspostave odlagališta NSRAO-a, njegovog rada, zatvaranja odlagališta i institucionalne kontrole lokacije koja će se provoditi nakon zatvaranja odlagališta. Uspostava odlagališta NSRAO-a temelji se na vremenskoj skali prikazanoj na Slika 6-5.



Slika 6-5 Vremenski raspored odlagališta za hrvatsku polovicu NSRAO-a NE Krško

Uspostava odlagališta NSRAO-a za hrvatsku polovicu NE Krško započinje 2025. godine izradom Programa istraživanja i razvoja za odabir lokacije, karakterizaciju lokacije i pokretanje različitih procesa za dobivanje potrebnih dozvola u skladu s propisima, počevši od lokacijske dozvole. Lokacijska dozvola izdat će se do 2044. godine, a do kraja 2046. godine i građevinska dozvola. Dozvola za probni rad bila bi izdana 2050. godine, a redoviti rad na odlagalištu započeo bi 2051. godine. Odlagalište NSRAO-a bilo bi u funkciji sljedećih 10 godina nakon čega se planira njegovo zatvaranje. Procesi dobivanja različitih dozvola tijekom uspostave odlagališta bit će slični onima za dugoročno skladištenje.

Preliminarna istraživanja lokacije provodit će se tijekom prve faze projekta i tijekom cijelog postupka ishođenja lokacijske dozvole. Cilj tih istraživanja lokacije bit će lociranje mikrolokacije za odlagalište unutar makrolokacije i stvaranje geoloških i hidrogeoloških baza podataka s parametrima potrebnim za modeliranje toka i brzine podzemne vode, odnosno za određivanje mogućeg podzemnog transporta radionuklida migracijom i difuzijom.

Preliminarna istraživanja lokacije obuhvatit će područje od približno 10 km² u blizini željene lokacije odlagališta NSRAO-a. U drugoj fazi provest će se detaljni istražni radovi (koji obuhvaćaju 1 km² oko odabrane lokacije odlagališta) kako bi se provjerile sve značajke i rezultati dobiveni preliminarnim istraživanjima. Glavna svrha druge faze istraživanja nalazišta je analiza dugoročne sigurnosti odlagališta. Detaljna istraživanja druge faze usmjerena su na konkretnu mikrolokaciju na kojoj će biti smješteno buduće odlagalište NSRAO-a. Završetak druge faze istraživanja koincidirao bi sa završetkom procesa dobivanja građevinske dozvole za odlagalište NSRAO-a.

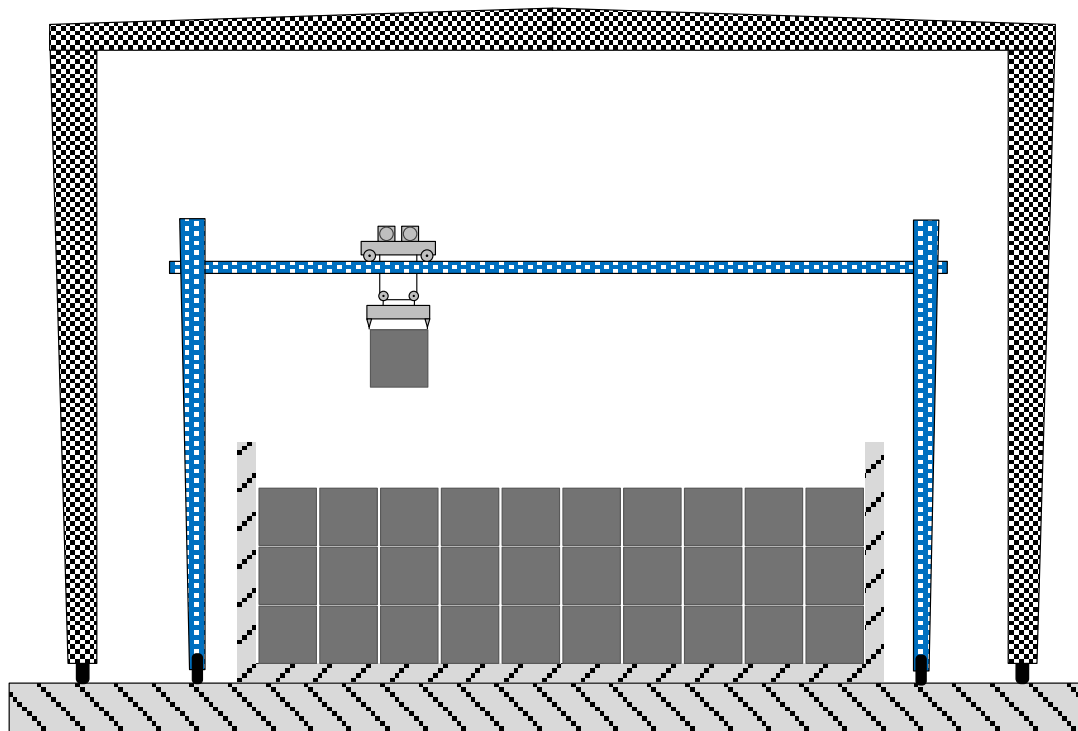
Za potrebe ishođenja lokacijske dozvole izradit će se prethodna sigurnosna studija i izvješće o sigurnosnoj studiji prema propisima će biti na snazi u vrijeme podnošenja zahtjeva za izdavanje lokacijske dozvole [64]. Ova dokumentacija je dio podloga kojima se dokazuje prikladnost lokacije i sigurnost objekta u sklopu postupka procjene utjecaja na okoliš koji uključuje i javne rasprave. Konačna sigurnosna studija i izvješće o sigurnosnoj studiji izradit će se po završetku izgradnje odlagališta u svrhu ishođenja dozvola za probni i redoviti rad. Regulatorno će tijelo pregledavati sigurnosne dokumente i izdavati suglasnosti za probni i redoviti rad odlagališta NSRAO-a na temelju Izvješća sigurnosne studije/procijene sigurnosti (SAR) za svaku fazu razvoja odlagališta NSRAO-a.

Nakon odobrenja konačnog SAR-a dobit će se dozvola za redoviti rad odlagališta NSRAO-a. Pretpostavlja se da će probni rad odlagališta NSRAO-a trajati godinu dana. Redoviti rad odlagališta NSRAO-a započet će 2051. godine.

Tijekom životnog vijeka odlagališta provodit će se stalni nadzor okoliša, kao i praćenje razine radioaktivnosti unutar odlagališta i okoline objekta radi zaštite zaposlenika i stanovništva koje živi u blizini. Operativni nadzor počinje probnim radom odlagališta [65, 66, 68].

Odlagalište NSRAO-a bit će pripovršinskog tipa (engl. *near-surface*), s armirano-betonskim kasetama (engl. *vaults*) za skladištenje RCC spremnika s NSRAO-om. Kasete ili odlagališne jedinice izgradit će se od armiranog betona. Jedinica odlagališta se sastoji od temeljne ploče i četiri bočne stijenke. Gornja površina temeljne ploče izgrađena je s nagibom prema drenažnim izlazima. Debljina stijenki i temeljne ploče ovisit će o karakteristikama konkretne lokacije i rezultatima sigurnosne analize. Na vrhu pogonske jedinice u procesu odlaganja RCC-a bit će postavljena zaštitna konstrukcija u obliku kliznog

krova na tračnicama. Krovna konstrukcija će se premjestiti na sljedeću jedinicu nakon što prethodna jedinica bude puna (Slika 6-6). Kompletna cjelina je zatvorena armirano betonskom pločom i zaštitnim premazom. Precizno postavljanje RCC-a postiže se portalnom dizalicom nosivosti 20 t smještenom unutar zaštitne konstrukcije s obzirom da će maksimalna težina punog RCC-a biti 15 tona.



Slika 6-6 Tehnologija odlaganja u jednoj jedinici odlagališta NSRAO-a – bočni prikaz

Ispod odlagališta izgradit će se sustav odvodnje kao dodatna mjera zaštite. Sustav odvodnje prikuplja svu procjednu vodu unutar odlagališne jedinice prije i nakon postavljanja trajnog betonskog pokrova na vrh jedinice i bit će spojen na spremnik od 100 m³ koji će skupljati tekućinu iz svih jedinica. Spremnik će biti opremljen mjernim uređajem za radioaktivnost procjednih voda i senzorom razine tekućine koji će omogućiti kontrolu nad procjednim vodama koje se mogu zadržati ili osloboditi od regulatornog nadzora.

Sustav oborinske kanalizacije projektiran je na način da se oborinska voda skuplja u posebnim bazenima. Dimenzije bazena bit će dovoljne za prikupljanje ukupne godišnje količine oborine na lokaciji odlagališta NSRAO-a. Nakon radiološke kontrole oborinske vode će se ispuštati u komunalnu kanalizaciju ukoliko budu zadovoljeni kriteriji za ispuštanje.

Tijekom redovnog rada odlagališta NSRAO-a predviđen je sustavni nadzor lokacije odlagališta i njegove okoline. Predviđeni su sustavi fizičke i tehničke zaštite, sustav protupožarne zaštite i sustav radiološkog nadzora.

Proces odlaganja započet će transportom RCC-a iz Dugoročnog skladišta do kasete u odlagalištu NSRAO-a. Kamion s RCC-om bit će postavljen ispod zaštitne konstrukcije, a pomoću portalne dizalice spremnik će se podići iz kamiona i postaviti u jedinicu.

Prije nego što se RCC trajno postavi u jedinicu, provjerava se površinska doza i moguća kontaminacija spremnika. Dobiveni podaci unose se u bazu podataka i pohranjuju zajedno s točnim mjestom skladištenja unutar jedinice.

U svrhu probnog rada koristit će se nekoliko praznih RCC-a (5 – 10). Oni će se koristiti za simulaciju cjelokupnog procesa transporta od Dugoročnog skladišta do odlagališta NSRAO-a i smještaj spremnika u jedinice odlagališta. Cilj probnog rada provjeriti je sustave i pokazati da se proces prijevoza odvija u skladu s regulatornim zahtjevima i propisanim radnim postupcima te u skladu s mjerama sigurnosti i zaštite od zračenja.

Zatvaranje odlagališta počinje nakon što su sve jedinice u odlagalištu u potpunosti ispunjene RCC-ima, ograđene armiranobetonskom pločom i zaštićene vodonepropusnim sintetičkim materijalima kako bi se završio redoviti rad odlagališta. Jedinice za odlaganje prekrivene su slojevima prirodnih materijala koji čine dodatnu inženjersku barijeru. Struktura pokrova odlagališta ovisi o rezultatima istraživanja geološkog okoliša i drugim karakteristikama odlagališta. Najčešće se koriste šljunčani i pjeskoviti materijali, kao i razne vrste gline. Pokrov treba projektirati tako da ograniči prodor vode do betonskih konstrukcija odlagališta kako bi se spriječilo moguće ispiranje i migracija radionuklida, pa se oblikuje naizmjeničnim slojevima nepropusnih materijala i materijala koji omogućavaju dobru drenažu.

Nakon zatvaranja odlagališta potrebno je nastaviti sustavno praćenje stanja odlagališta NSRAO-a i okoliša odlagališta u skladu s propisima. Potrebna je aktivna institucionalna kontrola, uključujući inspekcije odlagališta, prikupljanje i upravljanje podacima te izvješćivanje regulatornog tijela kako bi se dobilo odobrenje za konačno zatvaranje odlagališta i oslobađanje od regulatornog nadzora. Aktivna institucionalna kontrola predviđena je u trajanju prema propisima koji će biti na snazi u vrijeme zatvaranja odlagališta s ciljem praćenja radi li odlagalište kako je projektirano, odnosno da je odloženi NSRAO izoliran od biosfere. Kada se to postigne, počinje razdoblje pasivnog institucionalnog nadzora.

Pasivni institucionalni nadzor mora osigurati očuvanje zapisa i dokumenata o odlagalištu koji uključuju: lokaciju odlagališta, detaljne informacije o sadržaju odlagališta, posebno inventar i karakteristike odlagališta, izgradnju odlagališta, projekt odlagališta i reviziju projekta, plan zatvaranja, rezultate ispitivanja, evidenciju o radu odlagališta, regulatorne dokumente, opće informacije vezane uz javnu raspravu, kako bi podaci bili dostupni i razumljivi budućim generacijama. Mora se osigurati da podaci o odlagalištu NSRAO-a budu sastavni dio državnih i lokalnih prostornih planova.

6.6 Vremenski plan zbrinjavanja hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško

Vremenski plan aktivnosti zbrinjavanja hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško temelji se na Nacionalnom programu provedbe Strategije (Program za razdoblje do 2025. s pogledom na 2060.) [8], Međudržavnom ugovoru [5], odluci o novom datumu preuzimanja NSRAO-a donesenoj na 17. sjednici MDP-a [18], dokumentima Ekonerga d.o.o. i Enconeta d.o.o. [63, 67, 68] i reevaluaciji novih mogućnosti za prijevoz, obradu, kondicioniranje NSRAO-a iz NE Krško.

Vremenskim rasporedom predviđene su dvije faze: Faza I – od 2024. do 2035. i Faza II – od 2035. nadalje. Faze su razrađene u odgovarajućim tablicama (6-Tablica 5 i Tablica 6-6). Sve aktivnosti su grafički prikazane na Slika 6-7.

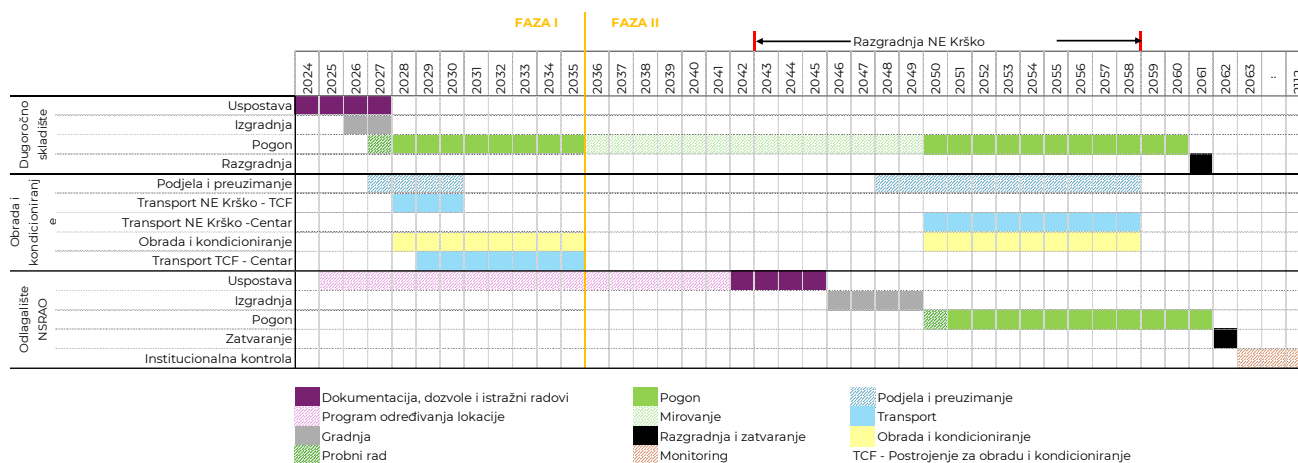
6-Tablica 5 Vremenski raspored za glavne aktivnosti u fazi I: 2024. – 2035. godine

Faza I: 2024. – 2035.		
Početak	Kraj	Aktivnost
01.01.2024.	Početak 2028.	Nastavak uspostave Centra • prostorno planska dokumentacija • analiza sigurnosti • projektiranje • Studija utjecaja zahvata na okoliš i provedba procjene utjecaja na okoliš • lokacijska, građevinska i uporabna dozvola
30.06.2026.	01.11.2027.	Izgradnja dugoročnog skladišta za NSRAO
01.11.2027.	31.12.2035.	Rad dugoročnog skladišta za NSRAO • probni rad (01.11.-početak 2028.) • redovni pogon (početak 2028. do 31.12.2035. kada počinje razdoblje mirovanja kada se više ne zaprimaju paketi NSRAO-a već se održavaju samo propisani pogonski uvjeti skladišta)
01.01.2028.	31.12.2030.	Podjela i preuzimanje NSRAO-a iz NE Krško • podjela • preuzimanje Preuzimanje će se provoditi sukladno odluci o novom datumu preuzimanja NSRAO-a donesenoj na 17. sjednici MDP-a, od 2028. godine nadalje.
01.01.2028.	31.12.2030.	Prijevoz NSRAO-a iz NE Krško u postrojenje za obradu i kondicioniranje Prijevoz će se odvijati kampanjski u skladu s uvjetima ugovora s pogonom za preradu i kondicioniranje i prijevoznikom.
01.01.2028.	31.02.2035.	Obrada i kondicioniranje NSRAO-a iz NE Krško Otpad će se obrađivati i kondicionirati u skladu s uvjetima ugovora s postrojenjem za obradu i kondicioniranje.
01.01.2029.	31.03.2035.	Prijevoz NSRAO-a iz postrojenja za obradu i kondicioniranje do lokacije Čerkezovac Pretpostavlja se da će transport kondicioniranog RCC-a započeti godinu dana nakon transporta NSRAO-a iz NE Krško u postrojenje za obradu i kondicioniranje.

Tablica 6-6 Vremenski raspored za glavne aktivnosti u fazi II: od 2035. godine nadalje

Faza II: 2035. nadalje		
Početak	Kraj	Aktivnost
01.01.2036.	31.12.2049.	Razdoblje mirovanja Dugoročnog skladišta NSRAO-a Razdoblje mirovanja počinje kada se paketi NSRAO-a više ne zaprimaju već se samo održavaju propisani uvjeti rada skladišta
01.01.2050.	31.12.2059.	Normalan rad Dugoročnog skladišta Pražnjenje i zatvaranje Dugoročnog skladišta nakon što se svi RCC-i premjeste u odlagalište NSRAO-a.
01.01.2048.	31.12.2058.	Podjela i preuzimanje NSRAO-a iz NE Krško Pretpostavlja se da će rad na dokumentaciji završne podjele započeti dvije godine prije preuzimanja te da bi kampanje preuzimanja morale biti usklađene s preuzimanjem NSRAO-a u odlagalištu Vrbina kao i s konačnim planom razgradnje.
01.01.2050.	31.12.2058.	Odlaganje dekomisijskog i operativnog NSRAO-a iz NE Krško u odlagalište NSRAO-a

Faza II: 2035. nadalje		
Početak	Kraj	Aktivnost
01.01.2025.	31.12.2050.	Uspostava odlagališta NSRAO-a - preliminarna lokacija (do 31.12.2041.) - završni pregled lokacije (do 31.12.2043.) - prostorno planska dokumentacija - analiza sigurnosti - izvedba - Procjena utjecaja na okoliš (PUO) - lokacijska, građevinska i uporabna dozvolu
01.01.2047.	31.12.2049.	Izgradnja odlagališta NSRAO-a
01.01.2051.	31.12.2061.	Redoviti rad odlagališta NSRAO-a - probni rad (01.01.2050. – 31.12.2050.) - redovni rad (01.01.2051. – 31.12.2061.)
01.01.2061.	31.12.2061.	Razgradnja Dugoročnog skladišta za NSRAO-a
01.01.2062.	31.12.2062.	Zatvaranje odlagališta NSRAO-a
01.01.2062.	31.12.2112.	Institucionalni nadzor odlagališta NSRAO-a



Slika 6-7 Vremenski raspored glavnih aktivnosti zbrinjavanja NSRAO-a

6.7 Procjena troškova zbrinjavanja NSRAO-a

Ovdje su prikazani troškovi optimiziranog scenarija zbrinjavanja NSRAO-a prikazanog u potpoglavlju 6.4. Oni pokrivaju ulaganja, obradu NSRAO-a, kondicioniranje i transport, rad postrojenja za zbrinjavanje kao i troškove odnosa s javnošću i poticaje lokalnoj zajednici. Procjene nominalnih troškova temelje se na cijenama u eurima (€) za 2023. godinu. Procjena troškova uključuje sljedeće stavke zbrinjavanja NSRAO-a:

- 1) Obrada i kondicioniranje NSRAO-a, uključujući transport i karakterizaciju,
- 2) Dugoročno skladištenje, uključujući pripremne radove, izgradnju i opremu, rad i razgradnju,
- 3) Rad odlagališta NSRAO-a, uključujući pripremne radove, izgradnju i opremanje, rad i zatvaranje,
- 4) Odnosi s javnošću do zatvaranja odlagališta NSRAO-a (2023. – 2062. godine),

5) Poticaji lokalnim zajednicama do zatvaranja odlagališta NSRAO-a (2023. – 2065. godine).

Svim procijenjenim troškovima dodaju se nepredviđeni troškovi. Nepredviđeni troškovi predstavljaju troškove aktivnosti koje u ovoj preliminarnoj fazi nije bilo moguće utvrditi. Nepredviđeni troškovi se procjenjuju poštujući međunarodne preporuke [27, 47, 48]. U ovakvoj vrsti projekata koriste se tri kategorije nepredviđenih troškova: niski (7 %), srednji (10 %) i visoki (15 %). Nepredviđeni troškovi korišteni u ovoj procjeni troškova kategorizirani su kao srednji (10 %).

Porez na dodanu vrijednost (PDV) uključen je u rashode prema hrvatskom Zakonu o porezu na dodanu vrijednost [69] i podzakonskim propisima.

Lokalni poticaji za rad dugoročnog skladišta definirat će se Uredbom koju treba donijeti Vlada RH. Ovom Uredbom omogućit će se isplata određenog dijela planiranih lokalnih poticaja ovisno o stupnju razvoja dokumentacije Centra, do ukupno predviđeno 1,1 mil. EUR/god tijekom rada Centra. Planirano je isplaćivanje lokalnih poticaja do zatvaranja odlagališta NSRAO-a, 2065. godine.

Troškovi odnosa s javnošću uključuju uspostavu i rad Centra za javno informiranje i edukaciju unutar Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada te druge oblike komunikacije s lokalnom zajednicom i javnošću u Hrvatskoj. Troškovi cestovnog prijevoza i troškovi obrade i kondicioniranja, kao i troškovi RCC-a temelje se na popratnoj studiji [63]. Troškovi usluga u ovim studijama predmet su buduće javne nabave u Hrvatskoj koja bi mogla rezultirati izborom partnera čija bi cijena, uz pretpostavku hrvatskog WAC-a za odlaganje NSRAO-a i za dugoročno skladištenje u Centru, mogla biti prihvatljivija od troškova navedenih u citiranim studijama.

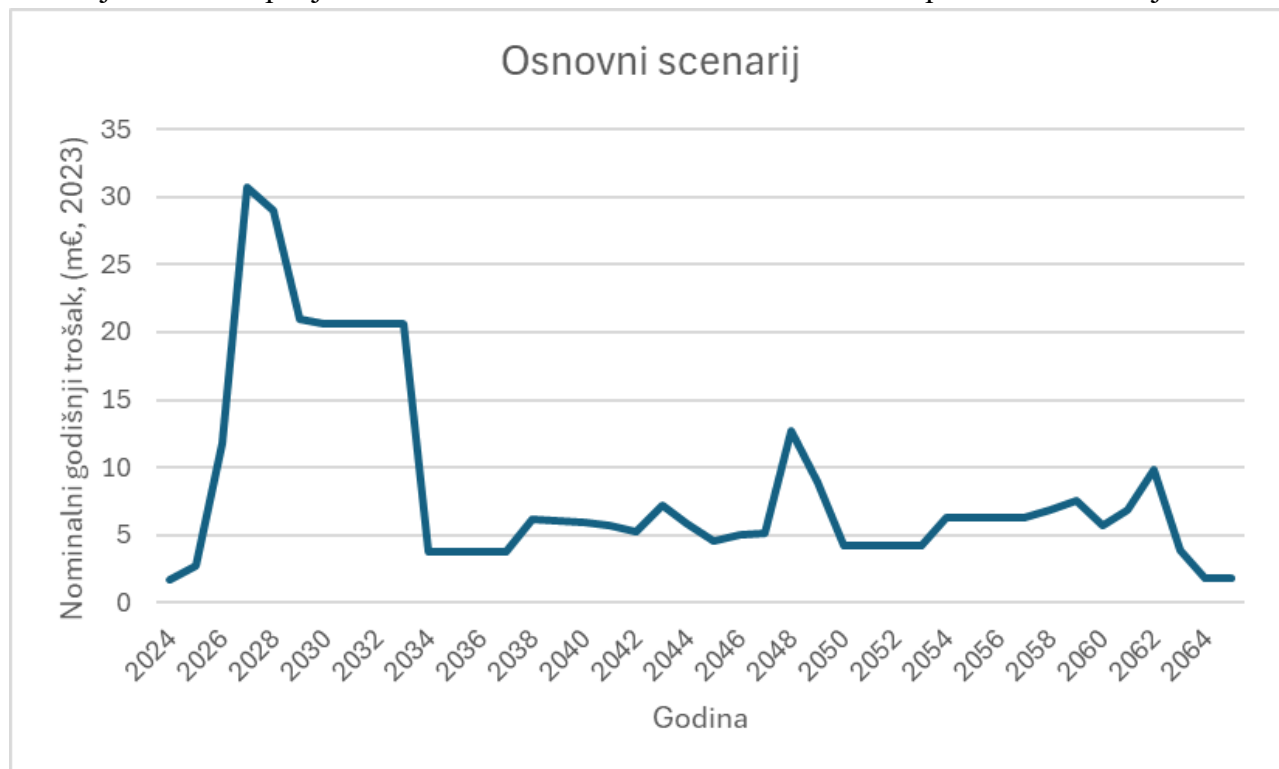
Procjene troškova za dugoročno skladištenje uključujući pripremne radove, izgradnju i opremu, rad i razgradnju i za rad odlagališta NSRAO-a uključujući pripremne radove, izgradnju i opremu, rad i zatvaranje temelje se na popratnoj studiji [68].

Troškovi zbrinjavanja hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško po stavkama troškova prikazani su u Tablica 6-7.

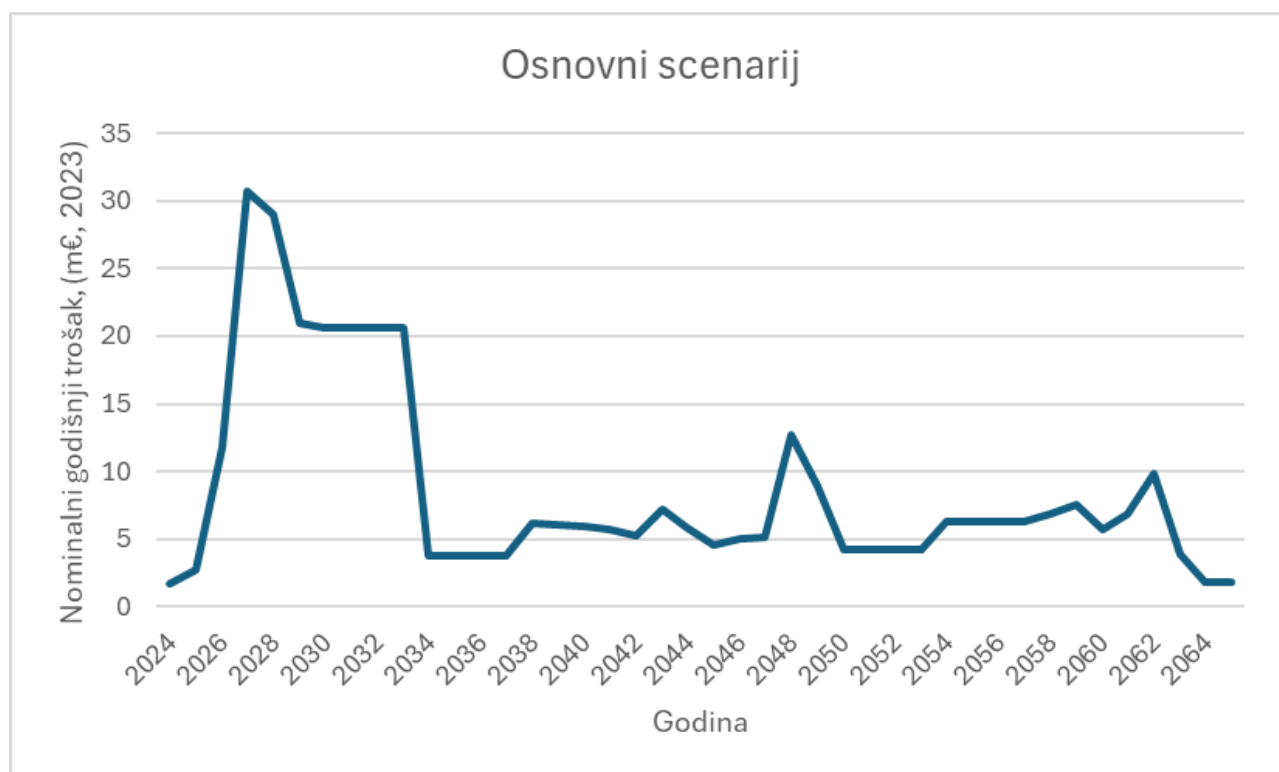
Tablica 6-7 Troškovi po stavkama troškova za zbrinjavanje hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško

Stavka troškova	Nominalni troškovi (Mil. EUR, 2023.)
Obrada i kondicioniranje NSRAO-a, uključujući transport i karakterizaciju	89.650
Dugoročno skladištenje uključujući pripremne radove, izgradnju i opremu, rad i razgradnju	67.030
Rad odlagališta NSRAO-a uključujući pripremne radove, izgradnju i opremanje, rad i zatvaranje	57.701
Troškovi odnosa s javnošću	4.680
Nepredviđeni troškovi	21.600
Ukupno	240.661
PDV	53.260
Ukupno + PDV	293.921
Lokalni poticaji	73.600
SVEUKUPNO	367.521

Godišnja raspodjela nominalnih troškova prikazana je na



Slika 6-8.



Slika 6-8 Godišnja raspodjela nominalnih troškova za hrvatsku polovicu NSRAO-a NE Krško

6.8 Analiza osjetljivosti troškova s registrom rizika

Na ukupni trošak povezan sa scenarijem zbrinjavanja NSRAO-a utječu različite stavke troškova. Te se stavke izračunavaju na temelju niza pretpostavki ili parametara uključenih u scenarij, kao što je broj postrojenja za zbrinjavanje otpada, njihove dimenzije i radna razdoblja, jedinične cijene rada i veličina nepredviđenih troškova u izračunima ukupnih troškova. Utjecaj jedne pretpostavke ili parametra na ukupne troškove je složen jer promjene mogu utjecati na više troškovnih stavki, a također se odražavaju u različitim nepredviđenim troškovima i PDV-u.

Osjetljivost ukupnih troškova za scenarij zbrinjavanja NSRAO-a ocijenjena je ispitivanjem utjecaja pojedinih parametara i varijacija u broju i vijeku trajanja dugoročnih skladišta. Svrha ove analize bila je istaknuti pretpostavke i parametre koji značajno utječu na ukupne troškove te istražiti kako promjene u tim čimbenicima utječu na troškove.

Ispitane su sljedeće pretpostavke i parametri:

- Varijacije u inventaru NSRAO-a
- Nepostojanje postrojenja za obradu i kondicioniranje na lokaciji NE Krško tijekom procesa razgradnje
- Povećani troškovi radiološkog nadzora za dugoročno skladištenje, odlagalište NSRAO-a i tijekom razdoblja institucionalne kontrole odlagališta
- Potreba za izgradnjom dodatnog dugoročnog skladišta zbog odgode početka rada odlagališta NSRAO-a
- Promjene površine za dugoročno skladištenje, koje zahtijevaju slaganje RCC-a u dva sloja umjesto u tri
- Povećanje nepredviđenih troškova (s 10 % na 15 % za cestovni prijevoz, obradu i kondicioniranje, ulaganja i operativne troškove Dugoročnog skladišta te s 15 % na 20 % za ulaganja i operativne troškove odlagalište NSRAO-a)

Prema rezultatima analize većina promjena u pretpostavkama i parametrima ima beznačajan utjecaj (≤ 1 % na sveukupne nominalne troškove), uz dvije iznimke: (1) povećanje količina NSRAO-a moglo bi povećati troškove za 1,7 %, i (2) nepostojanje postrojenja za obradu i kondicioniranje na lokaciji NE Krško tijekom razgradnje moglo bi značajno povećati ukupne troškove za 4,7 %. Dodatni troškovi izgradnje još jednog dugoročnog skladišta kompenziraju se smanjenjem operativnih troškova odlagališta, koje bi se kasnije otvorilo i imalo kraće operativno razdoblje, što bi rezultiralo ukupnim povećanjem troškova od 0,9 %.

Analiza osjetljivosti kategorizira rizike za optimalni scenarij u tri razine: nizak rizik (≤ 20 %), srednji rizik (20-50 %) i visoki rizik (> 50 %).

Tablica 6-8 Opis i kategorija rizika povezanih s troškovima zbrinjavanja NSRAO-a za optimalni scenarij

Novi parametar ili pretpostavka	Opis rizika	Kategorija rizika
Povećanje količina NSRAO-a	Povećane količine operativnog NSRAO-a u slučaju nesreće u NE Krško. Produljenje rada NE Krško (do 2063.) Nove revizije Programa razgradnje mogle bi procijeniti veće količine NSRAO-a za razgradnju.	Srednji rizik

Novi parametar ili pretpostavka	Opis rizika	Kategorija rizika
Nepostojanje postrojenja za obradu na lokaciji NE Krško tijekom procesa razgradnje	Vlasnici NE Krško trenutno ne predviđaju postrojenje za obradu na lokaciji NE Krško. Ako se tijekom razgradnje pojavi potreba za obradom određenih vrsta otpada, može se dogovoriti obrada tih vrsta otpada u inozemstvu.	Srednji rizik
Dugoročno skladište nije u funkciji 2028. (u vrijeme kada bi trebali biti primljeni prvi RCC spremnici)	Kašnjenje s donošenjem prostornog plana u RH. Prekoračenje predviđenog vremena za lokacijske, građevinske i uporabne dozvole.	Visok rizik
Povećanje troškova nadzora dugoročnog skladišta	Novi propisi, zahtjevi javnosti ili rezultati studija procjene utjecaja na okoliš mogli bi zahtijevati veći opseg nadzora.	Srednji rizik
Povećanje troškova nadzora odlagališta NSRAO-a	Novi propisi, zahtjevi javnosti ili rezultati studija procjene utjecaja na okoliš mogli bi zahtijevati veći opseg nadzora.	Srednji rizik
Povećanje troškova institucionalnog nadzora nakon zatvaranja	Novi propisi, zahtjevi javnosti ili rezultati studija utjecaja na okoliš mogu zahtijevati veći opseg ili dulje razdoblje nadzora.	Visok rizik
Dodavanje drugog dugoročnog skladišta i kasnije otvaranje odlagališta NSRAO-a	Otvaranje odlagališta NSRAO-a moglo bi kasniti zbog duljeg razdoblja za istraživanje mikrolokacije odlagališta ili zbog dugoročnih pregovora s lokalnom zajednicom.	Nizak rizik
Skladištenje RCC-a u 2 razine u dugoročnom skladištu	Seizmički zahtjevi mogli bi promijeniti sadašnje dugoročne planove skladištenja, npr. regulator bi mogao zahtijevati da se slaganje RCC-a na 3 razine zamijeni slaganjem na 2 razine s dodatnim konstrukcijskim rješenjima zgrade skladišta, transporta unutar skladišta itd.	Nizak rizik
Povećanje nepredviđenih troškova za cestovni promet	Sadašnje procjene troškova odnose se na cestovni promet u dalekoj budućnosti. Za tako daleko razdoblje u odnosu na sadašnjost, korištenje sadašnjih troškova goriva i transportnog osiguranja je nepouzdan. Nepredviđeni troškovi korišteni u sadašnjim procjenama troškova mogli bi biti nedostadni za pokrivanje budućih povećanja troškova.	Srednji rizik
Povećanje nepredviđenih troškova za obradu i kondicioniranje	Troškovi obrade i kondicioniranja mogli bi porasti zbog sveobuhvatnijih zahtjeva obrade otpada ili novih poremećaja u gospodarstvu koji bi mogli dovesti do povećanja troškova energije, materijala, rada i inflacije.	Srednji rizik
Povećanje nepredviđenih troškova za dugoročno skladištenje, pripremne radove, izgradnju i opremu	Troškovi pripremnih i građevinskih radova za dugoročno skladište mogli bi povećati gospodarske poremećaje koji bi mogli dovesti do povećanja troškova energije, materijala, rada i inflacije.	Srednji rizik
Povećanje nepredviđenih troškova odlagališta NSRAO-a za pripremne radove, izgradnju i opremu	Zbog činjenice da odabir lokacije za odlagalište NSRAO-a još nije započeo, još uvijek ostaje puno neizvjesnosti u procesu odabira lokacije. Promjene u društvenim i političkim strukturama mogle bi dovesti do skupljeg i produljenog procesa uspostave odlagališta NSRAO-a.	Visok rizik

6.9 Usporedba s PO Rev.3

U odnosu na PO Rev.3, koncept zbrinjavanja NSRAO-a NE Krško nije se mijenjao. Cilj je i dalje uspostaviti Centar u kojem će se skladištiti operativni NSRAO iz NE Krško nastao do 2023. godine

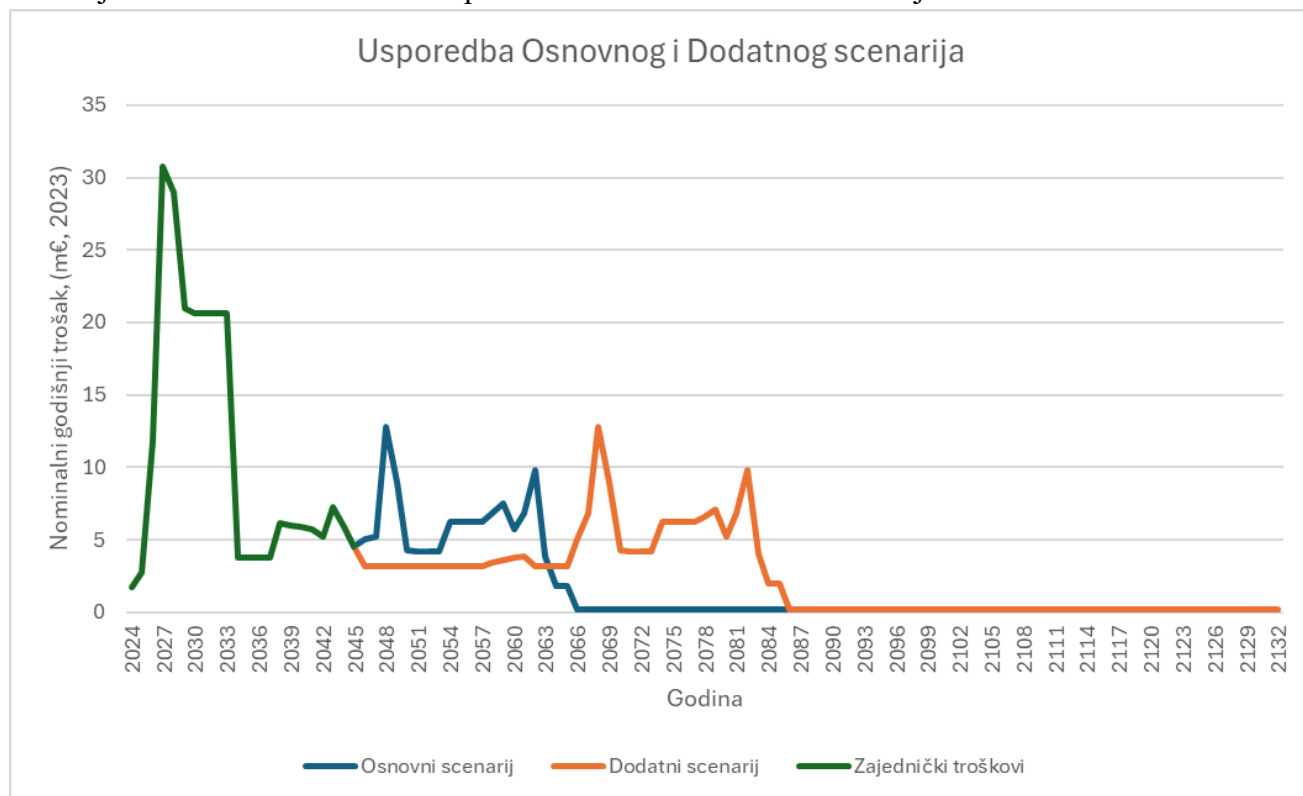
do uspostave odlagališta u kojem će se trajno odlagati sav otpad iz dugoročnog skladišta Centra, operativni otpad nastao nakon 2023. godine, kao i otpad iz razgradnje.

Izmjene u odnosu na PO Rev.3 odnose se na promjenu roka preuzimanja NSRAO-a NE Krško, koji je odlukom MDP-a pomaknut s 2023. na početak 2028. godine.

Promjena se vidi i u ukupnom trošku zbrinjavanja NSRAO-a u Republici Hrvatskoj koji je povećan sa 230 na 367 mil. EUR ukupno (PDV uključen). Zbog nepredvidivih poremećaja na tržištu, značajno su porasle cijene materijala, energije i rada, što se negativno odrazilo na ukupne troškove zbrinjavanja NSRAO-a u Republici Hrvatskoj. Nadalje, povećanju troškova pridonio je i konzervativniji pristup procjeni ukupne količine finalnih paketa operativnog otpada nastalih do 2023. godine koji će se skladištiti u Centru, pri čemu je procjena iz PO Rev. 3 od 685 finalnih paketa otpada porasla na konzervativnu procjenu od 2.450 finalnih paketa otpada, što se, osim potrebe za većim brojem RCC-a, također ogledalo u većim dimenzijama dugoročnog skladišta.

6.10 Utjecaj produljenog rada NE Krško na troškove zbrinjavanja NSRAO-a

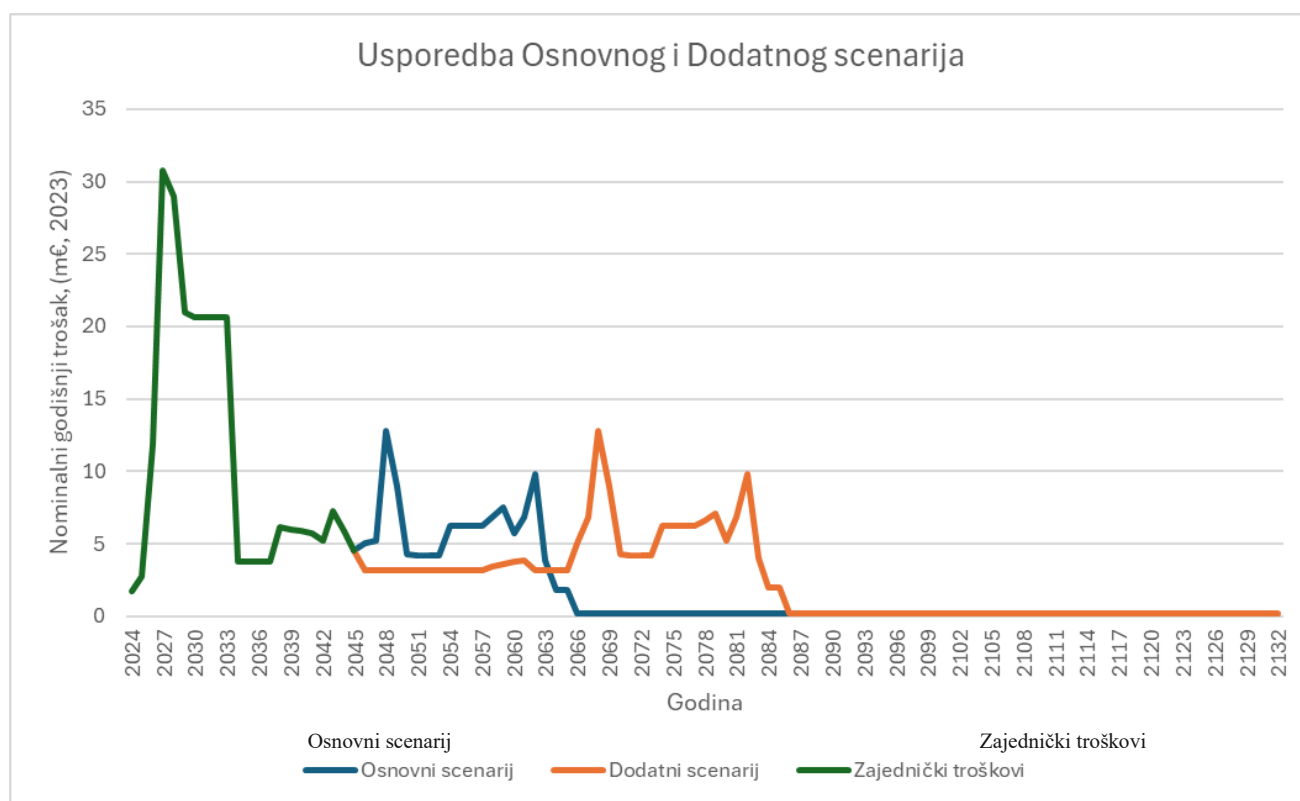
Prilikom razmatranja dodatnog scenarija koji se odnosi na zbrinjavanje NSRAO-a iz NE Krško u sklopu ove 4. revizije, analizira se produljenje rada NEK-a za 20 godina (od 2043. do 2063. godine) i kako ovaj produljeni rad utječe na planirane troškove. U odnosu na osnovni scenarij, procjena ukupnog povećanja troškova iznosi 65 milijuna eura, što je prikazano u Tablica 6-9, a raspored troškova za oba scenarija



Slika 6-9.

Tablica 6-9 Usporedba troškova po stavkama troškova za osnovni i dodatni scenarij za zbrinjavanje hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško

Stavka troškova	Nominalni troškovi za osnovni scenarij (Mil. EUR, 2023.)	Nominalni troškovi za dodatni scenarij (Mil. EUR, 2023.)
Obrada i kondicioniranje NSRAO-a, uključujući transport i karakterizaciju	89.650	89.650
Dugoročno skladištenje uključujući pripremne radove, izgradnju i opremu, rad i razgradnju	67.028	88.531
Rad odlagališta NSRAO-a uključujući pripremne radove, izgradnju i opremanje, rad i zatvaranje	57.705	58.180
Troškovi odnosa s javnošću	4.680	7.440
Nepredviđeni troškovi	21.600	24.074
Ukupno	240.663	267.875
PDV	53.262	58.846
Ukupno + PDV	293.925	326.721
Lokalni poticaji	73.600	105.600
SVEUKUPNO	367.525	432.321

**Slika 6-9 Usporedba troškova osnovnog scenarija i dodatnog scenarija**

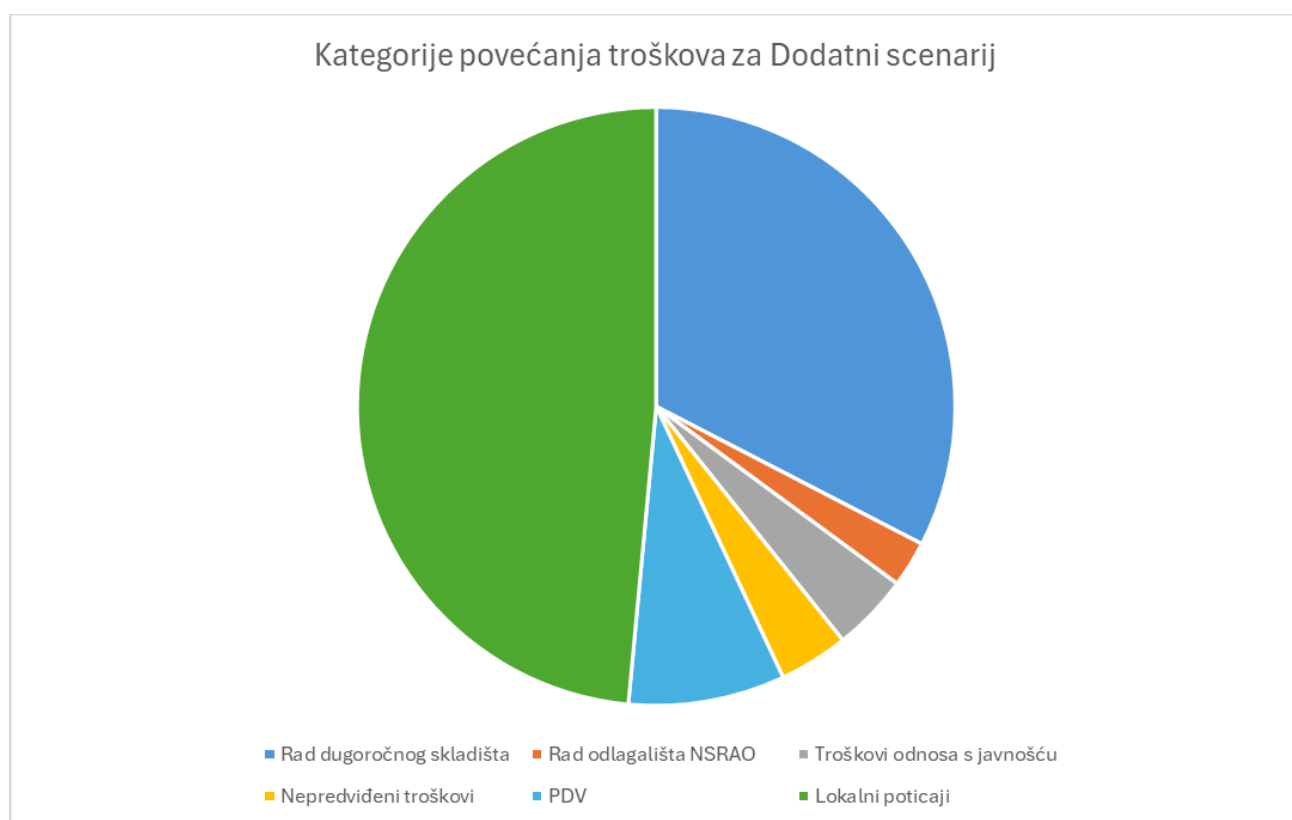
U scenariju produljenog rada NE Krško za 20 godina, prema projekcijama danim u tablicama 3-11 i 3-12, proizvest će se 598 m³ NSRAO-a za cijelo vrijeme produljenog rada. To će se prvenstveno odnositi na povećani broj finalnih paketa otpada koji će se odlagati, a temeljem konzervativne procjene [61, 62, 63] da je potrebno 2.450 RCC-ova za 1.200 m³ operativnog otpada proizvedenog do kraja

2023. godine, za produljeni životni vijek od 20 godina procjenjuje se (opet konzervativna) brojka od 1.020 novih konačnih paketa otpada. Slijedom navedenog, povećani broj paketa otpada zahtijevat će proširenje kapaciteta odlagališta, odnosno izgradnju novih odlagališnih jedinica. Nadalje, produljenje životnog vijeka NE Krško do 2063. godine utjecat će na potrebu duljeg rada Centra sa svim pripadajućim troškovima, aktivnostima odnosa s javnošću i duljim razdobljem za lokalne poticaje.

S obzirom na utjecaj koji će produženi rad NE Krško imati na ukupne troškove zbrinjavanja NSRAO-a u Republici Hrvatskoj, procijenjeno povećanje može se podijeliti u dvije kategorije troškova:

- Povećanje troškova uzrokovano proizvodnjom novog otpada
- Povećanje troškova zbog duljeg rada Centra

Grafički prikaz ove dvije kategorije troškova prikazan je na Slika 6-10.



Slika 6-10 Kategorije povećanja troškova za dodatni scenarij

Kako se može zaključiti iz Slika 6-10, najveći utjecaj na povećanje troškova ima dulje razdoblje isplate naknada/poticaja lokalnoj zajednici (32%, odnosno povećanje troškova od 32 mil. €), odmah zatim slijedi povećanje troška zbog duljeg rada Centra za zbrinjavanje RAO (22%, odnosno povećanje troškova od 21,5 milijuna €) dok ostale četiri kategorije svaka doprinose povećanju troškova u iznosu od 5% ili manje.

7 Zbrinjavanje NSRAO-a u Sloveniji

7.1 Uvod

Ovaj tekst pripremljen je u svrhu procjene troškova za odlagalište NSRAO-a Vrbina u Sloveniji na temelju tehničke studije *Investicijski program za odlagalište NSRAO*, Vrbina Krško (Program ulaganja) [70] koji je u ožujku i svibnju 2024. potvrdio ministar nadležan za okoliš, klimu i energiju [71], [72]. Procjena troškova i rokovi iz Programa ulaganja usklađeni su s već potpisanim ugovorima za proizvodnju i isporuku spremnika za odlaganje N2d, izgradnju odlagališnog dijela odlagališta sa silosom, tehnološke zgrade i drugih građevina, opreme i infrastrukture. Opis tehnološkog dijela odlagališta i rješenja zbrinjavanja prikazan je na temelju tehničke dokumentacije za izradu Izvješća o sigurnosti za odlagalište NSRAO-a Vrbina pripremljene za izdavanje suglasnosti URSJV-a o nuklearnoj i radiološkoj sigurnosti i zahtjeva za građevinsku dozvolu [73], [74]. Odobreni program ulaganja temelj je odluke o ulaganju, a njegova izrada uređena je Uredbom o jedinstvenoj metodologiji za izradu i postupanje s investicijskom dokumentacijom u području javnih financija (DUM) [75]. Program ulaganja [70] ima obvezne sadržaje prema DUM-u, kao što su ciljevi ulaganja, stručne i tehnološke podloge, prikaz procijenjenih troškova ulaganja i predviđene financijske konstrukcije s definiranim udjelom sufinanciranja te zbirni prikaz rezultata izračuna i obrazloženja prihvatljivosti investicijskog projekta.

Ovo poglavlje razmatra tehničko i tehnološko zbrinjavanje i odlaganje polovice ukupne količine RAO-a od rada i razgradnje NE Krško u RS. Sve procjene troškova prikazane su u cijenama u eurima za siječanj 2024. kao nominalni troškovi. Procjene troškova su u skladu sa slovenskim propisima o PDV-u i uključuju nepredviđene troškove i troškove naknada lokalnoj zajednici, kako je prikazano u zbirnim tablicama.

Ovo poglavlje sadrži vremenski raspored planiranih aktivnosti prema Rezoluciji o slovenskom nacionalnom programu za zbrinjavanje RAO-a i ING-a (ReNPROIG23-32) [10] i rubnim uvjetima za Četvrtu reviziju kako je definirano u PZ-u [17]. Glavne prekretnice razvoja odlagališta, njegove izgradnje, rada i zatvaranja su usklađene sa statusom projekta, odlukama MDP-a, KO-a te dosadašnjim i budućim razvojem projekta.

U skladu s općim ciljem Četvrtre revizije o procjeni troškova zbrinjavanja RAO-a i ING-a i osiguranje potrebnih sredstava, fokus u ovom poglavlju je više na procjeni troškova odlagališta NSRAO-a, a manje na tehnološkim rješenjima, inventaru odlaganja otpada i drugim aspektima jer je to detaljnije razrađeno u drugim poglavljima Četvrtre revizije, njegovim popratnim studijama ili dokumentaciji razvijenoj za postupak licenciranja Vrbine [73].

Troškovi se generiraju za osnovni scenarij (BC) koji odražava trenutnu politiku rada NE Krško (do 2043. godine) i ključne datume za početak aktivnog rada na programu odlaganja NSRAO-a.

U skladu s PZ-om [17], također su razrađeni troškovi za Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (ELSC), koji razmatra mogućnost produljenog vijeka rada NE Krško, do 2063. godine, kao i produljenog operativnog razdoblja suhog skladišta istrošenog goriva, do 2123. godine. Za ELSC to znači da su određene dodatne izmjene vremenskog plana, očekivanog inventara NSRAO-a i procjene troškova pripremljene na temelju Programa ulaganja [70] koji se bavi samo osnovnim scenarijem.

7.2 Nacionalna strategija i program

Donošenjem Uredbe o nacionalnom prostornom planu odlagališta NSRAO-a [76] potvrđeni su lokacija i koncept odlagališta. Odabrani koncept odlagališta predviđa zbrinjavanje NSRAO-a pakiranjem u odgovarajuće spremnike i odlaganjem u pripovršinske odlagališne jedinice – silose. Lokacija i dizajn odlagališta omogućuju daljnje proširenje izgradnjom dodatnih silosa [73], [10].

Polovica NSRAO-a iz NE Krško i sav ostali slovenski NSRAO koji zadovoljava kriterije prihvatljivosti za odlaganje bit će odložen u odlagalište NSRAO-a. Izgradnja odlagališta (jedan silos za odlaganje, sva tehnološka i druga postrojenja, te pomoćna infrastruktura) će prema ReNPROIG23-32 [10] provoditi se od 2023. do 2026. U drugoj polovici 2026. godine odlagalište će započeti s probnim radom u trajanju od najviše 12 mjeseci, kada će se provesti predpogonska ispitivanja isporuke, preuzimanja, registracije i odlaganja spremnika [10]. Izgradnja infrastrukturnog dijela odlagališta započela je sredinom 2023. godine, a završena u svibnju 2024. godine. U lipnju 2024. započela je izgradnja odlagališnog dijela odlagališta.

Sav "slovenski" operativni otpad treba zbrinuti u razdoblju 2027.-2029. Odlagalište 2030. godine ulazi u privremenu fazu pripravnosti do ponovnog početka rada 2050. godine. Tijekom ponovnog početka rada u odlagalište će se odlagati preostali "slovenski" operativni otpad koji nastaje u NE Krško i otpad koji nastaje tijekom razgradnje NEK-a do 2058. godine. Nakon zbrinjavanja cjelokupnog otpada zatvorit će se silos i cijelo odlagalište te započeti dugotrajni nadzor i održavanje odlagališta [10].

Do danas postoji oko 1 godina kašnjenja u početku probnog rada odlagališta u usporedbi s datumima određenim u ReNPROIG23-32. Sada se planira početak probnog rada do kraja 2027. godine.

U odlagalište Vrbina će se smjestiti polovica NSRAO-a iz NE Krško (tj. NSRAO nastao tijekom rada i razgradnje NE Krško te drugi NSRAO, kao što je zamijenjena ili uklonjena oprema). Osim toga, u odlagalište će se smjestiti i NSRAO iz Središnjeg skladišta radioaktivnog otpada (CSF) u Brinju, NSRAO nastao razgradnjom CSF-a i reaktora TRIGA Mark II, kao i NSRAO nastao tijekom rada, razgradnje i zatvaranja odlagališta.

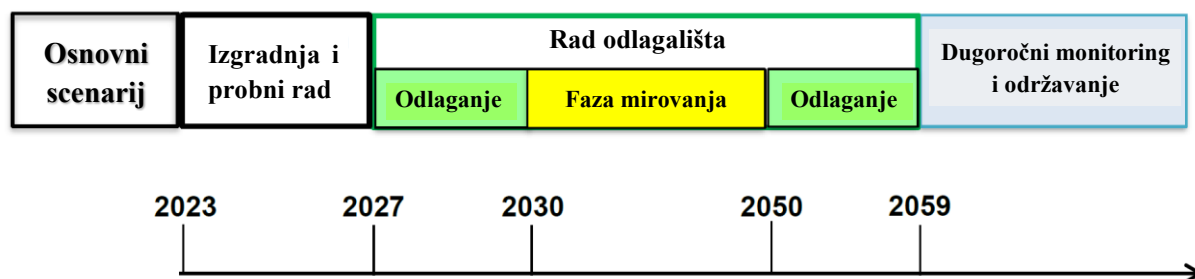
Odlagalište je izvedeno za odlaganje bilo koje vrste NSRAO-a proizvedenog u Sloveniji. Sukladno tome, izrađeni su kriteriji za prihvati i zbrinjavanje NSRAO-a u odlagalište, koji određuju maksimalnu specifičnu aktivnost alfa emitera u paketu radioaktivnog otpada, u odlagališnoj jedinici (silosu) i odlagalištu u cjelini, u skladu s važećim slovenskim propisima, a uključeni su u sigurnosno izvješće za odlagalište [73] [74]. Jedina iznimka su male količine dugoživućeg ili drugog radioaktivnog otpada koje bi zahtijevale nerazmjerno komplicirano i skupo kondicioniranje prije odlaganja kako bi se ispunili kriteriji prihvatljivosti za odlaganje. Drugo izuzeće je NSRAO koji će nastati razgradnjom suhog skladišta u NE Krško. Rješenje za njihovo zbrinjavanje tražit će se prilikom zbrinjavanja VRAO-a i istrošenog goriva.

U NE Krško treba se puniti NSRAO u spremnike za odlaganje [73] [10] [55] [18], dok će se ispuna praznina u N2d spremnicima cementnom matricom provesti na lokaciji odlagališta Vrbina.

Nacionalna strategija izgradnje i rada odlagališta NSRAO-a definirana je u ReNPRRO23-32 pod strategijom br. 4 i osigurava izgradnju odlagališta NSRAO-a i zbrinjavanje postojećeg inventara NSRAO-a u odlagalište u najkraćem mogućem roku.

U odlagalište bi se trebala smjestiti polovica NSRAO-a iz NE Krško i cjelokupni slovenski NSRAO iz drugih izvora. Glavne ključne točke odlagališta nakon izgradnje su [10]:

1. Probni rad odlagališta trebao bi se provesti u drugoj polovici 2026. godine. Tijekom probnog rada ARAO počinje odlagati spremnike s NSRAO-om, pri čemu se osigurava da se maksimalno 198 odloženih N2d spremnika s NSRAO-om (2 sloja spremnika) može ukloniti iz odlagališta i vratiti odlagalište u prvobitno stanje.
2. Odlagalište bi trebalo redovito raditi od 2027. do 2029. godine, u kojem bi se zbrinjavala polovica cjelokupnog operativnog NSRAO-a iz NE Krško i otpad iz CSF-a. Do kraja 2029. godine trebalo bi biti zbrinuto cca 500 spremnika N2d ili 80 % slovenskog udjela operativnog NSRAO-a iz NE Krško, te 24 spremnika N2d ili 60 % predviđenog otpada iz CSF-a i jedan spremnik N2d s NSRAO-om nastalim tijekom kondicioniranja za odlaganje.
3. Faza pripravnosti odlagališta trebala bi trajati od 2030. do 2050. godine kada se neće prihvaćati otpad.
4. U 2050. godini odlagalište treba pripremiti za ponovni prihvati i zbrinjavanje NSRAO-a, odnosno preostalog operativnog i dekomisijskog NSRAO-a NE Krško, preostalog institucionalnog radioaktivnog otpada iz CSF-a i njegove razgradnje, razgradnje istraživačkog reaktora TRIGA Mark II te otpada iz rada, razgradnje i zatvaranja odlagališta.
5. Odlagalište će raditi do 2058. godine, a iste godine treba se provesti razgradnja neodlagališnih zgrada.
6. Ovisno o analizi potrebe zbrinjavanja, odlagalište će nastaviti s radom nakon 2059. godine ili će se 2059. godine zatvoriti i započeti dugotrajni nadzor i održavanje.



Slika 7-1 Shematski prikaz glavnih ključnih točaka Strategije 4 iz ReNPROIG23-32 [10]

7.3 Inventar

U Poglavlju 3.1 ovog dokumenta prikazana su svojstva i ukupne količine NSRAO-a nastale radom i razgradnjom NE Krško, a detalji podjele i preuzimanja razrađeni su u Poglavlju 5. Tablica 3-11 sažima količine NSRAO-a koje će hrvatska i slovenska strana ravnomjerno podijeliti u osnovnom scenariju u skladu s Međudržavnim ugovorom, a Tablica 7-1 Slovensku polovicu. Procijenjene količine NSRAO-a za scenarij ELSC prikazane su u Tablica 3-12. Treba napomenuti da NSRAO iz razgradnje SFDS-a nije predmet podjele, već će se odlagati u zajedničkom DGO-u kako je razrađeno u Poglavlju 4.3.

Tablica 7-1 Slovenska polovica NSRAO-a iz NE Krško

Period nastanka NSRAO-a	Tip NSRAO	Izvor podataka	Volumen (m³)	Masa (t)	Aktivnost ⁽¹⁾ (Bq)	Zbrinjavanje nakon podjele i preuzimanja	
1983 - 2023	Operativni	Inventar	1.192,96	2.455,15	4,14×10 ¹³	Stavljanje paketa otpada u N2d u NE Krško. Transport i odlaganje u odlagalištu NSRAO Vrbina.	
2024 - 2043		Procjena		298,94	461,32	1,03×10 ¹³	Stavljanje paketa otpada u N2d u NE Krško. Transport i odlaganje u odlagalištu NSRAO Vrbina.
2043 - 2058			736,45	1.341,05	2,38×10 ¹²	WMF na lokaciji ⁽²⁾ . Obrada i kondicioniranje u N2d. Transport i odlaganje u odlagalištu NSRAO Vrbina.	
2103 - 2106	Dekomisijski			35,00	274,75	4,86×10 ¹¹	Obrada i kondicioniranje na lokaciji. Ovaj NSRAO će se odložiti u odlagalište VRAO.
Ukupno			2.263,35	4.532,28	5,47×10 ¹³		

(1) Aktivnost je na dan mjerenja (nije preračunata).

(2) Predviđeno je u Četvrtoj reviziji Programa razgradnje NE Krško [24].

NSRAO iz NE Krško koji će se morati odložiti u odlagalište Vrbina je sljedeći:

- NSRAO nastao tijekom rada i razgradnje NE Krško, uključujući zamijenjenu i uklonjenu opremu iz pogona;
- NSRAO koji će nastati u NE Krško tijekom kondicioniranja NSRAO-a za odlaganje i tijekom razgradnje postrojenja za kondicioniranje.

Aktivnostima kondicioniranja NSRAO-a u NE Krško te demontažom i dekontaminacijom postrojenja za kondicioniranje, kao i radom i razgradnjom odlagališta nastat će cca 52,2 t NSRAO-a koji će se pripremiti i kondicionirati za odlaganje u NE Krško kao i ostali otpad [58], [70].

Osim navedenog, u odlagalište će se smjestiti i NSRAO koji zadovoljava kriterije prihvatljivosti otpada za zbrinjavanje iz Centralnog skladišta (CSF) u Brinju i njegovu razgradnju (40 N2d spremnika) te NSRAO iz razgradnje istraživačkog reaktora TRIGA (36 N2d spremnika) [58], [72]. Ovaj NSRAO prema PZ-u za Četvrtu reviziju [17] nije predmet ove revizije Programa odlaganja RAO-a i ING-a iz NE Krško i stoga nije predstavljen niti dalje razrađen u ovom dokumentu.

Tablica 7-2 Procjena N2d spremnika za odlaganje NSRAO-a iz NE Krško u odlagalište Vrbina

NSRAO iz NE Krško	Broj odlagališnih spremnika N2d	Broj odlagališnih spremnika: do 2030 / nakon 2030
Operativni NSRAO iz NE Krško	674 ¹³	506 / 168 ¹⁴
Dekomisijski NSRAO iz NE Krško	176	0 / 176
NSRAO iz procesa kondicioniranja, rada i razgradnje odlagališta	15 ¹⁵	1 / 14
Ukupno	865	507 / 358

7.4 Koncepti, planovi i tehnička rješenja

Donošenjem Uredbe o nacionalnom prostornom planu u prosincu 2009. godine [76], koncept zbrinjavanja je određen odlaganjem otpada u odlagališne silose koji su izgrađeni s površine, ali smješteni u slojevima mulja niske propusnosti u zasićenoj zoni ispod razine podzemnih voda. Tim se konceptom objedinjuju svojstva površinskih odlagališta (odlaganje na površini) i svojstva podzemnih odlagališta (postavljanje odlagališnih jedinica u zasićene geološke formacije niske propusnosti) [73].

Položaj i dizajn odlagališta omogućuju proširenje dodatnim silosima. Odlagalište NSRAO-a uključuje sve konstrukcije, sustave i komponente potrebne za rad samodostatnog nuklearnog postrojenja i odlaganje NSRAO-a [76].

Koncept odlagališta Vrbina Krško temelji se na sustavu s više barijera i sustavu u kojem pojedinačne komponente odlagališta omogućuju višestruke sigurnosne funkcije. Važan dio uloge izolacije otpada temelji se na pravilno obrađenom i kondicioniranom otpadu, konačnim odlagališnim paketima (jedinicama) i projektiranom sustavu barijera odlagališta [70].

Razvoj i status projekta odlagališta Vrbina

U travnju 2019. godine, nakon pregleda i dopune dokumentacije za odlagalište NSRAO-a, koja je uključivala izvješće o utjecaju na okoliš, nacrt izvješća o sigurnosti, idejni projekt, projektne osnove, stručno mišljenje ovlaštenog stručnjaka za radiološku i nuklearnu sigurnost i druge referentne dokumente, URSJV je izdala nacrt prethodne suglasnosti za nuklearnu i radiološku sigurnost. Krajem 2019. godine pokrenut je postupak prekogranične procjene utjecaja na okoliš koji se provodio tijekom 2020. i prve polovice 2021. godine te je uspješno okončan u lipnju 2021. godine. Nakon javne objave dokumentacije 2020. godine i javne rasprave, projekt odlagališta NSRAO-a dobio je okolišnu suglasnost odlukom Slovenske agencije za okoliš [77] od 30. lipnja 2021. i dopunske odluke [78] od 5. srpnja 2021. godine.

Odlagalištu NSRAO-a dodijeljen je status nacionalnog infrastrukturnog objekta Uredbom Vlade RS i rješenjem URSJV-a kao tijela nadležnog za nuklearnu sigurnost [79].

¹³ Broj N2d spremnika prema PR-u, revizija 4, Prilog 2: Odlaganje operativnog otpada [24].

¹⁴ Na temelju PR-a, revizija 4 (Prilog 2: Odlaganje operativnog otpada), 75% ukupnog operativnog NSRAO-a bit će odloženo do 2029. godine, dok će preostalih 20% biti odloženo u godinama nakon 2043. godine [24].

¹⁵ To uključuje 4 N2d spremnika iz aktivnosti kondicioniranja NSRAO-a u NE Krško, 2 N2d iz rada odlagališta, 8 N2d iz razgradnje postrojenja za kondicioniranje u NE Krško te 1 N2d iz razgradnje odlagališta [58], [72].

U siječnju 2022. godine URSJV je dao suglasnost za izvješće o sigurnosnoj analizi odlagališta NSRAO-a Vrbina, Krško [76], izdavanjem mišljenja o izgradnji odlagališta NSRAO-a [74].

Građevinska dozvola za odlagališni dio (silos za odlaganje, tehnološka zgrada,...) odlagališta NSRAO-a izdana je 27. srpnja 2022. godine, a postala je pravomoćna u srpnju 2023. godine.

Građevinska dozvola za infrastrukturni dio (pristupna cesta, kanalizacija, vodoopskrba, elektro i komunikacijski sustavi, fizičko-tehničko osiguranje,...) odlagališta NSRAO-a izdana je 15. ožujka 2023. godine, a postala je pravomoćna u travnju 2023. godine.

2023. godine izabran je izvođač za proizvodnju betonskih spremnika N2d [80]. Izvođač je započeo s pripremom dokumentacije potrebne za proces i s razvojem betonskih mješavina za izradu betonskog spremnika.

Postupak javne nabave za izgradnju odlagališta podijeljen je u tri faze (infrastrukturni dio, dio iza odlaganje i portalna dizalica).

Nakon što je postupak javne nabave okončan potpisanim ugovorom u lipnju 2023. godine, započela je izgradnja infrastrukturnog dijela (rekonstrukcija ceste, kanalizacija, struja, vodoopskrba, ...) koja je završena u svibnju 2024. godine izgradnjom vanjske ograde i uspostavljenim fizičko-tehničkim osiguranjem.

U lipnju 2023. godine ARAO je objavio poziv za nadmetanje za izgradnju odlagališnog dijela odlagališta, koji je uspješno okončan u travnju 2024. godine potpisivanjem ugovora s odabranim izvođačem [81]. Izgradnja je započela u svibnju 2024. godine pripremom gradilišta i nastavila se izgradnjom primarne obloge, koje je uspješno dovršeno krajem 2024. Nakon toga započelo je bušenje bušotina za odvodnju u području silosa, koje služe za ispumpavanje vode i time smanjenje tlaka. Iskopavanje odlagališnog silosa započelo je u travnju 2025. i završeno je u listopadu 2025. godine. Istovremeno su u tijeku pripreme za izgradnju sekundarne obloge silosa.

Treća faza je isporuka portalne dizalice. Postupak javne nabave raspisan je u ožujku 2024., a ugovor je potpisan u listopadu 2024. godine. Projektiranje i izrada portalne dizalice je u tijeku.

U 2025. godini dovršeno je istraživanje i ispitivanje o proizvodnji, ugradnji i svojstvima cementa za popunjavanje i brtvljenje odlagališnih spremnika N2d.

7.4.1 Opis odlagališta

7.4.1.1 Koncept odlagališta

Osnovni koncept odlaganja NSRAO-a na lokaciji Vrbina predstavlja odlaganje pravilno pripremljenog i zapakiranog NSRAO-a u skladišne jedinice, odnosno silose smještene ispod razine podzemnih voda na samoj lokaciji. Odlaganje se provodi s površine.

Osnovna namjena odlagališta NSRAO-a spriječiti je migraciju radionuklida u okoliš nizom uzastopnih prirodnih i umjetnih barijera; projektiran je kao složena tehnološka cjelina. Sustav silosa s više barijera sastoji se od sljedećih glavnih barijera: pravilno pripremljenog otpada, metalne bačve, betonskog spremnika, betonskog silosa i geologije/okruženja lokacije odlagališta [73].

Otpad će se pakirati u konačne pakete za odlaganje (spremnika) u NE Krško, [70], [73], [55], transportirati na lokaciju Vrbina gdje će se N2d spremnici zapuniti sa smjesom za punjenje i odlagati u silos.

U silos će se odlagati jedino čvrsti NSRAO, koji neće biti eksplozivan niti zapaljiv, bit će kemijski stabilan, slabo topiv u vodi i sadržavat će izuzetno mali udio organske tvari.

Otpad će se odlagati u metalne bačve koje će se postaviti u N2d betonske spremnike i na vrhu puniti betonskom ispunom koja će ispuniti sav slobodni prostor u spremniku [73].

Odlagalište NSRAO-a projektirano je s objektima koji će omogućiti provedbu svih aktivnosti potrebnih za njegov rad i trajno odlaganje NSRAO otpada.

Odlagalište je prostorno podijeljeno na sljedeće cjeline:

- ulazni dio s praznim vanjskim površinama (izvan ograde užeg područja),
- uže područje odlagališta.

Uže područje odlagališta predviđeno je za administrativne i uslužne djelatnosti, preuzimanje i odlaganje otpada te za osiguranje fizičke sigurnosti odlagališta. Na ovom području se nalaze:

- Zgrada za administrativne i servisne djelatnosti,
- Tehnološka zgrada,
- Silos za odlaganje sa pripadajućom halom iznad,
- Kontrolni bazen.

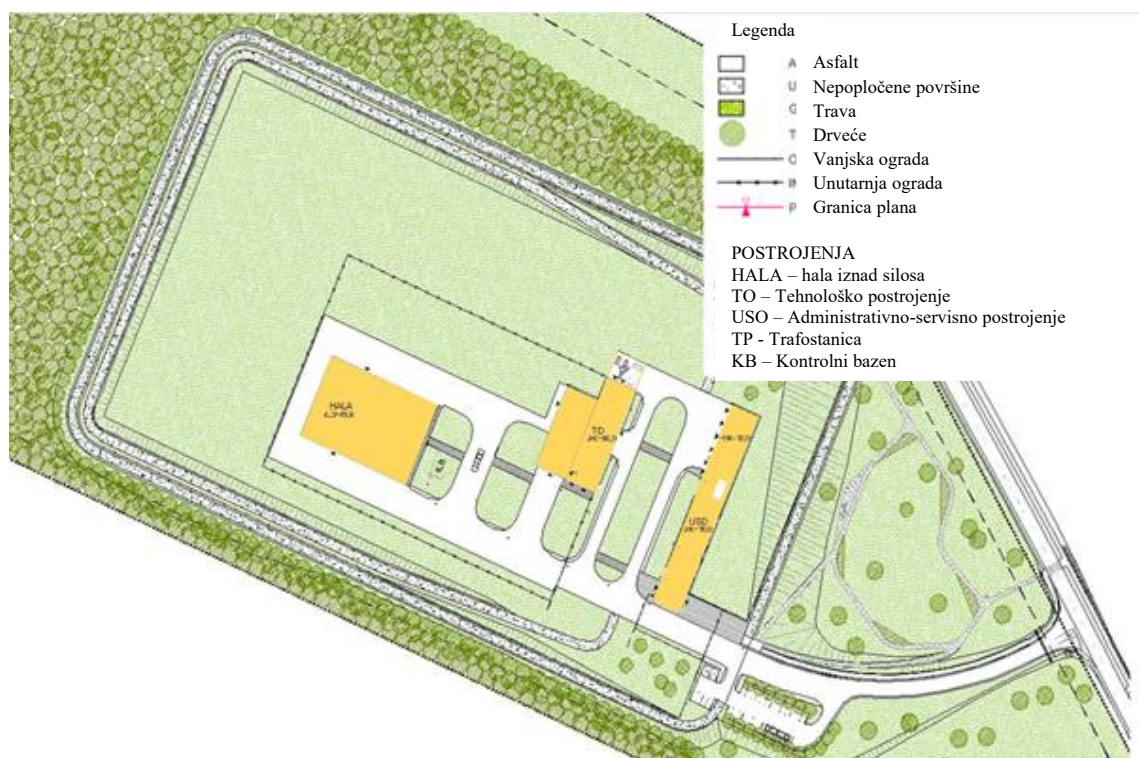
Građevine su smještene na nasipu za zaštitu od poplava radi zaštite od vjerojatnih maksimalnih poplava.

Zgrada za upravu i servisne djelatnosti (ASF) namijenjena je poslovima upravljanja odlagalištem i pratećim uslužnim i administrativnim poslovima, poslovima kontrole ulaska na odlagalište i fizičke zaštite odlagališta.



Slika 7-2 Prikaz prostornog smještaja pojedinih objekata odlagališta: 1 Administrativno-servisno postrojenje, 2 Tehnološko postrojenje, 3 Prostorija iznad silosa [73].

U središnjem dijelu skladišta nalazi se Tehnološka zgrada. Ona je namijenjena za privremeno skladištenje i, ako je potrebno, popravak oštećenih spremnika otpada, osnovna laboratorijska istraživanja, kontrolu tehnoloških procesa i preostale potrebne tehnološke i uslužne funkcije odlagališta kao i funkcije za osiguranje zaštite od zračenja. Tehnološka zgrada je ujedno i ulazno-izlazna točka u kontrolirani prostor odlagališta NSRAO-a (Slika 7-3).



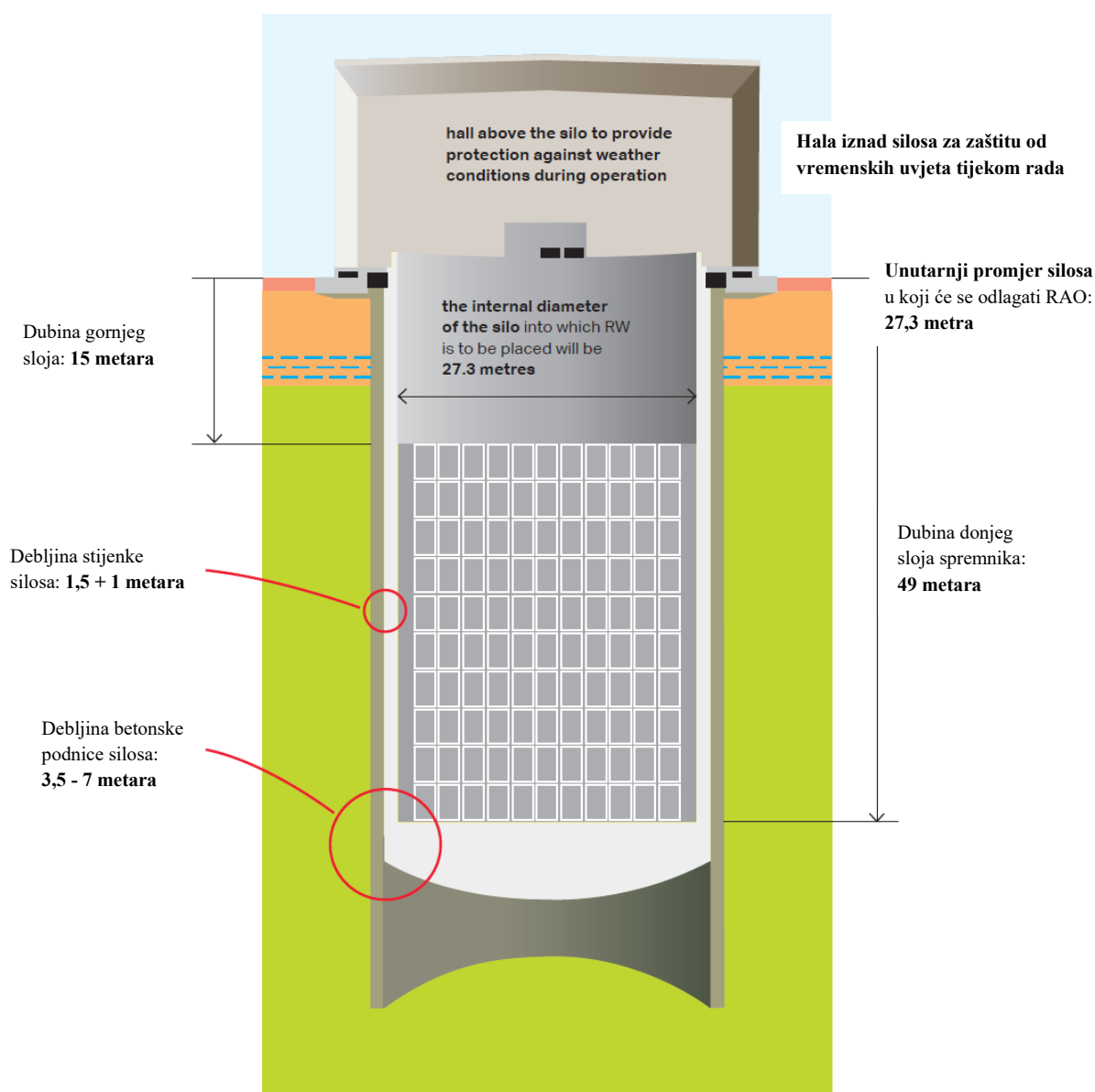
Slika 7-3 Prostorni smještaj pojedinih odlagališnih objekata [73]

7.4.1.2 Odlagališne jedinice

Silos

Silos se izvodi kao cilindrična konstrukcija od armiranog betona s unutarnjim promjerom od 27,3 m. Sastav stijenke silosa uključuje primarnu oblogu od 1,5 m i sekundarnu oblogu, a njihova zajednička debljina iznosi 2,5 m [73].

Na neto površinu silosa može se postaviti 99 spremnika na svakoj razini. Visina i lokacija objekta prilagođavaju se tako da se 10 razina spremnika 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 (Slika 7-4).



Slika 7-4 Prikaz poprečnog presjeka silosa tijekom rada [81]

Namjena silosa je:

- osigurati prostor za odlaganje u primjereno čvrstoj građevini u odnosu na predviđena događanja projekta i zahtijevanu trajnost konstrukcije;
- ograničiti pristup vode odloženom otpadu i širenje onečišćenja u okoliš ograničavanjem protoka podzemnih voda i povoljnim sorpcijskim učincima;
- prikupljanje i zadržavanje vode koja potencijalno prodire kroz stijenku silosa;
- osigurati biološki štit;
- osigurati inženjersku barijeru koja ograničava prodor vode nakon zatvaranja odlagališta [73].

U sigurnosnim analizama silos se smatra jednom od inženjerskih barijera (osim spremnika i primarnog paketa NSRAO-a) [73].

Spremnik

Spremnik N2d je armiranobetonski spremnik namijenjen za odlaganje otpada u odlagalište NSRAO-a i jedan je od najvažnijih inženjerskih elemenata sustava više barijera koji sprječava širenje radioaktivnih tvari s odlagališta u okoliš.

Isključivo taj spremnik će se upotrebljavati za proizvodnju paketa za odlaganje. N2d je 2018. godine dobio Slovensku tehničku suglasnost STS-17/0019, koja će biti obnovljena 2025. godine sukladno potpisanom ugovoru za proizvodnju i isporuku N2d spremnika [80].

Spremnik N2d licenciran je kroz postupak ishođenja građevinske dozvole odlagališta i postupak odobravanja izvješća o sigurnosti odlagališta [73], [74].

Proizvedeni prazni spremnici za odlaganje odvojit će se iz proizvodnog pogona u NE Krško gdje će se puniti prethodno pakiranim ili nepakiranim NSRAO-om.

Predložen je osnovni dizajn spremnika N2d. Trenutačno nisu potrebne niti se planiraju modifikacije spremnika N2d ili varijante spremnika N2d. U završnom položaju unutar silosa spremnik pruža 300-godišnju zaštitu okoliša od opasnosti koju predstavlja NSRAO. To se osigurava upotrebom trajnih materijala, poštivanjem zahtjeva dizajna na tehnološkoj razini u procesu proizvodnje te redovitom provedbom kontrole kvalitete izrađene ambalaže i korištenih materijala. Prema dizajnu, spremnik za odlaganje će zadovoljiti zahtjeve za paket IP-2 [73]. Geometrija, dimenzije i druge važne karakteristike spremnika za otpad N2d navedene su u potpoglavljima u nastavku i Tablica7-3.

Tablica7-3 N2d dimenzije i težine [73].

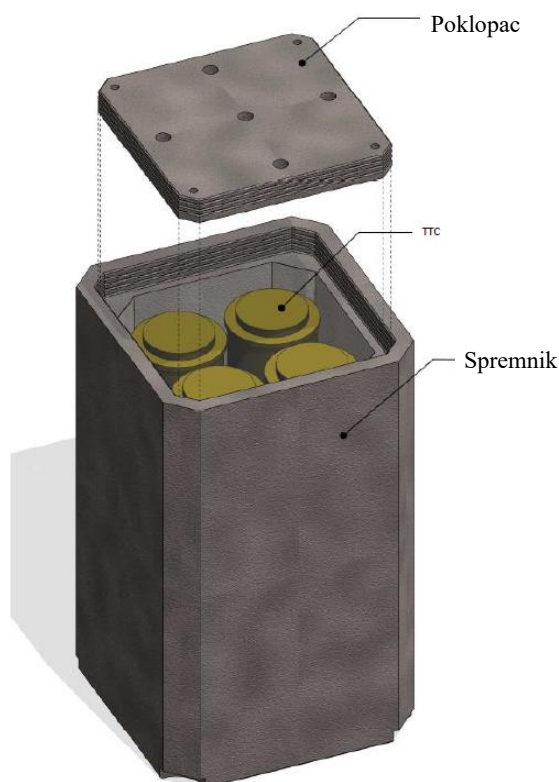
Dimenzije (mm)	
Širina x duljina x visina	
Vanjske:	1950 x 1950 x 3300
Unutrašnje:	1490/1490 x 1550/1550
Visina na vrhu/dnu prije/nakon postavljanja poklopca	3070/2870
Debljina donje ploče	230
Debljina stjenke (gornje/donje)	230/220
Debljina poklopca	200

Volumen spremnika	
Bruto volumen, vanjske dimenzije	12,28 m ³
Neto volumen nakon postavljanja poklopca	6,31 m ³
Težina	
Prazni spremnik s poklopcem	14,92 t
Poklopac	1,36 t
Maksimalna dopuštena težina spremnika	40 t

Spremnik za odlaganje N2d izveden je za sljedeće kombinacije primarnih i sekundarnih paketa otpada [73]:

- 4 komada cijevnih spremnika (TTC) postavljenih na donju ploču spremnika u uzorku 2 x 2 u uspravnom položaju
- 12 komada bačvi od 200 ili 320 litara koje se izračunavaju ovisno o kombinaciji postavljenih na donju ploču spremnika u uzorku 2 x 3 x 2 u uspravnom položaju
- kombinacija TTC-ova i bačvi od 200 litara i/ili 320 litara čija se najveća ukupna bruto težina izračunava ovisno o kombinaciji
- Nezapakirane vrste NSRAO-a

Najveća ukupna bruto težina koja se izračunava ovisno o kombinaciji i ne smije premašiti 40 tona (prosječna gustoća sadržaja spremnika, otpada i smjese koja se uzima u obzir ne smije premašiti 3974 kg/m³) [73].



Slika 7-5 3-D prikaz spremnika za odlaganje

7.4.2 Postupci prije odlaganja i odlaganje slovenske polovice NSRAO-a iz NE Krško

Obrada i kondicioniranje

Završno kondicioniranje NSRAO-a ima za cilj proizvodnju odlagališnog paketa koji zadovoljava WAC za odlaganje. Pakiranje NSRAO paketa u N2d će se izvoditi u zgradi za manipulaciju otpadom na lokaciji NE Krško [70].

Nakon dolazne inspekcije, pretkondicionirani otpad u primarnim pakiranjima i natpaketima bit će utovaren u spremnik za odlaganje u skladu s postupcima primjenjivim u postrojenju za konačno kondicioniranje. Nakon toga će se poklopac spremnika montirati na vrh spremnika. Pričvršćuje se na tijelo spremnika pomoću posebnih sidrenih elemenata i vijaka. ARAO će se pobrinuti za transport N2d spremnika iz NE Krško do odlagališta Vrbina. Prijevoz će se obavljati javnim cestama [70], [73]. Preostali slobodni prostor unutar odlagališnog spremnika bit će napunjen ispunom kroz otvore za injektiranje na poklopcu, a razmak između tijela spremnika i poklopca bit će ispunjen smjesom za punjenje [82].

Rukovanje N2d spremnikom unutar odlagališta

Postupci unošenja i zaprimanja otpada provodit će se na mjestu ulaza u odlagalište gdje će se provjeriti usklađenost paketa za odlaganje, vizualnim pregledom, mjerenjem površinskog zračenja i provjerom popratne dokumentacije i oznaka. Ukoliko su svi uvjeti ispunjeni, transport će se nastaviti do hale iznad silosa. U slučaju bilo kakve izvanredne situacije daljnje radnje mogu se poduzeti u tehnološkom postrojenju, gdje se odlagališni paket može istovariti iz poluprikolice radi privremenog skladištenja i popravka.

Paketima za odlaganje može se rukovati bez zaštite osim ako je površinska doza veća od 2 mSv/h, što se može dogoditi samo u iznimnim slučajevima kod isključive uporabe ili uz posebni dogovor [73].

Postavljanje odlagališnih paketa u silos

U hali iznad silosa se svaki pojedinačni spremnik portalnom dizalicom (nosivosti 40 t) odlaže na prethodno određeno mjesto u odlagališnom silosu. Dizalicom će se upravljati daljinski s upravljačke ploče u tehnološkom objektu [73].

Kapacitet jednog silosa je 990 N2d spremnika što odgovara volumenu odlaganja od 12.157 m³. Spremnici će se u slojevima postavljati tako da između njih ostane razmak od 200 mm. Ovi razmaci omogućuju rukovanje spremnikom posebnim uređajem za hvatanje s okretnim nogama. Na svaki drugi sloj spremnika u silosu postaviti će se sloj betona debljine 100 do 300 mm kako bi se uklonile neravnine nastale tijekom procesa postavljanja spremnika [73].

7.5 Vremenski plan za scenarij odlaganja slovenske polovice NSRAO-a NE Krško

Vremenski okviri razdoblja odlagališta uzimaju u obzir životni vijek NE Krško do 2043. godine u osnovnom scenariju (BC) s novim vremenskim rasporedom razgradnje prema PDP rev.7 [20] u kojem se planira završetak razgradnje NE Krško 2058. godine. Dodatno, u skladu s PZ-om [17], uključen je ELSC (scenarij produljenog rada NE Krško).

U režimu faze pripravnosti, odlagalište će biti u stanju "hladnog zaustavljanja". Iako se neće odvijati prihvati i odlaganje NSRAO-a, osigurat će se sve aktivnosti koje nuklearno postrojenje mora obavljati u skladu s nacionalnim zakonodavstvom [31], [83], [84] i očuvati status odlagališta kao nuklearnog objekta.

Izgradnja infrastrukturnog dijela odlagališta završena je u svibnju 2024. godine. U BC scenariju preostaje izgraditi jedan silos, tehnološku i drugu zgradu te pripadajuću infrastrukturu u roku od 3,5 godine za odlaganje slovenske polovice NSRAO-a NE Krško i svih ostalih NSRAO-a proizvedenih u RS-u izvan NEK-a. Tada će započeti maksimalno jednogodišnji probni rad nakon ishoda dozvole za probni rad, što je uvjet za prihvati radioaktivnog otpada. Prema Pravilniku o faktorima radiološke i nuklearne sigurnosti [83], za odlagalište radioaktivnog otpada suglasnost za probni rad postrojenja smatra se dozvolom za odlaganje radioaktivnog otpada pri čemu mora biti osigurana mogućnost uklanjanja otpada iz odlagališta i vraćanje postrojenja u prvobitno stanje. Tijekom probnog rada provest će se testovi i eksperimenti izgrađenog i za rad spremnog odlagališta kako bi se provjerila i definirala usklađenost rada odlagališta i SSC-a (*System Structure and Components*) s odobrenim projektnim rješenjima i zahtijevanim projektnim uvjetima [73]. Tijekom probnog rada ARAO će početi odlagati N2d spremnike s NSRAO-om, pri čemu se osigurava da se maksimalno 198 odloženih N2d spremnika (2 sloja spremnika) može ukloniti iz odlagališta i vratiti odlagalište u prvobitno stanje [10]. Stoga će prvi sloj betona biti postavljen na prva dva sloja spremnika tek nakon dobivanja uporabne dozvole odlagališta.

Po završetku probnog rada bit će ishoda uporabna dozvola, a temeljem te dozvole početkom 2028. godine odlagalište će biti pušteno u redoviti rad i radit će do 2029. godine, kada će biti zbrinut sav "slovenski" operativni otpad. 2030. godine odlagalište će ući u fazu pripravnosti do ponovnog puštanja u rad 2050. godine.

Tijekom obnovljenog rada u odlagalište će se odlagati preostali "slovenski" operativni otpad nastao u NE Krško, kao i otpad nastao razgradnjom NE Krško do 2058. godine. Nakon zbrinjavanja cjelokupnog otpada i razgradnje neodlagališnog dijela odlagališta (2058. godine), silos i cijelo odlagalište se zatvaraju 2059. godine te se započinje s dugoročnim nadzorom, kontrolom i održavanjem odlagališta [70], [73], [10].

U ELSC scenariju ključne točke za izgradnju odlagališta, probni i redoviti rad te ulazak u fazu pripravnosti iste su kao i za BC scenarij. Glavna razlika je u tome što će prema ELSC-u faza pripravnosti trajati do 2070. godine kada se planira izgradnja drugog silosa za preostali NSRAO iz NE Krško, a odlagalište će ponovno raditi do 2078. godine. Iste godine će se razgraditi neodlagališni dio odlagališta, zatvoriti silos i cijelo odlagalište 2079. godine te će se započeti s dugoročnim nadzorom, kontrolom i održavanjem odlagališta.

U skladu s dinamikom izgradnje, do kraja 2027. godine, odlagalište će započeti s jednogodišnjim probnim radom s prvih 10 spremnika za odlaganje koji će se koristiti za testiranje, ali neće biti odloženi. Nakon toga, tijekom drugog dijela probnog rada, odložit će se prvi i drugi sloj spremnika. 3 godine punog redovnog rada započet će 2028. i završiti do kraja 2030. godine.

U BC-u, 865 N2d spremnika (Tablica 7-2) s NSRAO-om iz NE Krško će se odložiti u jedan odlagališni silos [70], [20], s projektiranim kapacitetom od 990 spremnika. Projektna rezerva je 49 spremnika ili cca 5 % kapaciteta silosa, gdje je uključeno i zbrinjavanje 76 spremnika iz CSF-a i Triga istraživačkog

reaktora. Planirano je do kraja 2030. godine zbrinuti 506 spremnika, odnosno 75 % slovenskog udjela NSRAO-a iz NE Krško, 60 % CSF otpada i 1 spremnik iz kondicioniranja NSRAO-a u NE Krško, a odlagalište 2031. godine ulazi u fazu pripravnosti (Tablica 7-4). Ostali operativni otpad NE Krško i sav otpad nastao razgradnjom NE Krško bit će zbrinut nakon ponovnog pokretanja rada odlagališta 2050. godine [70], [20].

Za scenarij ELSC, očekuje se da će se produljenim radom NE Krško proizvesti dodatnih 160 N2d spremnika koji će biti odloženi djelomično u prvom silosu (2070. godine), a ostatak u drugom u razdoblju od 2071. do 2078. godine.

Tablica 7-4 Vremenski raspored za osnovni scenarij odlagališta s brojem spremnika za odlaganje po godinama [70].

Godina – prije početka razgradnje NE Krško	2023 2/2	2024	2025	2026	2027 1/2	2027 2/2	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Izgradnja																					
Probni rad – "hladno" testiranje						10															
Probni rad (kraj 2027.) i redoviti rad (u 2028.) – punjenje prvog silosa, faza 1							200	200	106												
Prekid odlaganja – faza pripravnosti																					
Popunjenost silosa (%)							20	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Godina – nakon početka razgradnje NE Krško	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059				
Razgradnja odlagališta																					
Zatvaranje odlagališta																					
Operativni dio – punjenje prvog silosa, faza 2								40	40	40	40	40	40	40	40	40					
Prekid odlaganja – faza pripravnosti																					
Popunjenost silosa (%)	50	50	50	50	50	50	50	55	59	63	67	71	75	79	83	87	87				

7.6 Procjena troškova i financiranje odlagališta

Svi troškovi navedeni u ovom poglavlju izraženi su u EUR iz siječnja 2024. Troškovi su preuzeti iz Programa ulaganja [70] i njegove prateće dokumentacije te su prilagođeni kako bi adresirali aktivnosti iz PDP [20] i očekivani broj odlagališnih spremnika. Troškovi izgradnje silosa i ostalih građevina i opreme su u skladu s potpisanim ugovorom s izvođačem, a isto vrijedi i za očekivane troškove proizvodnje N2d spremnika za odlaganje. Troškovi administracije, usluga i svi ostali troškovi povezani s radom odlagališta kao što su troškovi održavanja lokacije, nadzor, rad, komunalne usluge, naknade za ograničeno korištenje zemljišta (...) isključivo se temelje na investicijskoj dokumentaciji [70].

Izgradnja i rad odlagališta financirat će se iz slovenskog Javnog fonda za financiranje razgradnje Nuklearne elektrane Krško i odlaganja radioaktivnog otpada Nuklearne elektrane Krško (Javni Sklad NEK) [85] i proporcionalno iz državnog proračuna za radioaktivni otpad koji ne potječe iz NE Krško [70], [10].

Ključ za raspodjelu između oba izvora financiranja do zatvaranja odlagališta je količina odloženog otpada iz NE Krško i iz drugih izvora [70], [10]. Volumen NSRAO-a iz NE Krško procjenjuje se na 90,62 %, a volumen ostalog otpada na 9,38 % [70]. Konačna podjela troškova između Sklada NEK i državnog proračuna izvršit će se na temelju stvarno odloženog volumena radioaktivnog otpada [70], [10].

Trošak aktivnog dugoročnog nadzora i održavanja odlagališta, procijenjen na 11,37 milijuna eura bit financiran će u skladu sa ZVISJV-1, čl. 173. [31] iz državnog proračuna te se stoga ne uzimaju u obzir kao ukupni troškovi Četvrte revizije.

Za ukupan pregled procijenjenih i već uložених sredstava, uključene su stavke ukupnih troškova investicije za odlagalište Vrbina bez obzira na izvor financiranja (Javni Sklad NEK, državni proračun).

Za potrebe izračuna diskontiranja i anuiteta u ostalim poglavljima ove Četvrte revizije koristi se samo udio izvora financiranja Javnog sklada NEK u Republici Sloveniji.

Troškovi obrade i kondicioniranja (cementiranja) za odlaganje, uključujući prijevoz do odlagališta, uključeni su u troškove odlagališnih spremnika i snosi ih ARAO financiranjem iz Javnog sklada NEK.

Ukupni procijenjeni troškovi odlagališta podijeljeni su u dva glavna dijela [70]:

- Investicijski troškovi za izgradnju i zatvaranje odlagališta, inženjering, oprema, projektna i investicijska dokumentacija, troškovi lokacije i gradilišta, troškovi naknade za ograničeno korištenje zemljišta, troškovi probnog rada, ...
- Operativni troškovi izravno povezani s radom odlagališta kao što su troškovi spremnika za odlaganje, troškovi rada, troškovi osiguranja, troškovi nadzora, ...

7.6.1 Troškovi ulaganja

Procjena investicijskih troškova uključuje troškove izravno vezane uz izgradnju i zatvaranje odlagališta te ostale troškove. Svi troškovi temelje se na stalnim cijenama (nominalni troškovi) i isključuju PDV.

Troškovi ulaganja u odlagalište obuhvaćaju i troškove razgradnje nuklearnog dijela neodlagališnih postrojenja u 2059. godini (upravne, servisne i tehnološke zgrade), posebice za dekontaminaciju i demontažu opreme [70].

Troškovi izgradnje i zatvaranja odlagališta

Sažetak troškova izgradnje i zatvaranja prikazan je u Tablica 7-5 s obzirom na već odrađene radove do kraja 2023. godine.

Tablica 7-5 Ukupni očekivani troškovi izgradnje odlagališta, opreme i radova na zatvaranju [70]

Stavka troška (trošak u 000 EUR bez PDV-a, konstantne cijene, siječanj 2024.)	Već izgrađeno / potrošeno do kraja 2023.	Vrijednost neizvršenih radova	Procjena udjela nepredviđenih troškova	Nerealizirani radovi s nepredviđenim troškovima	Ukupno
Platforma	662	329	0.10	362	1.024
Infrastrukturni priključci	820	1.305	0.10	1.436	2.256
Objekti koji nisu namijenjeni odlaganju	-	15.645	0.10	17.210	17.210
Objekti za odlaganje	-	52.380	0.10	57.618	57.618
Mehanički sustavi	-	4.541	0.10	4.995	4.995
Električni sustavi i telekomunikacije	-	2.797	0.10	3.077	3.076
Sustavi tehničke zaštite	-	746	0.10	821	821
Transportni uređaji	-	9.375	0.10	10.313	10.313
Radiologija	-	943	0.10	1.037	1.037
Vanjsko uređenje	533	7.203	0.10	7.923	8.458
Krajobrazna arhitektura	-	915	0.10	1.007	1.006
Ukupno	2.015	96.178	0.10	105.796	107.813

Prema relativno detaljnim dostupnim podacima iz osnovne projektne dokumentacije, u skladu s međunarodnom praksom [85], visina pretpostavljenih nepredviđenih troškova procijenjena je jedinstvenom stopom od 10 % (jednaka marža od 10 % na sve stavke troškova). U slučaju izgradnje platforme i infrastrukturnih priključaka, nepredviđeni troškovi naplaćuju se samo za dio koji još nije izgrađen (od siječnja 2024.).

Ukupni troškovi izgradnje, opreme i zatvaranja silosa za osnovni scenarij, uključujući nepredviđene troškove, prema [70] procijenjeni su na 107,813 milijuna EUR (bez PDV-a). Ova je procjena prilagođena na temelju ugovora potpisanog u travnju 2024. [81] za izgradnju odlagališta u razdoblju 2024.-2027. Procjena troškova opreme i izgradnje odlagališnog dijela iz [70] je konzervativno povećana za 10% što otprilike predstavlja razliku između potpisane vrijednosti ugovora bez PDV-a (92,78 milijuna EUR) i procijenjene vrijednosti iz [70] (85,04 milijuna EUR). Uz ovu prilagodbu, ukupni troškovi izgradnje, opreme i zatvaranja odlagališta za osnovni scenarij, uključujući nepredviđene troškove, procjenjuju se na 118,793 milijuna EUR (bez PDV-a).

U scenariju ELSC, dodatni silos bit će izgrađen 2070. godine za iste nominalne troškove kao što su procijenjeni za prvi silos (Tablica 7-5), što je rezultiralo procijenjenim ukupnim troškovima izgradnje, opreme i zatvaranja odlagališta, uključujući nepredviđene troškove od 175,073 milijuna EUR (bez PDV-a).

Ostali troškovi ulaganja

Ostali troškovi ulaganja za osnovni scenarij uključuju [70]:

- i. nabavu lokacije i gradilišta koja pokriva troškove procesa odabira lokacije, terenskih istraživanja, istraživanja i nadzora te kupnje lokacije odlagališta
- ii. troškove suradnje s lokalnim zajednicama i komunikacijskih aktivnosti,
- iii. troškove projektne i investicijske dokumentacije, inženjeringa, troškove ARAO-a kao investitora, troškove procedura rada odlagališta, troškove analize PA/SA i
- iv. trošak naknade zbog ograničenog korištenja zemljišta.

- i. Nabava lokacije i gradilišta dalje se dijeli na:

- (1) Troškove procjene područja pogodnih za odlaganje
- (2) Troškove terenskog ispitivanja, istraživanja i nadzora
- (3) Kupnju lokacije za odlagalište

Ukupni trošak nabave lokacije i gradilišta iznosi 8,614 milijuna eura s PDV-om, a 7,717 milijuna eura već je uloženo prethodnih godina.

- ii. Troškovi suradnje s lokalnim zajednicama i komunikacijskih aktivnosti,

Ukupni trošak suradnje s lokalnim zajednicama te komunikacijskih aktivnosti i protokola (troškovi šteta i ulaganja u lokalnu infrastrukturu) procijenjen je na 8,715 milijuna eura s PDV-om. Od ukupnog iznosa, 5,077 milijuna eura s PDV-om predviđeno je za aktivnosti komunikacije i suradnje, a 3,637 milijuna eura s PDV-om za protokole. Do 31. 12. 2023. godine već je uloženo 7,208 milijuna eura s PDV-om [70].

- iii. **Troškovi projektne i investicijske dokumentacije, inženjeringa**, troškovi ARAO-a kao investitora, troškovi procedura rada odlagališta, troškovi analize PA/SA

Troškovi dokumentacije, inženjeringa, ulaganja, analiza, PUO-a,... procijenjeni su na 41,325 milijuna eura s PDV-om. Do 31. 12. 2023. uloženo je 27,129 milijuna eura s PDV-om.

- iv. Troškovi naknade zbog ograničenog korištenja zemljišta.

U skladu s Uredbom o naknadi [39] donesenom 2020. godine, godišnja naknada na temelju stvarnih uplata Javnog sklada NEK za 2023. godinu iznosi 7,169 milijuna EUR [70].

Naknada za ograničeno korištenje zemljišta je bez PDV-a. Godišnji trošak naknade je fiksna i ne ovisi o količini odloženog NSRAO-a, već se korigira samo za razliku u inflaciji (< 1,5% stope inflacije u zemljama članicama Europske unije [86]). Od 2024. do 2026. svake godine predviđena je isplata od ukupno 7,169 milijuna eura.

Ukupni troškovi ulaganja za naknade za ograničeno korištenje zemljišta za planiranje izgradnje odlagališta, njegove izgradnje i zatvaranja (2059. godine), zajedno s već isplaćenim iznosima naknada do 31. 12. 2023. (84,056 milijuna EUR), iznose 105,713 milijuna EUR.

Ukupni troškovi ulaganja u odlagalište za osnovni scenarij

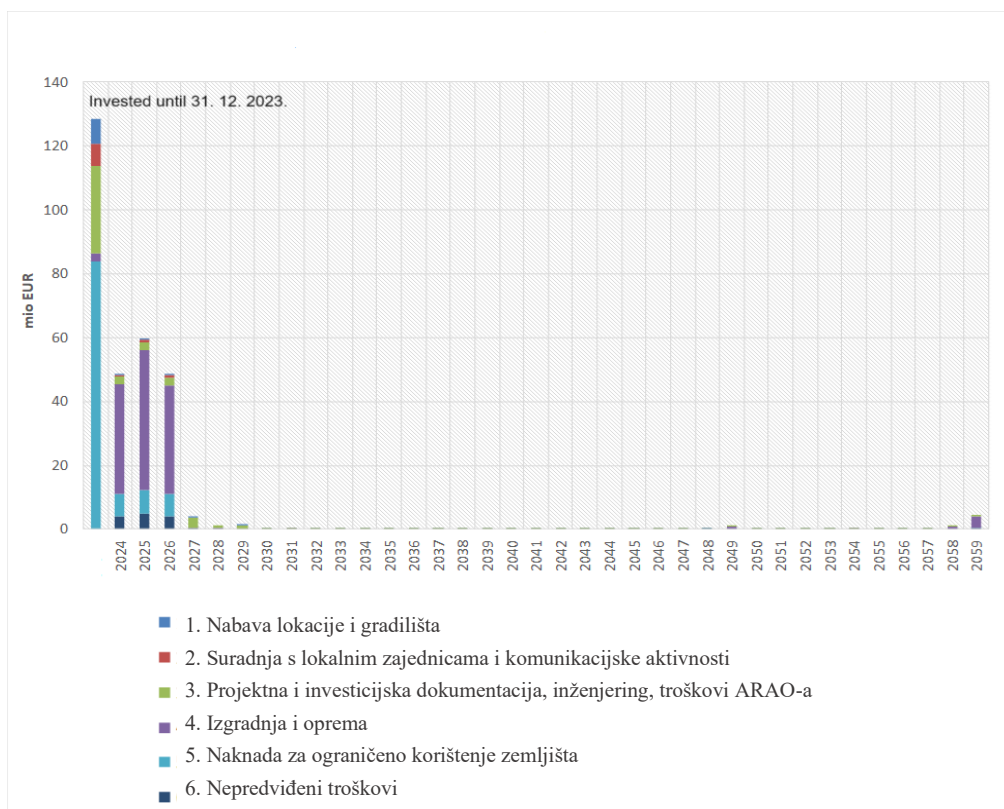
Cjelokupno investicijsko razdoblje za osnovni scenarij kreće se od 1998. do 2059. godine (osim razdoblja mirovanja 2027.-2058.). U vrijednost investicije uključeno je i 128,567 milijuna eura

uloženih prethodnih godina (od 1998. do 31. 12. 2023.). Troškovi ulaganja iskazani su s izdvojenim PDV-om, osim troškova naknade, troškova otkupa zemljišta i troškova vezanih uz ARAO koji su bez PDV-a. Detaljniji troškovi ulaganja po godini navedeni su u [70].

Vrijednost ulaganja u stalnim cijenama za glavne troškovne stavke prikazana je u Tablica7-6. Ukupna vrijednost ulaganja u stalnim cijenama u siječnju 2024. godine iznosi 306,997 milijuna EUR s PDV-om, od čega se investicijski udio koji se financira iz sredstava Javnog sklada NEK procjenjuje na 278,201 milijuna EUR (90,62 % s PDV-om), a udio koji se financira iz državnog proračuna na 28,796 milijuna EUR (9,38 % s PDV-om).

Tablica7-6 Ukupni troškovi ulaganja u odlagalište za BC s investicijskim udjelom Sklada NEK na temelju [65].

Stalne cijene u 000 EUR	Ukupna ulaganja	Ukupna ulaganja do 31.12. 2023. (EUR / %)	Ukupna ulaganja Sklada NEK	Ukupni udio ulaganja Sklada NEK (%)
1. Nabava lokacije i gradilišta	7.624	6.864 / 90,0 %	6.909	2,25 %
2. Suradnja s lokalnim zajednicama i komunikacijske aktivnosti	7.143	5.908 / 82,7 %	6.473	2,11 %
3. Projektna i investicijska dokumentacija, inženjering, troškovi ARAO-a u ulozi investicijskog agenta, troškovi procedura rada odlagališta, troškovi analize PA/SA	35.937	23.709 / 66,0 %	32.566	10,61 %
4. Izgradnja i oprema	107.381	2.014 / 1,9 %	97.309	31,70 %
5. Naknada za ograničeno korištenje zemljišta	105.713	84.056 / 79,5 %	95.797	31,20 %
6. Nepredviđeni troškovi	11.412	0 / 0 %	10.342	3,37 %
7. PDV	31.787	6.015 / 18,9 %	28.805	9,38 %
UKUPNO	306.997	128.567 / 41,9 %	278.201	90,62 %



Slika 7-6 Dinamika ulaganja za osnovni scenarij u stalnim cijenama za siječanj 2024. s PDV-om [65]

Najveća troškovna stavka u ukupnoj vrijednosti investicije je izgradnja i oprema koja iznosi 107,381 milijuna eura (bez PDV-a) i čini 31,70 % ukupnih investicijskih troškova Javnog sklada NEK. Druga po veličini stavka su troškovi naknada sa 105,713 milijuna eura koji predstavljaju 31,20 % ukupnih investicijskih troškova Javnog sklada NEK. Otprilike polovicu ukupnih investicijskih troškova čine troškovi koji nisu izravno vezani uz građevinske, tehničke, inženjerske ili druge uvjete odlaganja.

Ukupni troškovi ulaganja u odlagalište za ELSC scenarij

Cjelokupno investicijsko razdoblje za ELSC scenarij kreće se od 1998. do 2079. godine (osim razdoblja mirovanja 2027.-2078.). Vrijednost ulaganja u stalnim cijenama prikazana je za glavne troškovne stavke u Tablica 7-7. Ukupna vrijednost ulaganja u stalnim cijenama iz siječnja 2024. godine iznosi 375,570 milijuna eura (s PDV-om). Ulaganje iznosi 340,342 milijuna eura za investicijski udio koji financira Javni sklad NEK i 35.228 milijuna eura za udio koji se financira iz državnog proračuna.

Tablica 7-7 Ukupni troškovi ulaganja u odlagalište za ELSC s investicijskim udjelom Sklada NEK.

Konstantne cijene u 000 EUR	Ukupna ulaganja	Ukupna ulaganja do 31.12. 2023 (EUR / %)	Ukupna ulaganja Sklada NEK	Ukupni udjel ulaganja Sklada NEK %
1."Nabava" lokacije i zemljišta	7,624	6,864 / 90.0%	6,909	1.84%
2. Suradnja s lokalnim zajednicama i komunikacijske aktivnosti	7,143	5,908 / 82.7%	6,473	1.72%
3. Projektna i investicijska dokumentacija, inženjering, troškovi ARAO kao investitora, troškovi procedura za rad odlagališta, troškovi PA/SA analize	36,116	23,709 / 66.0%	32,728	8.71%
4. Izgradnja i oprema	158,665	2,014 / 1.3%	143,782	38.28%
5. Naknada za ograničenu uporabu zemljišta	105,713	84,056 / 79.5%	95,797	25.51%
6. Nepredviđeni troškovi	16,408	0 / 0%	14,869	3.96%
7. PDV	43,901	6,015 / 13.7%	39,784	10.71%
UKUPNO	375,570	128,567 / 34.2%	340,342	90.62%

Najveća troškovna stavka u ukupnoj vrijednosti investicije je trošak izgradnje 2 silosa i ostalih objekata te za nabavu opreme koji iznosi 158,665 milijuna eura (bez PDV-a) i čini 42,25 % ukupnih troškova ulaganja. Druga po veličini stavka su naknade sa 105,713 milijuna eura i predstavljaju 28,15 % ukupnih investicijskih troškova.

7.6.2 Operativni troškovi odlagališta

Operativni troškovi odlagališta izravno su povezani s aktivnostima odlaganja i provedbom svih operativnih aktivnosti kao i aktivnostima tijekom faze pripravnosti. Operativni troškovi za odlagalište NSRAO-a procijenjeni su po pojedinim troškovnim skupinama za pogonsku i fazu pripravnosti kako slijedi [70]:

- troškovi aktivnosti odlaganja,
- troškovi spremnika za odlaganje
- troškovi rada
- troškovi osiguranja,

- komunalne usluge i energetske troškovi,
- održavanje lokacije i materijalni troškovi,
- troškovi nadzora te radioloških i drugih mjerenja,
- naknada za ograničeno korištenje zemljišta,
- ostali operativni troškovi.

Opisi i pretpostavke za pojedine vrste operativnih troškova navedeni su u nastavku, a detaljnije u [70].

Troškovi aktivnosti odlaganja

Pretpostavlja se da je ARAO odgovoran za prijevoz spremnika iz NE Krško do odlagališta [70], [10], [18], [55].

U vrijeme testiranja hladnog pogona za osnovni scenarij i ELSC koristit će se 10 spremnika (bez odlaganja), a troškovi će iznositi 377 tisuća EUR (bez PDV-a) ili 37,7 tisuća EUR po spremniku.

Praznine oko spremnika u silosu (silosima) bit će ispunjene materijalom za punjenje (beton). Trošak materijala za punjenje za jedan sloj spremnika za odlaganje je cca 159 tisuća EUR (bez PDV-a). Tijekom godina intenzivnog odlaganja (kad će se zbrinjavati > 100 spremnika godišnje), bit će potrebna dva punjenja šupljina na svaka dva sloja odloženih spremnika.

U fazi pripravnosti ti se troškovi ne pojavljuju.

Troškovi spremnika za odlaganje

I za BC i ELSC scenarij, trošak proizvodnje praznog spremnika za odlaganje i njegovog transporta do NE Krško je, prema potpisanom ugovoru, 8.890 EUR [80]. Materijalni troškovi materijala za punjenje šupljina u spremniku i materijala za brtvljenje poklopca, uzimajući u obzir očekivanu revalorizaciju troškova od 5 % zbog dugih rokova izrade, trošak po spremniku iznosi 9.859 EUR.

Tablica 7-8 Troškovi ARAO odlagališnih spremnika

Stavka troškova	Procjena troškova (1000 EUR, stalne cijene, siječanj 2024., bez PDV-a, bez nepredviđenih troškova)
Spremnik N2d (izrada i transport do NE Krško) sa materijalom za punjenje	8,89
Troškovi materijala za punjenje i brtvljenje, revalorizacija	0,97
Procijenjeni troškovi kondicioniranja (ulaganja u zgradu WMB)	3,69
Transport od NE Krško do lokacije Vrbina	2,18
Ukupno	15,73

Trošak odlagališnog spremnika iz Tablica 7-8 ne uključuje troškove pripreme za odlaganje NSRAO-a iz NE Krško, troškove podjele i preuzimanja NSRAO-a, pripadajuće postupanje s ambalažom otpada, nabavu potrebne opreme, aktivnosti licenciranja, QA/QC, procedure potvrđivanja WAC-a i drugo. Ti će se troškovi prvi put pojaviti u razdoblju 2026.-2029. i procjenjuju se na 2,890 milijuna EUR, gdje se troškovi nabave opreme na temelju [80] procjenjuje se na 1,589 milijuna EUR, QA/QC aktivnosti na 0,7 milijuna EUR i troškovi rada na 0,6 milijuna EUR.

Gore opisani dodatni troškovi za razdoblje nakon 2050. godine (ponovno pokretanje pakiranja i prihvata NSRAO-a) u ovom trenutku nisu uključeni jer se vjerojatno može primijeniti ista oprema i postupci, a za podjelu i preuzimanje postoji još previše nepoznanica.

Ostali operativni troškovi

Troškovi rada

U scenariju BC i ELSC pretpostavlja se da će 12 ljudi biti zaposleno na operativnim poslovima i srodnim aktivnostima. Radna mjesta popunit će se s najmanje 9 djelatnika iz organizacijske jedinice ARAO-a za odlaganje i 3 radnika vanjskih izvođača ili radnika iz drugih organizacijskih jedinica ARAO-a. Očekivani godišnji troškovi rada tijekom pogona bit će 739 tisuća eura. U fazi pripravnosti predviđeno je smanjenje radne snage od 20 % uz proporcionalno smanjenje troškova. Ukupni troškovi radova bez PDV-a procjenjuju se na 12,669 milijuna EUR za BC i na 19,564 milijuna EUR za ELSC.

Troškovi osiguranja

Godišnji troškovi osiguranja procijenjeni su na 0,5 % svih troškova izgradnje i ulaganja u opremu bez PDV-a i nepredviđenih troškova, ali s 8,5 % poreza za transakcije osiguranja [87]. U fazi pripravnosti, premija osiguranja smanjit će se na 50 % vrijednosti koja vrijedi za redoviti rad, zbog smanjenja mogućnosti kvara stroja i manje vjerojatnosti drugih šteta.

Ukupni godišnji troškovi osiguranja (bez PDV-a) iznose 0,491 milijuna € (50 % u fazi pripravnosti - 0,245 milijuna EUR). Ukupno ti troškovi iznose 11,783 milijuna EUR za BC i 16,693 milijuna EUR za ELSC.

Komunalne usluge i energetske troškove

Godišnji troškovi komunalnih usluga i potrošnje energije procjenjuju se na 115 tisuća EUR (bez PDV-a) i uključuju troškove struje, vode, lož ulja i komunalnih usluga [70]. Oni će biti značajno smanjeni na 20 % tijekom faze pripravnosti. Ukupno ovi troškovi iznose 1,758 milijuna EUR (bez PDV-a) za BC i 2,136 milijuna EUR za ELSC.

Održavanje lokacije i materijalni troškovi

Godišnje održavanje lokacije i materijalni troškovi procjenjuju se na 1,081 milijuna EUR (bez PDV-a) za redoviti rad i smanjeni su na 20 % u fazi pripravnosti. Ukupno ti troškovi iznose 19,892 milijuna EUR za BC i 23,971 milijuna EUR za ELSC.

Troškovi nadzora i radioloških i drugih mjerenja

Ukupni godišnji troškovi nadzora i radioloških mjerenja tijekom rada procjenjuju se na 294 tisuće EUR (bez PDV-a). Tijekom faze pripravnosti ti su troškovi smanjeni na 80 % godišnjih troškova tijekom rada. Ukupno, troškovi nadzora i mjerenja iznose 8,642 milijuna EUR (bez PDV-a) za BC i 13,346 milijuna EUR (bez PDV-a) za ELSC.

Naknada za ograničeno korištenje zemljišta

U skladu s Uredbom o naknadi [39] za oba scenarija od 2027. nadalje, godišnji trošak naknade od 7,169 milijuna eura uključen je u operativne troškove odlagališta do 2043. godine.

U skladu s Uredbom o naknadi [39], utvrđeno je da se odgovarajući čimbenik za odlagalište NSRAO-a nakon prestanka rada postojeće NE Krško smanjuje s vrijednosti 98 na vrijednost 1. Stoga, kao dio

operativnih troškova [21], [39] za osnovni scenarij predviđena je isplata 254 tisuće eura naknade u razdoblju 2044.-2048. godine, a 156 tisuća eura u razdoblju 2049.-2058. Za ELSC, ta se plaćanja pomiču samo za 20 godina unaprijed. Općina korisnica ima pravo na ovu naknadu za sve godine rada odlagališta, kao i tijekom razdoblja pripravnosti.

Ukupni troškovi kompenzacije u operativnom razdoblju iznose 124,704 milijuna EUR za BC i 268,086 milijuna EUR za ELSC.

Ostali troškovi

Ostali operativni troškovi (uključujući troškove usluga, troškove fizičkog osiguranja, administrativne troškove, troškove suradnje s lokalnim zajednicama i komunikacijskih aktivnosti i ostalo) procjenjuju se na 0,50 % svih investicijskih troškova (bez poreza na dodanu vrijednost), plus 10 % troškova rada i troškova suradnje s lokalnim zajednicama u vrijeme rada odlagališta.

Sveukupno 1,784 milijuna EUR (bez PDV-a) godišnje je predviđeno za redovni rad uz smanjenje na 27 % tijekom faze pripravnosti. Ukupno tijekom cijelog razdoblja poslovanja, bez PDV-a, procjenjuje se 35,401 milijuna EUR za BC i 44,999 milijuna EUR za ELSC.

Ostali operativni troškovi

Ukupni operativni troškovi BC odlagališta Vrbina u razdoblju od 2026. do uključivo 2059. godine (Tablica 7-9) procijenjeni su na 250,369 milijuna EUR (226,909 milijuna EUR za udio NSRAO-a koji se financira iz Javnog sklada NEK). Troškovi dugoročne institucionalne kontrole i održavanja odlagališta (11,373 milijuna EUR od 2060.-2112.) nisu uključeni u skladu sa ZVISJV-1 [31] ovi će troškovi nastati nakon zatvaranja odlagališta i pokrivat će ih državni proračun.

Visina operativnih troškova varira po godinama i ovisi o godišnjoj količini odloženih spremnika, a najviše o troškovima naknada. Godišnji troškovi ovise o tome je li odlagalište potpuno operativno ili je u fazi pripravnosti. Najveći troškovi javljaju se u prvim godinama rada (npr. 16.241 milijuna EUR u 2028.), a zatim se svode na prosječni godišnji trošak u fazi pripravnosti (8,924 milijuna EUR). Od toga je 7,169 milijuna eura isplata naknade, a ostatak svi ostali operativni troškovi.

Tablica 7-9 Ukupni operativni troškovi odlagališta za sav slovenski NSRAO i za 1/2 NSRAO-a iz NE Krško (financira Sklad NEK) - BC

Operativni troškovi 000 EUR	Odlaganje cijelog slovenskog NSRAO-a		1/2 NSRAO iz NE Krško (financirano iz Javnog Sklada NEK)	
	Operativni troškovi (2026-2059)	Udio %	Operativni troškovi financirani iz Sklada NEK	Udjel ukupnih troškova %
Troškovi N2d kontejnera za odlaganje i aktivnosti kondicioniranja/odlaganja	16.990	6,79%	15.396	6,15%
Troškovi komunalnih usluga i energije	1.758	0,70%	1.593	0,64%
Troškovi održavanja lokacije i materijala	19.892	7,95%	18.026	7,20%
Troškovi osiguranja	11.783	4,71%	10.678	4,26%

Operativni troškovi 000 EUR	Odlaganje cijelog slovenskog NSRAO-a		1/2 NSRAO iz NE Krško (financirano iz Javnog Sklada NEK)	
	Operativni troškovi (2026-2059)	Udio %	Operativni troškovi financirani iz Sklada NEK	Udjel ukupnih troškova %
Troškovi monitoringa te radioloških i drugih mjerenja	8.642	3,45%	7.831	3,13%
Troškovi rada	12.669	5,06%	11.481	4,58%
Troškovi naknade	124.704	49,81%	113.007	45,13%
Drugi troškovi	35.401	14,14%	32.420	12,81%
Ukupno bez PDV-a	231.840	92,60%	210.093	83,90%
PDV	18.556	7,41%	16.815	6,72%
Ukupno s PDV-om	250.396	100,00%	229.909	90,62%

Ukupni troškovi rada odlagališta Vrbina za ELSC u razdoblju od 2026.¹⁶ do uključivo 2079. procjenjuju se na 430,972 milijuna EUR (390,547 milijuna EUR za udio NSRAO-a koji se financira iz Javnog sklada NEK). Velika razlika u usporedbi s BC procjenom uglavnom je posljedica 20 godina duljeg razdoblja plaćanja pune naknade, a mnogo manje zbog dodatnih spremnika ili drugih troškova odlaganja.

7.6.3 Ukupni investicijski i operativni troškovi

Tablica 7-10 prikazuje ukupne nominalne troškove BC-a i ELSC-a za zbrinjavanje NSRAO-a s investicijskim troškovima u rasponu od 1998. do 2028. godine i 2059. godine te s redovitim pogonom koji počinje 2028. do 2030. godine i tzv. fazom pripravnosti. Druga faza punog rada odlagališta počinje za BC 2050. godine (2070. za ELSC) i završava 2058. godine za BC (2078. za ELSC) sa zatvaranjem odlagališta 2059. godine za BC (2079. godine za ELSC).

Prikazani su rezultati za sve grupirane troškovne stavke i dat je njihov udio u ukupnim investicijskim i operativnim troškovima koji su posebno prikazani za troškove koje treba pokriti Javni sklad NEK. U oba scenarija većina nominalnih troškova povezana je s građevinskim i operativnim aktivnostima. Naknade lokalnim zajednicama predstavljaju veliku troškovnu stavku ELSC-a zbog 20 godina duže isplate punog godišnjeg iznosa naknade. Zahtjev za zbrinjavanjem većih količina NSRAO-a ima puno manji utjecaj na ukupne operativne troškove nego troškovi kompenzacije.

Prema Tablica 7-10, od 1. 1. 2024. treba uložiti 388,603 milijuna eura iz Javnog sklada NEK do 2059. za BC i 614,382 milijuna eura do 2079. za ELSC.

¹⁶ Početak redovnog rada planiran je početkom 2028. godine, ali će troškovi za aktivnosti odlaganja (izrada N2d spremnika, transport do NE Krško, nabava opreme za kondicioniranje i drugo) krenuti ranije.

Tablica 7-10 Ukupni BC i ELSC troškovi ulaganja i troškovi rada odlagališta s udjelom troškova financiranim iz Sklada NEK

Nominalni troškovi u 000 EUR	Ukupno		Total financirano iz Javnog Sklada NEK	
	BC (udio %)	ELSC (udio %)	BC	ELSC
Ukupna ulaganja	306.997	375.570	278.201	340.342
1.Nabava lokacije i zemljišta	7.624	7.624	6.909	6.909
2.Suradnja s lokalnim zajednicama i komunikacijske aktivnosti	7.143	7.143	6.473	6.473
3. Projektna i investicijska dokumentacija, inženjering, troškovi ARAO kao investitora, troškovi procedura za rad odlagališta, troškovi PA/SA analize	35.937	36.116	32.566	32.728
4. Izgradnja i oprema	107.381	158.665	97.309	143.782
5. Naknada za ograničenu uporabu zemljišta	105.713	105.713	95.797	95.797
6. Nepredviđeni troškovi	11.412	16.408	10.342	14.869
7. PDV	31.787	43.901	28.805	39.783
Operativni troškovi	250.396	430.972	226.909	390.547
1.Troškovi ARAO NSRAO kontejnera za odlaganje, uključujući materijal ispune	16.990	19.077	15.396	17.288
2.Troškovi komunalnih usluga i energije	1.758	2.136	1.593	1.936
3.Troškovi održavanja lokacije i materijala	19.892	23.971	18.026	21.723
4.Troškovi osiguranja	11.783	16.693	10.678	15.127
5.Troškovi za monitoring te radiološka i druga mjerenja	8.642	13.346	7.831	12.094
6.Troškovi rada	12.669	19.564	11.481	17.729
7.Troškovi naknade	124.704	268.086	113.007	242.940
8.Ostali troškovi	35.401	44.999	32.080	40.778
9.PDV	18.556	23.100	16.815	20.933
Ukupno za ulaganja i operacije	557.393	806.542	505.110	730.889
Ukupna ulaganja do 31.12.2023	128.567 (23.07%)	128.567 (15.94%)	116.507	116.507
Ukupna ulaganja nakon 31.12.2023 do 2059 (2079)	428.826 (76.93%)	677.975 (84.06%)	388.603	614.382

7.7 Analiza osjetljivosti i registar rizika

7.7.1 Analiza osjetljivosti

U analizi osjetljivosti ispitano je nekoliko čimbenika za BC koji bi mogli utjecati na nominalne troškove za odlagalište NSRAO-a. Na temelju dostupnih rezultata u različitim studijama i dokumentaciji, kao i na temelju stručne procjene mogućih razvoja projekta odlagališta NSRAO-a odabrani su sljedeći faktori:

- iznos investicijskih troškova,
- iznos operativnih troškova,
- visina diskontne stope.

Rezultati analize osjetljivosti za investicijske troškove prikazani su u Tablica 7-11 pri čemu je kao orijentacijska vrijednost za analize, navedena cijena odlaganja u EUR/m³. Ako vrijednost investicije smanjimo/povećamo za 40 %, postotak smanjenja/povećanja ukupne cijene zbrinjavanja EUR/m³ je puno manji (oko 14 %). To je donekle i očekivano budući da se većina investicijskih troškova odnosi na troškove izgradnje i opreme (34,98 %) i naknade (34,43 %) koji su već uspješno optimizirani tijekom razvoja projekta Vrbina (proces odobrenja građevinske dozvole, javni natječaji, potpisani ugovori, gotovi radovi, ...) ili već uloženi s velikim udjelima kao što su isplate naknada (79,5 % vidi Tablica 7-6).

Tablica 7-11 Analiza osjetljivosti za visinu investicijskih troškova [70].

Promjena podataka %	Ulaganje u 000 EUR	Cijena odlaganja (bez diskontiranja) EUR/m ³
-40%	178.686	46.018
-30%	208.467	47.800
-20%	238.247	49.581
-10%	268.028	51.363
0%	297.809	53.145
10%	327.590	54.926
20%	357.371	56.708
30%	387.152	58.489
40%	416.933	60.271

Rezultati analize osjetljivosti za operativne troškove prikazani su u Tablica 7-12. Ako vrijednost investicije smanjimo/povećamo za 40 %, postotak smanjenja/povećanja ukupne cijene zbrinjavanja EUR/m³ je puno manji (oko 19 %). Ova promjena je nešto osjetljivija u odnosu na iznos investicijskih troškova (14 %) koji je očekivan zbog većeg udjela kompenzacijskih troškova u razdoblju rada odlagališta.

Tablica 7-12 Opcionalna analiza za visinu operativnih troškova [70].

Promjena podataka %	Operacija u 000 EUR	Troškovi odlaganja (bez diskontiranja) EUR/m ³
-40%	155.328	43.259
-30%	181.216	45.730
-20%	207.104	48.202
-10%	232.992	50.673
0%	258.880	53.145
10%	284.767	55.616
20%	310.655	58.087
30%	336.543	60.559
40%	362.431	63.030

Osim financijskih, značajan utjecaj na ulaganje i rad imaju i vremenski parametri (dinamika projekta), posebice trajanje razdoblja u kojem odlagalište ima status nuklearnog postrojenja za odlaganje, trajanje

razdoblja redovitog rada i faze pripravnosti te vrijeme početka izgradnje i rada odlagališta. Praktično, svi izvedivi i dostupni scenariji su verificirani u prethodnim fazama projekta, scenariji korišteni i prikazani u ovom dokumentu na temelju razmatranih rubnih uvjeta stoga se smatraju optimalnim scenarijima [70], [10].

Provedena je i analiza visine diskontne stope koja je detaljnije razrađena u [70]. Razina diskontne stope obrađena je u okviru opsežne analize za ukupne troškove zbrinjavanja RAO-a i ING-a u sklopu Poglavlja 8 i stoga se ovdje dalje ne obrađuje.

Utjecaj promjena volumena NSRAO-a

Mogući utjecaj promjena volumena NSRAO-a na procjene troškova istražen je za ELSC kako je prikazano u Tablica 7-7 i koristeći rezultate za ELSC u Poglavlju 7.6.2.

Najkonzervativniju usporedbu moguće je napraviti kroz učinak većih promjena volumena NSRAO-a usporedbom varijante izgradnje samo jednog silosa (BC) kapaciteta 990 spremnika i dva silosa kapaciteta 1.980 spremnika (ELSC).

Nema značajno većeg učinka na troškove ni u slučaju povećanja broja spremnika s 990 na 1.980, što uključuje i izgradnju dodatnog silosa sa svim pripadajućim troškovima. Povećanje troškova ulaganja primjećuje se uglavnom za troškove izgradnje i opreme i s time povezane nepredviđene troškove i PDV-a za izgradnju dodatnog silosa. Ostale promjene troškova ulaganja su male ili zanemarive jer su troškovi pribavljanja lokacije fiksni, a lokacija dopušta izgradnju 4 silosa, ako je potrebno. Povećanje troškova projektne i investicijske dokumentacije, inženjeringa i ostalih troškova je malo jer je većina tih troškova fiksna, i već je uložena te ne ovisi puno o inventaru NSRAO-a. Povećanje operativnih troškova, kao posljedica rada 2 silosa za odlaganje, povećava se za kupnju većeg broja spremnika ili gdje je predviđeno više usluga, materijala, potrošnje energije i troškova osiguranja. Cijena jednog, N2d spremnika spremnog za odlaganje je 15,73 tisuća eura (Tablica 7-8). Ako bi dodatnih 990 N2d spremnika trebalo odložiti u 2. silos, to će koštati približno 15,57 milijuna EUR samo za odlagališne spremnike spremne za odlaganje. Ova procjena je usporediva s vrijednošću troškova naknade koja će se platiti u 2 godine.

Unatoč dvostrukom povećanju inventara, ukupno povećanje investicijskih i operativnih troškova iznosi samo 27,5 % i to je uglavnom izravno povezano s izgradnjom i radom 2. silosa i troškovima spremnika za odlaganje.

7.7.2 Upravljanje rizikom

Rizici su posebno prikazani za fazu izgradnje (Tablica7-13) i rada (Tablica7-14) odlagališta. Analiza rizika izrađena je na temelju [70] i dopunjena u skladu s trenutnim statusom projekta uzimajući u obzir uspješno završenu izgradnju i druge aktivnosti za infrastrukturni dio odlagališta, završene javne natječaje i potpisan ugovor za odlagališni dio odlagališta i ostalo. Za svaki rizik, a posebno za rizike s najvećim procjenama, poduzimaju se mjere za otklanjanje i ublažavanje rizika.

Vjerojatnost nastanka (LO) i težina posljedica (SC) kojima se ocjenjuje "razina rizika" definirane su u postupku stručnog odlučivanja, uzimajući u obzir smjernice za ocjenjivanje. Vjerojatnost pojave se vrednuje kao: 1 (malo vjerojatno), 2 (nije sigurno), 3 (vjerojatno), 4 (vrlo vjerojatno) i 5 (gotovo sigurno). Stupanj ozbiljnosti posljedica boduje se od 1 do 5, a temelji se na utjecajima rizika na

troškove, postignutim ključnim točkama (rokovima) projekta, specifikacijama rezultata projekta i nuklearnoj sigurnosti te utjecaju na zadovoljstvo ključnih dionika. Maksimalan broj bodova za razinu rizika je 25.

Tablica 7-13 Prikaz najvažnijih rizika projekta odlagališta Vrbina za razdoblje izgradnje [70]

	Opis rizika	Opis posljedice	Vjerojatnost pojave (LO)	Stupanj težine posljedica (SC)	Razina rizika (=LOxSC)	Moguće mjere za smanjenje rizika
Faza izgradnje i uspostave odlagališta						
1	Nedostatak stručnosti osoblja ARAO-a	Negativan utjecaj na kvalitetu projektne dokumentacije, procedure probnog i redovnog rada, trajanje projekta, troškove	4	5	20	Odgovarajuće definiranje uloge projektnog vijeća i osiguranje odgovarajućeg financiranja, kadrovskog popunjavanja i programa obuke.
2	Nedostatak kompetencija i iskustva izvođača radova	Negativan utjecaj na kvalitetu projekta i trajanje izgradnje, troškove	3	4	12	Većinom su rizici već bili filtrirani i ublaženi zahtjevima i uvjetima natječaja. Potrebno je aktivno raditi s izvođačima, posebno za nuklearni dio aktivnosti.
3	Nedovoljan angažman inženjera	Problemi u vođenju projekta, kašnjenje u aktivnostima iz opsega posla inženjera, neobavljanje poslova iz opsega posla inženjera.	3	4	12	Potrebno je provesti aktivan rad s inženjerom, specifičan za nuklearni dio aktivnosti.
4	Neprovođenje bitnih natječaja	Kašnjenje u potpisivanju ugovora	2	4	8	Uspješna su provedena 3 velika natječaja (proizvodnja N2d spremnika, izgradnja infrastrukture i odlagališnog dijela odlagališta) i potpisani ugovori. U tijeku je posljednji veliki natječaj za portalnu dizalicu.

U fazi izgradnje i uspostave odlagališta, rizicima se upravlja sustavnim vođenjem projekta i kontrolom provedbe, kako troškovno tako i rokova. ARAO je uspostavio mehanizme za upravljanje procesom provedbe koji će se po potrebi mijenjati.

Tablica 7-14 Prikaz najvažnijih rizika projekta odlagališta Vrbina za vrijeme rada [70].

	Opis rizika	Opis posljedice	Vjerojatnost pojave (LO)	Stupanj težine posljedica (SC)	Razina rizika (=LOxSC)	Moguće mjere za smanjenje rizika
Faza rada odlagališta						
1	Odstupanje od rasporeda rada odlagališta.	Kašnjenje u pokretanju rada odlagališta.	4	4	16	Detaljno praćenje projekta i provedba korektivnih mjera.
2	Odstupanje od projektnih zahtjeva i radnih specifikacija.	Nepravilan rad objekta.	2	5	10	Detaljno praćenje projekta i provedba korektivnih mjera.

Najvažniji rizici u fazi rada odlagališta uglavnom se odnose na dostupnost tehnoloških mogućnosti te troškove upravljanja i održavanja.

8 Procjena troškova

Financijski granični uvjeti za procjenu troškova prikazani su u Poglavlju 2.4.2, pod odjeljkom B.

8.1 Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško

Ovo poglavlje predstavlja nominalne troškove, diskontirane troškove i prijedlog financijskih implikacija (izračun anuiteta i ciljanog IRR-a) za sljedeće scenarije:

- 1) Osnovni scenarij (BC 0): Rad NE Krško do 2043. godine i rad SFDS-a do 2103. godine
- 2) Dodatni scenarij A (SC A): Rad NE Krško do 2063. godine i rad SFDS-a do 2103. godine
- 3) Dodatni scenarij B (SC B): Rad NE Krško do 2063. godine i rad SFDS-a do 2123. godine

Tablica 8-1 Ukupni nominalni trošak zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško po scenariju, s PDV-om

Mil. EUR	BC 0	SC A	SC B
RD&D program za DGO	151,16	151,16	183,35
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	1.590,40	1.859,83	1.859,83
Zbrinjavanje NSRAO-a u RH	367,52	432,32	432,32
Zbrinjavanje NSRAO-a u RS	388,60	614,38	614,38
UKUPNO	2.497,69	3.057,70	3.089,89

Detaljni financijski izračuni i izračuni uplata provode se za BC 0 i SC B, što predstavlja scenarije niskih i visokih nominalnih troškova.

8.1.1 Struktura nominalnih troškova

Nominalni troškovi uključuju izravne (nominalne tehničke) troškove provedbe pojedinih skupina aktivnosti, troškove naknade lokalnoj zajednici (Naknada), nepredviđene troškove i porez na dodanu vrijednost (PDV).

PDV se primjenjuje u skladu sa slovenskim i hrvatskim poreznim propisima (u 2024. godini stopa PDV-a bila je 22% u Sloveniji i 25% u Hrvatskoj).

Za izračun ukupnih nominalnih i diskontiranih troškova, kao i budućih uplata u nacionalne fondove, PDV je primijenjen kako slijedi:

- za razgradnju NE Krško - slovenski PDV (22%)
- za rad i razgradnju suhog skladišta ING-a na lokaciji – slovenski PDV (22 %)
- za odlaganje polovice NSRAO-a u odlagalište Vrbina u Sloveniji - slovenski PDV (22 %)
- za zbrinjavanje polovice NSRAO-a u Hrvatskoj – hrvatski PDV (25 %)
- za duboko geološko odlagalište – slovenski PDV (22 %)
- za zajednički program istraživanja i razvoja za odlaganje ING-a/VRAO-a u dubokim geološkim formacijama - slovenski i hrvatski PDV u omjeru 50:50 %

Trošak institucionalne kontrole za DGO od 2110. do 2160. za BC, te od 2130. do 2180. za SC B iznosi ukupno 78,76 mil. EUR. Taj je iznos ravnopravno podijeljen (39,38 mil. EUR) između dviju zemalja,

pri čemu svaka doprinosi s 39,38 milijuna EUR. Napominje se da će hrvatski udio biti plaćen iz Fonda, a slovenski iz državnog proračuna. Stoga je samo hrvatski dio uključen u ukupni trošak i u izračun isplate anuiteta, kao što je prikazano u tablicama i slikama.

Troškovi podjele i preuzimanja NSRAO-a, uključujući pretpostavku da će osoblje ARAO-a i Fonda aktivno sudjelovati u ovim aktivnostima, uključeni su u aktivnosti zbrinjavanja NSRAO-a i za RH i za RS.

Prikaz troškova zbrinjavanja NSRAO-a standardiziran je za obje države, koristeći iste kategorije kako bi se osigurala usporedivost.

Do 31.12.2023. ukupna investicija Javnog sklada NEK u slovenski program zbrinjavanja NSRAO-a iznosi 119,28 mil. EUR, dok je ukupna investicija u hrvatski NSRAO program 6,09 mil. EUR.

Pregled nominalnih troškova zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško za **osnovni scenarij** je prikazan u Tablica 8-2. Troškovi su zaokruženi na najbliži mil. EUR u vrijednostima iz 2023.

Tablica 8-2 Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško za osnovni scenarij

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	UKUPNO
RD&D program za DGO	126,23	0,00	13,59	11,34	151,16
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	906,67	81,15	330,42	272,16	1.590,40
Zbrinjavanje NSRAO u RH	219,06	73,60	21,60	53,26	367,52
Zbrinjavanje NSRAO u RS	205,46	132,63	10,34	40,17	388,60
Ukupno	1.457,42	287,38	375,95	376,94	2.497,69

Pregled nominalnih troškova za **dodatni scenarij A** prikazan je u Tablica 8-3. Troškovi su zaokruženi na najbliži mil. EUR u vrijednostima iz 2023.

Tablica 8-3 Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško za dodatni scenarij A

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	UKUPNO
RD&D program za DGO	126,23	0,00	13,59	11,34	151,16
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	1.060,60	97,00	384,34	317,89	1.859,83
Zbrinjavanje NSRAO u RH	243,80	105,60	24,07	58,85	432,32
Zbrinjavanje NSRAO u RS	281,68	262,57	14,87	55,27	614,38
Ukupno	1.712,31	465,16	436,87	443,34	3.057,70

Pregled nominalnih troškova za **dodatni scenarij B** prikazan je u Tablica 8-4. Troškovi su zaokruženi na najbliži mil. EUR u vrijednostima iz 2023.

Tablica 8-4 Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško za dodatni scenarij B

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	UKUPNO
RD&D program za DGO	144,10	0,00	27,70	11,56	183,35
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	1.060,60	97,00	384,34	317,89	1.859,83
Zbrinjavanje NSRAO u RH	243,80	105,60	24,07	58,85	432,32
Zbrinjavanje NSRAO u RS	281,68	262,57	14,87	55,27	614,38
UKUPNO	1.730,18	465,16	450,99	443,56	3.089,89

8.1.2 Ukupni nominalni troškovi uključujući razgradnju NE Krško

U ovom poglavlju prikazani su ukupni troškovi, uključujući nominalni trošak iz prethodnog poglavlja, koji pokrivaju zbrinjavanje RAO-a i ING-a, uz dodatak troškova razgradnje NE Krško. Troškovi su prikazani zasebno za svaku zemlju.

Osnovni scenarij (BC)

Sljedeća tablica prikazuje ukupne troškove za osnovni scenarij za Republiku Sloveniju.

Tablica 8-5 Ukupni trošak osnovnog scenarija za RS

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
Razgradnja NE Krško	218,77	31,63	0,00	30,84	281,24
RD&D Program za DGO	63,11	0,00	6,79	5,67	75,58
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	443,84	40,58	158,57	132,53	775,51
Zbrinjavanje NSRAO	205,46	132,63	10,34	40,17	388,60
UKUPNO	931,18	204,84	175,70	209,22	1.520,94

Sljedeća tablica prikazuje ukupne troškove za osnovni scenarij za Republiku Hrvatsku.

Tablica 8-6 Ukupni trošak osnovnog scenarija za RH

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
Razgradnja NE Krško	218,77	31,63	0,00	30,84	281,24
RD&D Program za DGO	63,11	0,00	6,79	5,67	75,58
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	462,83	40,58	171,86	139,63	814,89
Zbrinjavanje NSRAO	219,06	73,60	21,60	53,26	367,52
UKUPNO	963,77	145,81	200,25	229,41	1,539,24

Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom B (SC B)

Sljedeća tablica prikazuje ukupne troškove za dodatni scenarij B za Republiku Sloveniju.

Tablica 8-7 Ukupni trošak dodatnog scenarija B za RS

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
Razgradnja NE Krško	215,86	31,63	0,00	30,20	277,69
RD&D Program za DGO	72,05	0,00	13,85	5,78	91,68
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	520,81	48,50	185,53	155,39	910,23
Zbrinjavanje NSRAO	281,68	262,57	14,87	55,27	614,38
UKUPNO	1.090,40	342,70	214,24	246,64	1.893,98

Sljedeća tablica prikazuje ukupne troškove za dodatni scenarij B za Republiku Hrvatsku.

Tablica 8-8 Ukupni trošak dodatnog scenarija B za RH

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
Razgradnja NE Krško	215,86	31,63	0,00	30,20	277,69
RD&D Program za DGO	72,05	0,00	13,85	5,78	91,68
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	539,80	48,50	198,82	162,49	949,61
Zbrinjavanje NSRAO	243,80	105,60	24,07	58,85	432,32
UKUPNO	1.071,50	185,73	236,74	257,32	1.751,30

8.1.3 Vremenska raspodjela nominalnih troškova bez razgradnje

Ovo poglavlje predstavlja vremensku raspodjelu nominalnih troškova odlaganja za osnovni scenarij (BC) i dodatni scenarij B (SC B) za obje zemlje. Odabrani scenariji BC i SC B predstavljaju konzervativne i ekstremne scenarije, a izračunate uplate za te scenarije odražavat će minimalne i maksimalne vrijednosti. Dodatni scenarij A je kombinacija prethodno spomenutih scenarija, a uplate za ovaj scenarij bit će između onih BC i SC B.

8.1.3.1 Osnovni scenarij**Republika Slovenija**

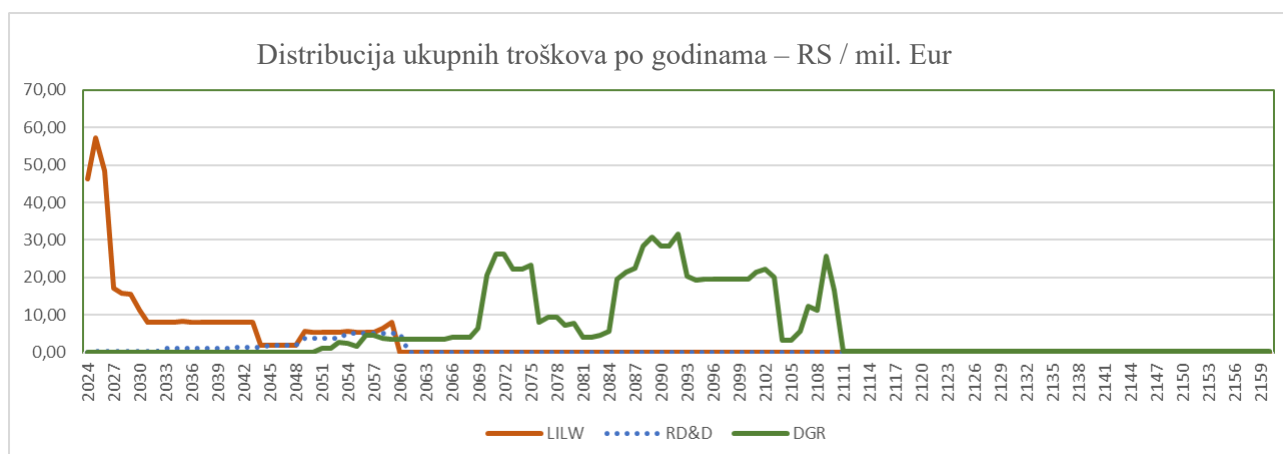
Slijedi

Tablica 8-9 koja sažima ukupne troškove odlaganja za **Republiku Sloveniju**, podijeljene na troškove istraživanja i razvoja za odlaganje DGO-a, VRAO-a i ING-a i nominalne troškove zbrinjavanja NSRAO-a od 2024. do 2110. godine.¹⁷

Tablica 8-9 Ukupni troškovi osnovnog scenarija za RS (bez razgradnje NE Krško)

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
RD&D Program za DGO	63,11	0,00	6,79	5,67	75,58
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	443,84	40,58	158,57	132,53	775,51
Zbrinjavanje NSRAO	205,46	132,63	10,34	40,17	388,60
UKUPNO	712,41	173,21	175,70	178,37	1.239,69

Sljedeća Slika 8-1 prikazuje godišnju distribuciju ukupnih troškova zbrinjavanja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a za Sloveniju od 2024. do 2110.¹⁷



Slika 8-1 Ukupna godišnja raspodjela troškova RS /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)

Ukupna ulaganja (uključujući Naknadu) u program zbrinjavanja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a za Sloveniju iznose 1.239,69 mil. EUR.

Republika Hrvatska

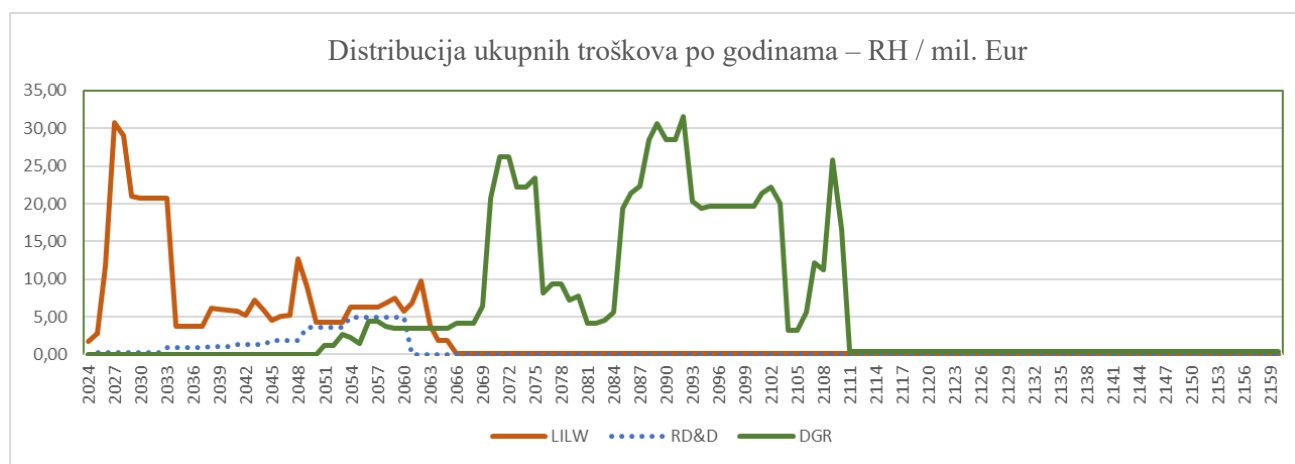
Slijedi Tablica 8-10 u kojoj se sažimaju ukupni troškovi odlaganja za **Republiku Hrvatsku**, podijeljeni na troškove istraživanja i razvoja za odlaganje DGO-a, VRAO-a i ING-a i nominalne troškove zbrinjavanja NSRAO-a od 2024. do 2160. godine.

¹⁷ Kao što je prethodno objašnjeno u poglavlju 8.1.1, slovenska polovica postoperativnih troškova nadzora za DGO od 2110. do 2160. za BC i od 2130. do 2180. za SC B platit će se iz slovenskog državnog proračuna.

Tablica 8-10 Ukupni troškovi osnovnog scenarija za RH (bez razgradnje NE Krško)

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
RD&D Program za DGO	63,11	0,00	6,79	5,67	75,58
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	462,83	40,58	171,86	139,63	814,89
Zbrinjavanje NSRAO	219,06	73,60	21,60	53,26	367,52
UKUPNO	745,00	114,18	200,25	198,56	1.258,00

Sljedeća Slika 8-2 prikazuje godišnju raspodjelu ukupnih troškova odlaganja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a za Hrvatsku od 2024. do 2160.

**Slika 8-2 Ukupna godišnja raspodjela troškova RH /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)**

Ukupna ulaganja (uključujući Naknadu) u program zbrinjavanja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a za Hrvatsku iznose 1.187,49 mil. EUR.

8.1.3.2 Dodatni scenarij B

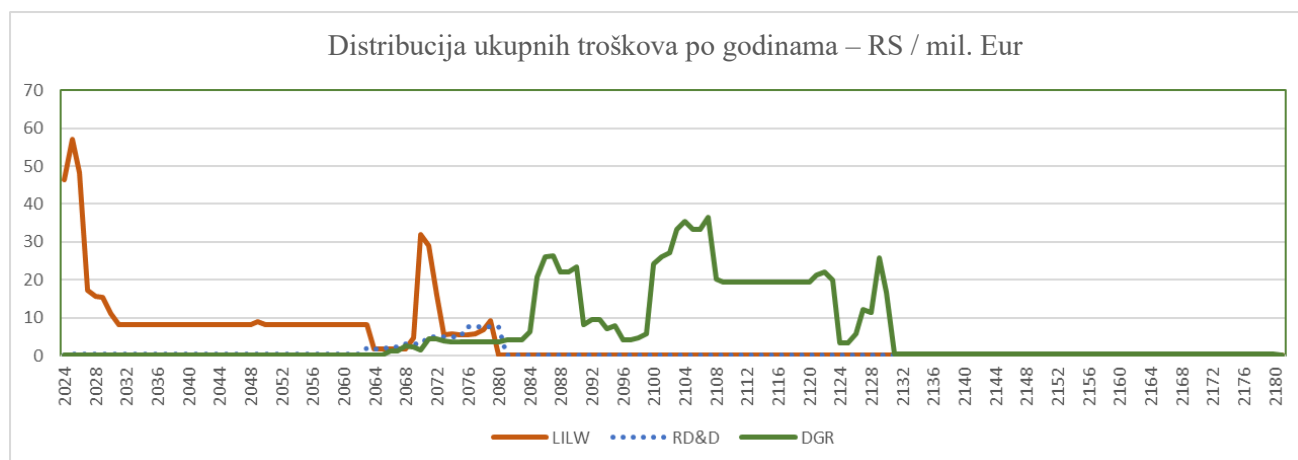
Republika Slovenija

Slijedi Tablica 8-11, koja sažima ukupne troškove zbrinjavanja za **Republiku Sloveniju**. Ovi troškovi su podijeljeni na troškove RD&D-a za DGO, troškove za odlaganje ING-a i VRAO-a te nominalne troškove zbrinjavanja NSRAO-a, koji pokrivaju razdoblje od 2024. do 2130. godine.¹⁷

Tablica 8-11 Ukupni troškovi dodatnog scenarija B za RS (bez razgradnje NE Krško)

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
RD&D Program za DGO	72,05	0,00	13,85	5,78	91,68
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	520,81	48,50	185,53	155,39	910,23
Zbrinjavanje NSRAO	281,68	262,57	14,87	55,27	614,38
UKUPNO	874,54	311,06	214,24	216,44	1.616,28

Sljedeća Slika 8-3 prikazuje godišnju distribuciju ukupnih troškova zbrinjavanja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a za Sloveniju od 2024. do 2130.¹⁷



Slika 8-3 Ukupna godišnja raspodjela troškova RS /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)

Ukupna ulaganja (uključujući Naknadu) u program zbrinjavanja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a u dodatnom scenariju B za Republiku Sloveniju iznose 1.616,28 mil. EUR.

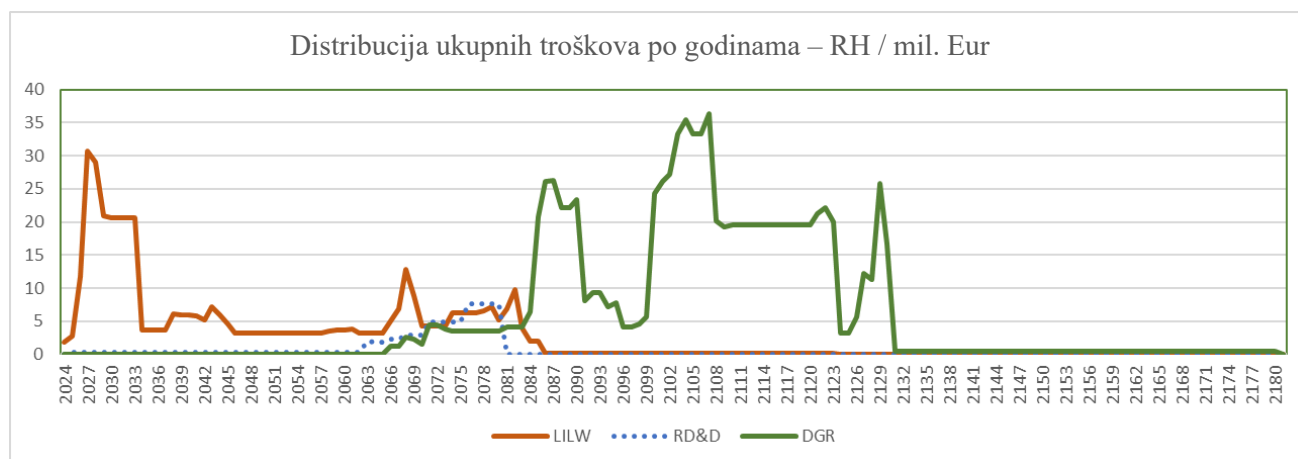
Republika Hrvatska

Slijedi Tablica 8-12, koja sažima ukupne troškove zbrinjavanja za **Republiku Hrvatsku**. Ovi troškovi su podijeljeni na troškove RD&D-a za DGO, troškove za odlaganje ING-a i VRAO-a te nominalne troškove za zbrinjavanje NSRAO-a koji pokrivaju razdoblje od 2024. do 2180. godine.

Tablica 8-12 Ukupni troškovi dodatnog scenarija B za RH (bez razgradnje NE Krško)

mil. EUR	Tehnički	CLC	Nepredviđeni troškovi	PDV	Ukupno
RD&D Program za DGO	72,05	0,00	13,85	5,78	91,68
Odlaganje ING-a (DGO u glini)	539,80	48,50	198,82	162,49	949,61
Zbrinjavanje NSRAO	243,80	105,60	24,07	58,85	432,32
UKUPNO	855,64	154,10	236,74	227,12	1.473,60

Sljedeća Slika 8-4 prikazuje godišnju distribuciju ukupnih troškova zbrinjavanja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a za Hrvatsku od 2024. do 2180.



Slika 8-4 Ukupna godišnja raspodjela troškova RH /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)

Ukupna ulaganja (uključujući Naknadu) u program zbrinjavanja ING-a, VRAO-a i NSRAO-a u dodatnom scenariju B za Republiku Hrvatsku iznose 1.391,27 mil. EUR.

8.2 Diskontirani troškovi

8.2.1 Metodologija i parametri diskontiranja

Za određivanje godišnjih iznosa (anuiteta) koje oba vlasnika moraju platiti u nacionalni fond za razgradnju, pretpostavlja se interna stopa povrata (IRR).

IRR predstavlja potrebnu stopu prinosa koja osigurava solventnost fonda, omogućujući mu da pokrije buduće troškove razgradnje, upravljanja i odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog nuklearnog goriva.

U matematičkom i financijskom smislu, IRR je diskontna stopa koja izjednačava sadašnju vrijednost imovine fonda (sadrži neto vrijednost imovine fonda i buduće uplate fondu) sa sadašnjom vrijednošću fondovih obveza (budući troškovi).

Pretpostavlja se da je imovina fonda obračunata, a njegove obveze diskontirane, po istoj IRR na prosječnoj godišnjoj razini.

Ispod je matematička formula za izračunavanje IRR-a:

$$V_0 + \sum_{t=0,25}^{25} \frac{P_t}{(1 + IRR)^t} = \sum_{t=1}^{94} \frac{I_t}{(1 + IRR)^t}$$

$$I_t = I_t^{2023} (1 + i)^t$$

Pri čemu je:

IRR - Interna stopa povrata,

V_0 - Neto vrijednost imovine fonda (NAV) na kraju razdoblja (2023.)

P_t - Tromjesečne uplate Fondu,

I_t - Procijenjene obveze Fonda

i - Stopa inflacije

Pretpostavlja se da će oba fonda primati tromjesečne anuitete do 2043. godine, kada je planirano gašenje NE Krško (ili do 2063. u oba dodatna scenarija). Pretpostavlja se da će se anuiteti isplaćivati na kraju svakog tromjesečja, počevši s prvom isplatom početkom 2024. i zaključno sa posljednjom isplatom na kraju 2043. ili 2063. godine. U izračunu su uzeti u obzir službeno prijavljeni iznosi akumulirani u fondu na kraju 2023. godine.

Nominalni troškovi (utvrđeni u EUR iz 2023.) raspoređeni su tijekom vremena prema rasporedu odgovarajućih radnji. Ovi su troškovi izraženi na godišnjoj osnovi i pretpostavlja se da će biti plaćeni do kraja svake godine. Svaki trošak je diskontiran od odgovarajuće godine do početne referentne točke, tj. do 2023. godine.

Opća stopa inflacije procjenjuje se na temelju prognoze Europske središnje banke (ECB) za dugoročnu stopu inflacije od 2 % [88].

Interna stopa povrata (godišnji prinos) izračunata je pomoću Microsoft Excela, alata za proračunske tablice i analizu podataka, na temelju modela koji je razvio Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska [88].

Budući da se IRR mora izračunati na temelju svih očekivanih troškova, potrebno je uključiti i troškove razgradnje, kako je procijenjeno u dokumentu " 4. Revizija Programa razgradnje NE Krško, NIS, veljača 2024." [24].

8.2.2 Izračun godišnjeg prinosa

Slijedi izračun IRR-a, koji predstavlja godišnji prinos svakog fonda neophodan za pokrivanje ukupnih troškova, uključujući pretpostavljeni(e) prihod(e) od odgovarajućih režija.

Ukupan trošak obuhvaća troškove razgradnje, te zbrinjavanje RAO-a i ING-a. Izračuni IRR-a prikazani su po scenariju, uključujući osnovni scenarij i dodatni scenarij B, i navode se zasebno za obje zemlje.

Republika Slovenija

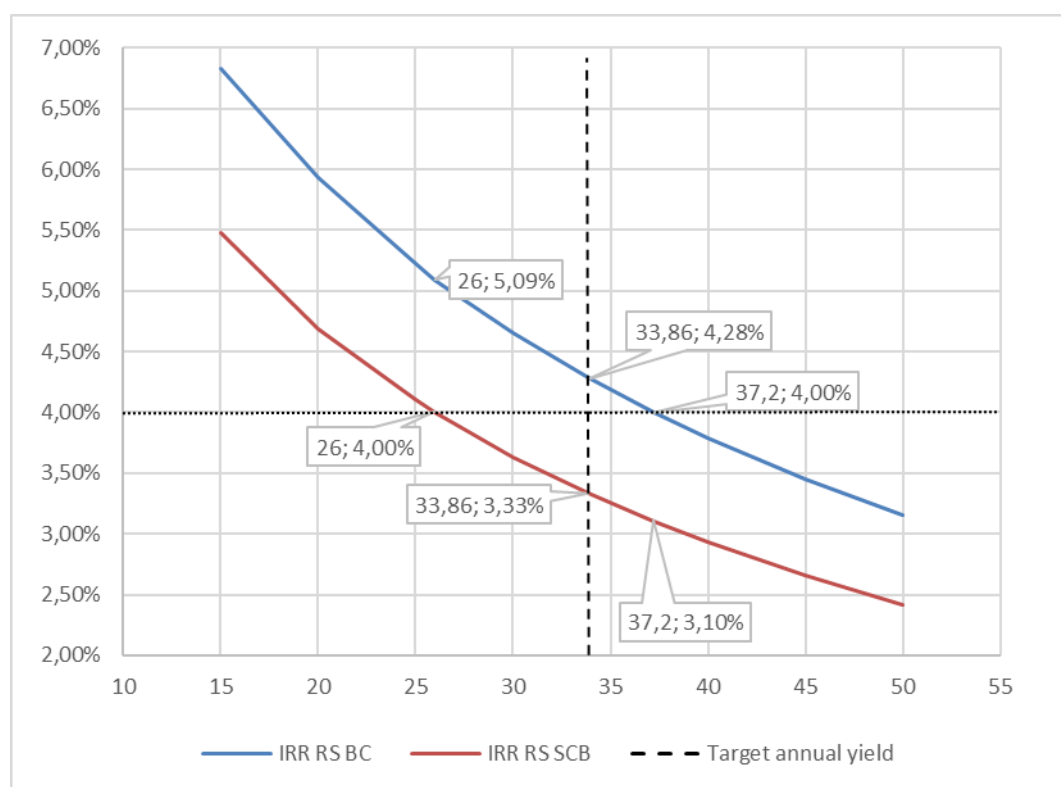
Za osnovni scenarij, uz pretpostavku GEN-ovih godišnjih uplata kako je predstavljeno u dokumentu "*Poslovna politika Javnega sklada Republike Slovenije za financiranje razgradnje NEK in odlaganja radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva iz NEK, Predlog št. 5*" [89] od rujna 2023. godine, u prosječnom iznosu od 33,86 milijuna eura do 2043., ukupni rashodi ARAO-a u iznosu od 1.520,93 milijuna eura, te procijenjena eskalacija troškova (inflacija) po godišnjoj stopi od 2 %, godišnji prinos izražen kao interna stopa povrata (IRR) za slovenski Javni Sklad NEK iznosi 4,28 %.

Za dodatni scenarij B, s istim anuitetima iz GEN-a do 2063., očekivani IRR je 3,33 %. Ukupni rashodi slovenskog fonda iznose 1.893,98 milijuna eura.

Tablica 8-13 Izračun IRR-a za slovenski Javni Sklad NEK (BC i SC B)

		Osnovni scenarij	Dodatni scenarij B
Razgradnja	mil. EUR	281,24	277,69
Zbrinjavanje NSRAO-a	mil. EUR	388,6	614,38
RD&D	mil. EUR	75,58	91,68
Odlaganje ING-a	mil. EUR	775,51	910,23
Ukupni nominalni trošak	mil. EUR	1.520,93	1.893,98
Godišnje uplate (prosječne)	mil. EUR/godina	33,86	
Javni Sklad NEK Neto vrijednost imovine 31.12.2023.	mil. EUR	238,57	
Opća stopa inflacije	%	2%	
IRR	%	4,28 %	3,33 %

IRR je izračunat s obzirom na anuitete u prosječnom iznosu od 33,86 mil. EUR/godina za sve scenarije. Za osnovni scenarij uplate se izračunavaju do 2043., za dodatni scenarij B do 2063. Moguća odstupanja od osnovnog anuiteta i učinak takvog odstupanja na IRR prikazani su u sljedećem grafikonu.



Slika 8-5 Grafikon IRR-a za Javni Sklad NEK u odnosu na različite anuitete za GEN

Tablica 8-14 IRR za Javni sklad NEK naspram raznih anuiteta za GEN za oba scenarija

Anuiteti koje plaća GEN (EUR mil.)	IRR RS BC	IRR RS SC B
15	6,83%	5,48%
20	5,93%	4,69%
25	5,22%	4,10%
26,00	5,09%	4,00%
30	4,65%	3,63%
33,86	4,28%	3,33%
37,20	4,00%	3,10%
40	3,79%	2,93%
45	3,45%	2,66%
50	3,16%	2,42%

U slučaju prosječne IRR s vrijednošću od 4,00%, kako je predloženo u Poslovnoj politici Javnega sklada Republike Slovenije [89] i DUM-u [75], godišnja isplata za BC iznosi 37,20 milijuna EUR. To je usporedivo s trenutnim važećim godišnjim uplatama od 36,15 milijuna eura od strane GEN Energije, pod pretpostavkom da se u NE Krško godišnje proizvede oko 6.025 GWh električne energije. Za scenarij SC B, s IRR-om od 4,00 %, godišnja uplata iznosi 26,00 milijuna EUR.

Republika Hrvatska

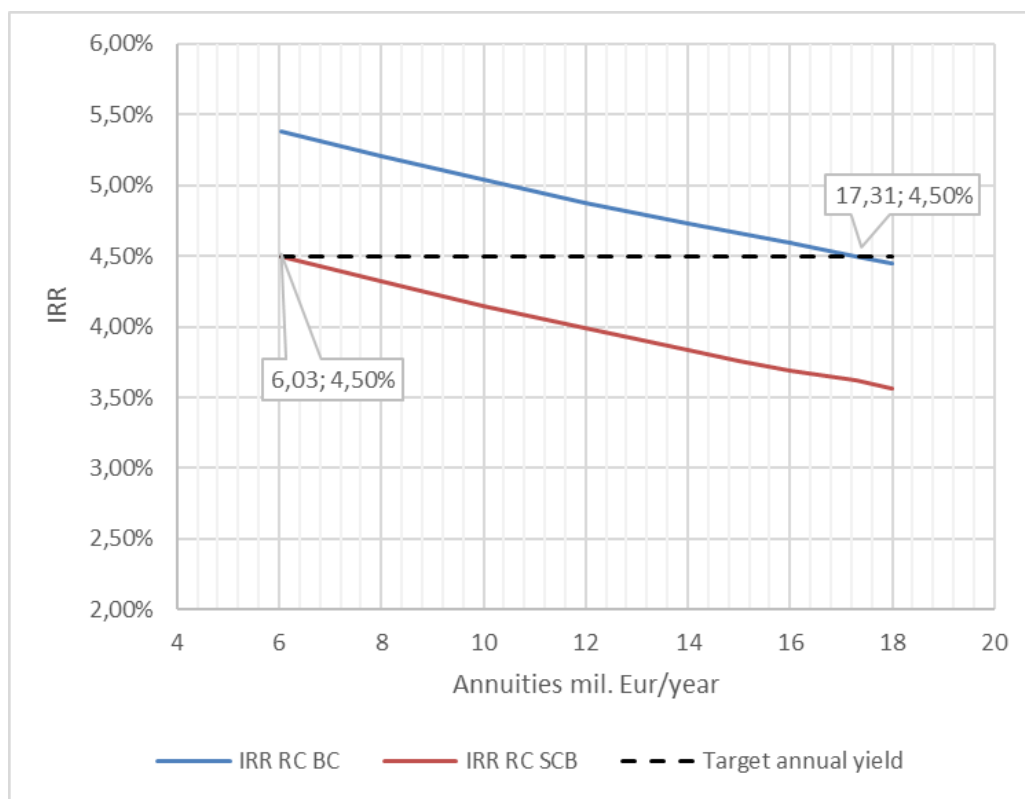
Za osnovni scenarij, uz pretpostavku da će HEP-ova godišnja uplata iznositi 12,00 milijuna eura do 2043., ukupne fondovske izdatke od 1.468,73 milijuna eura i procijenjenu eskalaciju troškova (inflaciju) po godišnjoj stopi od 2 %, godišnji prinos, izražen kao interna stopa povrata (IRR), za hrvatski FOND NEK iznosi 4,50 %.

Za dodatni scenarij B očekuje se isti IRR od 4,50 %, uz pretpostavku da će HEP-ova godišnja uplata iznositi 2,4 milijuna eura do 2063. godine. Ukupni rashodi fonda iznose 1.668,97 milijuna eura.

Tablica 8-15 Izračun godišnjih uplata HEP-a u Hrvatski fond (BC i SC B)

		Osnovni scenarij	Dodatni scenarij B
Razgradnja	mil. EUR	281,24	277,69
Zbrinjavanje NSRAO-a	mil. EUR	367,52	432,32
RD&D	mil. EUR	75,58	91,68
Odlaganje ING-a	mil. EUR	814,89	949,61
Ukupni nominalni trošak	mil. EUR	1.539,24	1.751,30
Godišnje uplate	mil. EUR/godina	17,31	6,03
FOND Neto vrijednost imovine 31.12.2023.	mil. EUR	392	
Opća stopa inflacije	%	2%	
IRR	%	4,50 %	

Anuitet za HEP izračunat je na temelju realno ostvarive interne stope povrata (IRR) od 4,5 % za sve scenarije. Moguća odstupanja od IRR-a od 4,50 % i njihov učinak na anuitet prikazani su u sljedećem grafikonu.



Slika 8-6 Grafikon IRR-a za FOND u odnosu na različite anuitete za HEP

Tablica 8-16 Anuiteti za uplate HEP-a Hrvatskom fondu u odnosu na različite IRR za Fond za oba scenarija

Anuiteti koje plaća HEP (EUR mil.)	IRR RH BC	IRR RH SC B
4	5,56%	4,70%
6,03	5,38%	4,50%
8	5,21%	4,32%
10	5,04%	4,15%
12	4,88%	3,99%
14	4,73%	3,84%
15	4,66%	3,76%
16	4,59%	3,69%
17,31	4,50%	3,62%
18	4,45%	3,56%
19	4,38%	3,49%
20	4,32%	3,43%

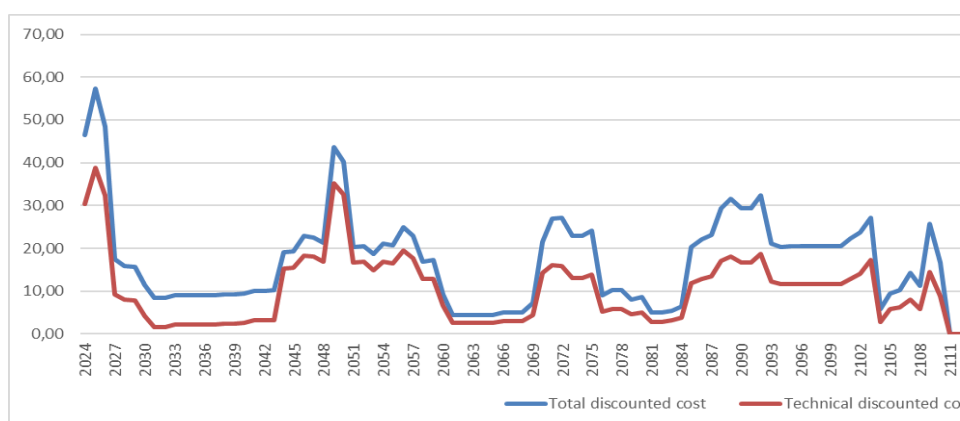
8.2.3 Vremenska raspodjela diskontiranih troškova

Na temelju izračuna za svaku zemlju (anuitet za Hrvatsku i IRR za Sloveniju) izračunati su diskontirani troškovi za svaku zemlju. Ovi diskontirani troškovi uključuju trošak razgradnje i trošak zbrinjavanja.

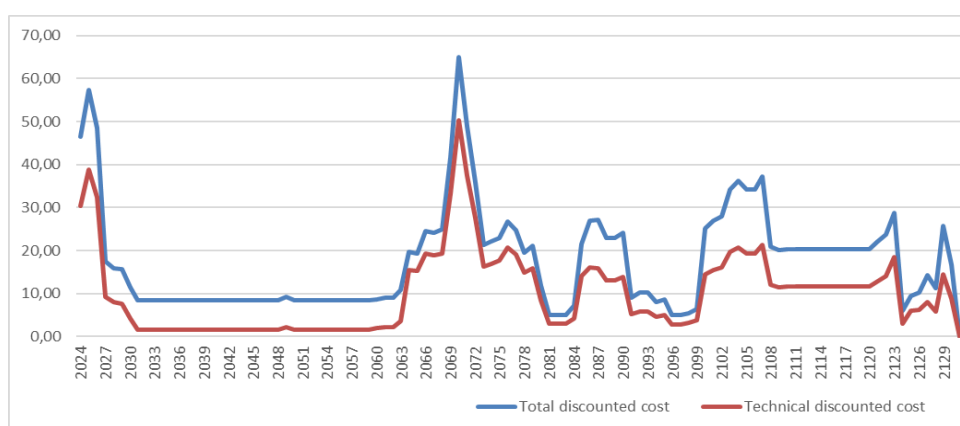
Troškovi su diskontirani za Hrvatsku od 2160. za osnovni scenarij i od 2180. za dodatni scenarij B, a za Sloveniju od 2110. za osnovni scenarij i od 2130. za dodatni scenarij B. Slovenski udio u troškovima operativnog nadzora za DGO, od 2110. do 2160. za BC i od 2130. do 2180. za SC B, platit će se iz slovenskog državnog proračuna.

Tablica 8-17 Izračun diskontiranog troška za različite faktore diskontiranja za RS

Diskontna stopa	Ukupni diskontirani troškovi Osnovni scenarij /mil. EUR	Ukupni diskontirani trošak Dodatni scenarij B /mil. EUR
2%	1.520,94	1.893,98
3%	1.028,83	1.137,51
4%	745,04	753,23
5%	572,90	545,24



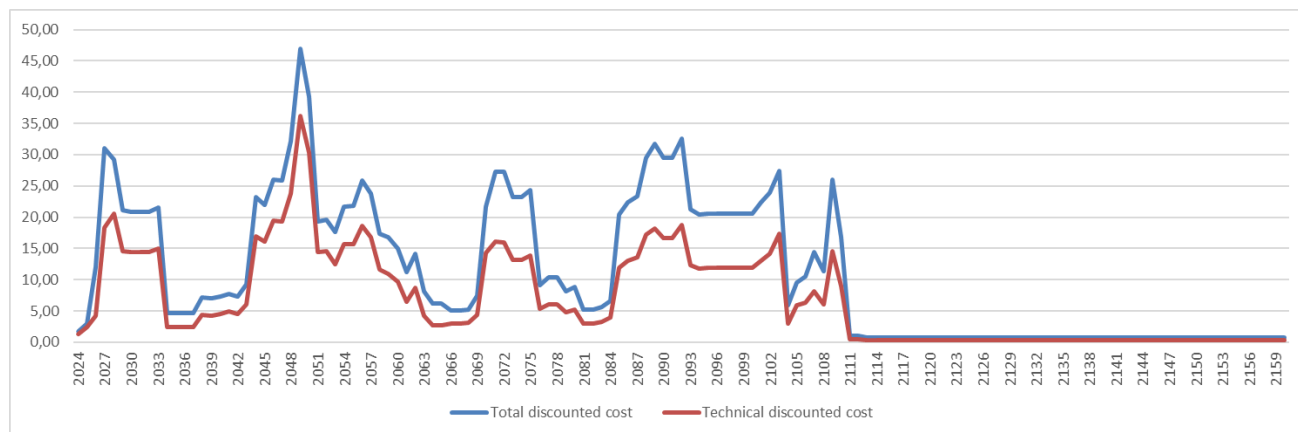
Slika 8-7 Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u osnovnom scenariju za RS (dis. Faktor 2 %)



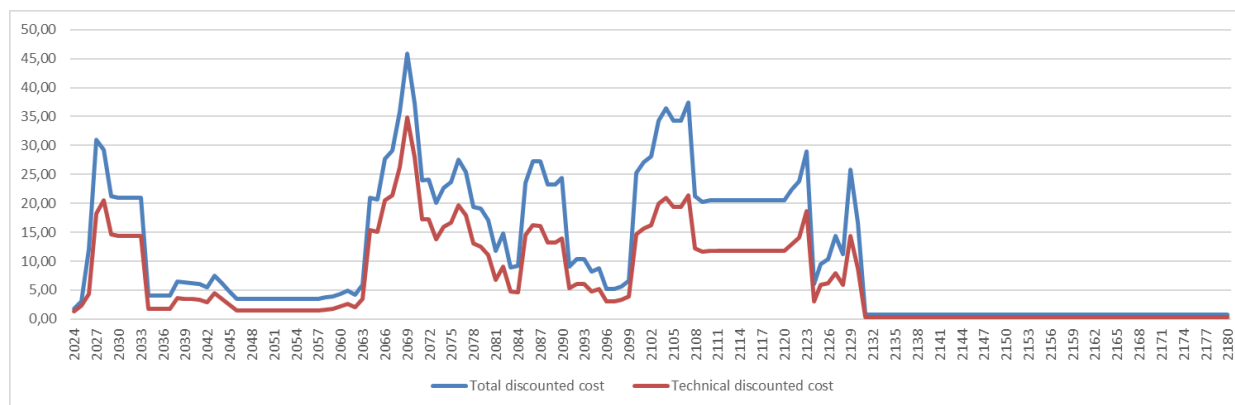
Slika 8-8 Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u dodatnom scenariju B za RS (disk. Faktor 2 %)

Tablica 8-18 Izračun diskontiranog troška za različite faktore diskontiranja za RH

Diskontna stopa	Ukupni diskontirani trošak Osnovni scenarij /mil. EUR	Ukupni diskontirani trošak Dodatni scenarij B /mil. EUR
2%	1.539,24	1.751,30
3%	1.003,32	990,22
4%	699,08	617,08
5%	511,96	421,45



Slika 8-9 Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u osnovnom scenariju za RH (dis. faktor 2 %)



Slika 8-10 Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u dodatnom scenariju B za RH (dis. faktor 2 %)

8.2.4 Usporedba rezultata obračuna troškova PO-a Rev.4 i PR-a Rev.4 s DDP-om Rev.3

Ovo poglavlje predstavlja usporedbu procjena troškova između Treće i Četvrte revizije programa razgradnje i odlaganja.

Troškovne razlike proizlaze iz nekoliko čimbenika, od kojih je najznačajniji porast opće stope inflacije u zemljama EU-a, uključujući Sloveniju i Hrvatsku. Ukupna inflacija između dvije revizije (lipanj 2018. - lipanj 2023.) iznosila je 21,6 % za slovensko gospodarstvo i 23,6 % za hrvatsko gospodarstvo. Izvori za te stope su web stranice *Statističnog urada Republike Slovenije* i *Zavoda za statistiku Republike Hrvatske*. Iako čimbenici ukupne inflacije ne predstavljaju stvarni porast cijena unutar

građevinskog i uslužnog sektora relevantnog za programe razgradnje i odlaganja, oni daju opću indicaciju da su cijene značajno porasle tijekom ovog razdoblja. Povećanja cijena u relevantnim sektorima su veća, što je uračunato u procjene ove revizije.

Na povećanje ukupnih troškova utjecala je i preciznija procjena troškova odlaganja ING-a i VRAO-a, korištenjem "*bottom app*" metodologije i EURAD strukture razrade rada (engl: *Work Breakdown Structure*, WBS) za procjenu pojedinih komponenti ili elemenata troškova. Treba napomenuti da troškovi u Četvrtoj reviziji uključuju i troškove provedbe RD&D Programa za zajedničko odlaganje ING-a i VRAO-a u dubokom geološkom odlagalištu u RH odnosno RS, koji je prvi put izrađen u skladu s obvezama koje su obje zemlje preuzele iz Direktive o otpadu [6]. Konačno, trošak obrade LILW-a u inozemstvu, što je strategija za Hrvatsku, znatno je porastao od Treće revizije.

Tablica 8-19 Usporedba ukupnih nominalnih troškova u trećoj i četvrtoj reviziji

Milijuni EUR	3. Revizija	4. Revizija (BC)	Razlika
Razgradnja NE Krško	510,56	562,49	10,2%
Odlaganje ING-a (DGO u glini)*	1.136,88	1.741,56	53,2%
Zbrinjavanje NSRAO-a	472,54	756,13	60,0%
UKUPNO	2.119,98	3.060,17	44,4%

*Troškovi odlaganja ING-a u 4. reviziji uključuju troškove istraživanja i razvoja, u 3. reviziji taj trošak nije uključen

S obzirom na više procjene troškova u ovoj reviziji, neizbježno je da se prihod oba fonda mora povećati kako bi se osigurala sposobnost pokrivanja svih troškova razgradnje i odlaganja. Povećanje prihoda može biti u obliku povećanja anuiteta, povećanja prinosa ili kombinacije oba, ovisno o investicijskim politikama dotičnih fondova i sposobnosti vlasnika NE Krško da povećaju uplate.

Vlade su odgovorne za financiranje projekta, stoga će, ako budu potrebna dodatna sredstva nakon što uplate prestanu, biti potrebno da vlade interveniraju.

9 Zaključci i preporuke

9.1 Zaključci

9.1.1 Zbrinjavanje NSRAO-a

Na svojoj 13. sjednici [19], MDP (Ad 3.2) je zaključilo da zajedničko rješenje između Slovenije i Hrvatske u pogledu odlaganja NSRAO-a nije izvedivo. Sukladno ovoj odluci, svaka država treba zbrinuti polovicu otpada koji nastaje radom i razgradnjom NE Krško.

Četvrta revizija je originalno pretpostavila da će se NSRAO kondicionirati u odgovarajućem postrojenju na lokaciji NEK-a. Iznimke uključuju vrste i pakete otpada koji trebaju daljnju obradu u odgovarajućem postrojenju u inozemstvu. Međutim, zaključak NPP Krško, koji je ICC odobrio na 14. sastanku [49], bio je da se na lokaciji ne provodi kondicioniranje te su i Fond i ARAO morali pronaći druge opcije. To je dovelo do značajnih promjena u tehničkom pristupu i proračunu.

Plan podjele i preuzimanja NSRAO-a je revidiran i optimiziran s ciljem da bude realniji, praktičniji i logistički izvediviji u odnosu na generički prijedlog iz Treće revizije, ali skuplji zbog prethodno opisanog porasta budžeta. Plan je također u skladu s odlukama Međudržavnog povjerenstva sa 17. sjednice. Dogovoreni kriteriji podjele ispoštovani su u najvećoj mogućoj mjeri, uzimajući u obzir logistička i prostorna ograničenja u NE Krško, kao i ona koja nameću spremnici N2d i RCC.

Svaka će država gospodariti svojom polovicom NSRAO-a u skladu sa svojim nacionalnim programima zbrinjavanja RAO-a, uz konačno odlaganje NSRAO-a u nacionalnim odlagalištima koja se nalaze na njezinom teritoriju.

U skladu sa slovenskom politikom i strategijom, polovica NSRAO-a iz NE Krško, zajedno sa svim ostalim slovenskim NSRAO-om koji udovoljava kriterijima prihvatljivosti za odlaganje, bit će odložen u odlagalište NSRAO-a u Vrbini, koje je trenutno u izgradnji. Probni rad planira se u 2027. godini, a redoviti rad trebao bi početi 2028. godine.

U skladu s hrvatskom Strategijom i Nacionalnim programom, za polovicu NSRAO-a NE Krško izgradit će se dugoročno skladište u Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada. Prema osnovnom scenariju, dugoročno skladište bi trebalo postati operativno do 2028. godine, s planovima za odlagalište do 2051. godine.

9.1.2 Zbrinjavanje ING-a i VRAO-a

Zbrinjavanje ING-a i VRAO-a zajednički je projekt: ING će se skladištiti u suhom skladištu na lokaciji NE Krško te će se, sukladno važećoj strategiji, kasnije zbrinjavati u odlagalište ING-a bilo na području RS ili RH, ili po mogućnosti u neko regionalno ili multinacionalno odlagalište.

Suho skladište u funkciji je od ožujka 2023. godine i predstavlja značajno sigurnosno unapređenje. Premještanje prvih 592 istrošenih gorivnih elemenata u postrojenje dovršeno je u rujnu 2023. godine. Sljedeća kampanja premještanja dodatna 592 istrošena gorivna elementa planirana je za 2029. godinu, a završna kampanja predviđena je za 2048.- 2050. godinu kada će u suho skladište biti premještena preostalih do 1184 istrošenih gorivnih elemenata.

Obje zemlje zajednički će provoditi aktivnosti navedene u RD&D Programu, koji je prvi put razvijen u okviru Četvrte revizije.

Analizirana su dva glavna koncepta izravnog odlaganja ING-a za opcije BC i ELSC: odlaganje u formacije čvrstih stijena i odlaganje u formacije sedimentnih stijena (gline). Uz koncept rudničkog DGO-a, analizirana je i alternativna tehnologija odlaganja ING-a u duboke bušotine, sukladno preporukama iz Treće revizije Programa odlaganja NE Krško. Za procjenu troškova uzeto je u obzir odlaganje u glini, budući da su sedimentne geološke formacije pronađene i proučavane u obje zemlje, kako je prethodno objašnjeno u poglavljima 4.3.6 i 4.4.3.

9.1.3 Procjena troškova

Procjena troškova u Četvrtoj reviziji Programa odlaganja obuhvaća: izravne (nominalne tehničke) troškove provedbe pojedinih skupina aktivnosti razgradnje NE Krško i zbrinjavanja RAO-a i ING-a, troškove poticaja ili naknada lokalnoj zajednici, nepredviđene troškove i PDV.

Ukupni nominalni troškovi u ovoj reviziji (uključujući i razgradnju) iznose 3.060,17 mil. EUR, što je 44,4 % više od procjene u 3. reviziji. Glavni razlozi povećanja troškova su visoka inflacija, razrada RD&D aktivnosti i njihovih troškova, detaljnija analiza troškova za projekte odlaganja NSRAO-a i ING-a u RS i RH te povećanje troškova obrade i kondicioniranja NSRAO-a u inozemstvu. Tijekom pripreme ove revizije identificirane su mogućnosti značajnog smanjenja troškova i primijenjene na početnu procjenu troškova.

S obzirom na povećanje ukupnih troškova, obje strane moraju razmotriti veće doprinose svojim fondovima kroz kombinaciju povećanih anuiteta i viših očekivanih prinosa fondova.

9.2 Preporuke

Ovo poglavlje predstavlja i raspravlja o preporukama i izazovima temeljenim na rezultatima Četvrte revizije, pratećim studijama, najnovijim iskustvima u provedbi projekata za skladištenje i odlaganje NSRAO-a i korištenju međunarodne prakse za osiguranje geološkog odlaganja VRAO-a i ING-a, kao i "Izvešće o završetku misije za Stručnu misiju o Nacrtu četvrte revizije Programa odlaganja RAO-a i ING-a NE Krško" [90].

9.2.1 Zbrinjavanje NSRAO-a

Za zbrinjavanje inventara NSRAO-a dostupna je značajna količina podataka i iskustvo. Međutim, potrebne su dodatne aktivnosti kako bi se podržao daljnji razvoj i osigurala usklađenost s WAC-evima, kao i za reviziju procjene sigurnosti za odlagalište Vrbina i skladište Čerkezovac.

Optimizirani plan podjele i preuzimanja NSRAO-a pretpostavlja da će D6 paketi biti prebačeni u zgradu za dekontaminaciju i kasnije preuzeti od strane Fonda. Prebacivanje D6 započelo je u drugoj polovici 2024. godine i time će se osloboditi dodatni skladišni prostor u internoj skladišnoj zgradi (SRSF) NE Krško.

Postupci odabira lokacije i licenciranja u obje zemlje dugi su i izazovni procesi. I ARAO i Fond, sukladno odluci MDP-a [18], moraju provesti sve potrebne radnje kako bi osigurali funkcioniranje odlagališta Vrbine i Centra te osigurali potrebne preduvjete za uspješan početak preuzimanja NSRAO-a 2028. godine.

Kao budući operater odlagališta NSRAO Vrbina, ARAO mora pomno pratiti njegovu izgradnju i montažu opreme. Paralelno se mora pripremiti sva potrebna dokumentacija za početak probnog (2027.) i redovnog rada (2028.) odlagališta. Izvješće o sigurnosnoj analizi i WAC moraju se pregledati i ažurirati, a prema potrebi treba izvršiti karakterizaciju NSRAO-a. Svi operativni postupci moraju biti dobro planirani i dokumentirani. Posebnu pozornost treba posvetiti daljnjem jačanju i zapošljavanju ljudskih resursa, osnaženju njihovih sposobnosti i kompetencija te u skladu s tim osigurati obuku.

Za dobivanje svih potrebnih dozvola za Centar (ustrojstvena jedinica Fonda), Fond treba nastaviti s izradom projektne dokumentacije, procjene sigurnosti i sigurnosne studije te provesti procjenu utjecaja na okoliš za licenciranje Centra. Nadalje, potrebno je revidirati preliminarne WAC-eve i specifikacije pakiranja na temelju dodatne karakterizacije NSRAO-a, predloženih tehnoloških rješenja i rezultata procjena sigurnosti. Za siguran rad Centra moraju biti razvijeni i dokumentirani svi procesi, postupci i upute. Kako bi razvijao i održavao kompetentnost osoblja, Fond treba uspostaviti i provoditi godišnji plan obrazovanja i osposobljavanja u skladu sa zahtjevima propisanim regulativom i najboljom praksom.

Temelj branjive podjele je točan inventar otpada. Preporučuju se daljnji naponi za poboljšanje pouzdanosti i točnosti inventara, posebno za pakete kojima će se rukovati u prvoj fazi preuzimanja.

Bit će potreban kvalificirani tim stručnjaka kako bi se osiguralo da je otpad ispravno karakteriziran i u skladu s primjenjivim WAC-evima, kao i za provjeru paketa otpada prije pakiranja i cementiranja u RCC-e i preuzimanja.

Moglo bi biti korisno dodatno istražiti skladištenje malih količina dugoživućeg srednje radioaktivnog otpada (SRAO) zajedno s VRAO-om iz razgradnje, budući da bi moglo biti teško ispuniti WAC-eve za planirana postrojenja za te male količine dugoživućeg SRAO-a.

U NE Krško će se razviti i licencirati postupci za konačno pakiranje za transport te skladištenje ili odlaganje NSRAO-a u obje zemlje. NE Krško je već nabavila dio opreme za rukovanje i transport paketa RAO-a i spremnicima za skladištenje/odlaganje. Može biti potrebno uvesti dodatnu opremu, zajedno s praktičnim i optimiziranim rješenjima, kao i logističkim promjenama ili dopunama, ako će biti potrebno i dogovoreno između Fonda, ARAO-a i NE Krško.

9.2.2 Zbrinjavanje ING-a i VRAO-a

NEK će provesti izmještanje 592 gorivna elementa u 2029. godini te osigurati da kapacitet bazena ING-a i SFDS-a bude dovoljan za rad elektrane do kraja životnog vijeka (očekivano 2043. godine).

Predlaže se da se u sljedećoj reviziji Programa odlaganja izradi revidirani cjeloviti Program odlaganja ING-a kao samostalni Program. Ovaj bi program trebao sadržavati sve potrebne dijelove, kao što je "RD&D program" razvijen do konačne faze odabira lokacije, detaljan program uključivanja dionika od početnog odabira lokacije do zatvaranja DGO-a, detaljniji prijedlog koncepta odlaganja DGO-a s analizom preferiranih lokacija(e) i planom razvoja, te s potpunom procjenom troškova. Ove bi aktivnosti trebao koordinirati jedan projektni tim. U odgovarajuće vrijeme u kasnijim fazama odabira lokacije, mogla bi se planirati uspostava jedinstvene organizacije.

Budući da je ovo prvi RD&D Program koji je razvijen, trebat će ga prilagoditi u skladu sa promjenama vremenskog okvira, troškova, pristupa, tehnologija, detaljnih aktivnosti, konačnoj potvrdi lokacije itd. Ukoliko RD&D Program i Program odlaganja ING-a ostanu zajednički i za RH i za RS, preporučuje

se pokretanje međudržavnih rasprava za usklađivanje regulatornih dokumenata obiju država. Dionici u obje zemlje trebali bi biti uključeni u razvoj kriterija za odabir lokacije i postupno upoznati s razradom dokumenta. Treba ih detaljno upoznati s kriterijima, uključujući razloge i načela koja stoje iza njihova odabira. Ovaj bi proces također trebao uključivati daljnji razvoj procesa odabira lokacije, s ranim testiranjem na generičkim ili hipotetskim podacima kako bi se potvrdila praktičnost i stručnjaci stekli potrebno iskustvo. Osim toga, tamo gdje je to prikladno i potrebno trebaju biti uključene posebne stručne organizacije (kao što su organizacije za tehničku podršku, organizacije za istraživanje i razvoj ili privatne tvrtke).

Načelo "pristupa temeljenog na dobrovoljnosti i pristanku" treba biti ugrađeno u budući regulatorni okvir, a ne samo u zaključcima i preporukama RD&D Programa. Vremenski okvir unutar kojeg se općine mogu dobrovoljno prijaviti (volontirati) ili povući iz Programa, kao i trenutak u kojoj povlačenje više nije dopušteno, moraju biti jasno definirani i usklađeni u relevantnim ugovorima ili sporazumima.

Geološka osnova za scenarije odlaganja, bilo u rudničkom DGO-u ili DBDF-u, pretpostavlja prisutnost kristaliničnih ili sedimentnih (glina) formacija u Sloveniji ili Hrvatskoj. Stoga, su na potencijalnim lokacijama potrebna i kabinetska i terenska istraživanja kako bi se poduprle ove pretpostavke, smanjile nesigurnosti i ublažili rizici troškova.

Dok sve mogućnosti odlaganja ING-a i VRAO-a trebaju ostati otvorene, u budućim procjenama posebnu pozornost treba posvetiti sedimentnim formacijama (npr. glina). Čini se da je odlaganje u tim formacijama ekonomski povoljnije, a prikladna područja postoje i u Sloveniji i u Hrvatskoj. Međutim, iako trenutne studije daju prednost glinovitim formacijama zbog njihove isplativosti treba nastaviti razvijati koncepte odlaganja i u čvrstim i u sedimentnim stijenama.

Morat će se provesti detaljnija usporedba koristi i rizika povezanih s različitim opcijama dubokog odlaganja kako bi se podržao budući odabir koncepta. Referentne scenarije za odlaganje VRAO-a i ING-a treba revidirati kako bi se ponovno procijenila tehnološka spremnost, uključilo međunarodno iskustvo u radu prvih DGO-ova i uskladilo to s nacionalnim politikama i strategijama. Planiranje koncepta odlaganja, zajedno s izgradnjom i radom DGO-a na više područja treba doraditi uključivanjem više detalja u RD&D Program do konačne potvrde lokacije i dalje. To uključuje ažuriranje podataka o inventaru VRAO-a i ING-a, preciziranje procjene sigurnosti i sigurnosne studije te procjenu utjecaja razvoja tehnologije i spremnosti. Svi ovi čimbenici moraju se razmotriti i analizirati kako bi se omogućila buduća usporedba između koncepta odlaganja, bilo u DGO-u, DBDF-u bilo u multinacionalno odlagalište.

9.2.3 Procjena troškova

Zbog povećanja procjene troškova u ovoj reviziji u odnosu na prethodnu, obje bi strane trebale razmotriti reviziju ulaznih uplata i godišnjih prinosa kako bi se osiguralo dovoljno pokriće troškova razgradnje i odlaganja.

Slovenskom Javnom Skladu NEK preporuča se cilj ostvarivanja očekivanog godišnjeg prinosa od najmanje 4,00 %, dok bi Gen Energija trebala nastaviti doprinositi približno istim iznosom kao i dosad, s anuitetima od 37,2 mil. EUR ili 12,3 EUR po MWh.

Preporuka je da hrvatski Fond usvoji očekivani godišnji prinos na razini od 4,50 %, dok bi HEP trebao povećati svoje anuitete uplata na 17,31 milijuna EUR.

Trebalo bi provesti daljnja istraživanja o odgovarajućim diskontnim stopama za financiranje dugoročnih projekata (onih koji se protežu na više od 30 godina u budućnost) kako bi se osiguralo da se primjenjuju odgovarajuće vrijednosti.

Potrebno je izračunati troškove šireg raspona scenarija dubokog odlaganja kako bi i ARAO i Fond jasno razumjeli cijeli spektar mogućih troškova. Budući da se opcija odlaganja ING-a u kristalinične stijene i dalje razmatra, procjene troškova za ovaj koncept treba zadržati i prezentirati donositeljima odluka. U svrhu usporedbe, može se pripremiti studija dodatnih troškova, uključujući mogućnost nacionalnih odlagališta.

Napredak u području odlaganja u dubokim bušotinama treba pomno pratiti kako bi se prikupili potrebni podaci za preciznije procjene troškova.

10 Kratice

Kratika	Opis	Description
A	Pepeo (produkti spaljivanja)	Ash (incineration products)
AB	Pomoćna zgrada (NEK)	Auxiliary Building
ACC	Superkompaktirani aktivni ugljen (otpresci)	Supercompacted charcoal (pellets)
ADR	Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari	European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
ALARA	Što je niže razumno moguće	As Low As Reasonably Achievable
AR	Uz reaktor; Područje za skladištenje ING-a na lokaciji reaktora	At-Reactor; SNF Storage area at the site of reactor
ARAO	Agencija za radioaktivni otpad	Agency for Radwaste Management, Slovenia (Slovenian: Agencija za radioaktivne odpadke)
BU ili MU	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 9/2002; Sl. list RS 23/2003) (Bilateralni ugovor ili Međudržavni ugovor)	Engl: Agreement between the Government of the Republic of Slovenia and the Government of the Republic of Croatia on the Regulation of the Status and Other Legal Relations Regarding the Investment, Exploitation and Decommissioning of the Krško NPP (Bilateral or Intergovernmental Agreement) Slovenski: Pogodba med Vlado Republike Slovenije in Vlado Republike Hrvaške o ureditvi statusnih in drugih pravnih razmerij, povezanih z vlaganjem v Nuklearno elektrarno Krško, njenim izkoriščanjem in razgradnjo (BRHNEK)
B.B.B	Osnovni scenarij DBD i DGO na istoj lokaciji	Base Case DBD + DGR scenario (one site) (DBD for SNF inventory and DGR pro HLW and LILW-LL inventory)
B.B.S	Osnovni scenarij DBD i DGO na zasebnim lokacijama	Base Case DBD + DGR scenario (separate sites) (DBD for SNF inventory and DGR pro HLW and LILW-LL inventory)
B.D.H	Osnovni scenarij DGO-a u čvrstoj stijeni	Base Case DGR in hard rock scenario
B.D.S	Osnovni scenarij DGO-a u sedimentnoj stijeni	Base Case DGR in sediment (argillaceous) formations scenario
B.M.S.H.	Osnovni scenarij zajedničkog MNR-a u čvrstoj stijeni	Base Case shared MNR in hard rock scenario
B.M.S.S.	Osnovni scenarij zajedničkog MNR-a u sedimentnoj stijeni	Base Case shared MNR in sediment (argillaceous) formations scenario
BC (BCS)	Osnovni scenarij	Base Case (Base Case Scenario)
BR	Osušene ispuhane smole iz sustava sekundarnog pročišćavanja	Dried blow-down resins from secondary purification system (IDDS product)
BSS	Osnovni sigurnosni standardi	Basic Safety Standards
Kampanja	Skup transfera SNF iz bazena iskorištenog goriva u DSB i pripadajuće aktivnosti.	A set of SNF transfer from spent fuel pit to the DSB and corresponding activities.
Centar	Centar za zbrinjavanje RAO, CZRAO	Radioactive Waste Management Centre - RWM Centre
CF	Filtarski ulošci u cementnoj matrici	Filter cartridges in cemented matrix
CLA	Područje za utovar spremnika	Cask Loading Area; area in FHB near the spent fuel pool, where loading of MPC in HI-TRAC takes place

Kratica	Opis	Description
CLC	Naknada lokalnoj zajednici (poticaji)	Compensation to the local community (incentives) - CLC
CPW	Kompresibilni (stlačivi) otpad	Compressible Waste
CS	Ugljični čelik	carbon steel
CTF	Objekt za prijenos spremnika unutar zgrade suhog skladišta	Cask Transfer Facility within Dry Storage Building
CW	Kompaktirani (prešani) otpad	Compacted waste (transitional waste form - can be supercompacted)
CWC	Superkompaktirani otpad (otpresci)	Supercompacted compressible waste (pellets)
CZRAO	Centar za zbrinjavanje RAO, Centar	Radioactive Waste Management Centre - RWM Centre
D&D	Dekontaminacija i razgradnja	Decontamination and Decommissioning
DB	Zgrada za dekontaminaciju	Decontamination Building
DBD	Odlaganje u duboke bušotine	Deep Borehole Disposal
DBDF	Duboko bušotinsko odlagalište	Deep Borehole Disposal Facility
DC	Isušeni koncentri evapora (IDDS produkti)	Dried concentrates (IDDS* product)
DDP	Program razgradnje NE Krško i odlaganja NSRAO-a i ING-a	Program of NPP Krško Decommissioning and SNF & Low and Intermediate Level Waste Disposal / The Krško NPP Decommissioning and SNF & LILW Disposal Program
DGO	Duboko geološko odlagalište	Deep Geological Repository (DGR)
DS	Isušeni rezervoarski talozi (IDDS produkt)	Dried sludges (IDDS product)
DSB	Zgrada suhog skladišta (ING-a)	Dry Storage Building
E.D.H	Dodatni scenarij s DGO-om u čvrstoj stijeni	ELSC DGR in hard rock scenario
E.D.S	Dodatni scenarij s DGO-om u sedimentnoj stijeni	ELSC DGR in sediment (argillaceous) formations scenario
EB	Evaporirani koncentri solidificirani u vermikulitno-cementnoj matrici	Evaporator bottom solidified in vermiculite-cemented matrix
EBC	Superkompaktirani evaporirani koncentri (otpresci)	Supercompacted evaporator bottom (pellets)
EBS	Inženjerski sustav barijera	Engineered Barrier System
EC	Koncentrat evapora i rezervoarski talozi	Evaporator Concentrates and Tank Sludges
ECB	Europska Centralna Banka	European Central Bank
EDF	Francuska državna elektroenergetska kompanija	Electricite de France
ELSC	Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom (SC)	Extended Lifetime Sensitivity Case
EPD	Najranije moguće odlaganje	Earliest Possible Disposal
EU	Europska Unija	European Union
F	Istrošeni filterski ulošci	Spent Filters
FA (SFA)	Gorivni elementi (elementi istrošenog goriva)	Fuel Assemblies (Spent Fuel Assemblies)
FHB	Zgrada za rukovanje gorivom	Fuel Handling Building
Fond	Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško	Fund for financing the decommissioning of the Krško Nuclear Power Plant and the disposal of NEK radioactive waste and spent nuclear fuel, Croatia - Fund
GIS	Geografski informacijski sustav	Geographic Information System
HEP	Hrvatska elektroprivreda	-

Kratica	Opis	Description
HF	Kompaktirani filtarski ostaci	Compacted filter debris
HI-STORM	Vrsta zaštitnog spremnika za skladištenje ING-a	Storage overpack that receives and contains the sealed MPC; provides gamma and neutron shielding, ventilation passages, missile protection, and protection against natural phenomena and accidents for the loaded MPC
HI-TRACK	Privremeni zaštitni spremnik koji se koristi za sigurno rukovanje, obradu i transport višenamjenskog spremnika (MPC-a) tijekom ključnih faza obrade ING-a	Transfer overpack used to house the MPC during fuel loading, drying, sealing and transfer from FHB to the DSB
HR	Hrvatska	Croatia – CRO, RC
I	Ingoti (produkti taljenja)	Ingots (melting product)
IAEA	Međunarodna agencija za atomsku energiju	International Atomic Energy Agency
IDDS	sustav sušenja u bačvi	In Drum Drying System
II	iskorišteni radioaktivni izvori	Disused Sealed Radioactive Sources (Disused Sources) - DSRS (DS)
ING	istrošeno nuklearno gorivo	Spent Nuclear Fuel - SNF
IRAO	Institucionalni radioaktivni otpad (otpad koji nije nastao u energetici)	Institutional Radioactive Waste - IRW
IRR	Interna stopa povrata	Internal Return Rate
IT	informacijska tehnologija	Information Technology
KBS-3V	Koncept vertikalnog odlaganja spremnika s kapsuliranim istrošenim nuklearnim gorivom u kristaliničnoj stijeni (višebarijerni koncept) razvijen od švedskog SKB-a	The concept of vertically disposing of canisters containing encapsulated spent nuclear fuel in crystalline rock (multi-barrier concept) developed by SKB, Sweden
KO	Koordinacijski odbor za provedbu projekta	Project Implementation Coordination Committee - ICC
MCDA	višekriterijska analiza odlučivanja	Multi-Criteria Decision Analysis
MCDS	višekriterijska potpora odlučivanju	Multi-Criteria Decision Support
MDP	Međudržavno povjerenstvo	Intergovernmental Commission - IC
MNR	multinacionalno odlagalište	Multinational Repository
MPC	Višenamjenski spremnik	Multi-Purpose Canister; sealed canister consisting of a fuel basket for spent nuclear fuel storage, containing in a cylindrical canister shell; confinement boundary for storage conditions
MPC FB	košara za gorivne elemente unutar MPC spremnika	MPC Fuel Basket; honeycombed neutron absorbing welded structure with square openings (in MPC) which can accept a fuel assembly
MU	Međudržavni ugovor (BU)	Intergovernmental Agreement - IGA
N2d	Slovenski licencirani spremnik za odlaganje NSRAO-a	Slovenian licenced container for disposing LILW
NAV	neto vrijednost imovine	Net Asset Value
NCW	Nekompresibilni otpad	Non-compressible waste
NE	Nuklearna elektrana	Nuclear Power Plant - NPP
NEK, NE Krško	Nuklearna elektrana Krško	Krško Nuclear Power Plant (Slovenian: Jedrska elektrana Krško, JEK) - Krško NPP (KNPP, NPP Krško)

Kratica	Opis	Description
NFWC	Spremnik za otpad koji ne sadrži nuklearno gorivo	Non-Fuel Waste Canister
NSRAO	Nisko i srednje radioaktivni otpad	Low and Intermediate Level (Radioactive) Waste - LILW
NVO	Nevladina organizacija	Non-Governmental Organization - NGO
O	Kruti nekompresibilni (ostali) otpad	Solid non-compressible (other) waste (other waste can be intended for additional treatment or conditioning)
OC	Superkompaktirani O otpad	Supercompacted other compressible waste (pellets)
OPA	Formacija Opalinus gline	Opalinus Clay
PA/SA	Procjena izvedbe / Procjena sigurnosti	Performance Assessment / Safety Assessment
PDP Rev.7	Preliminarni dekomisijski plan za NE Krško	The Krško NPP Preliminary Decommissioning Plan, revision 7 (2024)
PDV	Porez na dodanu vrijednost	Value Added Tax - VAT
PO	Program odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva iz NE Krško	The Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program - DiP
PPP	Paritet kupovne moći	Purchasing Power Parity
PR	Program razgradnje NE Krško	The Krško NPP Decommissioning Program - DP
PR	Isušene primarne istrošene ionske smole	Dried primary resins (IDDS product)
PRO	Program razgradnje i odlaganja	Decommissioning and Disposal programme (DDP)
PSR3	Treća periodična sigurnosna provjera	Third Periodic Safety Review
PUO	Procjena utjecaja na okoliš	Environmental Impact Assessment - EIA
PZ	projektni zadatak	Terms of Reference - ToR
PWR	Tlakovodni reaktor	Pressurised Water Reactor
R&D	istraživanje i razvoj	Research and Development
RAO	radioaktivni otpad	radioactive waste - RW
RCC	Armirano betonski spremnik	Reinforced concrete container
RD&D Program	Program istraživanja, razvoja i demonstracije	Research, Development and Demonstration Program
ReNPRRO 23-32	Slovenska Rezolucija o Nacionalnom programu za upravljanje radioaktivnim otpadom i istrošenim nuklearnim gorivom 2023.-2032., SL RS, br. 31/16	Resolution on the National Programme for Managing Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel 2023-2032, Off. Gaz. of the RS, Nr. 31/16
RH	Republika Hrvatska	The Republic of Croatia - RC
RPV	Reaktorska posuda	Reactor Pressure Vessel
RRS 2009	Revidirani referentni scenarij 2009	Revised Reference Scenario 2009
RS	Republika Slovenija	the Republic of Slovenia
RS 2004	Referentni scenarij 2004	Reference Scenario 2004
RS 2018	Referentni scenarij 2018	Reference Scenario 2018
RU	Jedinica za izvlačenje goriva	Retrieval unit
SAR	Izvjешće o sigurnosnoj analizi	Safety Analysis Reports
SC	Dodatni scenarij (ELSC)	Sensitivity Case (ELSC)
SF (F)	Istrošeni filtarski ulošci	Spent Filters
SFDS	Suho skladište istrošenog goriva u NE Krško	Spent fuel dry storage at Krško NPP
SFP	Bazen istrošenog goriva (mokro skladište istrošenog goriva)	Spent fuel pool (wet storage of spent fuel)

Kratica	Opis	Description
SG	parogeneratori	steam generators
SIR	Istrošene ionske izmjenjivačke smole	Spent Ion Exchange Resins
SKB	Švedska tvrtka za zbrinjavanje ING-a i RAO-a	Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co
Sklad NEK	Fond za financiranje razgradnje NE Krško i odlaganje radioaktivnog otpada, Krško, Slovenija	Fund for Financing the Decommissioning of the Krško Nuclear Power Plant and the Disposal of Radioactive Waste from the Krško NPP, Krško, Slovenia
SLO	Slovenija	Slovenia (RS)
SR	Primarne istrošene ionske smole solidificirane u vermikulit-cementnoj matrici	Spent resins solidified in vermiculite-cemented matrix
SRAO	Srednje radioaktivni otpad	Intermediate Level (Radioactive) Waste - ILW
SRSF	Skladište krutog radioaktivnog otpada (interno skladište NSRAO-a na lokaciji NE Krško)	Solid Radwaste Storage Facility (Interim LILW storage at the Krško NPP site)
SS	Nehrđajući čelik	stainless steel
SW	Specifični otpad	Specific waste
tHM	Tone teškog metala	tonnes of heavy metal
TTC	Cjevasti spremnik	tube type container
URCF (URF)	Podzemni objekt za karakterizaciju stijena i inženjersku demonstraciju	Underground Rock Characterisation and Engineering Demonstration Facility (Underground Testing Facility)
URF, URL	Podzemni istraživački objekt, Podzemni istraživački laboratorij	Underground Research Facility, Underground Research Laboratory
URSJV	Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (Slovenski: Uprava Republike Slovenije za jadrsko varnost)	Slovenian Nuclear Safety Administration - SNSA
USAR	Ažurirani izvještaj o sigurnosnoj analizi	Updated Safety Analysis Report
VRAO	Visoko radioaktivni otpad	High Level (Radioactive) Waste (HLW)
WAC	Kriteriji prihvatljivosti otpada	waste acceptance criteria
WBS	Struktura razrade rada	Work Breakdown Structure
WMB	Zgrada za manipulaciju otpadom	Waste Manipulation Building
WP	Paket otpada	Waste Package
WPS	Specifikacije paketa otpada	Waste Package Specification

11 Popis tablica i slika

Popis tablica

Tablica 1-1	Inventar radioaktivnog otpada NE Krško - Osnovni scenarij (prestanak rada NEK-a 2043.)	5
Tablica 1-2	Sažetak predložene podjele i preuzimanja NSRAO-a [23]	7
Tablica 1-3	Ukupni nominalni trošak zbrinjavanja ING-a i RAO-a NE Krško po scenariju, s PDV-om	8
Tablica 3-1	Grupe i pripadajuće vrste operativnog otpada uskladišteni u privremenom skladištu NE Krško	19
Tablica 3-2	Spremници otpada korišteni za skladištenje operativnog NSRAO	20
Tablica 3-3	Operativni NSRAO uskladišten u NE Krško do 31. prosinca 2023. [23]	20
Tablica 3-4	Projekcija inventara operativnog NSRAO-a, 2024.-2043. (osnovni scenarij, prema Poglavlju 2.5)	23
Tablica 3-5	Projekcija inventara operativnog NSRAO-a, 2024.-2063. (Dodatni scenarij, prema Poglavlju 2.5)	23
Tablica 3-6	Materijalna bilanca razgradnje NE Krško za Osnovni scenarij 0	25
Tablica 3-7	Materijalna bilanca razgradnje NE Krško za Osnovni scenarij 1	25
Tablica 3-8	Materijalna bilanca razgradnje NE Krško za Dodatne scenarije A & B	25
Tablica 3-9	Operativni radioaktivni otpad i dekomisijski radioaktivni otpad SFDS-a/RU-a [20, 24]	26
Tablica 3-10	Dekomisijski VRAO-a /SRAO-a NE Krško [24, 27]	26
Tablica 3-11	Projekcija ukupnih količina radioaktivnog otpada iz NE Krško (za rad NE Krško do 2043. godine)	27
Tablica 3-12	Projekcija ukupnih količina radioaktivnog otpada iz NE Krško (za rad NE Krško do 2063. godine)	27
Tablica 3-13	Postrojenje za pakiranje i DGR – operativni i dekomisijski radioaktivni otpad [27]	28
Tablica 3-14	Inventar istrošenoga nuklearnog goriva u bazenu i suhom skladištu za ING u prosincu 2023. godine	29
Tablica 3-15	Inventar istrošenoga nuklearnog goriva NE Krško	29
Tablica 4-1	Trenutni i očekivani inventar ING-a NE Krško za osnovni scenarij (BC) i dodatne scenarije (SC A&B)	35
Tablica 4-2	Ukupni troškovi skladištenja ING-a i VRAO-a	40
Tablica 4-3	1. skupina kriterija: Geološki kriteriji: procesi, svojstva i hazardi	41
Tablica 4-4	2. skupina kriterija: Iskorištavanje prirodnih resursa i mogući antropogeni utjecaji.	43
Tablica 4-5	3. skupina kriterija: Ekološki i društveni kriteriji.	43
Tablica 4-6	Predloženi vremenski plan osnovnog scenarija	49
Tablica 4-7	Sažeta tablica odvojenih troškova u EUR za pojedinačne nadležne organizacije za pripremnu fazu projekta (2025. – 2032.) za osnovni scenarij	59
Tablica 4-8	Tablica troškova u EUR za program odabira lokacije prema osnovnom scenariju uključujući zajedničke troškove za RH i RS za pripremnu fazu (2025. – 2032.) i sve ostale troškove do faze predodabira dviju predloženih lokacija	59
Tablica 4-9	Sažeta tablica troškova u EUR za pojedinačne odgovorne organizacije za pripremnu fazu projekta (2025. – 2062.) za Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom	61
Tablica 4-10	Ukupni troškovi u EUR za Dodatni scenarij s produljenim životnim vijekom, uključujući zajedničke troškove za pripremnu fazu (2025. – 2032.) i sve ostale troškove do faze predodabira dviju predloženih lokacija	61
Tablica 4-11	Usporedba troškova u EUR za dva razmatrana scenarija <u>bez troškova</u> za pojedinačne odgovorne organizacije u "Pripremnoj fazi"	63
Tablica 4-12	Glavne aktivnosti i ključne točke scenarija s rudničkim DGR-om (prilagođeno iz [43])	64
Tablica 4-13	Broj istrošenih gorivnih elemenata ING-a za svaki glavni scenarij s brojem spremnika potrebnih za odlaganje.	67

Tablica 4-14	Volumen iskopane stijene – Usporedba za Osnovni scenarij (BC) [27].	72
Tablica 4-15	Vremenski čimbenici od posebne važnosti za procjenu troškova [41].	73
Tablica 4-16	Ukupni troškovi za osnovni scenarij s naknadama i PDV-om (SLO i HR), B.D.H [27].	77
Tablica 4-17	Ukupni troškovi s nepredviđenim troškovima i PDV-om za ELSC u čvrstoj stijeni (E.D.H) [27].	78
Tablica 4-18	Ukupni troškovi s naknadama i PDV-om, osnovni scenarij za DGR u sedimentnoj stijeni (B.D.S) [27].	79
Tablica 4-19	Ukupni troškovi s nepredviđenim troškovima i PDV-om za ELSC u sedimentnoj stijeni (E.D.S) [27].	80
Tablica 4-20	Usporedba troškova za oba osnovna scenarija s najvećim razlikama u troškovima.	81
Tablica 4-21	Usporedba ukupnih troškova (bez PDV-a) u analiziranim scenarijima.	82
Tablica 5-1	Podjela konačnih paketa otpada (FWP) u spremnike T1, T2 i D6 [23]	88
Tablica 5-2	Podjela paketa otpada (WP) koji će nastati u razdoblju 2024.-2063.	96
Tablica 5-3	Inventar dekomisijskog NSRAO-a [20 i 22].	97
Tablica 5-4	Broj N2d i RCC spremnika za Osnovni scenarij 0 (BC 0) i Dodatne scenarije A i B (SC A&B)	97
Tablica 5-5	Broj N2d i RCC spremnika za Osnovni scenarij 1 (BC 1).	97
Tablica 5-6	Godišnji teoretski broj spremnika za osnovni scenarij 0 i 1 [20].	98
Tablica 5-7	Godišnji teoretski broj spremnika za dodatne scenarije A i B [20]	98
Tablica 6-1	Hrvatska pregledna matrica zbrinjavanja IRAO-a, DS-a, NSRAO-a i ING-a kako je predstavljena u 7. nacionalnom izvješću o provedbi obveza iz Zajedničke konvencije [1], ažurirano.	101
Tablica 6-2	Hrvatska polovica NSRAO-a iz NE Krško	102
Tablica 6-3	Osnovni tehnički podaci i svojstva RCC spremnika	104
Tablica 6-4	Vrste i paketi NSRAO-a koji ne zadovoljavaju WAC	105
6-Tablica 5	Vremenski raspored za glavne aktivnosti u fazi I: 2024. – 2035. godine	112
Tablica 6-6	Vremenski raspored za glavne aktivnosti u fazi II: od 2035. godine nadalje	112
Tablica 6-7	Troškovi po stavkama troškova za zbrinjavanje hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško	114
Tablica 6-8	Opis i kategorija rizika povezanih s troškovima zbrinjavanja NSRAO-a za optimalni scenarij	116
Tablica 6-9	Usporedba troškova po stavkama troškova za osnovni i dodatni scenarij za zbrinjavanje hrvatske polovice NSRAO-a NE Krško	118
Tablica 7-1	Slovenska polovica NSRAO-a iz NE Krško	123
Tablica 7-2	Procjena N2d spremnika za odlaganje NSRAO-a iz NE Krško u odlagalište Vrbina	124
Tablica 7-3	N2d dimenzije i težine [73].	129
Tablica 7-4	Vremenski raspored za osnovni scenarij odlagališta s brojem spremnika za odlaganje po godinama [70].	134
Tablica 7-5	Ukupni očekivani troškovi izgradnje odlagališta, opreme i radova na zatvaranju [70]	136
Tablica 7-6	Ukupni troškovi ulaganja u odlagalište za BC s investicijskim udjelom Sklada NEK na temelju [65].	138
Tablica 7-7	Ukupni troškovi ulaganja u odlagalište za ELSC s investicijskim udjelom Sklada NEK.	139
Tablica 7-8	Troškovi ARAO odlagališnih spremnika	140
Tablica 7-9	Ukupni operativni troškovi odlagališta za sav slovenski NSRAO i za 1/2 NSRAO-a iz NE Krško (financira Sklad NEK) - BC	142
Tablica 7-10	Ukupni BC i ELSC troškovi ulaganja i troškovi rada odlagališta s udjelom troškova financiranim iz Sklada NEK	144
Tablica 7-11	Analiza osjetljivosti za visinu investicijskih troškova [70].	145
Tablica 7-12	Opcionalna analiza za visinu operativnih troškova [70].	145
Tablica 7-13	Prikaz najvažnijih rizika projekta odlagališta Vrbina za razdoblje izgradnje [70]	147
Tablica 7-14	Prikaz najvažnijih rizika projekta odlagališta Vrbina za vrijeme rada [70].	148
Tablica 8-1	Ukupni nominalni trošak zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško po scenariju, s PDV-om.	149

Tablica 8-2	Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško za osnovni scenarij	150
Tablica 8-3	Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško za dodatni scenarij A	150
Tablica 8-4	Nominalni troškovi zbrinjavanja ING-a i RAO-a iz NE Krško za dodatni scenarij B	151
Tablica 8-5	Ukupni trošak osnovnog scenarija za RS.....	151
Tablica 8-6	Ukupni trošak osnovnog scenarija za RH.....	151
Tablica 8-7	Ukupni trošak dodatnog scenarija B za RS.....	152
Tablica 8-8	Ukupni trošak dodatnog scenarija B za RH.....	152
Tablica 8-9	Ukupni troškovi osnovnog scenarija za RS (bez razgradnje NE Krško)	153
Tablica 8-10	Ukupni troškovi osnovnog scenarija za RH (bez razgradnje NE Krško).....	154
Tablica 8-11	Ukupni troškovi dodatnog scenarija B za RS (bez razgradnje NE Krško)	154
Tablica 8-12	Ukupni troškovi dodatnog scenarija B za RH (bez razgradnje NE Krško).....	155
Tablica 8-13	Izračun IRR-a za slovenski Javni Sklad NEK (BC i SC B).....	158
Tablica 8-14	IRR za Javni sklad NEK naspram raznih anuiteta za GEN za oba scenarija	159
Tablica 8-15	Izračun godišnjih uplata HEP-a u Hrvatski fond (BC i SC B).....	159
Tablica 8-16	Anuiteti za uplate HEP-a Hrvatskom fondu u odnosu na različite IRR za Fond za oba scenarija	160
Tablica 8-17	Izračun diskontiranog troška za različite faktore diskontiranja za RS	161
Tablica 8-18	Izračun diskontiranog troška za različite faktore diskontiranja za RH	162
Tablica 8-19	Usporedba ukupnih nominalnih troškova u trećoj i četvrtoj reviziji	163

Popis slika

Slika 3-1	Aktivnost pojedinih radionuklida u operativnom NSRAO-u (na dan mjerenja, te preračunati na 31. prosinca 2023. i na 31. prosinca 2027. godine).....	22
Slika 4-1	Lokacija Suhog skladišta (DSB) unutar lokacije Nuklearne elektrane Krško [].....	32
Slika 4-2	Suho skladište (DSB), izvor NEK.....	32
Slika 4-3	Suho skladište, izvor NEK.....	33
Slika 4-4	HI-STORM s MPC (MPC-37) sustavom za suho skladištenje []	33
Slika 4-5	Višenamjenski spremnik za 37 PWR istrošenih gorivnih elemenata (MPC-37) u poprečnom presjeku (lijevo) i MPC-37 PWR košara za gorivo (37 skladišnih ćelija) u perspektivi (desno) [36]	34
Slika 4-6	Pojednostavljeni "Vremenski plan predloženog scenarija", s važnim ključnim točkama.....	47
Slika 4-7	Dionici/zainteresirane strane.....	56
Slika 4-8	Tri stupa komunikacijske strategije	56
Slika 4-9	Shematski prikaz korištene metodologije obračuna troškova [27].	77
Slika 5-1	Raspodjela i broj paketa otpada u SRSF-u po tipu WP-a, SIR WP-a te broj paketa u WMB-u i DB-u	90
Slika 6-1	Model armiranobetonskog spremnika (RCC)	104
Slika 6-2	Vremenski okvir dugoročnog skladištenja.....	106
Slika 6-3	Dugoročno skladište – tlocrt	107
Slika 6-4	Dugoročno skladište – pogled sprijeda	107
Slika 6-5	Vremenski raspored odlagališta za hrvatsku polovicu NSRAO-a NE Krško	108
Slika 6-6	Tehnologija odlaganja u jednoj jedinici odlagališta NSRAO-a – bočni prikaz	110
Slika 6-7	Vremenski raspored glavnih aktivnosti zbrinjavanja NSRAO-a	113
Slika 6-8	Godišnja raspodjela nominalnih troškova za hrvatsku polovicu NSRAO-a NE Krško	115
Slika 6-9	Usporedba troškova osnovnog scenarija i dodatnog scenarija.....	118
Slika 6-10	Kategorije povećanja troškova za dodatni scenarij.....	119
Slika 7-1	Shematski prikaz glavnih ključnih točaka Strategije 4 iz ReNPROIG23-32 [10].	122

Slika 7-2	Prikaz prostornog smještaja pojedinih objekata odlagališta: 1 Administrativno-servisno postrojenje, 2 Tehnološko postrojenje, 3 Prostorija iznad silosa [73].	127
Slika 7-3	Prostorni smještaj pojedinih odlagališnih objekata [73]	127
Slika 7-4	Prikaz poprečnog presjeka silosa tijekom rada [81]	128
Slika 7-5	3-D prikaz spremnika za odlaganje.....	130
Slika 7-6	Dinamika ulaganja za osnovni scenarij u stalnim cijenama za siječanj 2024. s PDV-om [65] .	138
Slika 8-1	Ukupna godišnja raspodjela troškova RS /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)	153
Slika 8-2	Ukupna godišnja raspodjela troškova RH /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)	154
Slika 8-3	Ukupna godišnja raspodjela troškova RS /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)	155
Slika 8-4	Ukupna godišnja raspodjela troškova RH /mil. EUR (bez razgradnje NE Krško)	156
Slika 8-5	Grafikon IRR-a za Javni Sklad NEK u odnosu na različite anuitete za GEN.....	158
Slika 8-6	Grafikon IRR-a za FOND u odnosu na različite anuitete za HEP	160
Slika 8-7	Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u osnovnom scenariju za RS (dis. Faktor 2 %).	161
Slika 8-8	Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u dodatnom scenariju B za RS (disk. Faktor 2 %)	161
Slika 8-9	Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u osnovnom scenariju za RH (dis. faktor 2 %).	162
Slika 8-10	Vremenska raspodjela diskontiranih troškova u dodatnom scenariju B za RH (dis. faktor 2 %)	162

12 Literatura

- 1 3570-6/2009/32, Produljenje dozvole, URSJV, dana 20. lipnja 2012.
- 2 Zapisnik 10. Sjednice MSP-a, od 10 srpnja 2010. godine, Krško
- 3 Okoljevarstveno soglasje, Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, Št.: 35428-4/2021-2550-96, 13. 01. 2023
- 4 Odločbo v upravni zadevi "Odobritev tretjega občasnega varnostnega pregleda (PSR3)", Ministarstvo za naravne vire in prostor, Uprava RS za jedrsko varnost, št. 3570-13/2021/74, 4.12.2023.
- 5 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 (Narodne novine – Međunarodni ugovori 9/2002; Službeni list RS 23/2003)
- 6 Direktiva Vijeća 2011/70/Euratom od 19. srpnja 2011. o uspostavi okvira Zajednice za odgovorno i sigurno gospodarenje istrošenim gorivom i radioaktivnim otpadom (engleski: *Council Directive 2011/70/Euratom of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste (OJ L 199, 2.8.2011, p. 48–56)*)
- 7 Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (NN br. 125/14)
- 8 Nacionalni program provedbe Strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva - Program za razdoblje do 2025. godine s pogledom do 2060. godine (Odluka o donošenju, NN 100/18)
- 9 Izmjene i dopune Nacionalnog programa provedbe Strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva - Program za razdoblje do 2025. godine s pogledom do 2060. godine (Odluka o donošenju NN 156/22)
- 10 Rezolucija o Nacionalnom programu zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga goriva za razdoblje 2023.-2032. (Rezolucija o nacionalnom programu ravnanja z radioaktivnim otpadki in izrabljenim gorivom za obdobje 2023–2032 (ReNPROIG23–32)), Službeni list RS 14/23
- 11 Program razgradnje NE Krško i odlaganja NSRAO i ING, ARAO, T-1123/03, Ljubljana, 2004, APO Ltd., Environmental Services, 25-04-1348/06, Zagreb, 2004. (DDP, rev 1)
- 12 Zapisnik 8. sjednice MDP-a, od 3. listopada 2008., Krško
- 13 Zapisnik 11. sjednice MDP-a, od 21. studenog 2017., Krško
- 14 Zapisnik 14. sjednice MDP-a, od 14. lipnja 2020., Zagreb
- 15 Third Revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program (text version 1.3), ARAO-Agency for Radwaste Management, Ljubljana and Fund for financing the decommissioning of the Krško NPP, Zagreb, September 2019, (DP, rev 3)
- 16 Uredba o iznosu, roku i načinu uplate sredstava za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško ("Narodne novine", br. 156/22)
- 17 Projektni zadatak (PZ) za Četvrtu reviziju Programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva NE Krško (engleski: *Terms of reference (ToR) for Fourth Revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program (Krško NPP RW and SF Disposal Program)*), Fond i ARAO, siječnja 2022
- 18 Zapisnik 17. sjednice MDP-a, datiran 2. listopada 2023, Krško

-
- 19 Zajednički zapisnik 13. sjednice Međudržavnog povjerenstva, koja je održana 30. rujna 2019. godine na Bledu - Odluka AD. 3.1.
 - 20 Preliminary Decommissioning Plan for Krško NPP, Rev. 7, Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft, February 2024 (PDP Rev. 7)
 - 21 NEK Baza podataka (NSRAO uskladišten do 31. prosinca 2023), Poročilo – Aktivnosti na 31.12.2024.
 - 22 The Analysis of the Possible Division and Takeover of the Operational and Decommissioning RW from Krško NPP, Revision 1 (Enconet Ltd, January 2024)
 - 23 "The Analysis of the Possible Division and Takeover of the Operational and Decommissioning RW from Krško NPP", Revision 2 (Enconet Ltd, October 2025)
 - 24 4th Revision of the NPP Krsko Decommissioning Program (Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft, February 2024)
 - 25 Technical Report on Radioactive Waste Management in Krško NPP "Gospodarenje z radioaktivnimi odpadki v NE Krško", NEK ESD-TR-03/97, Rev.12, NEK, 2025
 - 26 Final Report of Sample Analysis of two Old Steam Generators at the Krško Nuclear Power Plant, ÚJV Řež, a.s., Řež, August 2024
 - 27 Costing Study for Disposal of Spent Fuel and High-level Radioactive Wastes from the Krško Nuclear Power Plant, IBE, NAGRA, May 2024
 - 28 Nuclear Power Plant Krško Updated Safety Analysis Report; Revision 30, Chapter 4 – Reactor, NEK, Krško, 2017
 - 29 Annual Report 2022 on Radiation and Nuclear Safety in the Republic of Slovenia, SNSA, 2023
 - 30 Stanje inventarja NSRAO in IG na presečni datum 31.12.2023 - Inventar goriva 2023., NEK, 29.01.2024.
 - 31 Ionizing Radiation Protection and Nuclear Safety Act Off. Gaz. of the 76/17, 26/19, 172/21 and 18/23 – ZDU-IO.
 - 32 3rd Revision of the NPP Krško Decommissioning Program, NIS, Ingenieurgesellschaft mbH, Document No.: 4520 / CA / F 010640 5 / 07, June 2019
 - 33 Resolution on the National Programme for Managing Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel 2016-2025 (ReNPRRO16-25), Off. Gaz. of the RS, Nr. 31/16
 - 34 Odločba URSJV št. 3570-9/2011/2, Odločba o izvedbi izrednega občasnega varnostnega pregleda Nuklearne elektrarne Krško, z dne 30. 5. 2011
 - 35 Nuklearna elektrarna Krško, Suho skladišče izrabljenega goriva; Idejna Zasnova, NEKDSB-1V/01A, IBE, Ljubljana, 2018
 - 36 Final Safety Analysis Report on the HI-STORM FW MPC Storage System'; Revi-sion 5, HI-2114830, Holtec International, Camden, 2017
 - 37 Uredba o sevalnih dejavnostih (UV1). (Uradni list RS, št. 19/18)
 - 38 Direktiva Vijeća 2013/59/Euratom od 5. prosinca 2013. o osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju, i o stavljanju izvan snage direktiva 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom (engleski: *Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a, Official Journal of the EU, Volume 57, january 2014.*)
 - 39 Decree on the Criteria for Determining the Compensation Rate due to the Restricted Use of Areas and Intervention Measures in Nuclear Facility Areas, Off. Gaz. RS 92/14, 46/15, 76/17 – ZVISJV-1 and 8/20.

-
- 40 RD&D Program for joint SF and HLW Disposal in Deep Geological Repository in RC or in RS (Croatian Geological Survey; Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb; Consensus d.o.o.; Slovenian National Building and Civil Engineering Institute; Geological Survey of Slovenia; Czech Geological Survey, June 2024)
 - 41 Deep borehole disposal for spent fuel from the Krško NPP: Cost Study, Deep Isolation Limited, March 2024
 - 42 Reference Scenario For Geological Disposal Facility In Hard Rock With Cost Estimation For Its Implementation, ARAO- NRV-0X/02B, IBE, Ljubljana, veljača 2019.
 - 43 Terms of Reference (ToR) for the Deep Geological Repository – Multinational Repository Study (DGR-MNR Project), ARAO and Fund, March 2023
 - 44 Terms of Reference (ToR) for the Deep Borehole Disposal Study (DBD Project), ARAO and Fund, March 2023
 - 45 Geological data and preliminary catalogue of argillaceous formations for deep geological disposal of radioactive waste, revision 1, ZAG, GeoZS, 2007
 - 46 Perković, D., Matoš, B., Veinović, Ž.: Preliminarna analiza mogućnosti i regulatorne osnove po pitanju potencijalnih geoloških sredina za izgradnju dubokog geološkog odlagališta. Rudarsko geološko naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2021.
 - 47 EURAD Deliverable 12.4, Guidance on Cost Assessment and Financing Schemes of Radioactive Waste Management Programmes, Work Package 12, 2022
 - 48 AACEI, AACE International Recommended Practice 18R-97, Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries, March 2016
 - 49 Zapisnik sa 14. sastanka KO, Gen energija Krško, 27. svibnja 2025.
 - 50 Zapisnici sa sastanaka radne grupe NEK-ARAO-Fund održanih 16. travnja i 20. svibnja 2025. i e-mail NEK-a od 6. lipnja 2025. godine "Konkretni razlozi zakaj zalivanje odlagalinih zabojskih s polnilno malto u NEK ni možno".
 - 51 Smjernice Koordinacijskog odbora za nastavak aktivnosti na pripremi 4. revizije Programa odlaganja RAO i ING NE Krško (E-mail "Nastavak aktivnosti u pripremi Četvrte revizije programa zbrinjavanja RAO i ING - aktivnosti NEK, ARAO i FONDA NEK"), KO, 22 srpnja 2025.
 - 52 Praktični fazni koncept strategije podjele, pakiranja i preuzimanja (Izvješće Koordinacijskog odbora za Međudržavno povjerenstvo, prezentirano na 16 sastanku MDP-a, 4. travnja 2022.)
 - 53 Technical Specification for Revision of the study "Analysis of the Possible Division and Takeover of the Operational and Decommissioning RW from Krško NPP", SP-ES 1418, Krško NPP, Revision 1, August 2025
 - 54 Matjaž Gričar, e-mail message: Revizija studije delitve NSRAO: Kick-off-meeting (Zapisnik vhodnega sestanka (Kick-off meeting): Revision of the study „Analysis of potential division and takeover of operational and decommissioning RW from the Krško NPP“), September 12, 2022
 - 55 Zapisnik 16. sjednice MDP-a, 4. travnja 2022, Rijeka
 - 56 7th National Report on implementation of the obligations in accordance with Article 32 of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, 2022
 - 57 Ekoteh, Enconet: Razrada koncepta zbrinjavanja RAO u RH s novom procjenom troškova, 2019
 - 58 Siempelkamp NIS: Service of study of best industry practice and necessary technology changes/upgrades needed at NEK's RWSB and WMB for LILW package preparation and transport to Slovenian and

-
- Croatian central disposal / long-term storage, rev 5 (Document No.: 4520 / CA / F 011042 4 / 05), November 2025.
- 59 Idejno rješenje - Izgradnja Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, I-06-1473-IR-R0_C, Ekonerg, listopad 2022. (Conceptual Solution – Internal Document)
- 60 Idejni projekt - Izgradnja Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, I-06-1473-SP, Ekonerg, Zagreb, ožujak, 2024. (Conceptual Design – Internal Document)
- 61 Feasibility study - Waste reconditioning and cementation, ORANO, August 2022
- 62 Feasibility study - Analysis of processing options for the Croatian half of the LILW from the Krško NPP, RWM Solutions, October 2022
- 63 Studija izvodljivosti, ST-FDK-389/20-DSK01-R0, Enconet Zagreb, Javys Bratislava i Ekonerg Zagreb, ožujak 2023. (Feasibility Study, Internal document)
- 64 Pravilnik o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 18/22) (Ordinance on the radioactive waste and disuse sources management, Official gazette, NN No 18/22)
- 65 International Atomic Energy Agency, Near surface disposal facilities for radioactive waste, (IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X ; no. SSG-29), Vienna, 2014
- 66 International Atomic Energy Agency, Disposal of radioactive waste (IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X ; no. SSR-5), Vienna, 2011
- 67 Ekonerg, Osnove Terminskog mrežnog plana, 2017. godine
- 68 Enconet, Zbrinjavanje nisko i srednje radioaktivnog otpada iz NE Krško u Republici Hrvatskoj, 2016. godine.
- 69 Zakon o porezu na dodanu vrijednost (NN 73/13, 99/13, 148/13, 153/13, 143/14, 115/16, 106/18, 121/19, 138/20, 39/22, 113/22, 33/23, 114/23, 35/24)
- 70 Investicijski program, Rev. F, Odlagalište NSRAO, Vrbina, Krško, IBE d.d., januar 2024.
- 71 Sklep o potrditvi novelacije Investicijskega programa za odlagalište NSRAO Vrbina v občini Krško, revizija F, št. 35400-181/2023-2570 - 20, 22.3.2024, Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo
- 72 Sklep o potrditvi novelacije Investicijskega programa za odlagalište NSRAO Vrbina v občini Krško, revizija F, št. 35400-181/2023-2570 - 30, 10.5.2024, Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo
- 73 Safety report for the Vrbina LILW Repository, Krško, No NSRAO2-POR-038, ARAO, November 2021
- 74 Opinions of the SNSA on the construction of a low- and intermediate-level waste repository, No 3510-3/2019/162, January 2022(Uradni list RS, št. 60/06, 54/10 in 27/16)
- 75 Uredba o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ. (Uradni list RS, št. 60/06, 54/10 in 27/16)
- 76 Decree on the National Spatial Plan for a LILW Repository (Official Gazette of the Republic of Slovenia, Nr. 114/09 and 50/12)
- 77 Decision on environmental approval No. 35402-29/2017-169, Slovenian Environment Agency, 30 June 2021.
- 78 Supplementary decision on environmental approval, No. 35402-29/2017-172, Slovenian Environment Agency, 5 July 2021.
- 79 Odločba URSJV št. 3510-1/2021/13, 27. 1. 2022; na podlagi sklepa Vlade RS št. 35402-1/2021/3
- 80 Pogodba ARAO št. P040/2023, sklenjena med ARAO in vodilnim partnerjem izvajalskega konzorcija, družbo CGP, d.o.o. 30. 5. 2023.

-
- 81 Pogodba ARAO št. P034/2024 o izvedbi gradnje objektov odlagališča NSRAO Vrbina, Krško, sklenjena med ARAO in vodilnim partnerjem izvajalskega konzorcija, družbo Riko, d.o.o. 23. 4. 2024.
 - 82 ARAO publication about our projects and radioactive waste management, <https://arao.si/ogleeglu/ARAO-ANG-NET-1.pdf>
 - 83 Rules on Radiation and Nuclear Safety Factors, Off. Gaz. of the Republic of Slovenia, No. 74/16 and 76/17 – ZVISJV-1
 - 84 Rules on the Safety Assurance of Radiation and Nuclear Facilities (Official Gazette RS, No. 27/24)
 - 85 Zakon o Javnem skladu Republike Slovenije za financiranje razgradnje Nuklearne elektrarne Krško in odlaganja RAO in IG iz Nuklearne elektrarne Krško (ZSFR-1), Uradni list RS, št. 130/22
 - 86 Costing methods and Funding Schemes for Radioactive Waste Disposal Pro-grammes, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.25, 2020
 - 87 Zakon o davku od prometa zavarovalnih poslov (Uradni list RS, št. 96/05 – uradno prečiščeno besedilo in 90/14)
 - 88 Revizija studije određivanja diskontne stope Fonda NEK a modelom novčanih tokova, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, travnja 2024. godine.
 - 89 Poslovna politika Javnega sklada Republike Slovenije za financiranje razgradnje NEK in odlaganja radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva iz NEK, Predlog št. 5., Sklad NEK, September 2023.
 - 90 End of Mission Report for the Expert Mission to discuss the Draft Fourth revision of the Krško NPP RW and SF Disposal Program, IAEA, November 2024.

13 Prilozi

13.1 Vremenski okvir za podjelu i preuzimanje operativnog NSRAO proizvedenog do 31. prosinca, 2023 [58]

Time period	Organization	Transport package (number/container)	Week 1 (number of N2d/w)	Week 2 (number of IP2/w)	Week 3 (number of N2d/w)	Week 4 (number of IP2/w)	Phase
17.01 - 11.02.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	D/H type -48 in IP2		4		4	Phase 1
14.02 - 10.03.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	D/H type -48 in IP2		4		1	Phase 1
13.03 - 07.04.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
10.04 - 05.05.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
08.05 - 02.06.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
05.06 - 30.06.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
03.07 - 28.07.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
31.07 - 25.08.2028	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
15.01 - 09.02.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
12.02 - 09.03.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 2
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
12.03 - 06.04.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
09.04 - 04.05.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
07.05 - 01.06.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
04.06 - 29.06.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
02.07 - 27.07.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
30.07 - 24.08.2029	ARAO	TTC - 4 in one N2d	10		10		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
27.08 - 21.09.2029	ARAO	TTC - DH type -12 in one N2d	10		10		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2		2		2	Phase 3
24.09 - 19.10.2029	ARAO	ingots	10		5		Phase 4
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
22.10 - 16.11.2029	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
19.11 - 14.12.2029	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
28.01 - 22.02.2030	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
03.06 - 28.06.2030	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
01.07 - 26.07.2030	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
29.07 - 23.08.2030	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
26.08 - 20.09.2030	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2	2	2	Phase 3
23.09 - 18.10.2030	ARAO						
	Fond	TTC - 8 in one IP2	2	2		1	Phase 3
21.10 - 15.11.2030	ARAO						
	Fond	D/H type -48 or 27 in IP2	4		4		Phase 3
18.11 - 22.11.2030	ARAO						
	Fond	D/H type -48 or 27 in IP2, ingots	4				Phase 3